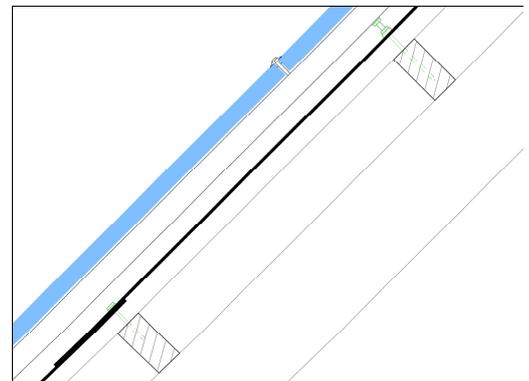
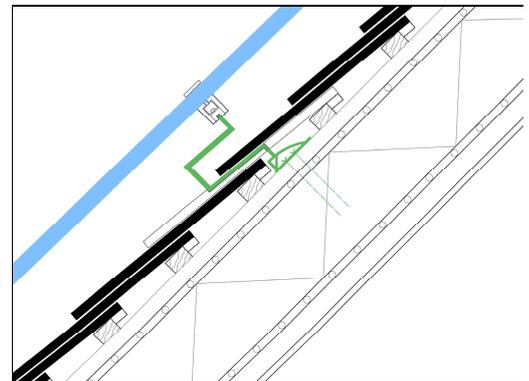
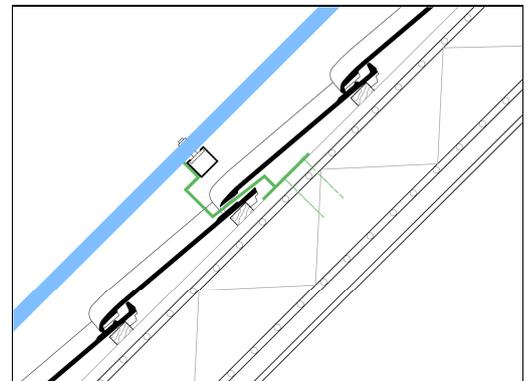
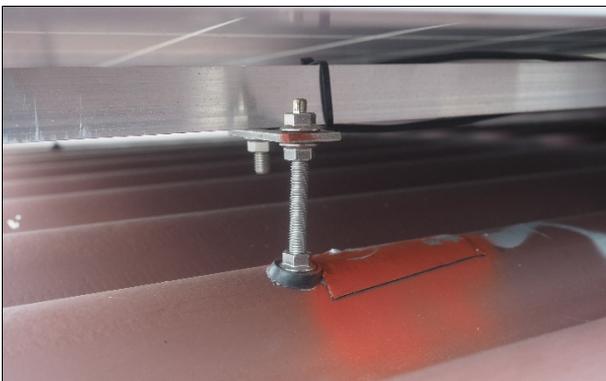
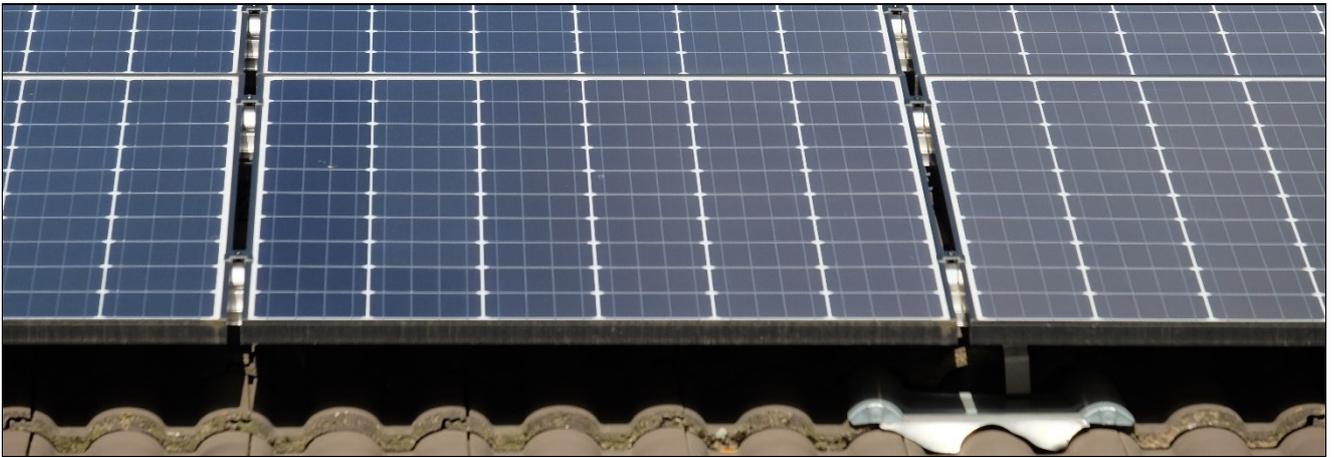




Solaranlagen auf geneigten Dachflächen im Gebäudebestand



Abschlussbericht des Forschungsvorhabens:
Solaranlagen auf geneigten Dächern im Gebäudebestand



Gefördert	mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Bonn
Aktenzeichen:	SWD-10.08.18.7-17.08
Bearbeitet durch:	AIBAU Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik, gGmbH, Aachen DGS Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie Landesverband Berlin Brandenburg e. V., Berlin
Projektleiter:	Prof. Dipl.-Ing. Matthias Zöller
Bearbeiter/Autoren (AIBau):	Dipl.-Ing. Ralf Spilker Dipl.-Ing. Géraldine Liebert Prof. Dipl.-Ing. Matthias Zöller Dipl.-Ing. Martin Oswald, M.Eng.
Bearbeiter/Autoren (DGS):	Dipl.-Ing. Ralf Haselhuhn Dipl.-Ing. Udo Siegfriedt

Aachen, im Februar 2019

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt bei den Autoren.

INHALT

1.	Einleitung und Zielsetzung.....	8
2.	Begriffe.....	10
2.1	Aufdachanlagen	10
2.2	Indachanlagen.....	10
2.3	Parallel-Aufstellung	10
2.4	Aufgeständerte Anlagen.....	10
2.5	Direkte Befestigung.....	10
2.6	Indirekte Befestigung.....	10
2.7	Montagesystem, Modulträger	11
2.8	Photovoltaik (PV)-Module.....	11
2.9	Solarkollektoren (Solarthermie)	11
2.10	Dachhaken.....	11
2.11	Dachanker.....	11
2.12	Formelement.....	11
2.13	Stockschrauben/Solarbefestiger.....	11
2.14	Regeldachneigung	11
2.15	Minstdachneigung	11
2.16	Zusatzmaßnahme/Zweite Entwässerungsebene	12
2.17	Unterdach.....	12
2.18	Unterdeckung.....	12
2.19	Unterspannung.....	12
3.	Umfrageergebnisse.....	13
3.1	Erhebungsbogen.....	13
3.2	Angaben der Umfrageteilnehmer zum ersten Teil des Erhebungsbogens	13
3.3	Angaben der Umfrageteilnehmer zum zweiten Teil des Erhebungsbogens	15
3.3.1	Angaben zur Konstruktion.....	15
3.3.2	Angaben zu Fehlern/Schäden an den geneigten Dachflächen.....	18
3.3.3	Angaben zu den Hauptursachen für Mängel/Schäden	22
3.4	Beurteilung der Schadenshäufigkeit.....	30
3.5	Bezug zum Gesamtbestand	33
4.	Schadenstypen.....	34
4.1	Ziegel- und Dachsteine.....	34
4.1.1	Deckung mit Mörtelverstrich	34
4.1.2	Alte Deckung ohne Zusatzmaßnahme	36
4.1.3	Bruch der Dachziegel	37

Inhalt

4.1.4	Unzureichende Dachhakenbefestigung	39
4.1.5	Falsche Druckbelastung der Dachziegel.....	40
4.1.6	Deckung mit Unterspannbahn.....	41
4.1.7	Reparaturversuche mit Klebebändern.....	42
4.1.8	Knackgeräusche an der Dacheindeckung.....	43
4.1.9	Unterschreitung der Regeldachneigung.....	44
4.1.10	Unterschreitung der Regeldachneigung.....	46
4.1.11	Gebrochene und abgerutschte Biberschwanzziegel	48
4.1.12	Weitere Beispiele mit mangelhafter Dachsteinbearbeitung	49
4.2	Faserzementplatten.....	51
4.2.1	Ungenügende Überdeckungsmaße	51
4.2.2	Dachhaken auf plattenförmiger Deckung	53
4.3	Bitumenschindeln	55
4.4	Trapezbleche	56
4.4.1	Montage auf mangelhafter Trapezblechschale	56
4.4.2	Verwendung von Trapezblechbefestigern.....	58
4.4.3	Trapezblech, Beschädigung des Dachs während der Montage.....	59
4.4.4	Trapezblech mit Vorschädigungen.....	61
4.4.5	Trapezblech, Undichtheiten im Bereich der Blechüberlappungen	62
4.5	Zinkbleche.....	65
4.5.1	Zinkblech – Behinderung thermischer Ausdehnungen	65
4.6	Sandwichelemente	66
4.6.1	Abtropfungen vom Dach einer Lagerhalle.....	66
4.6.2	Sandwichdeckung und linienförmige Auflagerung.....	68
4.6.3	Undichte, nicht zugelassene Stockschrauben.....	69
4.6.4	Fehlender statischer Nachweis	71
4.6.5	Fehlbohrungen und Verschiebungen zur Traufe	71
4.6.6	Sturmschaden aufgrund geringer Dachneigung.....	74
4.7	Faserzementwellplatten.....	76
4.7.1	Fehlerhafte Dacheindeckung	76
4.7.2	Befestigung auf Asbestzementwellplatten.....	78
4.7.3	Wellfaserzementplatten mit Reparaturstellen.....	80
4.7.4	Abheben der Sandwichdeckung	81
4.8	Indachanlagen.....	82
4.8.1	Herausgerutschte Anschlussbleche	82
4.8.2	Fehlerhafte Anschlussausbildung	83
4.8.3	Mangelhafte Falzverbindungen.....	84
4.8.4	Undichte Überlappungsstöße an einer Ganzdachanlage	86

Inhalt

4.8.5	Deckung mit wasserdichtem Unterdach.....	88
4.9	Funktionsbeeinträchtigungen	89
4.9.1	Überbauung der Regenrinne	89
4.9.2	Unzureichende Abstände zum Schneefanggitter	90
4.9.3	Beeinträchtigungen des Brandschutzes.....	91
4.10	Aufständigung der PV-Anlage durch Überbauung des Dachfirstes	94
4.10.1	Großflächige Aufständigung	94
4.10.2	Fehlender statischer Nachweis	95
4.10.3	Nicht aufgelagerte Modultragschiene.....	96
4.11	Mangelhafte Leitungsverlegung.....	97
4.11.1	Leitungsführung auf der Dachdeckung	97
4.11.2	Leitungsdurchführung	99
5.	Beispiele ohne Schadensfolgen	102
6.	Anforderungen in Regelwerken	103
6.1	Baurechtliche und statische Anforderungen	103
6.1.1	Bauregelliste bzw. MVVTB	103
6.1.2	Hinweise des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt).....	103
6.1.3	Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz (ARGEBAU).....	103
6.1.4	VDI 6012: Regenerative und dezentrale Energiesysteme für Gebäude	103
6.1.5	Arbeitsblatt zur Ermittlung von Schneelasten (BDH/BSW)	106
6.1.6	Arbeitsblatt zur Ermittlung von Windlasten (BDH/BSW).....	106
6.2	Wärmeschutz	107
6.2.1	Energieeinsparverordnung.....	107
6.3	Fachregeln des Zentralverbands des Deutschen Dachdeckerhandwerks ZVDH	108
6.3.1	Grundregel für Dachdeckungen	108
6.3.2	Dachziegel und Dachsteine	108
6.4	Fachregel für Dachdeckung mit Schiefer	110
6.4.1	Faserzement-Dachplatten.....	110
6.4.2	Faserzement-Wellplatten	110
6.4.3	Metallarbeiten	111
6.4.4	Einbauteile bei Dachdeckungen.....	111
6.4.5	Unterdächer, Unterdeckungen und Unterspannungen	112
6.4.6	ZVDH: Solartechnik für Dach und Wand.....	115
6.5	Fachregeln des Klempnerhandwerks ZVHSK.....	117
6.6	Fachregeln des Instituts für Stahlbau IFBS.....	118
6.6.1	Merkblatt Solartechnik	118
6.6.2	IFBS Planung und Ausführung.....	120

Inhalt

6.7	Sonstige Richtlinien.....	122
6.7.1	RAL Solarenergieanlagen.....	122
6.7.2	DGUV Information zur Montage und Instandhaltung von Photovoltaik-Anlagen, 2015	123
6.7.3	VDS Photovoltaikanlagen	125
6.7.4	DIN 4426: Einrichtungen zur Instandhaltung baulicher Anlagen.....	125
6.7.5	Asbest: Gefahrstoffverordnung (GefStoffV).....	126
7.	Empfehlungen und Hinweise: Befestigungsarten.....	127
7.1	Statische Berechnung	127
7.2	Dachhaken.....	128
7.3	Formelemente	131
7.4	Durchdringungen, Dachanker.....	132
7.5	Schraubbefestigungen für Holz- und Metallunterkonstruktionen.....	133
7.6	Falzklemmprofile	134
8.	Empfehlungen und Hinweise: Dachkonstruktionen.....	135
8.1	Belüftetes Holzdach	135
8.2	Unbelüftetes Holzdach	135
8.3	Unbelüftetes Metaldach.....	136
8.4	Metall-Sandwichdach	136
9.	Empfehlungen und Hinweise: Dachdeckungswerkstoffe.....	137
9.1	Ziegel- und Dachsteindeckung	137
9.1.1	Umlaufende Verfalzung	139
9.1.2	Seitliche Verfalzung und Fußrippen oder Fußfalzen	141
9.1.3	Ebene Kontaktfläche mit Seitenfalz	143
9.1.4	Ebene Kontaktfläche ohne Verfalzung.....	145
9.2	Bearbeitung von Dachziegeln und Dachsteinen	147
9.3	Metalldeckungen	148
9.3.1	Zinkblecheindeckung	149
9.3.2	Trapezblech.....	150
9.3.3	Sandwichelemente	152
9.4	Wellfaserzementdeckung	153
10.	Empfehlungen und Hinweise: Zusatzmaßnahme/2. Entwässerungsebene ...	156
11.	Empfehlungen und Hinweise: Elektroleitungsverlegung	158
11.1	Regeln und Hinweise zur Leitungsverlegung.....	158
11.2	Instandhaltung.....	160

12.	Empfehlungen und Hinweise: Brand- und Blitzschutz	162
12.1	Brandschutzanforderungen bei der Planung/Installation von Solaranlagen	162
12.1.1	Erhalt der Schutzfunktion einer harten Bedachung	163
12.1.2	Abstände zu Brandwänden, RWA, Schornsteinen etc.	164
12.1.3	Brandabschnitte bei großen Solaranlagen und Anforderungen an die Zugänglichkeit der Dachfläche für die Brandbekämpfung	166
12.2	Anforderungen an den Blitzschutz [BSW-Solar, BFSB, DGS, ZVEH 2011].....	169
13.	Empfehlungen und Hinweise: Checkliste	170
13.1	Bestandsaufnahme und vorbereitende Arbeiten	170
13.2	Planung der Solaranlage	171
13.3	Ausführung der Montagearbeiten	172
13.4	Instandhaltung der Dachfläche	172
14.	Zusammenfassung	173
14.1	Erfahrungen mit Solaranlagen auf Bestandsdächern.....	173
14.2	Erweiterung von Regelwerken.....	173
14.3	Empfehlungen und Hinweise	174
15.	Fazit	176
16.	Anhang – Erhebungsbogen	178
17.	Literaturverzeichnis	181
17.1	Normen und Regelwerke.....	181
17.2	Fachbücher, Fachaufsätze und sonstige Veröffentlichungen.....	186
17.3	Produktinformationen	189

Einleitung und Zielsetzung

1. Einleitung und Zielsetzung

Zur Verminderung der CO₂-Emissionen ist die Nutzung solarer Energie ein wichtiger Baustein. Aufgrund der Förderung über das „Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien“ (EEG) und den Anforderungen der „Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden“ (EnEV) sind in den letzten 20 Jahren sehr viele geneigte Dächer, insbesondere im Wohnungsbau, nachträglich mit Solaranlagen bestückt worden. Schadensrisiken und Anforderungen an die Montage unterscheiden sich bei geneigten Dächern und bei Flachdächern. Die vorliegende Forschungsarbeit behandelt geneigte Dächer. In einem im Jahr 2016 veröffentlichten Forschungsbericht (ISBN 978-3-8167-9822-4) wurden bereits die Solaranlagen auf Flachdächern behandelt.

Während die meisten Solaranlagen schadenfrei installiert werden, zeigt die Erfahrung dennoch, dass bei einem Teil der Anlagen bauliche Fehler bestehen, die zu Schäden am Dach oder am Gebäude führen können. Das betrifft neben statisch nicht ausreichend verankerten Konstruktionen (z. B. Überlastung des Tragwerks, Ausführung außerhalb der Zulassung des Montagesystems, nicht nachgewiesene Lastableitung über das Befestigungssystem der Dachdeckung), nicht dauerhaft sichere elektrotechnische Anschlüsse, unzureichender Ausführung der Dachdurchdringung und der Bearbeitung von Dacheindeckung oder die unzureichende Kenntnis des vorhandenen Dachaufbaus und seiner Funktionssicherheit. So können z. B. Dachstein- und Dachziegeleindeckungen brechen, Metaldächer reißen und die Entwässerung beeinträchtigen. Die Schadensursachen beruhen oft auf der Unkenntnis der Funktion von geneigten Dächern, deren Dichtheit nicht nur vom Deckmaterial, sondern auch von der Zusatzmaßnahme, der zusätzlichen wasserableitenden Ebene unter der Eindeckung, abhängig ist. Diese darf durch die Montage von Solarmodulen nicht beschädigt oder gar zerstört werden.

In Regelwerken und Herstellerangaben finden sich z. Z. nur wenig konkrete Vorgaben. In der vorliegenden Forschungsarbeit werden Schadensfälle zusammengestellt und es werden daraus Empfehlungen abgeleitet. Sie sollen Eingang in maßgebliche Regelwerke finden.

Die Verringerung des Förderumfangs von Solaranlagen zwingt Aufsteller von Solaranlagen dazu, die Kosten für die Montage der Anlagen so gering wie möglich zu halten. Geringere Modulkosten und die Weiterentwicklung der Speichertechnologie führen darüber hinaus zu einer Verlagerung des Ertragsziels von der maximalen Leistungsausbeute (mit vollständiger Einspeisung ins Stromnetz) zu einer über den ganzen Tag verteilten, gleichmäßigen Nutzung des Ertrags für den Eigenbedarf.

Es ist daher zu erwarten, dass in Zukunft auch flacher geneigte Dächer und auch eher weniger sonnenbeschienene Dachschrägen für Solargeneratoren genutzt werden. Diese Art von Dächern ist allerdings aufgrund ihrer geringen Neigung und der Verschattung durch die Solarmodule weniger fehlertolerant: durch Schlagregen oder Schmelzwasser unter die Deckung gelangtes Wasser fließt weniger schnell ab, kann sich aufstauen und ggf. an Überlappungen in den Innenraum gelangen.

Einleitung und Zielsetzung

Eine reduzierte Aufheizung der Schichten unter der Deckung bewirkt auch eine geringere Austrocknung. Bisherige Fehler können sich zukünftig unter diesen Solaranlagen verstärkt als Schäden bemerkbar machen.

Ein Schwerpunkt der Untersuchung stellt die Befragung von öffentlich bestellten und vereidigten Bausachverständigen sowie Sachverständigen des Dachdeckerhandwerks dar. Des Weiteren werden eigene Erfahrungen aus der (Sachverständigen-)Tätigkeit der Bearbeiter zusammengestellt, ausgewertet und im Forschungsbericht beschrieben sowie Vor-Ort-Untersuchungen an ausgeführten Solaranlagen durchgeführt. Parallel zu diesen Erhebungen wird untersucht, welche Schlüsse sich aus Fachveröffentlichungen im Hinblick auf die dargestellte Problematik ziehen lassen.

Dank

Für die fachliche Beratung sei insbesondere den Mitgliedern der begleitenden Arbeitsgruppe

- Herrn Ludwig Held, Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks, Köln und
- Herrn Dr.-Ing. Martin Schäfer, Fa. BayWa r.e., Tübingen

gedankt.

Die konstruktiven Vorschläge und die engagierten Diskussionen waren uns eine wertvolle Hilfe bei der Erarbeitung des Berichts.

Eine wichtige Grundlage der vorliegenden Arbeit stellt außerdem die durchgeführte Umfrage unter Sachverständigen dar. Die Befragten haben daran unentgeltlich teilgenommen, teilweise ihre persönlichen Erfahrungen und Erkenntnisse sowie umfangreiche Informationen zur Verfügung gestellt und geholfen, geeignete Untersuchungsobjekte zu finden. Ihnen gilt daher ein besonderer Dank. Insbesondere möchten wir folgenden Personen für Ihre aktive Unterstützung danken

Frau Lemmer, Habach

Her Heide, Langenau

Herr Brüggemann, Liebenau

Herr Diether, Langenbrettach

Herr Fleischer, Heidenheim

Herr Grothe, Weil am Rhein

Herr Henzler, Boppard

Herr Kiendl, Saal a. d. Donau

Herr Peitz, Lörrach

Herr Schulte, Lennestadt

Herr Stilgenbauer, Pirmasens

Herr Thiemann, Halle (Saale)

Begriffe

2. Begriffe

Im vorliegenden Bericht werden typische Bezeichnungen wie folgt verwendet:

2.1 Aufdachanlagen

Anlagen, die oberhalb der Deckelemente angeordnet werden

2.2 Indachanlagen

Anlagen, die anstelle der Deckelemente eingebaut werden und deren Funktion übernehmen (Bauwerksintegrierte Solaranlagen)

2.3 Parallel-Aufstellung

Anlagen, deren Module parallel zur Dachhaut bzw. Dachdeckung angeordnet sind. Sie haben i. d. R. keine Erhöhung der Gesamteinwirkungen durch Schnee und Wind für das Gebäude zur Folge (abgesehen ggf. von der Lastkonzentration auf einzelne Sparren).

2.4 Aufgeständerte Anlagen

Anlagen, die nicht parallel zur Dachdeckung angeordnet sind. Sie haben eine Erhöhung der Gesamteinwirkungen durch Wind zur Folge. Durch abrutschenden Schnee kommt es ggf. zu Lastkonzentrationen in den Dachfeldern zwischen den Modulen.

Anmerkung: Im Regelwerk des Zentralverbands des Deutschen Dachdeckerhandwerks werden *aufgeständerte Anlagen* summarisch als dachparallele und nicht dachparallele Anlagen über der Dachdeckung zur Abgrenzung von Indachanlagen verstanden.

2.5 Direkte Befestigung

Anlagen, deren Montagesysteme mit der tragenden Konstruktion des Dachs über Befestigungsmittel verbunden sind. Die Befestigungsmittel werden dabei durch die Deckelemente und Zusatzmaßnahmen (zweite Entwässerungsebenen), ggf. Dämmschichten und Dampfsper- bzw. Luftdichtungsschichten hindurchgeführt. Sie beeinflussen somit auch die Funktionssicherheit der Schichten unterhalb des Deckmaterials. Die Lasten werden direkt in das Tragsystem des Dachs abgeleitet.

2.6 Indirekte Befestigung

Anlagen, die nur an den Deckelementen bzw. deren obersten Schichten befestigt sind. Sowohl Vertikal- als auch Horizontallasten werden über die Schichten des Deckelements und dessen Befestigungssystemen (z. B. Haften auf Holzschalungen) in die tragende Unterkonstruktion abgeleitet. Die Schichten des Dachaufbaus unterhalb der Deckung bleiben unverändert.

2.7 Montagesystem, Modulträger

Unterkonstruktion für PV-Modul bzw. Solarkollektor, welche die Eigenlasten, die Wind- und Schneelasten und ggf. vorhandene Nutzlasten, die auf das PV-Modul bzw. den Solarkollektor einwirken, sicher und dauerhaft aufnehmen und in die Tragkonstruktion des Dachs weiterleiten.

2.8 Photovoltaik (PV)-Module

Elemente, die Sonnenenergie in elektrische Energie umwandeln.

2.9 Solarkollektoren (Solarthermie)

Elemente, die Sonnenenergie zur Erwärmung von Wasser nutzen.

2.10 Dachhaken

Befestigungselement zwischen Modulsystem und Dachkonstruktion, das zwischen den Deckelementen im Bereich ihrer Überlappung hindurchgeführt wird. Durch die Bearbeitung der Eindeckelemente wird die Regensicherheit eingeschränkt.

2.11 Dachanker

Befestigungselement zwischen Modulsystem und Dachkonstruktion, das unmittelbar auf die Dachkonstruktion aufgebracht wird und eine Bohrung im Deckwerkstoff erfordert, die anschließend mit einer Manschette abgedichtet wird.

2.12 Formelement

Befestigungselement zwischen Modulsystem und der Dachkonstruktion, das der Form eines Deckelements entspricht und dieses ersetzt. Es weist oberseitig ein Auflager für das Modulsystem und unterseitig ein Auflager zur Lastableitung in das Dachtragwerk auf.

2.13 Stockschrauben/Solarbefestiger

Stäbe zur Befestigung einer Solaranlage, die an den Enden Gewinde aufweisen und dazwischen einen glatten Schaft haben.

2.14 Regeldachneigung

Die Regeldachneigung ist die untere Dachneigungsgrenze, bei der sich eine Dachdeckung in der Praxis als regensicher erwiesen hat (Definition [ZVDH 2005]).

2.15 Mindestdachneigung

Mindestdachneigung ist die unterste Dachneigungsgrenze, die nicht unterschritten werden darf (Definition [ZVDH 2005]).

Begriffe

2.16 Zusatzmaßnahme/Zweite Entwässerungsebene

Als Zusatzmaßnahme oder zweite Entwässerungsebene werden in diesem Bericht Unterdächer, Unterdeckungen und Unterspannungen bezeichnet. Diese bestehen aus bahnen- oder plattenförmigen Werkstoffen, die unterhalb von Dachdeckungen angeordnet werden. Sie schützen vor dem Einbau der Deckung als Behelfsdeckung und während der Standzeit gegen unter die Deckung durch Starkregen, Flugschnee oder Schmelzwasser gelangende Feuchtigkeit oder gegen Tauwasser. Sie dienen als Winddichtung und als Staubschutz für die Wärmedämmung. Die Zusatzmaßnahme soll auf den bauphysikalischen Aufbau der Dachkonstruktion abgestimmt werden.

2.17 Unterdach

Ein Unterdach ist eine Zusatzmaßnahme aus wasserdichten Werkstoffen auf einer ausreichend tragfähigen Unterlage (Definition [ZVDH MB Unterdächer 2010]).

2.18 Unterdeckung

Eine Unterdeckung ist eine Zusatzmaßnahme aus ausreichend wasserundurchlässigen Bahnen auf einer ausreichend tragfähigen Unterlage oder eine Zusatzmaßnahme aus Unterdeckplatten (Definition aus [ZVDH MB Unterdächer 2010]).

2.19 Unterspannung

Eine Unterspannung ist eine Zusatzmaßnahme aus ausreichend wasserundurchlässigen Bahnen ohne flächige Unterlage. Die Bahnen können gespannt oder mit planmäßigem Durchhang verlegt werden (Definition [ZVDH MB Unterdächer 2010]).

Umfrageergebnisse

3. Umfrageergebnisse

3.1 Erhebungsbogen

Die Befragung der Sachverständigen erfolgte mithilfe eines vom AIBau erarbeiteten Erhebungsbogens, der im Anhang abgedruckt ist. Die Erhebungsbögen wurden an Sachverständige mit dem Beststellungsgebieten „Schäden an Gebäuden“ (1.856 Sachverständige), „Dächer“ (26 Sachverständige), „Metallbau“ (fünf Sachverständige) und „Photovoltaikanlagen“ (25 Sachverständige), somit an insgesamt 1.912 Sachverständige postalisch versendet. 132 Bögen (etwa 7 %) kamen zurück.

Der Erhebungsbogen war in zwei Teile untergliedert. Der erste Teil diente der Erfassung des Arbeitsschwerpunkts des jeweiligen Umfrageteilnehmers. Es wurde abgefragt, ob und in welchem Umfang Erfahrungen mit nachträglich auf geeigneten Dächern installierten Solaranlagen vorliegen. Es wurde darum gebeten, die Anzahl der von den Sachverständigen in den letzten zehn Jahren untersuchten Anlagen zu benennen. Weiterhin wurde nach der Standzeit der Solaranlagen zum Zeitpunkt der Begutachtung und zum Zeitpunkt eines Schadenseintritts gefragt.

Der zweite, ausführlichere Teil bot den Sachverständigen die Möglichkeit, einzelne, typische Fälle detaillierter zu beschreiben. Neben den Angaben im Erhebungsbogen konnten die Sachverständigen detailliertere Angaben mit Fotos oder Skizzen beifügen.

3.2 **Angaben der Umfrageteilnehmer zum ersten Teil des Erhebungsbogens**

Von den 132 teilnehmenden Sachverständigen sind 88 für das Gebiet „Schäden an Gebäuden“, sechs für das Gebiet „Photovoltaikanlagen“ und drei für sonstige Gebiete (Maurer, Zimmererhandwerk, Abdichtung) öffentlich bestellt und vereidigt. 25 Teilnehmer sind als Sachverständige des Dachdeckerhandwerks tätig, bei zehn Antwortbögen war kein Rückschluss auf das Arbeitsgebiet möglich. Die prozentualen Angaben in diesem Kapitel beziehen sich auf die Anzahl der 132 ausgefüllten Erhebungsbögen.

70 der 132 Sachverständigen (ca. 53 %) haben in den vergangenen zehn Jahren Objekte beurteilt, bei denen nachträglich Solaranlagen auf geeigneten Dachflächen installiert wurden. 61 Kollegen (ca. 46 % der Umfrageteilnehmer) geben an, dass sie selbst keine solchen Dachflächen begutachtet haben. Von zwei Sachverständigen liegt auf diese Frage keine Antwort vor.

Die Anzahl der von den Sachverständigen beurteilten Solaranlagen auf geeigneten Dächern liegt insgesamt zwischen 988 und 1.008 Fällen. Die meisten Sachverständigen haben demnach zwischen einem Dach und bis zu 30 Dächern mit Solaranlagen untersucht. Drei Sachverständige gaben an, dass sie mehr als 100 Anlagen begutachtet haben.

Umfrageergebnisse

Die Standzeit der Solaranlagen betrug zum Zeitpunkt der Begutachtung im Mittel zwischen 3,2 Jahren und 6,2 Jahren. Die Angaben zur Standzeit schwankten hierbei zwischen „*innerhalb des ersten Jahres nach der Montage*“ und „*bis zu 30 Jahre alt*“.

37 der 133 Umfrageteilnehmern (ca. 28 %) sind geeignete Dächer bekannt, bei denen nach einem nachträglichen Einbau einer Solaranlage Schäden auftraten. 61 Umfrageteilnehmer (ca. 46 %) kennen geeignete Dächer, bei denen keine Schäden durch eine nachträgliche Installation von Solaranlagen entstanden sind. Von 35 Teilnehmern liegt hierzu keine Aussage vor.

76 Umfrageteilnehmer konnten Angaben zum Zeitpunkt des Auftretens von Schäden nach der Montage einer Solaranlage auf einem bestehenden Dach machen (Abbildung 1).

Demnach traten Schäden auf:

- | | |
|--|------------------------|
| • innerhalb des ersten Jahres nach der Montage | 25 Nennungen (32,9 %) |
| • nach einem bis vier Jahren nach der Montage | 37 Nennungen (48,7 %) |
| • nach mehr als vier Jahren nach der Montage | 14 Nennungen (18,4 %). |

(Die Prozentangaben beziehen sich auf die Anzahl von 76 Angaben, die von den Sachverständigen gemacht wurden.)

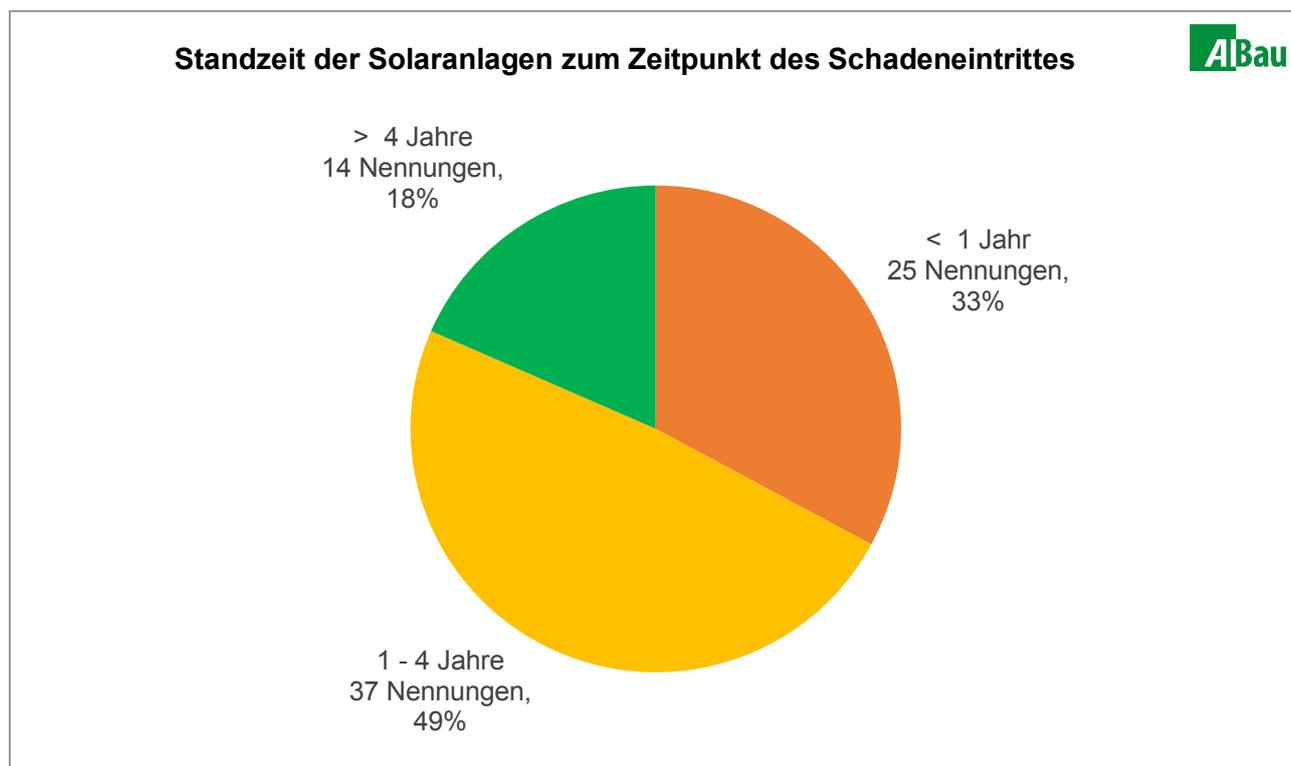


Abbildung 1: Angaben der Umfrageteilnehmer zum Zeitpunkt des Auftretens von Schäden nach der Montage einer Solaranlage. Die Prozentangaben beziehen sich auf die Anzahl von 76 Angaben, die von den Umfrageteilnehmern gemacht wurden.

Zum Schadenszeitpunkt nach mehr als vier Jahren machten sechs Sachverständige Angaben. Diese Solaranlagen hatten eine Standzeit von vier bis 20 Jahren.

Umfrageergebnisse

3.3 Angaben der Umfrageteilnehmer zum zweiten Teil des Erhebungsbogens

Im zweiten Teil des Erhebungsbogens wurden von 63 Teilnehmern Angaben zu insgesamt 145 geeigneten Dachflächen mit nachträglich installierten Solaranlagen gemacht. Häufig haben sie sich dabei an der im Erhebungsbogen vorgeschlagenen Struktur orientiert, teilweise wurden Einzelfälle ausführlicher textlich sowie anhand von Skizzen und Fotos beschrieben.

Bei den Detailangaben zu typischen Fällen der Sachverständigen wurde im Folgenden nach Angaben zur Konstruktion, nach Fehlern/Schäden an den Dachflächen und nach Hauptursachen für die Fehler/Schäden unterschieden. Diese Gliederung wurde bereits für den Erhebungsbogen gewählt. Die prozentualen Angaben beziehen sich in diesem Kapitel auf die Anzahl der 145 beschriebenen geeigneten Dächer.

3.3.1 Angaben zur Konstruktion

Bei der Konstruktion der geeigneten Dachflächen wurde neben der Art der Dachdeckung nach der Einbauart der Solaranlage und der Nutzung der Räume unterhalb der Konstruktion mit der nachträglich installierten Solaranlage gefragt.

Etwa die Hälfte (49 %) der von den Umfrageteilnehmern beschriebenen 145 Dachflächen war mit Formsteinen aus Ziegel bzw. Beton eingedeckt (s. Abbildung 2). Bei insgesamt 27 % der beschriebenen Dächer waren Metalleindeckungen aus Zinkblech mit Stehfalzsystem (7 %), selbsttragenden Metalldeckungen (11 %) oder Sandwichelementen (9 %) ausgeführt worden. Auf 15 % der beschriebenen geeigneten Dachflächen waren Faserzementwellplatten verlegt worden. Bitumen- bzw. Kunststoffbahnen-Abdichtungen (3 %) oder „Eindeckungen“ mit Bitumenschindeln (3 %) waren bei insgesamt 6 % der Dachflächen vorhanden.

Umfrageergebnisse

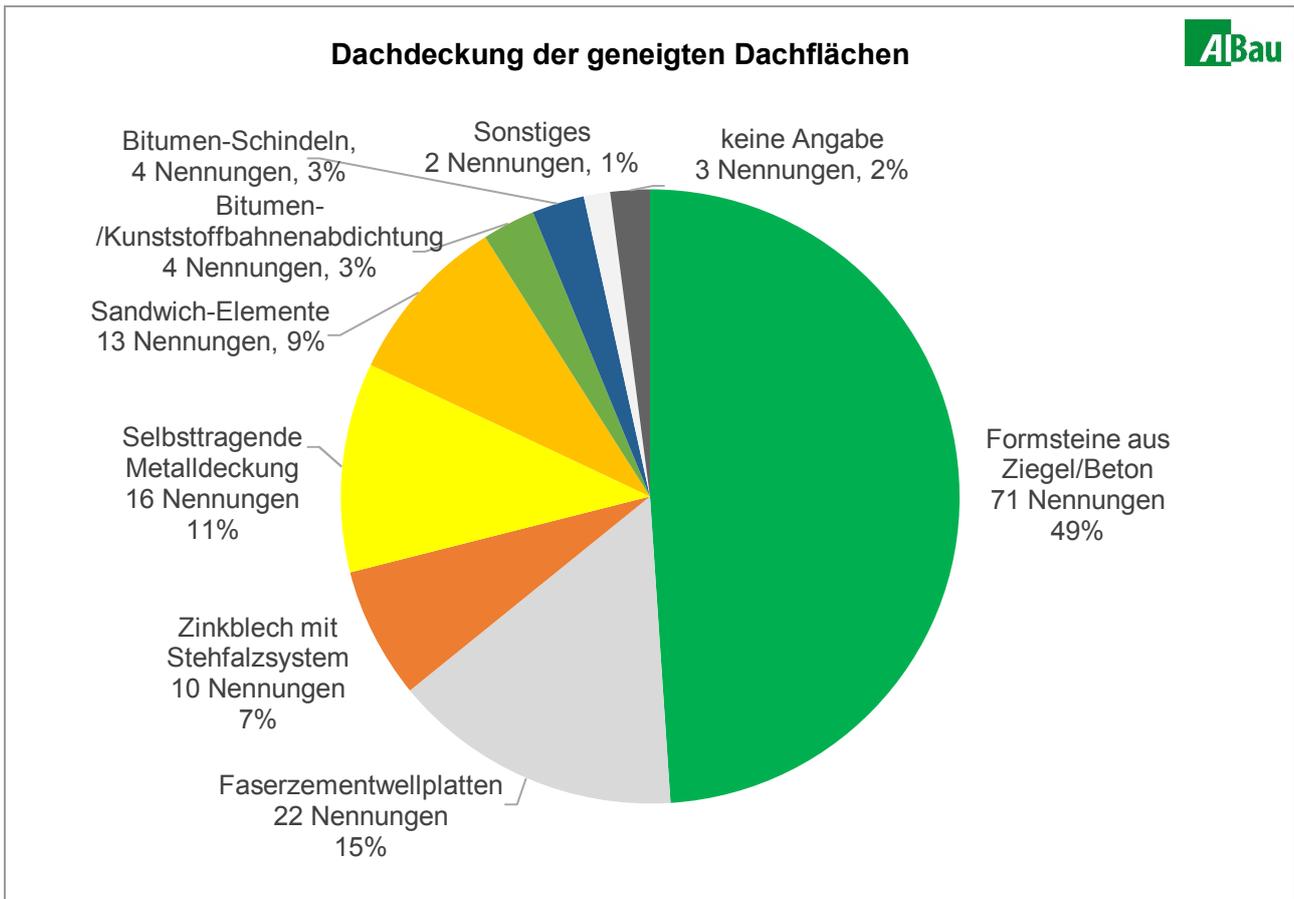


Abbildung 2: Angaben der Umfrageteilnehmer zur Dachdeckung der 145 detaillierter beschriebenen Steildachflächen mit nachträglich installierter Solaranlage

Bei der Einbauart der Solaranlage wurde zunächst grundsätzlich zwischen Aufdach- und Indachanlagen unterschieden.

Bei den von den Umfrageteilnehmern beschriebenen nachträglich auf geneigten Dachflächen installierten Solaranlagen handelte es sich lediglich in 5 % der Fälle um Indachanlagen (s. Abbildung 3). Hierbei wird die Eindeckung der Dachfläche teilweise bzw. vollflächig durch Module ersetzt. Derartige Elemente der Solaranlagen übernehmen die Funktion der ursprünglichen Dacheindeckung.

Umfrageergebnisse

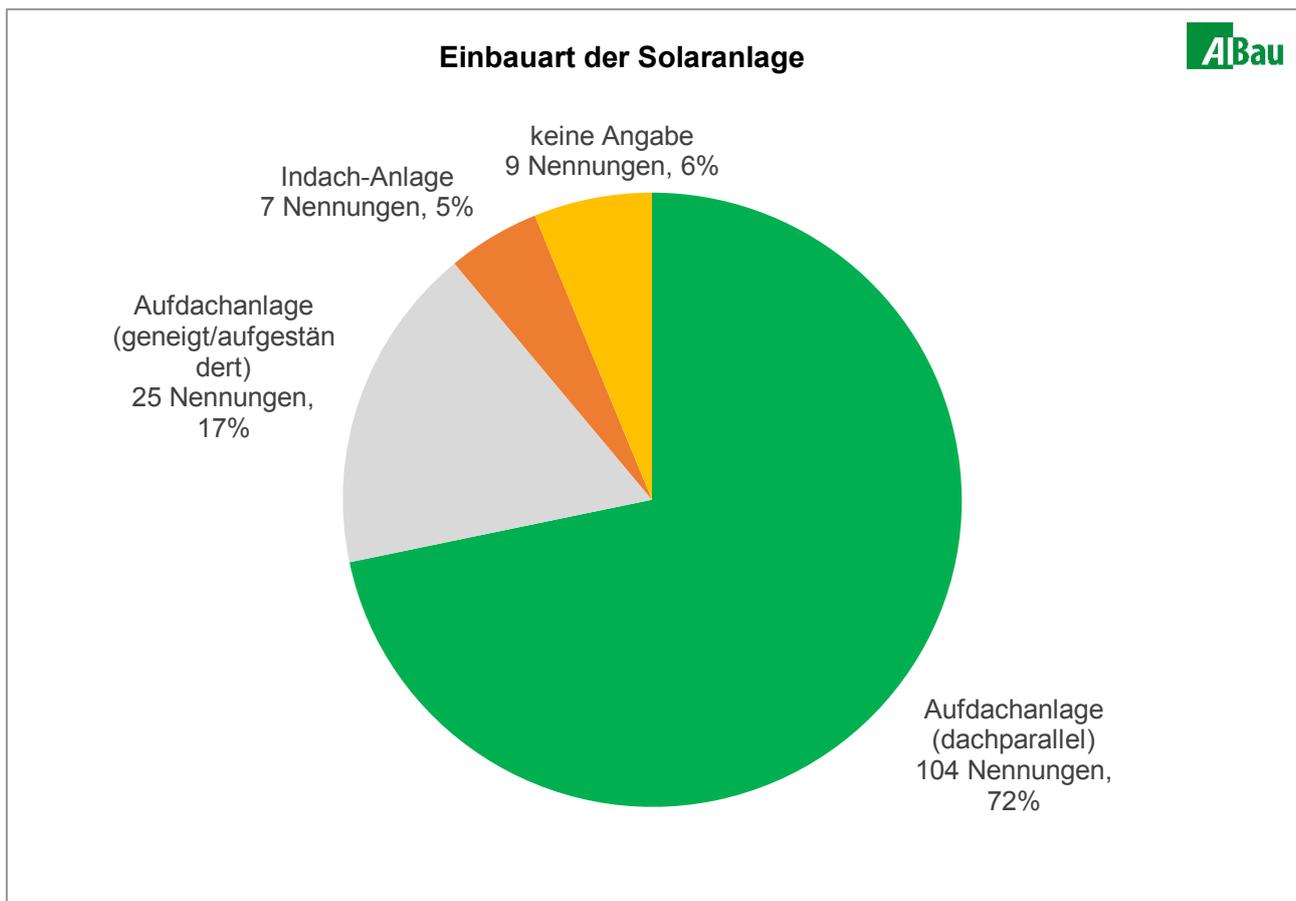


Abbildung 3: Angaben der Umfrageteilnehmer zur Einbauart der Solaranlage bei den 145 beschriebenen Steildachflächen mit nachträglich installierter Solaranlage

Zu den Aufdachanlagen wurden die Sachverständigen gebeten, zwischen dachparalleler und geneigter/aufgeständelter Einbauart der Solaranlage zu unterscheiden.

Dachparallele Aufdachanlagen, d. h. solche Solaranlagen, deren Module die gleiche Neigung wie die Dachfläche haben, wurden bei 72 % der beschriebenen Fälle (104 Nennungen) von den Sachverständigen begutachtet.

17 % der Aufdachanlagen (25 Nennungen) wurden aufgeständert, d. h. mit von der Dachneigung abweichender Neigung ausgeführt.

Etwa die Hälfte (52 %) der Räume unterhalb der geneigten Dachflächen, auf denen nachträglich Solaranlagen installiert waren, sind hochwertig genutzt (s. Abbildung 4). Oberhalb von unbeheizten Räumen waren in 38 % der beschriebenen Fälle Solaranlagen installiert. Bei den „Sonstigen Nutzungen“ (7 %) handelte es sich gemäß den Angaben der Sachverständigen z. B. um Kirchenräume, Reit- und Sporthallen.

Umfrageergebnisse

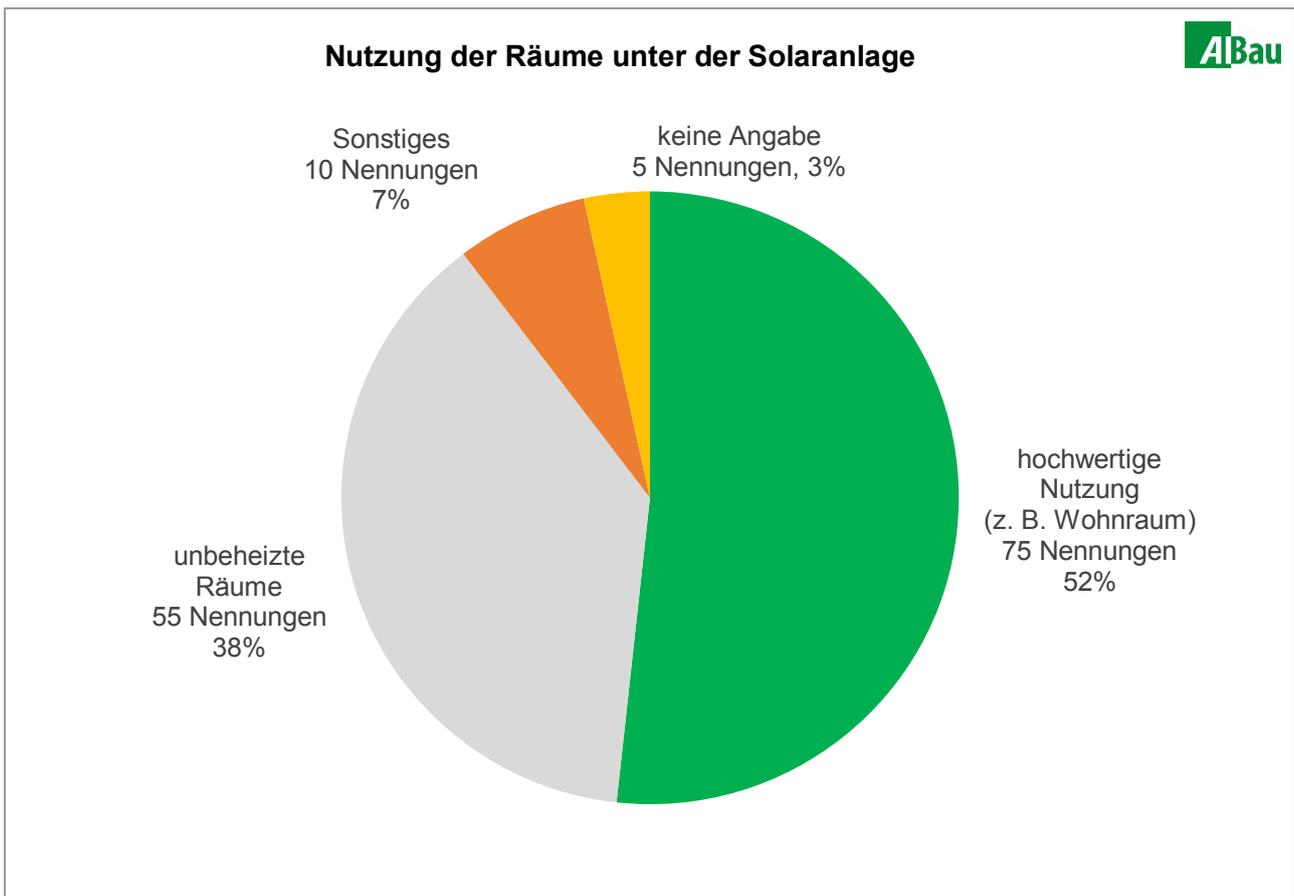


Abbildung 4: Angaben der Umfrageteilnehmer zur Nutzung der Räume unterhalb der 145 Dachflächen mit nachträglich installierten Solaranlagen

3.3.2 Angaben zu Fehlern/Schäden an den geeigneten Dachflächen

In der Kategorie Fehler/Schäden wurde zwischen statischen Problemen (am Dach bzw. an der Solaranlage), Feuchteschäden am Gebäude, Funktionsbeeinträchtigungen (z. B. des Brandschutzes) sowie einer Erhöhung des Gefährdungspotentials (z. B. abrutschender Schnee) durch die nachträgliche Installation der Solaranlage und Materialschäden aufgrund der Montage unterschieden.

Die Umfrageteilnehmer hatten zudem die Möglichkeit, weitere Fehler bzw. Schäden zu benennen.

Von den Sachverständigen wurde bei den statischen Problemen im Wesentlichen (93 Nennungen) die fehlerhafte Befestigung der nachträglich installierten Solarelemente am Dach als Ursache ermittelt (s. Abbildung 5). Eine Überlastung der Tragkonstruktion der Solarelemente (14 Nennungen) bzw. des Dachtragwerks (sieben Nennungen) hat deutlich seltener zu Schäden geführt.

Umfrageergebnisse

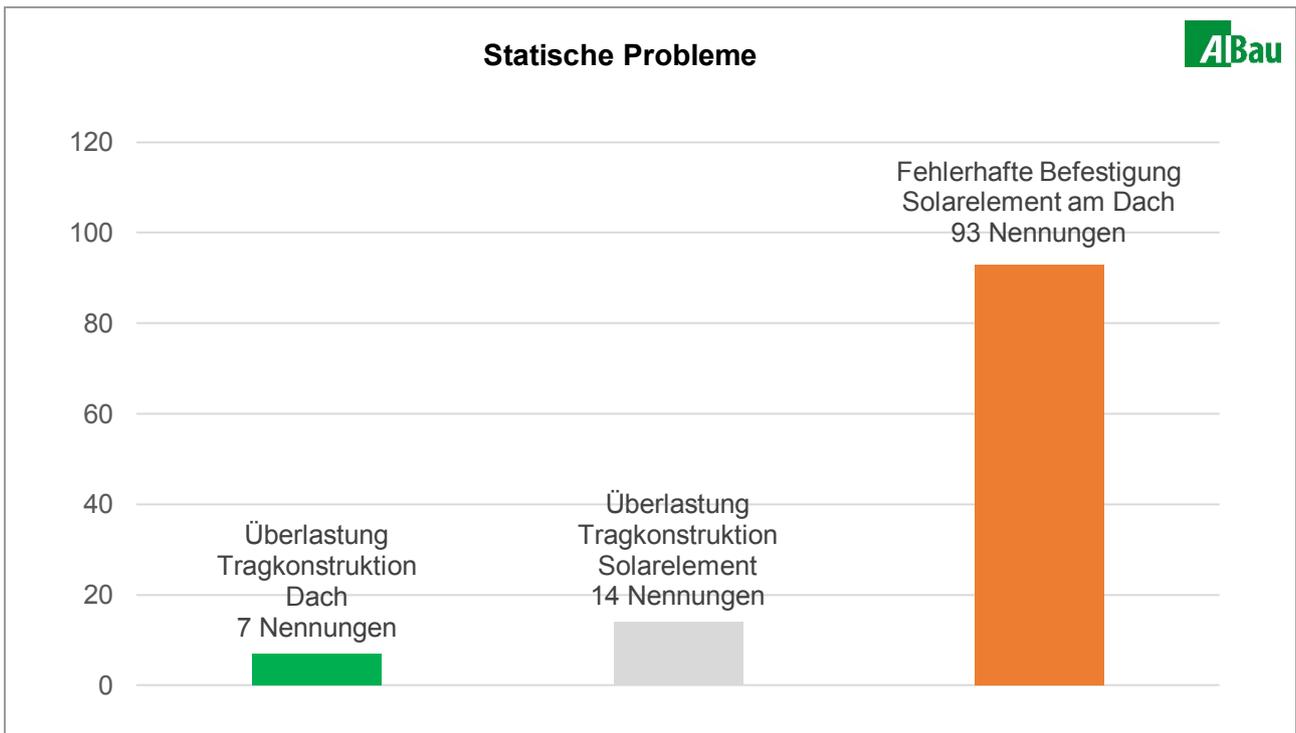


Abbildung 5: Angaben der Umfrageteilnehmer zu ggf. vorhandenen statischen Problemen (Mehrfachnennungen möglich)

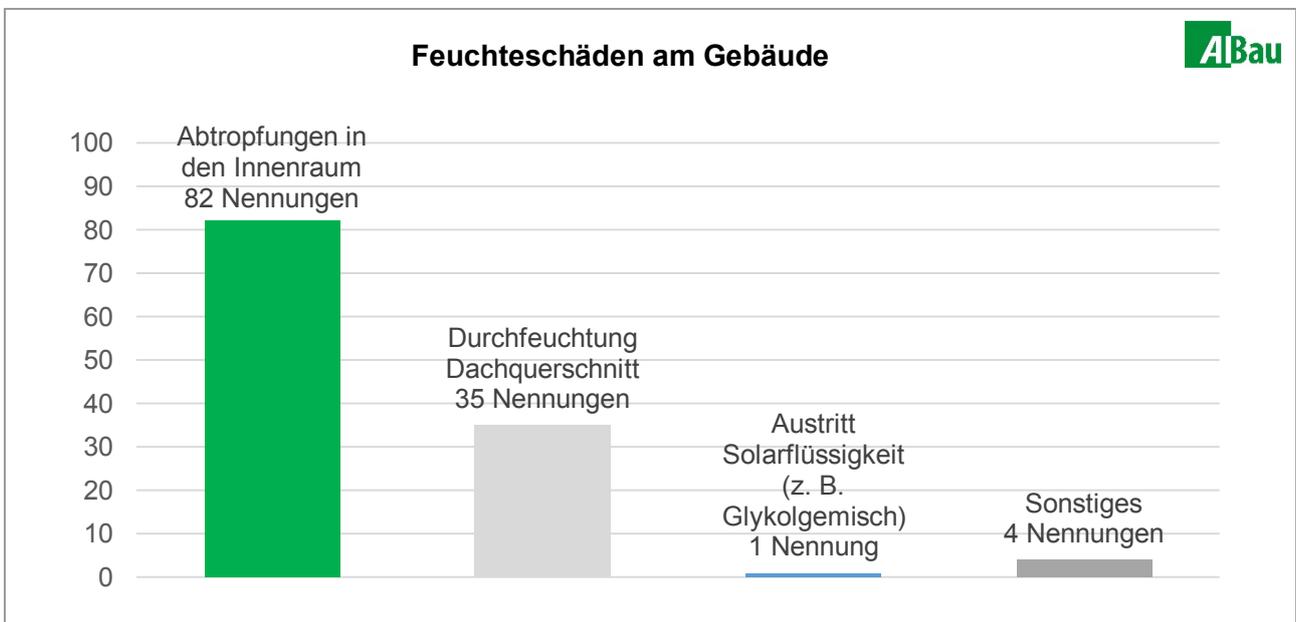


Abbildung 6: Angaben der Umfrageteilnehmer zu ggf. vorhandenen Feuchteschäden am Gebäude (Mehrfachnennungen möglich)

Wie Abbildung 6 zeigt, wurden von den Sachverständigen im Wesentlichen Feuchteschäden als Abtropfungen in den Innenraum (82 Nennungen) und Durchfeuchtungen des Dachquerschnitts (35 Nennungen) festgestellt.

Umfrageergebnisse

Als „sonstige Schäden“ wurden z. B. Abtropfungen an der Traufe, Undichtheiten von Lichtkuppeln aufgrund von Sturmschäden an der Solaranlage oder Schimmelbildung an Innenoberflächen genannt.

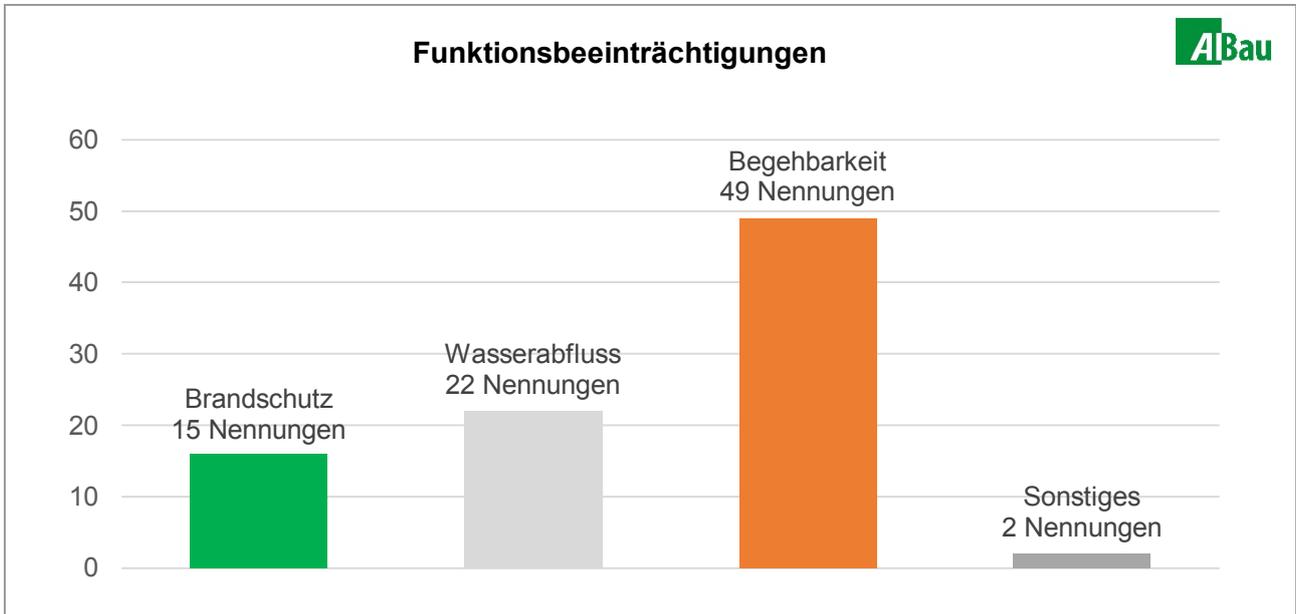


Abbildung 7: Angaben der Umfrageteilnehmer zu ggf. vorhandenen Funktionsbeeinträchtigungen durch die nachträglich installierte Solaranlage (Mehrfachnennungen möglich)

Bei der Frage nach den Beeinträchtigungen am bestehenden Steildach aufgrund der nachträglichen Installation einer Solaranlage (s. Abbildung 7) wurde die Beeinträchtigung der Begehbarkeit der Dachfläche (49 Nennungen) am häufigsten genannt. Hierzu zählte neben der Unterschreitung von Mindestabständen entlang der Traufen, Dachränder oder an Schornsteinen auch das Überbauen von Sekuranten.

Auch die Beeinträchtigung des Wasserabflusses der bestehenden Dachfläche z. B. durch eine Überbauung der vorhandenen Dachrinnen mit Solarmodulen (22 Nennungen) sowie Beeinträchtigungen beim Brandschutz (15 Nennungen), u. a. durch eine Überbauung von RWA-Klappen oder durch eine Überbauung von Brandwänden mit Solaranlagen, wurden von den Sachverständigen festgestellt.

Umfrageergebnisse

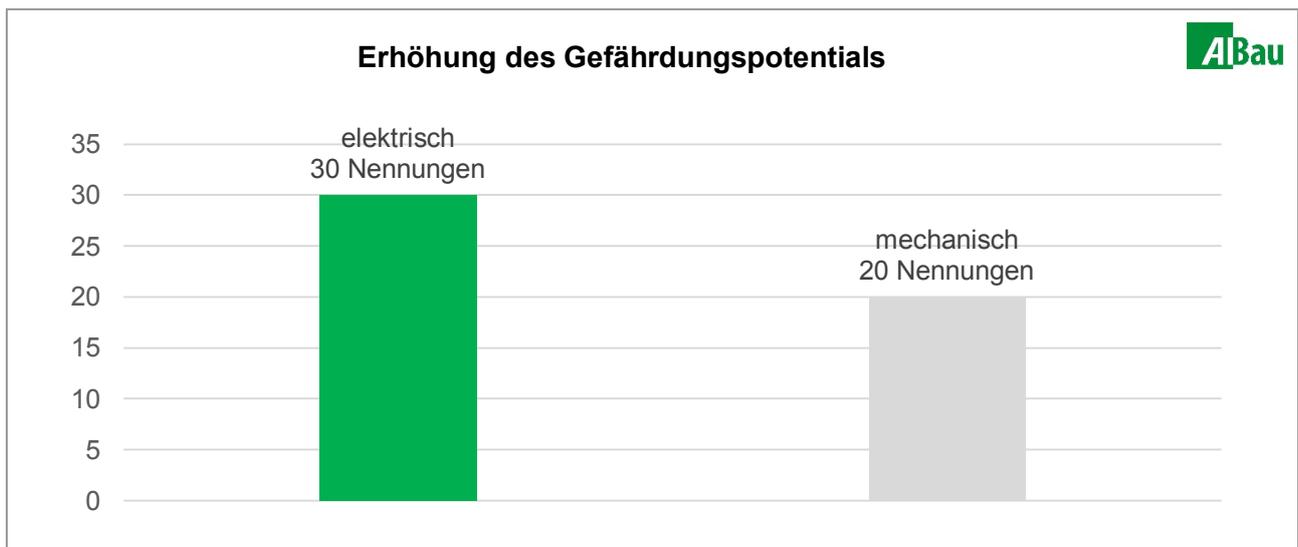


Abbildung 8: Angaben der Umfrageteilnehmer zu einer ggf. vorhandenen Erhöhung des Gefährdungspotentials durch die nachträglich installierte Solaranlage (Mehrfachnennungen möglich)

Unter „Erhöhung des Gefährdungspotentials“ durch die nachträgliche Installation einer Solaranlage (s. Abbildung 8) wurden Fehler bzw. Schäden zusammengefasst, die zu elektrischen bzw. mechanischen Gefährdungen aufgrund des Einbaus der Solaranlage geführt haben.

Fehlerhafte Kabelverlegungen o. ä. (elektrisches Gefährdungspotential) wurden hierbei 30 Mal und mechanische Gefährdungen, z. B. durch abrutschenden Schnee, heruntergefallene gebrochene Dachziegel oder die Installation einer Solaranlage ohne gültig Zulassung, wurden 20 Mal genannt.

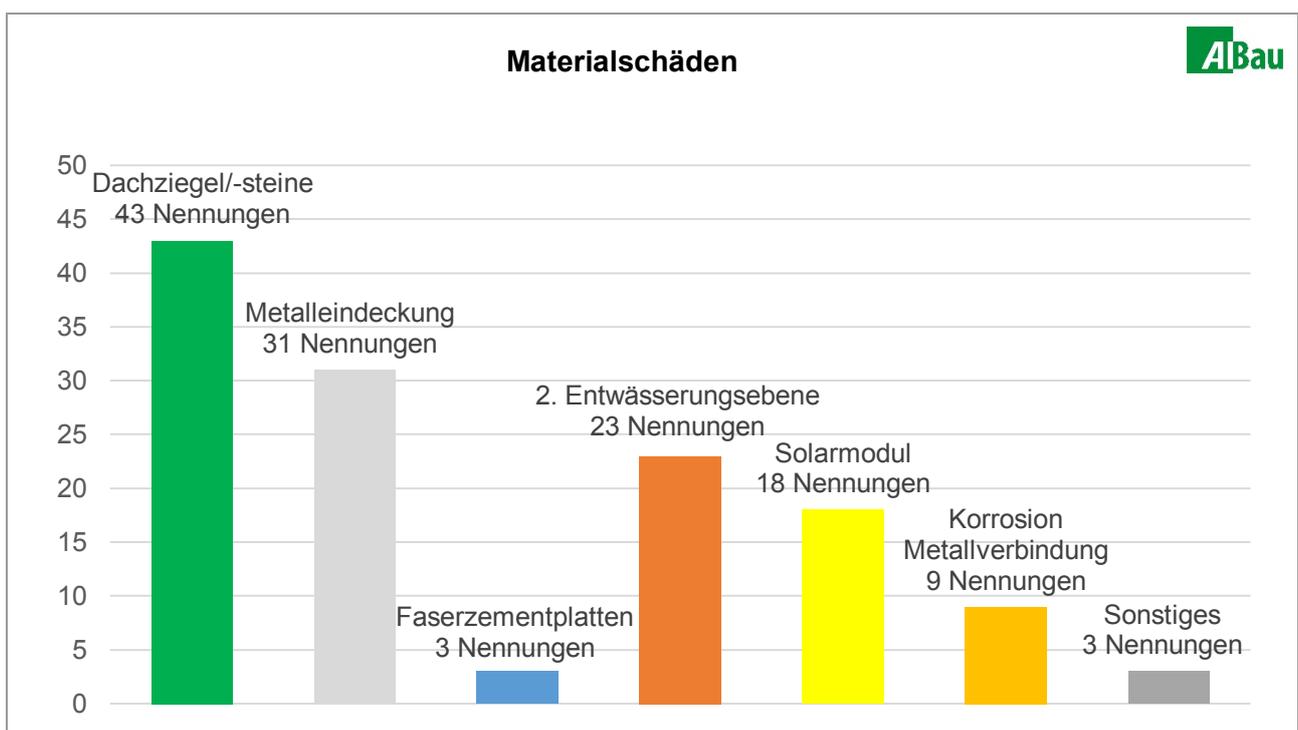


Abbildung 9: Angaben der Umfrageteilnehmer zu ggf. vorhandenen Materialschäden (Mehrfachnennungen möglich)

Umfrageergebnisse

Wie Abbildung 9 zeigt, gab es viele (insgesamt 130) Nennungen der Umfrageteilnehmer zum Thema der Materialschäden, die durch den nachträglichen Einbau der Solaranlage verursacht wurden.

Am häufigsten (77 der vorliegenden 130 Antworten, also 59 %) wurden demnach Schäden an den Deckmaterialien festgestellt (Dachziegel/-steine mit 43 Nennungen, Metalleindeckungen 31 Nennungen bzw. Faserzementplatten mit drei Nennungen).

Die zweite große Gruppe stellen Schäden an der zweiten Entwässerungsebene dar. Diese wurden von den Sachverständigen in 23 Fällen (ca. 18 % der 130 Nennungen) als Schadensursache ermittelt.

Schäden an der Solaranlage (18 Nennungen) bzw. Korrosion von Metallverbindungselementen (9 Nennungen) machen etwa 7 % der festgestellten Fehler/Schäden aus.

3.3.3 Angaben zu den Hauptursachen für Mängel/Schäden

Bei den Hauptursachen für Schäden bzw. Mängel an den nachträglich installierten Solaranlagen auf Steildächern wurde zwischen der Vorschädigung des Dachs bzw. einer unzureichenden Prüfung der Dachkonstruktion vor der Montage, einer fehlerhaften Einleitung der zusätzlichen Lasten in die Tragkonstruktion und Fehlern bei der Installation der Solaranlage selbst (d. h. Fehler bei der Befestigung der Solarmodule an der Unterkonstruktion der Solaranlage) unterschieden.

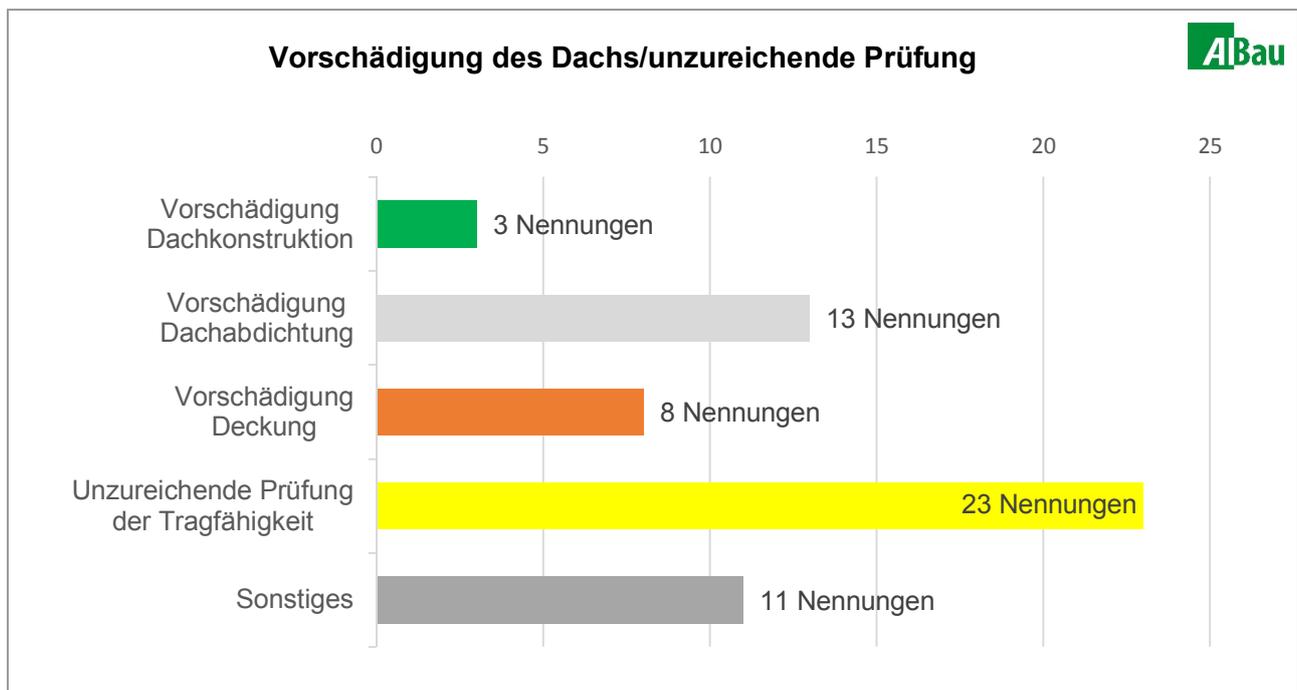


Abbildung 10: Angaben der Umfrageteilnehmer zu Ursachen aus dem Bereich der Vorschädigung des Dachs bzw. zu einer unzureichenden Prüfung vor der Montage der Solaranlage (Mehrfachnennungen möglich)

Umfrageergebnisse

Eine unzureichende Prüfung der Tragkonstruktion der geeigneten Dachfläche vor der Montage der Solaranlage wurde von den Sachverständigen in 23 Fällen als Hauptursache für Schäden/Mängel ermittelt (s. Abbildung 10).

Von den Umfrageteilnehmern wurde in 24 Fällen eine Vorschädigung der Dachabdichtung (13 Nennungen), der Dachdeckung (acht Nennungen) oder der Dachkonstruktion (drei Nennungen) als Hauptursache beschrieben.

Bei den 9 Fällen, die von den Sachverständigen unter „Sonstiges“ beschrieben wurden, handelt es sich meist um Dachaufbauten, die für eine nachträgliche Montage der Solaranlage ungeeignet waren. Diese Dächer waren nach Angabe der Umfrageteilnehmer vor der Montage der Solaranlage fehlerfrei.

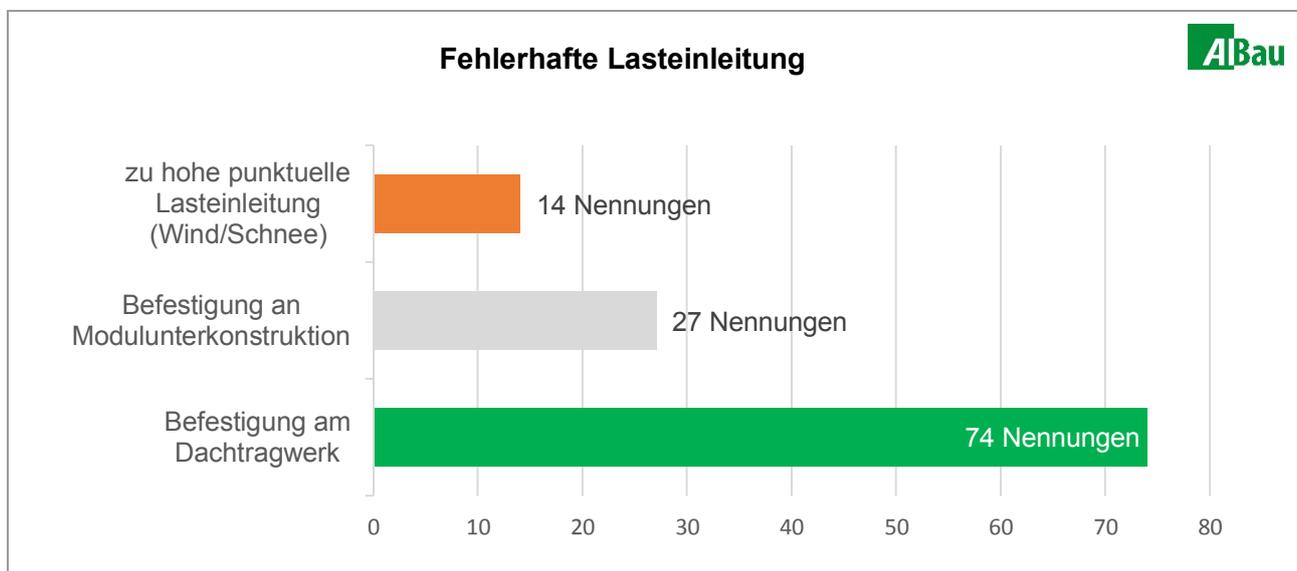


Abbildung 11: Angaben der Umfrageteilnehmer zu Ursachen aus dem Bereich der fehlerhaften Lasteinleitung (Mehrfachnennungen möglich)

In 88 Fällen war die Befestigung der Solaranlage am Dachtragwerk (74 Nennungen) bzw. eine zu hohe punktuelle Lasteinwirkung durch Wind bzw. Schnee (14 Nennungen) schadensursächlich (s. Abbildung 11).

Durch die nachträgliche Montage einer Solaranlage wird die Lasteinleitung in das Dachtragwerk verändert. Meistens werden Dachhaken nur auf jedem zweiten bzw. jedem dritten Sparren eingebaut, um die Anzahl der Durchdringungsstellen möglichst gering zu halten. Die an diesen Haken befestigte linienförmige Unterkonstruktion für die Solarmodule leitet dann jedoch die zusätzlichen Lasten der Solaranlage und auch Wind- und Schneelasten in die Sparren mit Dachhaken ein. Es entsteht somit durch die Solaranlage eine „Brücke“, die einzelne Sparren entlastet, aber in andere Sparren deutlich größere Lasten einleitet.

Eine falsche bzw. ungünstige Befestigung der PV-Module an der Modulunterkonstruktion war in 27 Fällen die Hauptursache für Mängel bzw. Schäden.

Umfrageergebnisse

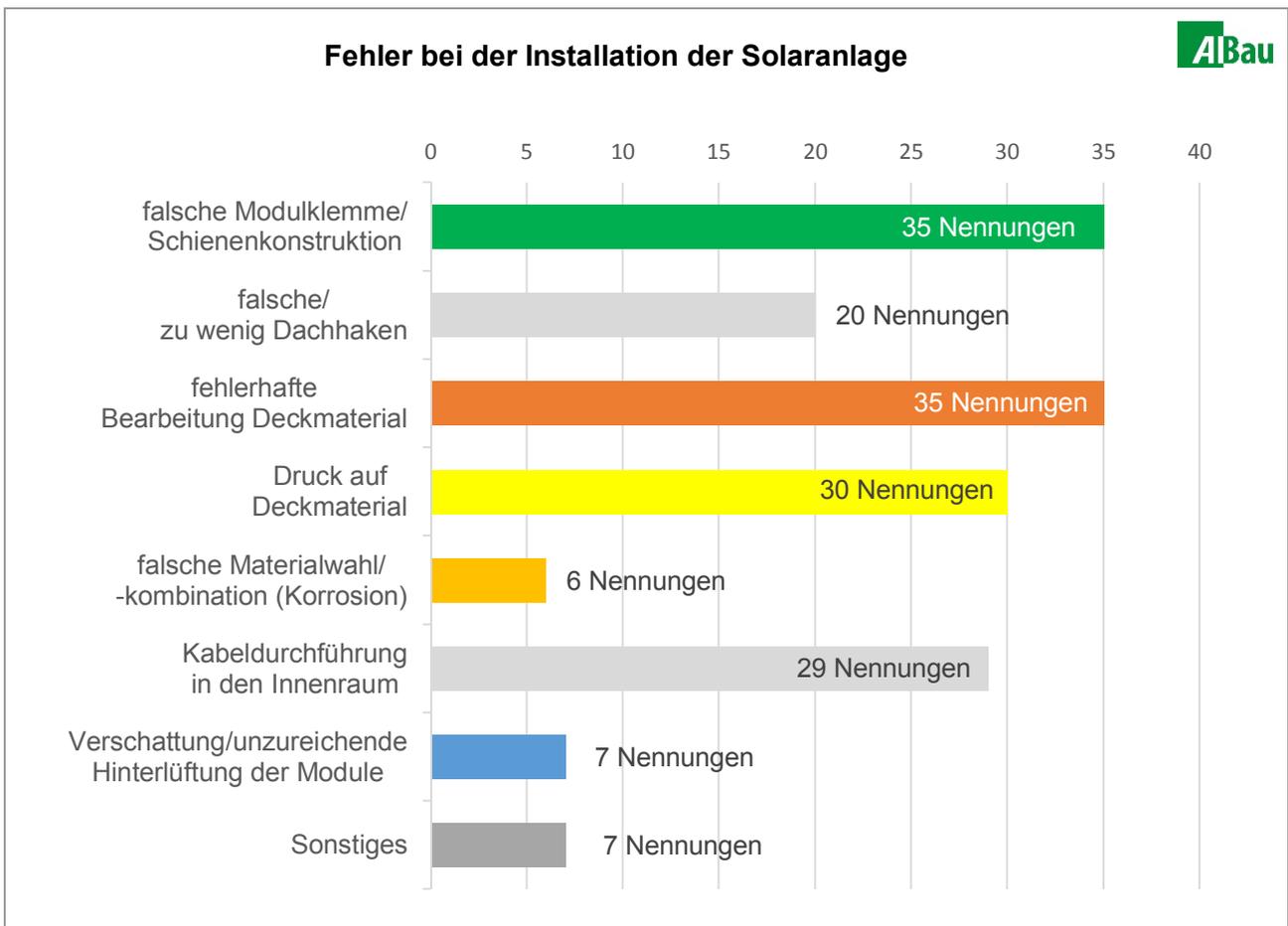


Abbildung 12: Angaben der Umfrageteilnehmer zu Fehlern bei der Installation der Solaranlage als Ursache für Mängel/Schäden (Mehrfachnennungen möglich)

In Abbildung 12 sind die von den Sachverständigen ermittelten häufigsten Fehler bei der Installation einer Solaranlage auf einer bestehenden, geeigneten Dachfläche zusammengefasst.

Falsche bzw. fehlerhafte Modulklemmen oder Schienenkonstruktionen der Solaranlagen werden hierbei genauso oft wie eine fehlerhafte Bearbeitung des Deckmaterials bei der Montage (jeweils 35 Nennungen) als Ursache für Fehler/Schäden genannt. Auch Druckausübung auf das Deckmaterial (30 Nennungen), Fehler bei der Kabeldurchführung in den Innenraum (29 Nennungen) und die Auswahl falscher bzw. der Einbau zu weniger Dachhaken (20 Nennungen) wurden häufig als Schadensursache ermittelt.

Dass auch die Nichtbeachtung von Herstellervorgaben bzw. unzureichende Herstellervorgaben (insgesamt 45 Nennungen) zu Mängeln bzw. Schäden führen kann, kann Abbildung 13 entnommen werden.

Umfrageergebnisse

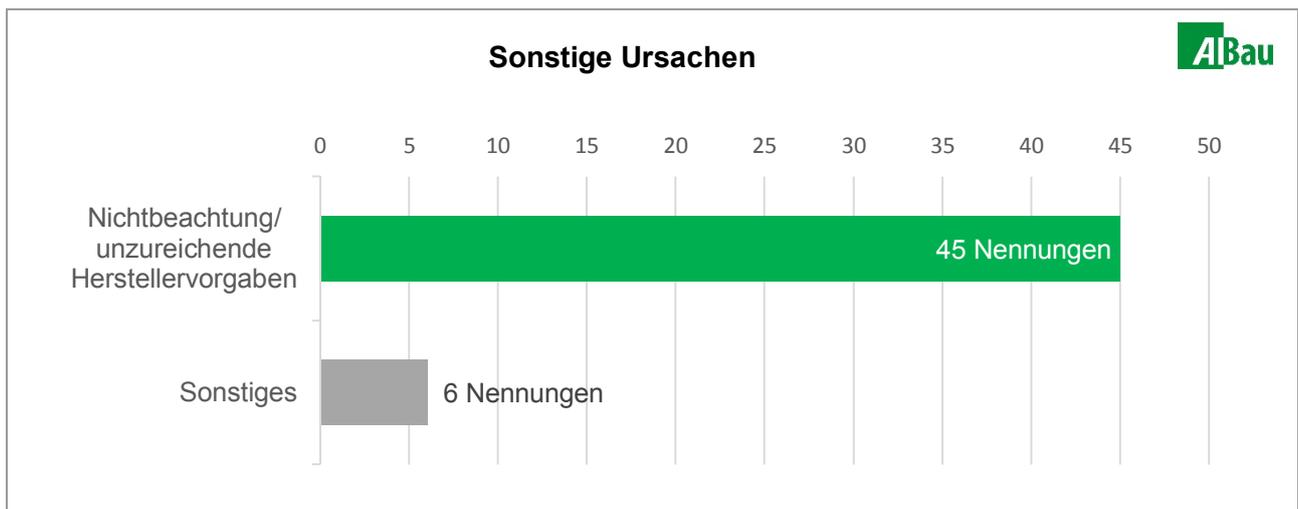


Abbildung 13: Angaben der Umfrageteilnehmer zu sonstigen Ursachen für Mängel/Schäden an nachträglich installierten Solaranlagen auf geeigneten Dächern (Mehrfachnennungen möglich)

Fehlerhafte Befestigungen kommen bei jedem Deckmaterial vor. In Relation zur Häufigkeit der Schadensfälle fällt aber auf, dass der Anteil bei Sandwichelementen und Bitumenschindeln relativ hoch ist. Der geringere Anteil bei Ziegel-/Dachsteinen ist vermutlich auf die hohe Fallzahl dieser Eindeckungsart zurückzuführen, die eine stärkere Differenzierung der festgestellten Fehler zulässt.

Umfrageergebnisse

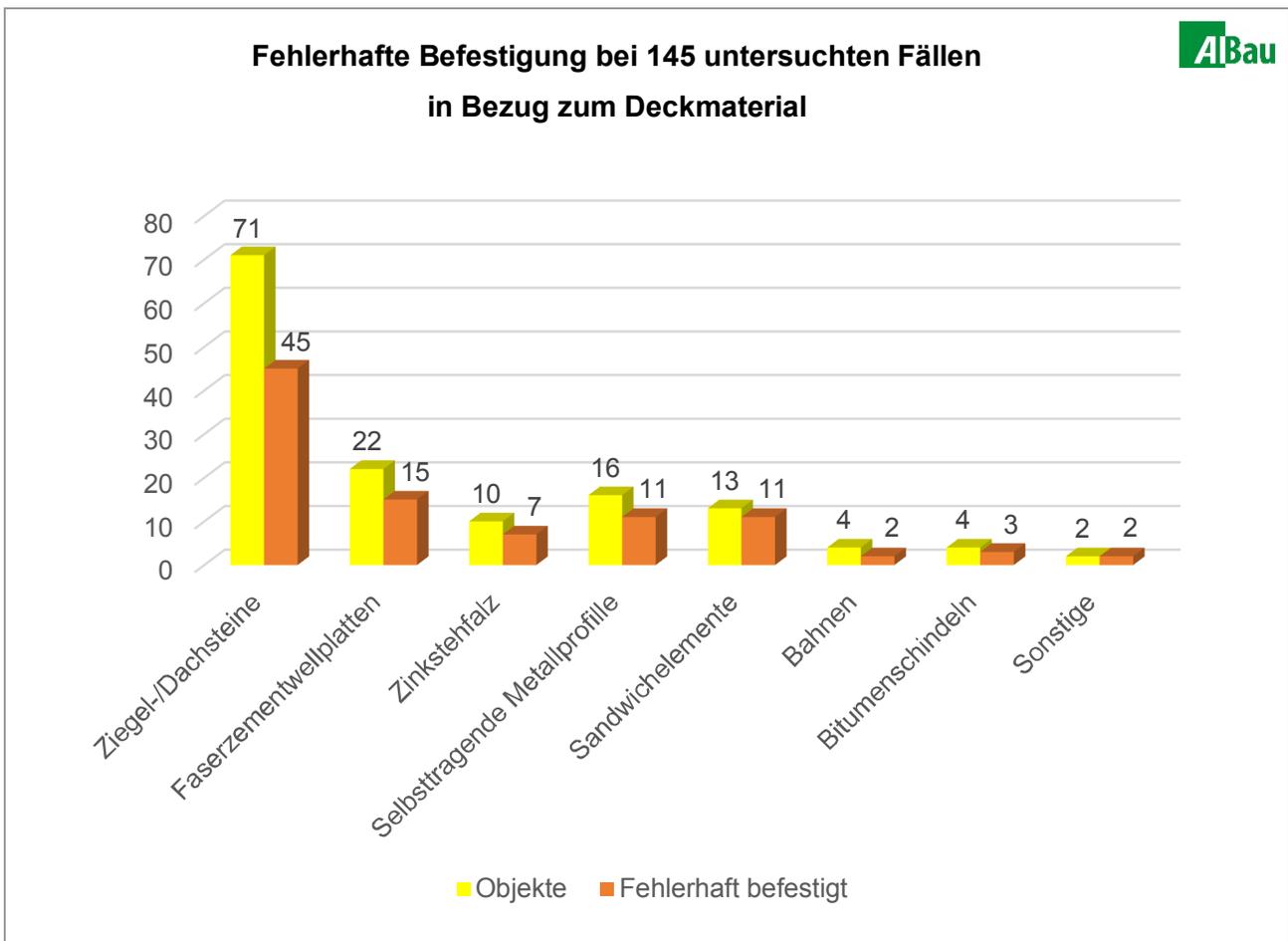


Abbildung 14: Gegenüberstellung der Fälle mit einer fehlerhaften Befestigung der Solaranlage als Hauptursache in Bezug zum jeweiligen Deckmaterial der geneigten Dächer

Bei den Feuchteschäden ist eine auffällige Häufung bei Faserzementwellplatten festzustellen. Das wird darauf zurückzuführen sein, dass diese häufig ohne Zusatzmaßnahme, d. h. ohne zweite Entwässerungsebene, montiert werden und jede Leckstelle sich im überdachten Raum durch Abtropfungen bemerkbar macht. Bei allen anderen Deckmaterialien wird i. d. R. eine Unterspannung, Unterdeckung oder Vordeckung eingebaut, so dass durch das Deckmaterial eintretende Feuchte entweder abgeführt oder zeitweise vom Material (Unterdeckplatten/Dämmung) gespeichert wird und somit unbemerkt bleibt. In den letztgenannten Fällen kommt es darauf an, wie häufig der Feuchteintritt und in welchen Mengen dieser erfolgt und ob das Material wieder austrocknen kann, bevor die Feuchte zum Schaden führt.

Umfrageergebnisse

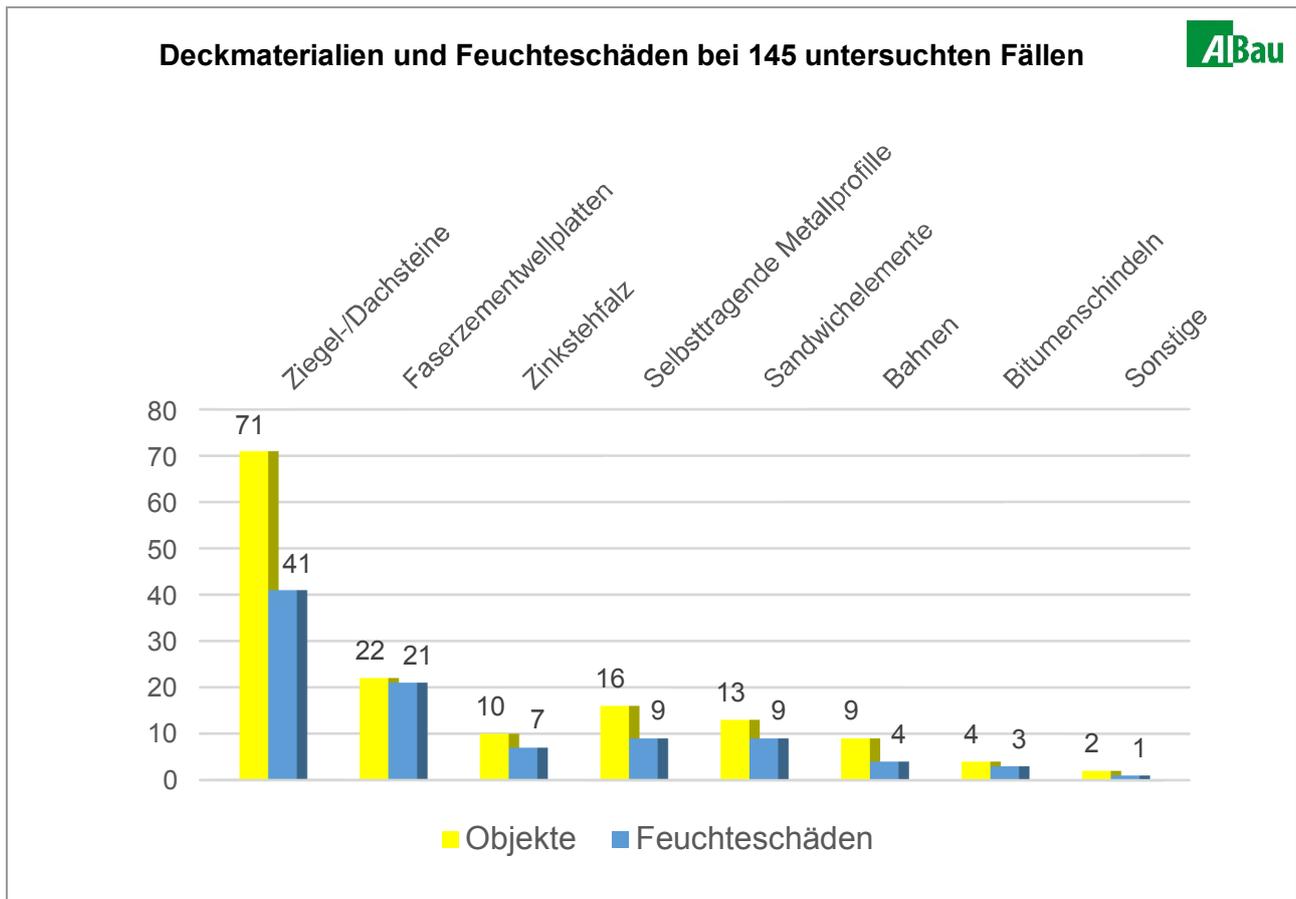


Abbildung 15: Gegenüberstellung der Fälle mit Feuchteschäden in Bezug zum jeweiligen Deckmaterial der geeigneten Dachfläche

Die Nutzung der Räume unter der Dachfläche ist von Bedeutung: Bei unbeheizten Räumen wurden in Relation zur Gesamtzahl mehr Schäden genannt (s. Abbildung 16). Wie oben bereits beschrieben, fallen auf der Innenseite ohne Dämmschichten und Verkleidungen Feuchteschäden häufiger auf. Bei genutzten Räumen sind i. d. R. Zusatzmaßnahmen vorhanden, die Fehler unbemerkt lassen.

Umfrageergebnisse

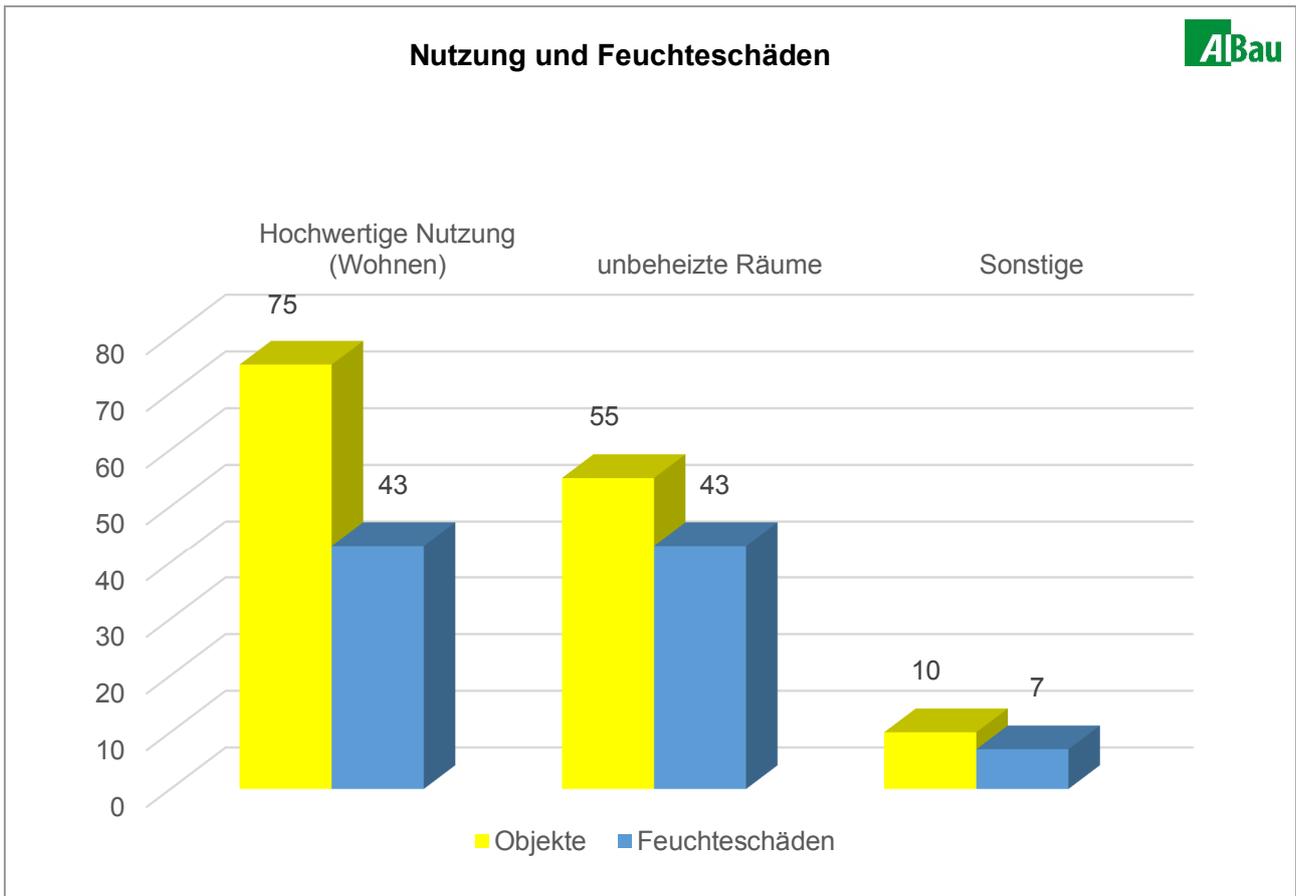


Abbildung 16: Gegenüberstellung der Fälle mit Feuchteschäden in Bezug zur Raumnutzung unterhalb der Solaranlage

Abbildung 17 stellt die Häufigkeit der Antworten insgesamt in Bezug auf die 145 Fälle zusammen. Es wird deutlich, dass oft eine fehlerhafte Befestigung festgestellt wurde und es häufig zu Feuchteschäden gekommen ist. Relativ oft wurden die eingeschränkte Begehbarkeit der Dächer und die Unterschreitung von Mindestabständen zu Dachrändern und wartungsbedürftigen Bauteilen sowie die Beschädigung des Deckmaterials bemängelt.

Umfrageergebnisse

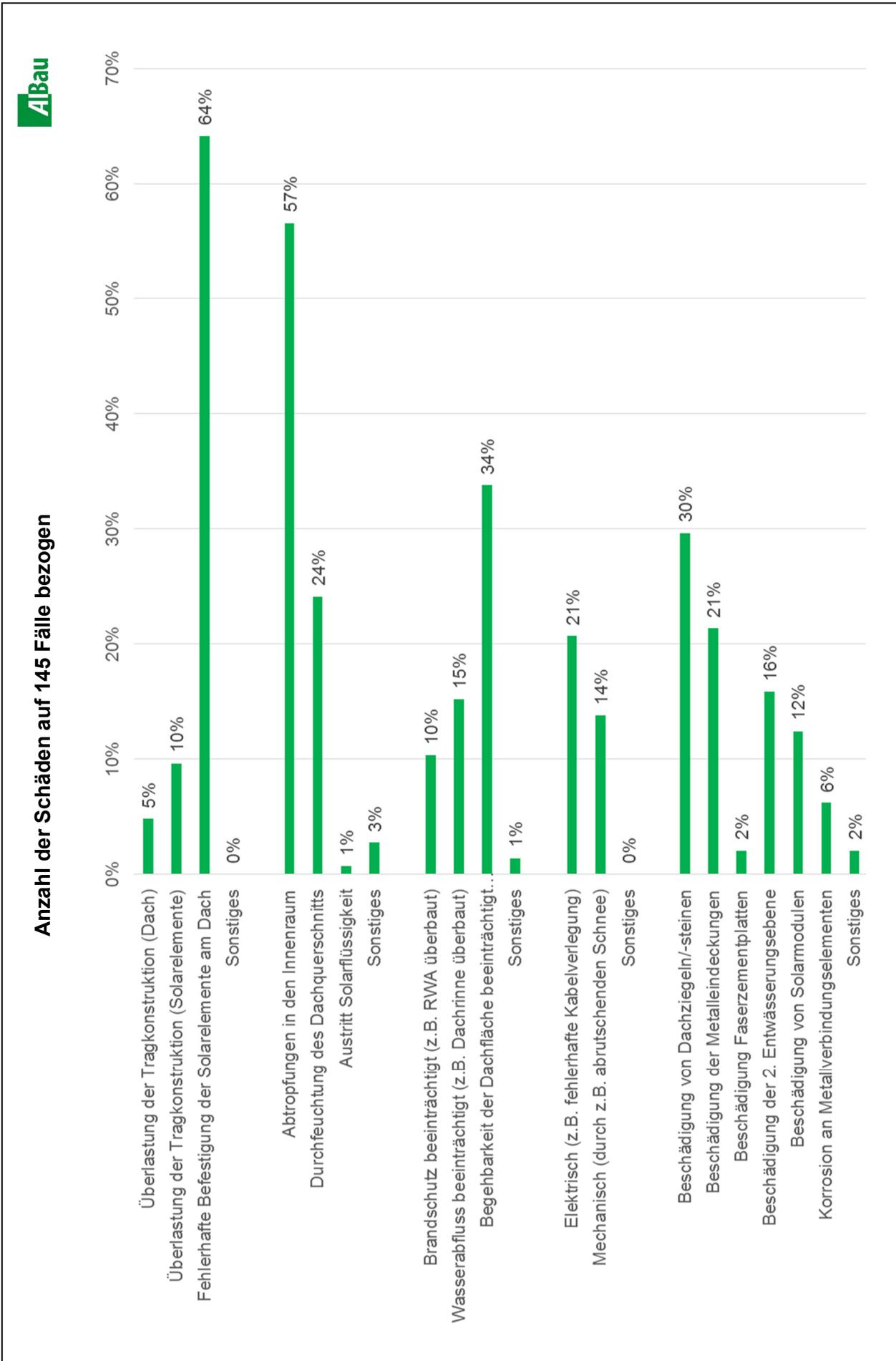


Abbildung 17: Zusammenstellung der Antworten der Sachverständigen (bezogen auf 145 Fälle)

Umfrageergebnisse

3.4 Beurteilung der Schadenshäufigkeit

Die Sachverständigen wurden auch danach gefragt, wie viele geeignete Dächer mit Solaranlagen sie kennen, die keine Schäden aufweisen. 61 Sachverständige benannten zwar insgesamt eine Anzahl von 782 Objekten. Dabei sind aber sowohl Einzelnennungen als auch grobe Schätzungen (bis zu 500 Stück) abgegeben worden, so dass die Auswertung dieser Angaben als wenig sinnvoll erscheint. Bei der folgenden Beurteilung (Abbildung 18 bis Abbildung 20) werden daher nur diejenigen Antworten ausgewertet, bei denen die Anzahl der schadenfreien Fälle und die der Schadensfälle niedriger sind als die Anzahl der insgesamt untersuchten Objekte. In diesen Fällen wird davon ausgegangen, dass die Solaranlagen von den Umfrageteilnehmern auch tatsächlich näher untersucht bzw. bei Abnahmen inspiziert wurden.

Bei der Gruppe der Sachverständigen für Schäden an Gebäuden betrifft dies 34 Antworten, bei denen insgesamt 146 Gebäude untersucht und 64 als schadenfrei bezeichnet wurden, was einer Quote von 44 % entspricht. In Abbildung 17 ist beispielsweise ablesbar, dass der Sachverständige Nr. 1 insgesamt 20 Dächer beurteilt und davon 18 als schadenfrei benannt hat, während der Sachverständige Nr. 30 insgesamt 15 Dächer beurteilte und kein schadenfreies Dach mit Solaranlagen aus eigener Beurteilung kennt.

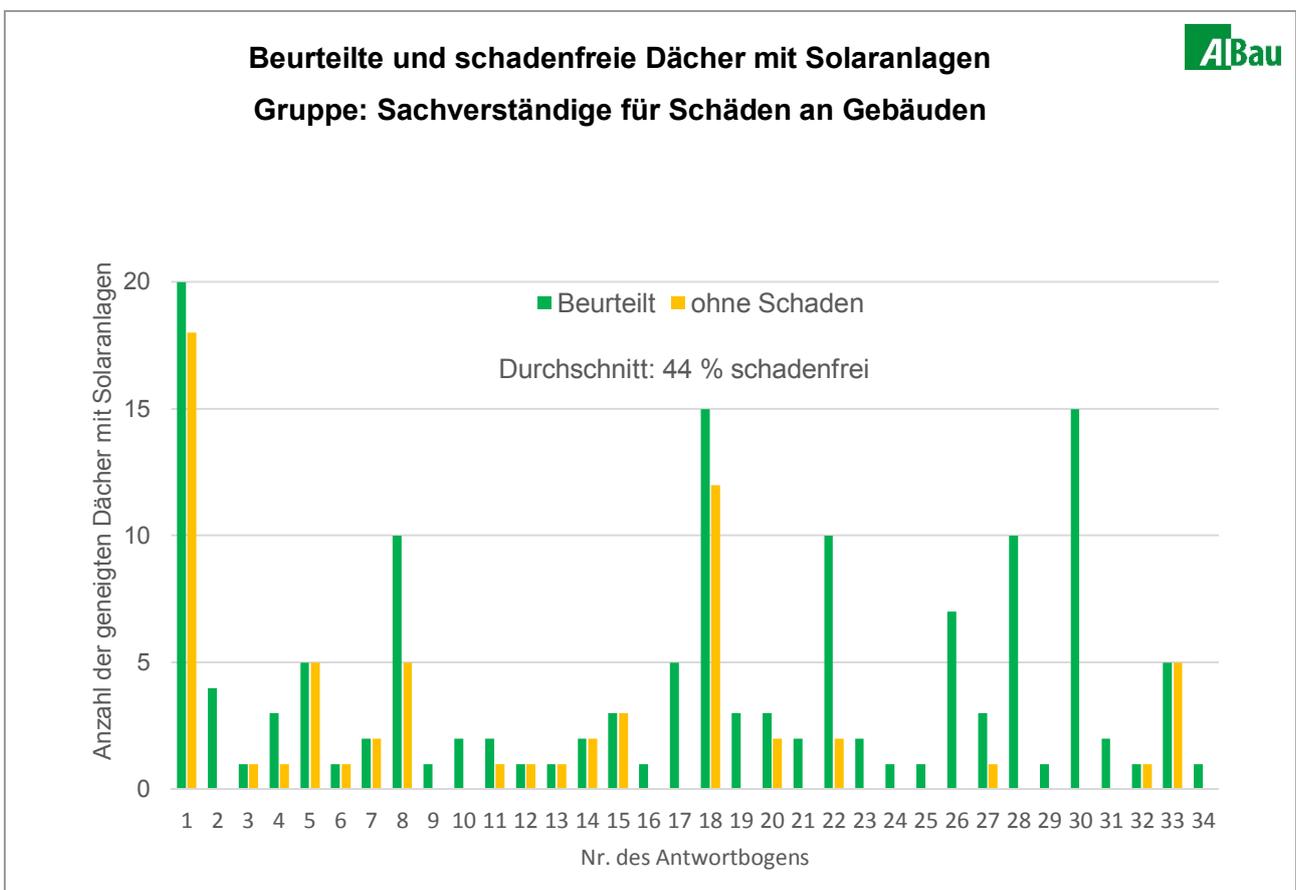


Abbildung 18: Gruppe der Sachverständigen für Schäden an Gebäuden
Gegenüberstellung der beurteilten und schadenfreien Dächer mit nachträglich installierten Solaranlagen

Umfrageergebnisse

Bei der Gruppe der Sachverständigen des Dachdeckerhandwerks trifft dies auf zwölf Antworten zu, bei denen insgesamt 84 Gebäude untersucht und zehn davon als schadenfrei bezeichnet wurden. Das entspricht lediglich einer Quote von etwa 12 %.

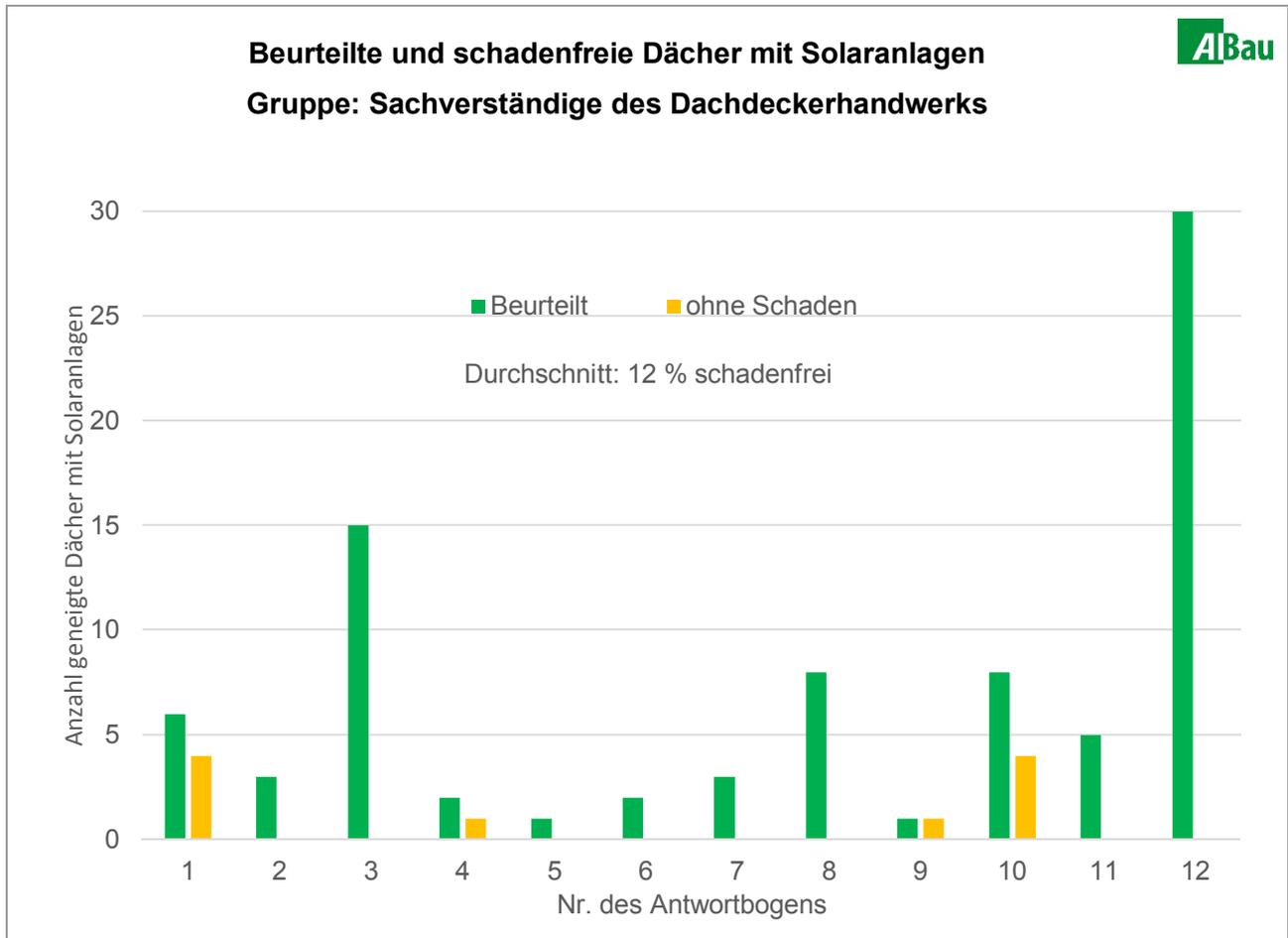


Abbildung 19: Gruppe: Sachverständige des Dachdeckerhandwerks

Gegenüberstellung der beurteilten und schadenfreien Dächer mit nachträglich installierten Solaranlagen

Bei der Gruppe der Sachverständigen für Solartechnik stellt sich dies im Gegensatz dazu grundlegend anders dar. Hier konnten nur zwei Antwortbögen ausgewertet werden. Es wurden nach eigener Schätzung 520 Objekte untersucht und es werden 420 Objekte als schadenfrei bezeichnet, was einer Quote von etwa 79 % entspricht.

Umfrageergebnisse

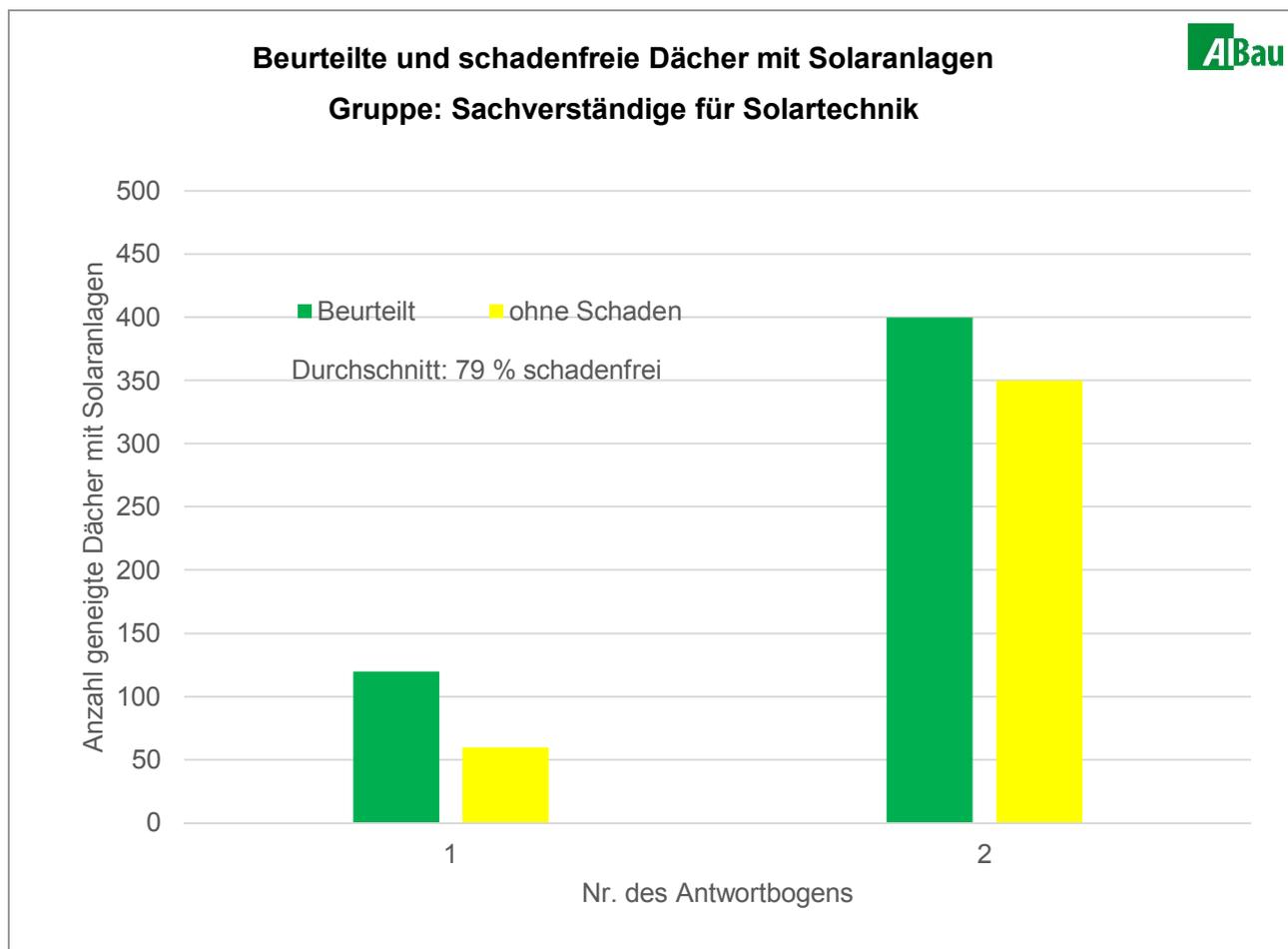


Abbildung 20: Gruppe der Sachverständigen für Solartechnik

Gegenüberstellung der beurteilten und schadenfreien Dächer mit nachträglich installierten Solaranlagen

Die deutlichen Unterschiede in der Einschätzung der Fehlerhaftigkeit und der positiven Fälle sind offenbar darin begründet, dass die Sachverständigen für Solartechnik die Untersuchung an Solaranlagen meist im Rahmen von Abnahmen durchführen, während die Sachverständigen für Schäden an Gebäuden und für das Dachdeckerhandwerk i. d. R. nur beim Verdacht auf Schäden gerufen werden und das auch erst nach einer gewissen Standzeit der Anlagen.

Zählt man die aufgrund von Schadensvermutungen untersuchten Gebäude der Sachverständigen für Schäden an Gebäuden (146) und Sachverständigen für das Dachdeckerhandwerk (84) sowie die dabei als schadhaft bewerteten Objekte (82 bzw. 74) zusammen, so wurden von 230 Objekten 156 als schadensbetroffen bezeichnet, d. h. in knapp 70 % der Fälle wurden bei Vermutungen auch tatsächlich Schäden festgestellt.

Aufgrund der vergleichsweise geringen Teilnehmerzahl ist die Umfrage nicht repräsentativ. Dennoch würde sich bei einer Hochrechnung auf die 156 vorgenannten Schadensfälle aus der Rücklaufquote von 7 % auf rund 2.200 Dächer schließen lassen. Dabei sind natürlich alle diejenigen Fälle nicht

Umfrageergebnisse

erfasst, bei denen die Schadensregulierung ohne die Begutachtung durch Dritte erfolgt ist (bzw. durch andere als den Kreis der Umfrageteilnehmer).

3.5 Bezug zum Gesamtbestand

Bis zum Jahr 2017 wurden in Deutschland 3,9 Mio. Anlagen zur Sonnenenergienutzung errichtet ([BSW-Solar 2018]).

Von 2008 bis 2017 wurden insgesamt etwa 2,76 Mio. Solaranlagen aufgestellt. Dabei handelt es sich um 1,46 Mio. PV-Anlagen und um 1,3 Mio. Solarthermieanlagen.

Ca. 80 % der PV-Anlagen in Deutschland haben eine Leistung von ≤ 10 kW (≤ 80 m²). Davon sind nach Schätzungen der DGS 90 % auf geneigten Dächern installiert. Dies ergibt eine Anzahl von 1,05 Mio. Anlagen.

Ca. 15 % der PV-Anlagen weisen eine Leistung von 10 kW (ca. 80 m²) bis 40 kW (ca. 320 m²) auf. Davon sind schätzungsweise 50 % auf geneigten Dächern installiert. Daraus ergibt sich eine Anzahl von 0,11 Mio. Anlagen.

Der Anteil größerer Anlagen mit einer höheren Leistung auf Schrägdächern ist sehr gering und insofern in Bezug auf unsere Untersuchung vernachlässigbar.

Daraus ergibt sich eine Anzahl an PV-Anlagen auf Schrägdächern von ca. 1,16 Millionen.

Unter den 1,3 Mio. solarthermischen Anlagen sind ebenfalls nach Schätzungen der DGS 90 % auf geneigten Dächern installiert, d. h. etwa 1,17 Mio. Stück.

Der Gesamtbestand an Solaranlagen auf geneigten Dächern (im Zeitraum vom Jahr 2008 bis zum Jahr 2017) liegt damit grob geschätzt bei etwa 2,4 Mio. Stück und damit bei etwa 87 % der in diesem Zeitraum errichteten 2,76 Mio. Anlagen.

In Kapitel 3.4 haben wir eine grobe, statistisch nicht abgesicherte Abschätzung von Schadensfällen in den letzten zehn Jahren auf 2.200 Dächer vorgenommen. Geht man davon aus, dass auch viele Dächer schadhaft waren, die nicht durch Dritte untersucht und die ggf. unmittelbar instandgesetzt wurden, und dass auch andere als der Kreis der öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen Untersuchungen durchführten, so ist sicherlich noch ein deutlicher Anteil hinzuzurechnen. Wir schätzen, dass die Schadensquote bei Solaranlagen auf geneigten Dächern unter 0,5 % liegen müsste. Träfe dies zu, wären von den jährlich etwa 240.000 neu errichteten Anlagen weniger als 1.200 Solaranlagen schadensbetroffen.

Dieser Bericht befasst sich mit den vergleichsweise geringen Schadensfällen und hat zum Ziel, die Anzahl dieser Schäden zukünftig weiter zu verringern.

Schadenstypen – Ziegel- und Dachsteine

4. Schadenstypen

4.1 Ziegel- und Dachsteine

Die Befestigung von Solarelementen auf Dächern mit traditionellen, kleinteiligen Deckelementen erfolgt üblicherweise mit Dachhaken. Sie werden mit dem Holzdachstuhl verbunden und ragen zwischen den Deckungen heraus. Dabei müssen die Deckelemente entsprechend angepasst werden. Da die Deckung i. d. R. keine vorgeformten Ausnehmungen hat, wird sie von den Solaranlageninstallateuren nach den Gegebenheiten ihrer Anlage angepasst, d. h. die Ausnehmungen werden vor Ort manuell erstellt: Falze oder Rippen werden ausgeschnitten, ausgeschliffen oder gefräst. Die Überdeckung, Verfälschung und die Kontaktflächen der Dachziegel werden an den Durchdringungsstellen geändert. Dadurch wird die Regensicherheit der Deckung verschlechtert. Der Bauherr verliert dabei evtl. seinen Gewährleistungsanspruch zumindest auf Dichtheit des Dachs.

Typische Schäden sind im Folgenden aufgeführt.

4.1.1 Deckung mit Mörtelverstrich

Bei einem Gebäude aus den 50er Jahren wurde die Dachfläche im Jahr 2011 über dem nicht ausgebauten Dachgeschoss mit einer Photovoltaik-Anlage versehen (s. Abbildung 21). Die über 30° geneigte Dachfläche war mit Flachdachziegeln gedeckt, die Querfugen zwischen den Ziegeln mit einem Mörtelverstrich geschlossen (s. Abbildung 22). Dies war eine übliche Ausführung, die den Fachregeln [ZVDH Regeln für Deckungen mit Ziegeln 1958] entsprach.

Die PV-Anlage wurde mit Dachhaken an den Sparren befestigt, die Dachziegel an den Durchdringungsstellen ausgefräst (s. Abbildung 23) und die Fugen wieder innenseitig mit Mörtelverstrich geschlossen.

An der Ausführung wurde bemängelt, dass die Regensicherheit bei der Vielzahl der Ausnehmungen der Dachziegel nicht mehr vorhanden war, weil insbesondere der neue Innenverstrich der Querfugen unsauber und unfachmännisch ausgeführt wurde (s. Abbildung 24). Es gab Stellen, an denen der Mörtelverstrich wieder abgefallen war und man zwischen den Ziegeln hindurchsehen konnte. Es kam zu Abtropfungen im Spitzboden und zu Durchfeuchtungen des darunter liegenden Wohnbereichs.

Ziegel- und Dachsteine – Schadenstypen



Abbildung 21
Dachfläche mit PV-Anlage



Abbildung 22
Nicht ausgebauter Dachraum, keine Unterspannbahn, sondern Mörtelverstrich als Zusatzmaßnahme für die Regensicherheit



Abbildung 23
Ausgefräste Fußrippe für die Durchdringung des Dachhakens



Abbildung 24
Nicht vollständig wiederhergestellter oder wieder abgebrochener Mörtelverstrich bei Dachhaken-durchdringung

Schadenstypen – Ziegel- und Dachsteine

4.1.2 Alte Deckung ohne Zusatzmaßnahme

Auf einer Scheune, deren Dach mit einer Ziegeldeckung aus den 30er Jahren gedeckt war, wurde eine Solaranlage errichtet (s. Abbildung 25 bis Abbildung 28). Die Ziegel wurden an den Durchdringungsstellen ausgefräst, teilweise ohne Ausfräsung angehoben, zum Teil lagen die Dachhaken auf und führten zum Bruch der Ziegel. Strittig war, ob es sich bei den Kosten der Dachziegelerneuerung um Sowieso-Kosten handele oder ob noch eine Restlebensdauer der Dacheindeckung anzusetzen ist.



Abbildung 25
Scheunendach mit Ziegeleindeckung ohne Zusatzmaßnahme

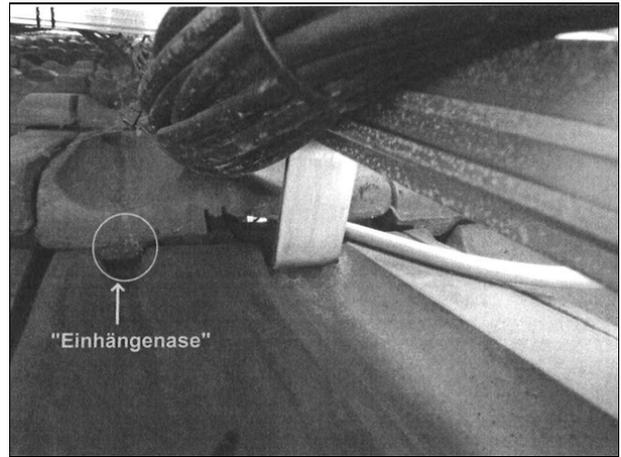


Abbildung 26
Ausgefräste Ziegel bei Dachhaken – und Kabeldurchführung



Abbildung 27
Gebrochener Dachziegel

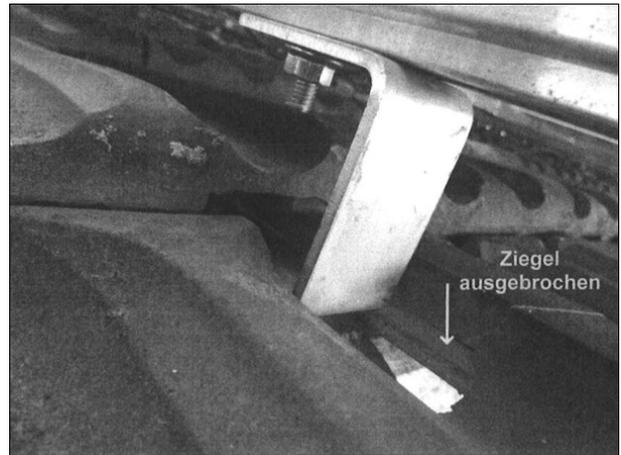


Abbildung 28
Loch im Dachziegel bei Dachhaken

Ziegel- und Dachsteine – Schadenstypen**4.1.3 Bruch der Dachziegel**

Bei einem ziegelgedeckten Einfamilienhaus wurden nach der Montage einer PV-Anlage Wasserflecken im ausgebauten Dachgeschoss festgestellt. Eine Kontrolle der Eindeckung ergab eine hohe Anzahl an gebrochenen Ziegeln (s. Abbildung 29 bis Abbildung 34). Alle betroffenen Ziegel befanden sich unter Dachhaken der Unterkonstruktion.



Abbildung 29
Ziegelbruch längs, vom Haken ausgehend



Abbildung 30
Ziegelbruch quer, vom Haken ausgehend

Teilweise wurden Brüche provisorisch mit Klebeband abgedichtet (Abbildung 31), sodass davon auszugehen ist, dass die Brüche bereits in der Bauphase entstanden und zumindest teilweise dem Installateur bekannt waren.



Abbildung 31
Provisorisch abgedeckter Bruch



Abbildung 32
Ziegelbruch quer, vom Haken ausgehend

Die Haken waren mit sehr geringem Abstand zum unteren Ziegel montiert. Als Unterlage wurden weiche Holzplättchen genutzt. Diese lagen nicht vollflächig zwischen Sparren und Dachhaken (Abbildung 33). Zudem erfolgte die Verschraubung des Hakens mit dem Sparren mit nur einer Schraube.

Schadenstypen – Ziegel- und Dachsteine

Abbildung 33
Ungeeignete und mit zu geringer Auflage montierte Unterlage, Haken mit nur einer Schraube befestigt



Abbildung 34
Ziegelbruch an ca. 10 % der verbauten Haken

Im Rahmen des Austauschs der Ziegel wurden alle Dachhaken mit ausreichend festen, vollflächig aufliegenden Unterlagen und der Verwendung von zwei Schrauben erneut montiert. Hierbei wurden auch ausreichende Nachbearbeitungen an den Ziegeln durchgeführt.

Ziegel- und Dachsteine – Schadenstypen

4.1.4 Unzureichende Dachhakenbefestigung

Bei einem landwirtschaftlich genutzten Gebäude mit neuer Dacheindeckung mit Dachziegeln wurde eine PV-Anlage errichtet, deren Unterkonstruktion aus Dachhaken und einer einlagigen Schicht aus Aluminiumprofilen bestand. Das Dach verfügt über ein Unterdach, das auf den Sparren aufliegt. Über dem Unterdach ist eine Auflattung angebracht. Die Dachhaken wurden auf diese Auflattung gelegt und mit lediglich einer Schraube verschraubt (Abbildung 35 und Abbildung 36). Eine zweite Schraube wurde nicht verwendet, da die Abmessungen der Latte zu gering waren und die zweite Schraube im Randbereich der Latte zu einem Ausbrechen des Holzes geführt hätte. Bedingt durch die geringe Auflagefläche und die Einzelschraube kann der Haken verkippen und somit Druck auf den unteren Ziegel ausüben. Verstärkt wird dieser Effekt durch ein starkes Versetzen vieler Haken in die äußeren Löcher der Grundplatte.



Abbildung 35
Lediglich mit einer Schraube befestigter Haken, Abstand zwischen Haken und aufgelatteten Sparren



Abbildung 36
Schraube im äußeren Bereich der Grundplatte

Bereits durch die Einzelschraube rissen in einigen Fällen Latten ein (Abbildung 37). Auch hierdurch wird ein Verkappen des Hakens begünstigt, da der obere Teil der Schraube nicht geführt ist.



Abbildung 37
eingegrissene Latte

Eine ausreichend feste Verschraubung des Hakens ohne die Gefahr eines Verkippens kann nur durch eine breitere Auflattung aus festem Holz erreicht werden, die den Einsatz von zwei Schrauben ermöglicht.

Schadenstypen – Ziegel- und Dachsteine

4.1.5 Falsche Druckbelastung der Dachziegel

Bei einem Einfamilienhaus drückt an einer solarthermischen Anlage der Solarhalter der Kollektoren auf den Ziegel und die elastischen Auflager liegen entgegen der Verlegeanleitung des Dachhakens nicht auf, die Verschraubung wurde offenbar nicht festgezogen (Abbildung 38 und Abbildung 39). Dadurch können bei stärkerer Belastung der Kollektoren, z. B. durch Schnee, die Ziegel zerstört werden. In Abbildung 40 ist der fachgerechte Einbauzustand dargestellt.



Abbildung 38
Solarhalter drückt auf den Dachziegel



Abbildung 39
Das elastische Auflager liegt nicht auf, der Dachhaken ist nach unten gekippt und belastet mit seiner Vorderkante den darunter liegenden Ziegel unterhalb der Traglatte.



Abbildung 40
Zum Vergleich: fachgerecht installierter Solarhalter
[Wilhelm Flender GmbH & Co. KG]

Ziegel- und Dachsteine – Schadenstypen**4.1.6 Deckung mit Unterspannbahn**

Im Zuge einer Dachrinnenreinigung wurden Schäden und Fehler an einer PV-Anlage festgestellt, die bereits seit mehreren Jahren auf dem Dach montiert war (Abbildung 41). Die Betondachsteine wiesen Löcher auf (Abbildung 42 und Abbildung 43) und es gab Risse (Abbildung 44), die offenbar durch die Dachhakenmontage entstanden waren. Die Dachhaken waren entweder zu gering dimensioniert (keine ausreichende Steifigkeit) oder direkt ohne Abstand auf den Dachsteinen montiert worden. Die Beschädigungen der Dachziegel waren über Jahre nicht bemerkt worden, weil die Unterspannbahn unter den Dachsteinen das eindringende Niederschlagswasser abführen konnte. Die PV-Anlage wurde vollständig demontiert und neu montiert, sodass die Dachhaken keinen Druck mehr auf die Ziegel ausüben konnten.



Abbildung 41
PV-Anlage über nicht ausgebautem Dachgeschoss



Abbildung 42
Durch das ausgestanzte Loch im Betondachstein konnte ein Zollstock durchgesteckt werden



Abbildung 43
Ausgestanztes Loch im Betondachstein



Abbildung 44
Längs gebrochener Dachstein unter einem Dachhaken

Schadenstypen – Ziegel- und Dachsteine

4.1.7 Reparaturversuche mit Klebebändern

Nach dem Kauf eines Einfamilienhauses mit thermischer Solaranlage (Abbildung 45) und Photovoltaik-Anlage bemerkte der Käufer Klebestreifen an der Dacheindeckung unter der thermischen Solaranlage (Abbildung 46 und Abbildung 47). Die Untersuchungen zeigten, dass die Dachhaken auf den Dachziegeln auflagen und zum Bruch der Ziegel geführt hatten (Abbildung 48). Die fehlerhaften Ziegel waren nicht ausgetauscht worden, sondern mit Klebeband abgedeckt worden. Abtropfungen im Innenraum waren zum Zeitpunkt der Untersuchung noch nicht aufgetreten.



Abbildung 45
Aufgeständerte solarthermische Anlage



Abbildung 46
Mit Klebebändern bearbeitete Durchdringungsstellen der Dachhaken



Abbildung 47
Mit Dichtbahnstücken bearbeitete Durchdringungsstellen der Dachhaken



Abbildung 48
Dachhaken liegt auf Ziegelsteinen auf.

Ziegel- und Dachsteine – Schadenstypen

4.1.8 Knackgeräusche an der Dacheindeckung

Nach der Montage einer PV-Anlage wurden Knackgeräusche bemängelt. Der gerichtlich hinzugezogene Sachverständige des Dachdeckerhandwerks stellte fest, dass Tragelemente der Modulunterkonstruktion an die Dachziegel stießen (Abbildung 49). Thermische Längenänderungen führten zu Spannungen und entsprechenden Verschiebungen in der Dacheindeckung, die sich in Form der bemängelten Geräuscheinwirkung bemerkbar machten.

Die Dachziegel waren an den Durchdringungsstellen der Dachhaken sauber ausgefräst, die Dachneigung lag deutlich über der Regeldachneigung der Ziegelsteine. Als Zusatzmaßnahme war eine Unterdeckung aus Holzfaserplatten ausgeführt. Feuchteschäden sind nicht aufgetreten (Abbildung 50).

Die PV-Anlage musste demontiert und mit größerem Abstand zur Deckung wieder eingebaut werden.



Abbildung 49
Verbindungselemente der Modulunterkonstruktion stoßen an die Dachziegel



Abbildung 50
Für die Dachhakenmontage ausgefräste Kopfverfaltung der Dachziegel

Schadenstypen – Ziegel- und Dachsteine

4.1.9 Unterschreitung der Regeldachneigung

Bei einem neu errichteten Wohnhaus mit Dachziegeleindeckung wurde kurz nach Fertigstellung eine PV-Anlage auf der Dachfläche aufgebracht. Kurz danach kam es zu Abtropfungen am Dachüberstand, sowohl aus den verbauten Deckenleuchten als auch aus den Belüftungsschlitzen (Abbildung 51). Die Dachdeckung bestand aus im Verband gedeckten Glattziegeln mit Kopf- und Seitenfalz. Die Dachfläche wies eine Dachneigung von $11,5^\circ$ auf. Unter der Dachdeckung war eine verklebte Unterdeckbahn TYP UDB A auf einer 40 mm dicken Holzfaserdämmplatte eingebaut (Abbildung 52).

Im Bereich der Dachhaken waren die Kopf- und Fußrippen der Dachziegel ausgenommen. Zwischen Dachanker und darunterliegendem Dachziegel waren Schaumstoffbänder eingelegt (Abbildung 53).

Die Unterschreitung der Regeldachneigung von 25° um $13,5^\circ$ erfordert gemäß dem Regelwerk des Dachdeckerhandwerks eine Zusatzmaßnahme der Klasse 1, d. h. ein wasserdichtes Unterdach. Die Dachkonstruktion war daher auch ohne Solaranlage bereits nicht ausreichend regensicher und daher mangelhaft.

Weitere Mängel bestanden in der nicht ordnungsgemäßen Befestigung der Dachanker, deren Schrauben nicht bis in die tragenden Sparren, sondern lediglich in die für diese Befestigung nicht ausgelegten Konterrahmen bis in die über die Sparren verlegten Holzfaserdämmplatten reichten. Die erforderlichen Abstände zu den Rändern der Konterrahmen (von z. B. drei bis fünf Schraubendurchmessern in Abhängigkeit der bauaufsichtlichen Zulassung der Schrauben) waren deutlich unterschritten und nicht eingehalten. Ein statischer Nachweis wurde den Bauherren nicht vorgelegt.

Im Hinblick auf die Schneelast war zudem die Modulträgerkonstruktion unterdimensioniert. Die Elektroverkabelung lag in weiten Teilen mitsamt den Steckverbindungen auf den Dachziegeln auf und damit im Wasserfluss (Abbildung 54). Die Kabelführungen im Gebäude waren nicht zugentlastet. Bei der Montage des Wechselrichters waren die Mindestabstände, die der Hersteller vorgibt, nicht eingehalten worden.

Zur Herstellung der vollen Funktionstüchtigkeit des Daches musste nicht nur die PV-Anlage, sondern auch Dachdeckung, Lattung und Unterdeckbahn demontiert und neu über einem wasserdichten Unterdach aufgebaut werden.

Ziegel- und Dachsteine – Schadenstypen



Abbildung 51
Abtropfungen durch Einbaustrahler und aus den Belüftungsschlitzen nach Probebewässerung



Abbildung 52
Graue Unterdeckbahn (weggeklappt), darunter 4 cm Holzfaserdämmung oberhalb der Dachsparren

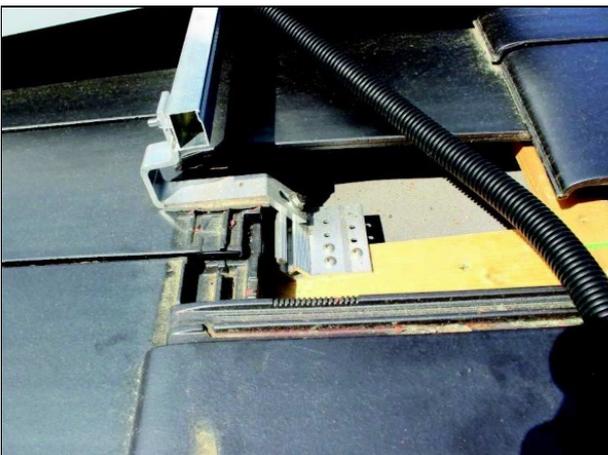


Abbildung 53
Dachhaken liegt über Schaumstoffstreifen auf dem nicht zerstörten Kopffalz auf (Fußfalz wurde eingeschnitten)



Abbildung 54
Lose auf den Dachziegeln aufliegende Elektrokabel und Steckverbindungen

Schadenstypen – Ziegel- und Dachsteine

4.1.10 Unterschreitung der Regeldachneigung

Auf dem Dach eines Wohnhauses wurde eine PV-Anlage errichtet. Nach der Montage kam es zu Durchfeuchtungen im Innenraum.

Das Dach wies eine Neigung von 13° auf. Bei der Dachdeckung handelte es sich um einen Glattziegel mit einfachem Ringfalz. Die zweite Entwässerungsebene bestand aus einer Unterdeckbahn mit verklebten Stößen, darunter war eine 35 mm dicke Holzweichfaserplatte über den Sparren eingebaut, zwischen den Sparren eine Dämmung aus Zellulosefasern.

Die Solaranlage war über Dachhaken auf den Sparren montiert. Die Dachhaken waren nicht mit Abstand über die unten liegenden Ziegel eingebaut, sondern lagen auf deren Oberkante auf, was dazu führte, dass die Ziegel nach unten gedrückt und an ihrer Vorderkante leicht angehoben wurden (Abbildung 55 bis Abbildung 58).

Die Dachneigung hätte laut Hersteller des Dachziegels ein wasserdichtes Unterdach erfordert. Durch die zu großen Ausnehmungen und das Anheben der Dachziegel wurde die Regensicherheit weiter vermindert.

Die PV-Anlage sollte demontiert, die zu groß ausgenommenen Steine durch neue Steine mit fachgerechter Ausnehmung ersetzt und die Dachhaken neu justiert werden, damit sie keinen Druck auf die unten liegenden Ziegel ausüben.



Abbildung 55
Zu große Ausnehmung der Rippen und Falze im Flachziegel



Abbildung 56
Durch Druck auf den oberen Ziegelfalz wird die untere Kante des Ziegelsteins angehoben.

Ziegel- und Dachsteine – Schadenstypen



Abbildung 57
Verschluss der zu großen Ausnehmung durch elastischen Dichtstoff



Abbildung 58
Anhebung des Flachziegels

Schadenstypen – Ziegel- und Dachsteine

4.1.11 Gebrochene und abgerutschte Biberschwanzziegel

Bei einem großen Stallgebäude für Pferde war die Dachfläche mit Biberschwanzziegeln eingedeckt. Auf der Innenseite der Dachfläche waren keine Wärmedämmung und auch keine Unterspannbahn, also keine regensichernde Zusatzmaßnahme, eingebaut. Die Ziegeldeckung war daher von unten frei einsehbar.

Die Befestigung der Photovoltaik-Anlage erfolgte über Dachhaken, die unmittelbar auf den Dachziegeln auflagen. An vielen Stellen führten die Druckkräfte zu einem Bruch der Biberschwanzziegel (Abbildung 59). Infolgedessen kam es zum Abrutschen der Ziegel (Abbildung 60) und zur Gefährdung von Personen sowie zu Abtropfungen in den Innenraum.



Abbildung 59
Nach unten verschobener Biberschwanzziegel mit
Bruchlinie unter dem Dachhaken



Abbildung 60
Abgebrochener Biberschwanzziegel unter dem
Dachhaken. Der untere Teil des Ziegels ist abge-
rutscht.

Ziegel- und Dachsteine – Schadenstypen

4.1.12 Weitere Beispiele mit mangelhafter Dachsteinbearbeitung

Auf den Abbildungen (Abbildung 61 bis Abbildung 66) sind weitere typische Fälle von mangelhaft bearbeiteten Dachsteinen zusammengestellt. Eine Ausnahme stellt die fachgerechte Aussparung in Abbildung 64 dar.



Abbildung 61
Unbearbeiteter Ziegel ohne Haken



Abbildung 62
Bearbeiteter Ziegel im Bereich des Hakens



Abbildung 63
Bearbeitung an falscher Stelle, dadurch angehobener Ziegel



Abbildung 64
Ausreichende Nut im unteren Ziegel mit doppelter Verschraubung des Hakens

Schadenstypen – Ziegel- und Dachsteine

Abbildung 65
Verkürzter Ziegel



Abbildung 66
Große Öffnung durch verkürzten Ziegel

Faserzementplatten – Schadenstypen

4.2 Faserzementplatten

4.2.1 Ungenügende Überdeckungsmaße

Auf einer Dachkonstruktion aus den 90er Jahren mit einer Eindeckung aus asbestfreien Faserzementplatten (Format 30 x 30 cm) wurde das Montagesystem einer PV-Anlage montiert (Abbildung 67). Die Dachfläche weist eine Neigung von 25 ° auf.

Die Verbindung zur Dachunterkonstruktion wurde mit Dachhaken hergestellt, die über ein Dichtband auf Blechformelementen aufliegen. Die Blechformelemente haben beidseitige Wasserfalze, d. h. talseitig umgelegte Blechränder. Für das Ergänzen der Deckung um die Blechunterlagen wurden neue Dachplatten verwendet.

Die für die Regensicherheit erforderlichen Höhen und Seitenüberdeckungen der Dachplatten auf den Blechunterlagen waren nicht gegeben. Teilweise waren die Unter- und Oberseiten der Dachplatten vertauscht. Die Abmessungen mancher Dachplatten waren nicht ausreichend groß. Die korrosionsbeständige Verschraubung mit Dichtscheiben erfolgte sichtbar. Einige Schrauben wurden zu fest angezogen, wodurch sich Risse in den Dachplatten bildeten. Andere waren nicht fest genug angezogen und ließen sich leicht von Hand drehen, die Dichtscheiben hatten keinen ausreichenden Anpressdruck.

Die Dachhaken waren mit Schrauben ohne Dichtscheibe befestigt (Abbildung 68 und Abbildung 69), teilweise wurde nur eine Schraube pro Dachhaken verwendet. Die Befestigungen lagen offen, mehrere Schrauben waren schräg eingedreht und gaben bei Belastung nach.



Abbildung 67
Montagesystem und Befestiger über Eindeckung
aus Faserzementplatten



Abbildung 68
Nicht ausreichende Überdeckung der Blechformelemente, sichtbare Verschraubung der neuen Deckplatten, offene Befestigung der Dachhaken ohne Dichtscheiben

Schadenstypen – Faserzementplatten

Vor der Montage der PV-Module mussten die Befestiger erst neu montiert und eine fachgerechte Einarbeitung der Blechformelemente in die Deckung erfolgen (Abbildung 70).



Abbildung 69
Befestigung neuer Dachplatten durch die Blechformelemente hindurch



Abbildung 70
Neu montierter Dachhaken in Faserzementplatten-
deckung.

Faserzementplatten – Schadenstypen

4.2.2 Dachhaken auf plattenförmiger Deckung

Auf das etwa 30° geneigte Bestandsdach eines älteren Wohnhauses mit einer Eindeckung aus (vermutlich asbesthaltigen) Faserzementplatten, die über einer Vordeckung aus einer besandeten Bitumenbahn auf einer Holzschalung eingebaut wurde (entgegen der Gefahrstoffverordnung) war eine Solaranlage montiert worden. Die Befestigung erfolgte mit Dachhaken, die durch die Platten hindurch geschraubt wurden. Die Schrauben für die Befestigung der Dachhaken waren zum Teil schräg eingedreht. Die Eindichtung sollte ein Dichtstreifen bringen, der unter den Dachhaken eingebaut wurde. Teilweise wurden die Dachhaken über Plattenstöße hinweggeführt, so dass dieser Dichtstreifen keinem Anpressdruck ausgesetzt war (Abbildung 71 und Abbildung 72).

An der Innenseite der wärmegeämmten, mit Profilbrettern bekleideten Dachschräge kam es zu Abtropfungen, an der Traufe zu Laufspuren (Abbildung 73 und Abbildung 74).

Die Schrauben saßen nicht in den Sparren, sondern lediglich in der Brettschalung (Abbildung 75 und Abbildung 76).



Abbildung 71

Die Dachhaken sind über einen Dichtstreifen auf der Asbestzementplatten aufgelegt und verschraubt, teilweise mit schräg eingebauten Schrauben.



Abbildung 72

Die Dachhaken liegen auch auf Überlappungsstößen der Deckung, die Dichtstreifen unter den Dachhaken haben dort keinen Anpressdruck.

Schadenstypen – Faserzementplatten



Abbildung 73

Abtropfungen sammelten sich zunächst auf der Dampfsperre bzw. der Brettschalung der horizontalen Kehlgebälkverschalung.



Abbildung 74

Im Innenraum gab es Abtropfungen an der Profilbrett-Deckenverkleidung sowie Laufspuren im Traufbereich.



Abbildung 75

Die Verschraubung erfolgte nicht in die Sparren, sondern in die Verschalung. An dieser Stelle vermindert ein Astloch den festen Sitz der Schraube.



Abbildung 76

Die Schrauben sitzen nur in der Brettschalung.

Bitumenschindeln – Schadenstypen

4.3 Bitumenschindeln

Auf den Dächern einer Wohnanlage, die mit Zwischensparrendämmung und einer nicht unterlüfteten Bitumenschindeldeckung gebaut waren, wurde nach etwa zehn Jahren Standzeit eine Photovoltaik-Anlage montiert. Gegen Ende der Gewährleistungszeit des Solarinstallateurs kam es zu ersten Feuchteschäden im Innenraum im Bereich der Traufe. Für die Montage der Solarunterkonstruktion wurden Stockschrauben verwendet, die für die Befestigung von Faserzementwellplatten vorgesehen waren (Abbildung 77). Als Abdichtungsmaßnahme waren lediglich die kleinflächigen Dichtringe unter den Befestigungsmuttern verwendet worden (Abbildung 78). Teilweise war versucht worden, mit Dichtmasse größere Ausrisse in der Bitumenschindeldeckung zu schließen. Diese Art der Befestigung wurde als Ursache der Durchfeuchtungsschäden angesehen.

Die PV-Anlage wurde demontiert, die durchlöchernde Dachdeckung vollständig erneuert, und die Befestigung für die Solaranlage mit Dachhaken auf einer in die Bitumenschindeldeckung eingearbeiteten Blechunterlage wieder aufgebracht.



Abbildung 77
Befestigung der Solarunterkonstruktion durch die Bitumenschindeldeckung mittels Stockschrauben für Faserzementwellplatten



Abbildung 78
Unzureichende Abdichtung der Durchdringungen nur mit kleinflächigen Dichtringen

Schadenstypen – Trapezbleche

4.4 Trapezbleche

4.4.1 Montage auf mangelhafter Trapezblechschale

Das Dach einer Lagerhalle war mit unterseitig vlieskaschierten Trapezblechen eingedeckt. Im Überdeckungsbereich sind diese Bleche einseitig nicht kaschiert, fälschlicherweise wurden die nicht kaschierten Ränder unten angeordnet. Die dadurch außen freiliegende Kaschierung des oberen Blechs wurde mittels Klebebändern abgedeckt, um eine Wasseraufnahme von außen zu verhindern (Abbildung 79). Auch Schraubbefestigungen am First wurden mit Klebebändern nachträglich eingedichtet (Abbildung 80).

Die Abstände der Stockschraubenbefestigung waren zu groß. Nach etwa vier Jahren wurde die Dachfläche an ein Solarunternehmen zur Nutzung vermietet. Nach der Montage der Solarmodule wurden Abtropfungen in der Halle bemängelt.

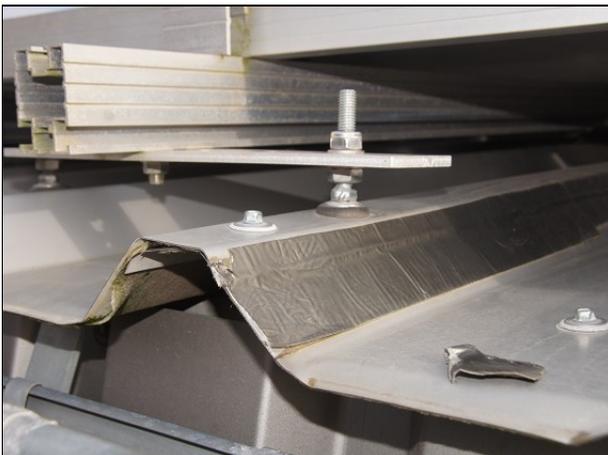


Abbildung 79
Trapezblecheindeckung. Die fälschlicherweise außen frei liegende Vlieskaschierung wurde mit Klebeband überdeckt.



Abbildung 80
Schraubbefestigungen am First wurden mit Klebebändern eingedichtet.

Bei der Untersuchung der Anlage wurde auch der statische Nachweis geprüft. Die Berechnungsgrundlagen waren unter den beteiligten Statikern strittig. Die Flachstahlverbinder zweier Stockschrauben in Firstnähe lagen nicht parallel zu den Modulen, sondern waren entweder schräg eingebaut oder verbogen worden (Abbildung 81). Zudem hatten bereichsweise zu hohe Anzugmomente der Stockschrauben einige Obergurte herunter gedrückt und zu einer Auffaltung des Untergurts geführt (Abbildung 82).

Es wurde empfohlen, sowohl Solaranlage wie Dachdeckung abzubauen und fachgerecht wieder neu zu errichten.

Trapezbleche – Schadenstypen



Abbildung 81
Flachstahlverbinder zwischen zwei Stockschrauben sind nicht parallel zu den Modulen eingebaut oder verbogen worden.

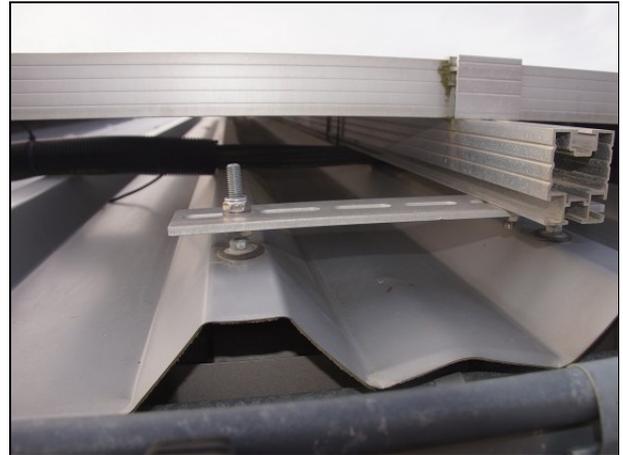


Abbildung 82
Hohe Anzugmomente der Stockschrauben haben die Obergurt herunter gedrückt und zu einer Auffaltung des Untergurts geführt.

Schadenstypen – Trapezbleche

4.4.2 Verwendung von Trapezblechbefestigern

Das Dach eines Gewerbebaus, in dem sich der Produktionsbetrieb sowie die Ausstellung und Verwaltung eines Möbelhauses befanden, war mit einer selbsttragenden Trapezblechschale gedeckt. Auf dieses alte Bestandsdach wurde eine PV-Anlage montiert. Dabei wurden die vorhandenen Befestigungsschrauben der Trapezblechschale verwendet, d. h. ausgeschraubt und um einen Aluminium-Winkel als Befestiger für die Modulunterkonstruktion ergänzt und wieder eingeschraubt. Die Modulunterkonstruktion wurde nicht mit Dehnungsausgleichern versehen, so dass entsprechende Zwängungsspannungen auf die Schrauben einwirkten. An den Schrauben entstanden Undichtheiten, die zu Abtropfungen in allen Bereichen des Gewerbebaus führten.

Trapezbleche – Schadenstypen

4.4.3 Trapezblech, Beschädigung des Dachs während der Montage

Mehrere Gebäude eines landwirtschaftlichen Betriebs wurden für die Errichtung einer Photovoltaikanlage genutzt. Die ursprüngliche Eindeckung mit asbesthaltigen Faserzementplatten wurde entfernt. Für die Neueindeckung wurden Trapezbleche verwendet.

Die Befestigung der Photovoltaik-Anlage erfolgte über Aluminium-Kurzprofile, die unmittelbar auf die Obergurte der Trapezbleche geschraubt wurden. Als Zwischenlage war auf den Kurzprofilen ein EPDM Band aufgebracht worden. Die verwendeten Dünnschrauben wurden als Spenglerschrauben ausgeführt.

Die Dächer weisen eine Neigung von 14° auf, sodass während der Errichtung der Anlage die Blecheindeckung betreten wurde. Insbesondere an Stellen nahe dem Aufstieg traten häufige und teilweise hohe Belastungen auf. Bei einem Übergang zwischen zwei Teildächern ergab sich zudem eine höhere Belastung, da die Monteure von einem erhöhten Dach kommend auf ein niedrigeres herunterstiegen, wodurch zu den normalen Gewichtskräften weitere dynamische Kräfte hinzukamen (Abbildung 83 und Abbildung 84).



Abbildung 83
Erhöhter Übergang



Abbildung 84
Blick vom erhöhten Dach aus auf die darunter liegende Dachfläche mit Verformungen an der Blechoberseite

An diesen Stellen kam es zum Verformen der Obergurte, zunächst ohne erkennbare Beeinträchtigung der Dachdichtheit. An mehreren Stellen waren zudem Öffnungen in den Blechen mit einem Reparaturband abgedichtet. Die Ursachen für die Öffnungen waren nicht in allen Fällen klar. Teilweise handelte es sich um an falscher Stelle angebrachte und später wieder entfernte Kurzprofile.

Schadenstypen – Trapezbleche



Abbildung 85
Beschädigte Obergurte

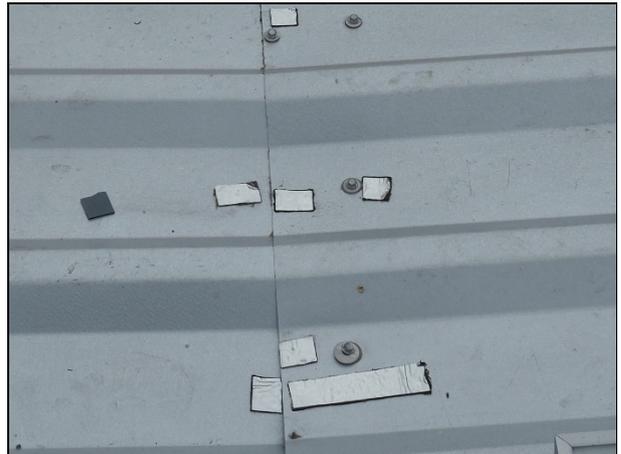


Abbildung 86
Reparaturband

Die Reparatur mit augenscheinlich geeignetem Reparaturband stellte an allen untersuchten Stellen die Dachdichtheit wieder her (Abbildung 85 und Abbildung 86). Andere von den Herstellern der Unterkonstruktion angebotene Lösungen, wie z. B. Reparaturschrauben, wurden nicht eingesetzt.

Durch sorgfältiges Einmessen können Fehlbohrungen vermieden oder zumindest deren Anzahl verringert werden. Mechanische Belastungen müssen insbesondere an stark beanspruchten Stellen durch lastverteilende Maßnahmen wie Laufstege so reduziert werden, dass keine Verformungen der Bleche auftreten.

Trapezbleche – Schadenstypen

4.4.4 Trapezblech mit Vorschädigungen

Das Dach eines Gewerbehofs wurde für die Errichtung einer Photovoltaikanlage genutzt. Die Befestigung der Photovoltaik-Anlage an der Trapezblecheindeckung erfolgte über Aluminium-Langprofile, die auf die Obergurte der Trapezbleche geschraubt wurden. Als Zwischenlage ist ein EPDM Band aufgebracht worden. Die verwendeten Dünnschrauben sind als Spenglerschrauben ausgeführt.

Die Dächer weisen geringe Neigungen auf, sodass während der Errichtung der Anlage die Blecheindeckung betreten werden konnte. Insbesondere an Stellen nahe dem Aufstieg traten häufige und teilweise hohe Belastungen auf. In den mit Modulen belegten Bereichen war ein Begehen nur in Randbereichen der Dachflächen möglich. Hier traten keine erkennbaren Schäden auf. In nicht mit Modulen belegten Bereichen nahe des Dachzugangs wurden offensichtlich mittlere Bereiche der Dachflächen betreten. In diesen kam es zum Verformen der Obergurte (Abbildung 87) zunächst ohne erkennbare Beeinträchtigung der Dachdichtheit.

An mehreren Stellen waren zudem Verformungen der Untergurte erkennbar, die offensichtlich durch spitze Gegenstände unter den Blechen verursacht wurden (Abbildung 88). Einige dieser Stellen führten zu Löchern und zu Undichtheiten. Auch wenn davon auszugehen ist, dass die Gegenstände voraussichtlich bei der Errichtung des Dachs und somit vor der Montage der PV-Anlage unter die Bleche gelangt sind, könnte es durch ein häufiges Betreten der jeweiligen Stellen während der PV-Montage zu den Verformungen gekommen sein. Von Seiten der PV-Monteure wurde jedoch bestritten, dass die festgestellten Auffälligkeiten durch die Arbeiten entstanden sind, da diese nach ihrer Aussage bereits bei Baubeginn vorhanden waren. Insbesondere die Löcher im Bereich der Untergurte bestanden aufgrund der erkennbaren Korrosion der Lochränder augenscheinlich seit längerem, was die Aussage der Installateure bestätigen könnte. Bei den verformten Obergurten ist eine Datierung der Schadensentstehung nicht möglich.



Abbildung 87
Geknickter Obergurt



Abbildung 88
Löcher im Untergurt

Auffälligkeiten sollten bei Begehungen vor der Bauphase dokumentiert und dazu notwendige Maßnahmen sollten geklärt werden. Ob insbesondere unterhalb der Module gleichartige Auffälligkeiten bestehen, ist nach Errichtung der PV-Anlage oft nicht mehr feststellbar, zudem werden Reparaturen erschwert.

Schadenstypen – Trapezbleche

4.4.5 Trapezblech, Undichtheiten im Bereich der Blechüberlappungen

Die Dächer mehrerer Gebäude eines landwirtschaftlichen Betriebs wurden für die Errichtung einer Photovoltaikanlage genutzt. Auch bei dieser Anlage wurden die asbesthaltigen Faserzementplatten durch Trapezbleche ersetzt. Die Bleche waren unterseitig mit einem Vlies beschichtet, das Tauwasser kurzzeitig aufnehmen und bis zu einem gewissen Grade speichern kann, damit es nicht zu Abtropfungen in den Innenraum kommt.

Die Befestigung der Photovoltaik-Anlage an der Trapezblecheindeckung erfolgte über Aluminium-Langprofile, die in Kunststoffhaltern gelagert auf die Obergurte der Trapezbleche geschraubt werden.

Die Trapezbleche wurden mit sehr geringer Überlappung montiert (Abbildung 89 und Abbildung 90). Die Verschraubung des Montagesystems auf den Blechen erfolgt normalerweise ohne Vorbohren. Im Bereich von Überlappungen wird vom Hersteller des Montagesystems jedoch ein Vorbohren verlangt, um ein Abheben der Bleche voneinander und das Entstehen von Spalten zu verhindern (Abbildung 91 und Abbildung 92).



Abbildung 89
Sehr geringe Überlappung

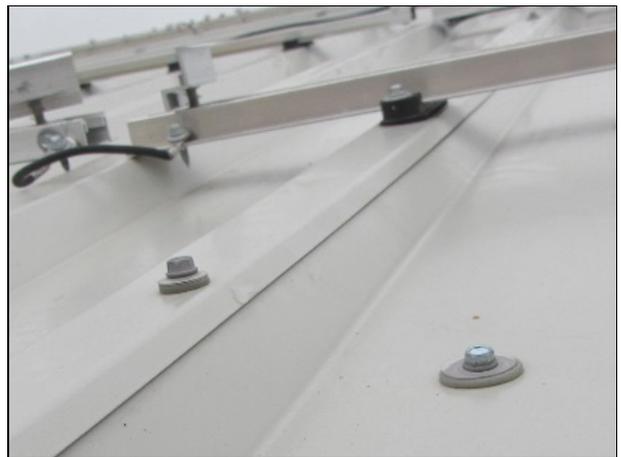


Abbildung 90
Befestigungsklemme auf dem Obergurt auf dem Überlappungsstoß

An mehreren Stellen waren derartige Spalte zu beobachten.

Trapezbleche – Schadenstypen

Abbildung 91
Aufgebogene Bleche bei Überlappung durch
Schrauben der UK



Abbildung 92
Wie links, Lichteinfall durch die Aufbiegung der Bleche

An mehreren Stellen waren Bleche zertreten oder durch andere mechanische Einwirkungen verformt, teilweise mit erkennbaren Dachundichtheiten als Folge (Abbildung 93 und Abbildung 94).



Abbildung 93
Markierte Trittstelle



Abbildung 94
Verbogener Obergurt

Aufgrund der geringen Überlappung der Blechtafeln mussten häufig die verwendeten Spenglerschrauben an den Rand der Obergurte gesetzt werden (Abbildung 95). Einige Schrauben sind dabei im Knickbereich der Bleche angeordnet (Abbildung 96). An diesen Stellen kann die Dachdichtheit nicht gewährleistet werden.

Schadenstypen – Trapezbleche

Abbildung 95
Spenglerschrauben im Randbereich der Obergurt



Abbildung 96
Links: Schraube im Knickbereich des Blechs,
rechts: markierte Stelle

Zinkbleche – Schadenstypen

4.5 Zinkbleche

4.5.1 Zinkblech – Behinderung thermischer Ausdehnungen

Auf dem Dach eines Schulgebäudes erfolgte die Befestigung der PV-Anlage mittels Klemmen an den Stehfalzen der Blecheindeckung. Das Dach hat eine Dachneigung von etwa 10° . Der Dachaufbau wies eine Zwischensparrendämmung mit Unterdeckbahn, 8 cm Belüftungsschicht und der Deckschalung mit der Zinkblecheindeckung auf. Die Unterdeckbahn war nicht bis in die Rinne geführt, sondern endete vor der Traufbohle.

Nach etwa drei Jahren wurden Abtropfungen an der Traufe bemerkt sowie das Verfaulen der Traufbohle. An den Auflagerpunkten der Solaranlage hatten sich Löcher der Zinkblecheindeckung gebildet, die bis zu 5 cm groß waren.

Die horizontal verlaufenden Tragschienen der Module waren in großen, zusammenhängenden Längen über die gesamte Dachfläche – ca. 30 bis 40 m – montiert. Sie wiesen keinerlei Elemente zum Dehnungsausgleich auf (Abbildung 97). Zudem waren die einfachen Befestigungsklemmen aus Flach- und Winkelstählen an den Stehfalzen nicht nur im Bereich der Verfalzung befestigt, sondern nahezu bis auf die Blechebene geführt worden und behinderten so die Ausdehnungsmöglichkeiten der Blechscharen selbst. Die thermisch bedingten Längenänderungen der Unterkonstruktion führten zur Bildung der Löcher in der Zinkblecheindeckung (Abbildung 98).

Die Zinkblechdeckung wurde vollständig erneuert, die Anzahl der Haften verstärkt, die PV-Anlage mit an die Stehfalzeindeckung angepassten Klemmen neu montiert. Die Länge der Modulträger wurde auf drei bis vier Meter begrenzt.



Abbildung 97
Zinkblechdach nach Demontage der PV-Module



Abbildung 98
Zinkblechdach nach Entfernen der Modulträger, Beschädigungen der Stehfalze (mit Pfeilen gekennzeichnet)

Schadenstypen – Sandwichelemente

4.6 Sandwichelemente

4.6.1 Abtropfungen vom Dach einer Lagerhalle

An den Unterseiten eines Dachs einer Lagerhalle, das mit Sandwichelementen (Verbundelemente aus zwei Blechschalen mit dazwischen liegender Wärmedämmung aus Polyurethan-Hartschaum) gedeckt war, kam es nach der Montage von PV-Anlagen zur Abtropfungen in den Innenraum. Der hinzugezogene Privatsachverständige stellte fest, dass die Abtropfungen nicht auf Kondensat zurückzuführen waren, sondern von den Durchdringungen der Befestigungsschrauben der PV-Anlage herrührten (Abbildung 99 und Abbildung 100). Bei der Überprüfung der Befestiger von oben zeigte sich, dass die Obergurte des Trapezbleches im Bereich der Lochleibung verformt und eingedrückt, der Lochrand hingegen aufgebogen und nicht entgratet war, so dass die Dichtscheiben keine plane Auflagefläche hatten (Abbildung 101). Demzufolge hatte sich darunter Feuchtigkeit gebildet und es war zu Korrosion an den Bohrlöchern und Durchfeuchtungen im Dämmstoff gekommen. Die Dichtscheiben waren teilweise einseitig verformt (Abbildung 102). Zum Teil war nicht das erforderliche Drehmoment erreicht worden. Es waren keine zugelassenen Stockschrauben als Befestigungselemente verbaut worden. An den Holzpfetten zeigten sich auch erhebliche Wasserlaufspuren, die auf die Durchdringungen zurückgeführt werden konnten.



Abbildung 99
Befestiger der Solaranlage (Pfeil oben) und Ablaufspuren an der Pfette darunter (Pfeil unten)



Abbildung 100
Als Befestiger wurden nicht zugelassene Stockschrauben gewählt.

Sandwichelemente – Schadenstypen

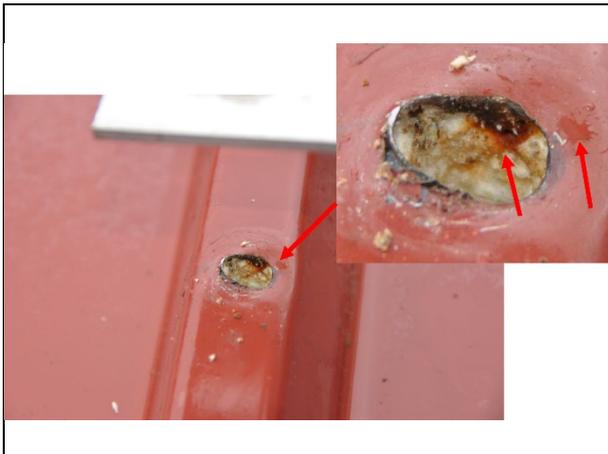


Abbildung 101
Verbiegung des Lochrands und Korrosionsspuren
an den Bohrungen und
Durchfeuchtungen der Polyurethan-Dämmung

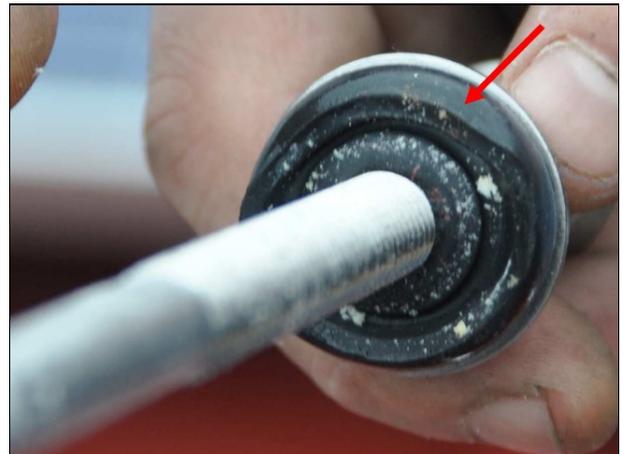


Abbildung 102
Einseitig verformte Dichtscheibe

Schadenstypen – Sandwichelemente

4.6.2 Sandwichdeckung und linienförmige Auflagerung

Auf einem Dach über einer Lagerhalle, das mit Metallsandwichpaneelen eingedeckt war, kam es nach Montage der PV-Anlage zu Abtropfungen (Abbildung 103 und Abbildung 104). Ursache waren insbesondere Fehlbohrungen, die nicht geschlossen worden waren. Außerdem wurden die Metallprofile in Längsrichtung auf die Obergurte der Trapezblechschale mit unterschiedlich großen Dichtungen geschraubt (Abbildung 105 und Abbildung 106). Zur Instandsetzung wurde empfohlen, die PV-Anlage neu mit einer Verlegung quer zu den Obergurten zu montieren sowie insbesondere mit zugelassenen Stockschrauben und Kalotten.



Abbildung 103
Fehlbohrungen in der Sandwichdachschaale



Abbildung 104
Fehlbohrungen in der Sandwichdachschaale

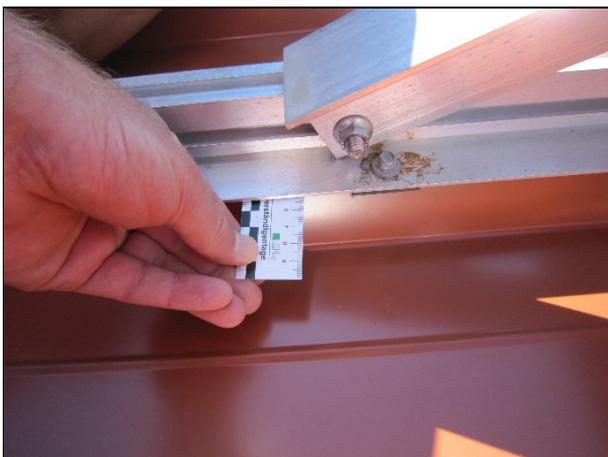


Abbildung 105
Tragschienen liegen auf den Obergurten

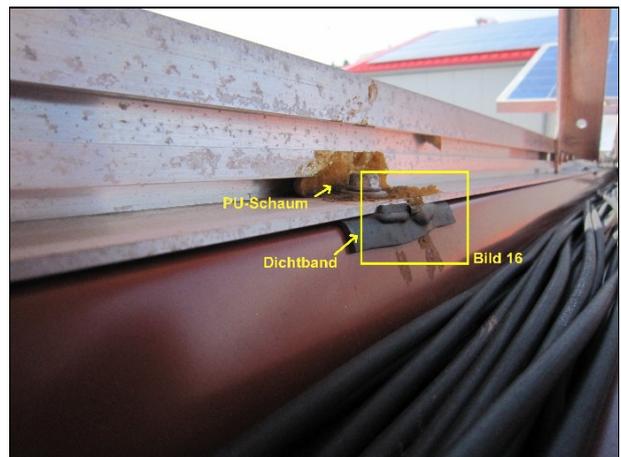


Abbildung 106
Nachgebesserte Dichtungen der Befestigungspunkte

Sandwichelemente – Schadenstypen

4.6.3 Undichte, nicht zugelassene Stockschrauben

Auf das ursprünglich bahnenförmig abgedichtete Flachdach einer Sporthalle wurde als Modernisierung eine geneigte Dachkonstruktion mit einer Eindeckung aus Sandwichelementen gebaut. Darauf wurde eine Photovoltaikanlage montiert (Abbildung 107). Die Befestigung der PV-Anlage erfolgte mit Stockschrauben, deren Zulassung sich nicht auf Sandwichelemente erstreckte (Abbildung 108). Die Schrauben wurden mit für Wellplatten vorgesehenen Dichtungen versehen. Sie saßen teilweise nicht mittig auf den Obergurten, unmittelbar neben den Befestigungsschrauben oder an Kalotten, so dass keine flächige Auflage der Dichtungen zustande kam (Abbildung 109 bis Abbildung 112). Es kam zu Feuchteintritten durch die Verschraubungen. Da die Abdichtung des darunterliegenden Flachdachs entfernt worden war, kam es zu einer Vielzahl von Abtropfungen in die Sporthalle.

Als Instandsetzungsmaßnahme entschloss man sich, die Sandwichelemente beizubehalten, darauf jedoch eine neue Holzkonstruktion und eine neue Eindeckung aus einer Trapezblechschale aufzubringen und anschließend auch die PV-Anlage neu zu montieren.



Abbildung 107
Befestigung der Solarmodule auf jedem zweiten Obergurt mit Stockschrauben und Dichtringen für Welleternitplatten



Abbildung 108
Stockschraube ohne Zulassung für Sandwichelemente

Schadenstypen – Sandwichelemente



Abbildung 109
Montage unmittelbar neben Kalotte



Abbildung 110
Montage über Kalotte, aber mit Verformung des
Dichtrings



Abbildung 111
Befestigung am Rand der Obergurte, daher keine
vollflächige Auflage des Dichtrings



Abbildung 112
Schraubenkopf ohne Dichtscheibe

Sandwichelemente – Schadenstypen

4.6.4 Fehlender statischer Nachweis

Kurz nach dem Neubau einer Gewerbehalle mit einer Eindeckung aus Sandwichelementen wurde vom Bauherrn entschieden, das Dach mit einer Solaranlage zu bestücken (Abbildung 113). Nach deren Errichtung kam es zu vereinzelt Abtropfungen in den Innenraum. Die anschließende Untersuchung des Dachs ergab, dass die verwendeten Stockschrauben zwar für Holz- und Stahlunterkonstruktionen zugelassen waren, jedoch nicht in Verbindung mit Sandwichelementen. Die Dicht-
ringe der Stockschrauben lagen nicht vollflächig auf (Abbildung 114).



Abbildung 113
Auf Sandwich-Dachelementen aufgeständerte PV-Anlage. Die Stockschrauben-Befestiger durchdringen das Firstblech.

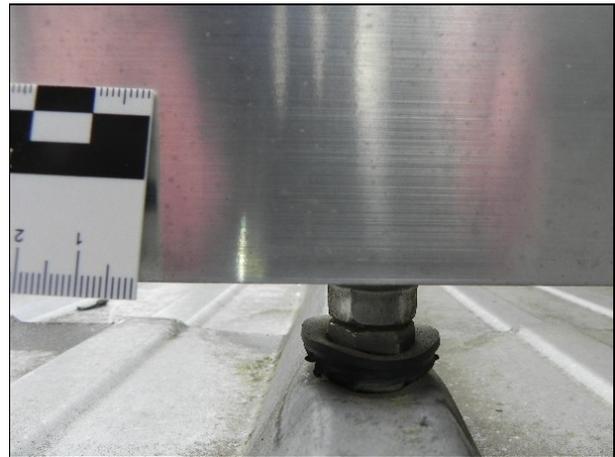


Abbildung 114
Dichtringe liegen nicht auf dem Trapezblech auf

4.6.5 Fehlbohrungen und Verschiebungen zur Traufe

Bei einer Solaranlage über einem Sandwichdach kam es zu einer Vielzahl von Fehlbohrungen, da die Pfetten aus Z-Blechprofilen nur einen schmalen Steg hatten (Abbildung 115). Viele Schrauben hatten daher keine Verbindung mit den Pfetten (Abbildung 116). Die Modulunterkonstruktion der Solaranlage veränderte ihre Lage in Richtung Traufe, so dass die Stockschrauben schief standen (Abbildung 117 bis Abbildung 119). Durch die Verformung der Dicht-
ringe konnte keine ausreichende Dichtwirkung erzielt werden. Löcher von Fehlbohrungen wurden zudem nicht geschlossen (Abbildung 120).

Schadenstypen – Sandwichelemente



Abbildung 115
Stahlfachwerk mit Pfetten aus Z-Profilen



Abbildung 116
Befestiger der Sandwichelemente im Z-Profil, Befestiger der Solaranlage ohne Verbindung zur Tragkonstruktion

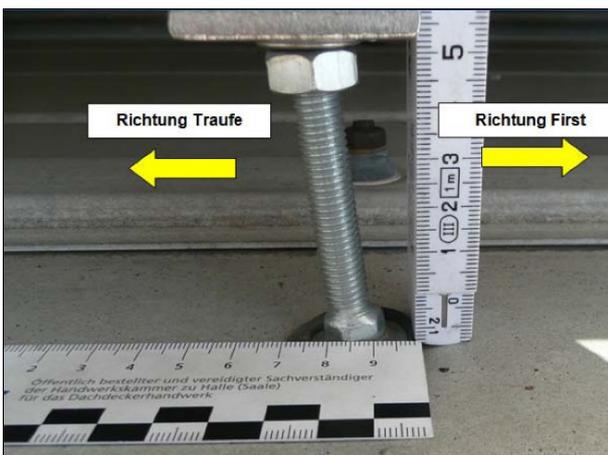


Abbildung 117
Die Schraube neigt sich Richtung Traufe

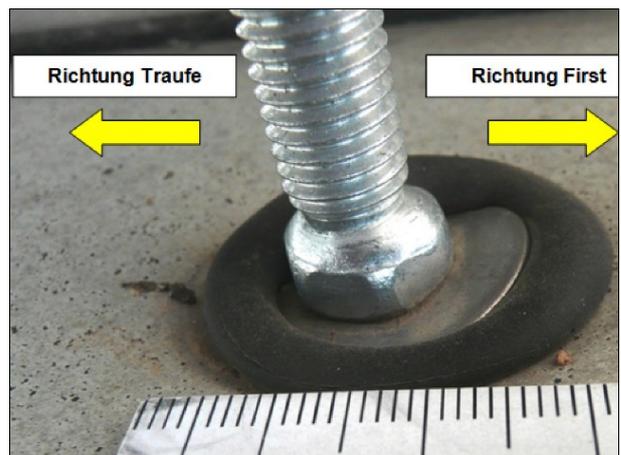


Abbildung 118
Durch die Schiefstellung wird die Dichtung unten gequetscht und oben entlastet.

Sandwichelemente – Schadenstypen

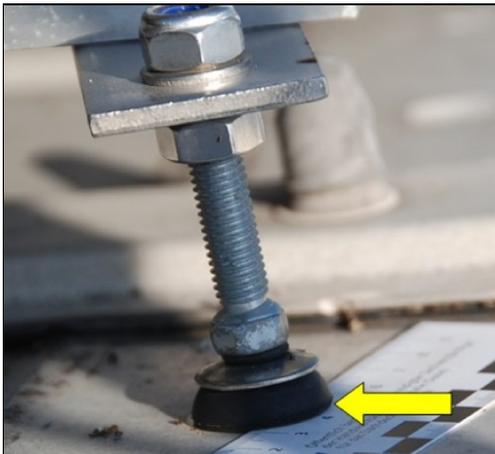


Abbildung 119
An der Oberseite lässt sich ein Maßstab unter die Dichtung schieben



Abbildung 120
Nicht geschlossene Fehlbohrungen

Schadenstypen – Sandwichelemente

4.6.6 Sturmschaden aufgrund geringer Dachneigung

Die Dachfläche einer bereits lange bestehenden Gewerbehalle mit Sandwichplatteneindeckung wurde mit einer Photovoltaikanlage neu bestückt. Es wurden schindelförmig zu montierende Solarmodule verwendet (Abbildung 121). Das Befestigungssystem beruhte auf dem Prinzip, dass die Module nicht geklemmt, sondern lediglich in Halter des Befestigungssystems eingeschoben wurden (Abbildung 122). Das System war für eine Minstdachneigung von 15° ausgelegt. Die Dachfläche wies eine Dachneigung von ca. 3,5° auf. Bei einer Orkanbelastung haben sich die Module nach oben verschoben und waren somit nicht mehr unten gehalten (Abbildung 123). Ein Teil der Module wurde durch den Windsog abgehoben. Die umherfliegenden Module zerstörten auch punktuell die Eindeckung (Abbildung 124).

Die Anlage musste vollständig demontiert und nach Reparatur der Sandwicheindeckung mit neuen, zugelassenen Befestigern wieder montiert werden. Die erhaltenen Module wurden wiederverwendet, allerdings nicht schindelförmig verlegt.



Abbildung 121
Sandwichdeckung mit schindelförmig verlegten PV-Modulen. Ein Teil der Module wurde nach einem Sturmereignis aus den Halterungen gerissen.



Abbildung 122
Die Module wurden systembedingt in die oberen und unteren Halten jeweils nur eingeschoben.

Sandwichelemente – Schadenstypen



Abbildung 123
Nach oben verschobenes und damit unterseitig
nicht mehr gehaltenes Modul



Abbildung 124
Befestiger des Modulsystems und mechanische Be-
schädigung der Sandwichdeckung

Schadenstypen – Faserzementwellplatten

4.7 Faserzementwellplatten

4.7.1 Fehlerhafte Dacheindeckung

Das Dach einer offenen Reithalle wurde mit Faserzementwellplatten eingedeckt (Abbildung 125). Die Unterkonstruktion bestand aus Koppelfetten auf Stahlbindern (Abbildung 126). Die Abstände der Koppelfetten waren allerdings nicht auf die Abmessungen der Faserzementwellplatten abgestimmt. Die Befestigung der Wellplatten konnte daher nicht fachgerecht erfolgen. Teilweise waren die Platten nur mit einer Schraubreihe an den Koppelfetten befestigt. Befestigungsschrauben waren ohne ausreichende Randabstände durch die Wellplatten geschraubt (Abbildung 127), teilweise waren sie schräg in die Koppelfetten gesetzt. Fehlbohrungen waren nicht nachträglich abgedichtet. Die Platten wiesen vereinzelt Rissbildungen auf. Die Deckung war im Rahmen der Montage- und Nachbesserungsarbeiten mehrfach ohne Trittböhlen begangen worden. Die Dachdeckung war abweichend von den Verlegerichtlinien und den statischen Anforderungen nicht gegen Windauftrieb gesichert. Zum Ausgleich wurden nachträglich die Hallenseitenwände verkleidet.

Auf diese fehlerhafte Dachdeckung wurde eine Photovoltaikanlage montiert. Deren Lasten waren in der Schema-Statik für die Hallenbauten nicht berücksichtigt. Die Befestigung erfolgte anstatt in den Koppelfetten unmittelbar an den Wellplatten mit einfachen Holzschrauben. Die Verschraubungen waren nicht abgedichtet. Thermische Längenänderungen der Modulunterkonstruktion wurden nicht berücksichtigt.

In der Halle kam es bei Regenfällen zu Abtropfungen und Kondensatbildung im Winter. Die Halle war im Winter aufgrund Eiszapfenbildung nicht nutzbar. Die Vorderkante der Solarelemente lag nahezu bündig über der Vorderkante der Faserzementwellplatten, was bei starken Regenfällen dazu führte, dass Niederschlagswasser über die Dachrinne hinausgeschoss (Abbildung 128).



Abbildung 125
Dachfläche mit Wellfaserzementplatten, einseitig mit einer PV-Anlage versehen. Die PV-Anlage überdeckt die Befestigung der Firselemente.

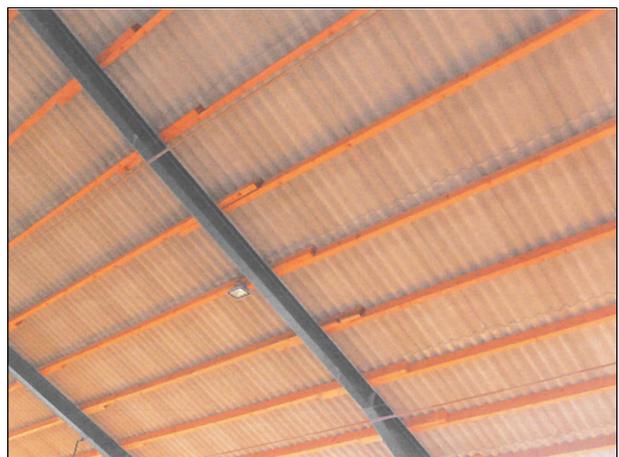


Abbildung 126
Die Befestigung der Wellplatten war bereits fehlerhaft, da die Unterkonstruktion – Koppelfetten – nicht auf die Abstände der Wellplatten abgestimmt war und keine weitere Lattung eingebaut wurde.

Faserzementwellplatten – Schadenstypen

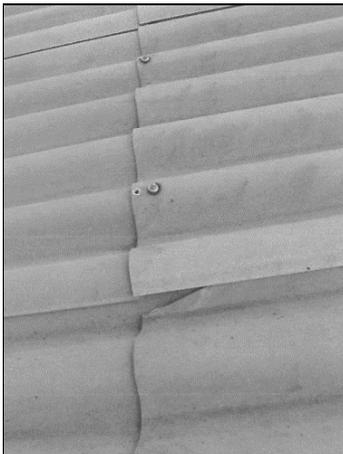


Abbildung 127
Wellplattenbefestigung mit zu geringem Randabstand. Fehlbohrungen wurden nicht nachträglich abgedichtet.



Abbildung 128
Die Vorderkante der Solarelemente liegt nahezu bündig über der Vorderkante der Faserzementwellplatten, was bei starken Regenfällen dazu führen kann, dass Niederschlagswasser über die Dachrinne hinauschießt.

Schadenstypen – Faserzementwellplatten

4.7.2 Befestigung auf Asbestzementwellplatten

Asbestzementwellplatten haben zwar Bestandsschutz, weil die gebundenen Fasern nur in so geringem Umfang freigesetzt werden, so dass die „natürliche“ Belastung der Atemluft mit Asbestfasern nicht messbar erhöht wird. Jede Bearbeitung setzt aber in erhöhtem Maße gesundheitsgefährdende Fasern frei, weshalb beim Abbau der Deckung besondere Sicherheitsmaßnahmen getroffen werden müssen. Damit dürfen auch keine Solaranlagen auf Asbestzementwellplatten errichtet werden.

Im Fallbeispiel erfolgte das trotz des Überbauungsverbots (s. Kapitel 6.7.5).

Dabei erfolgte die Befestigung der Solarmodulunterkonstruktion mit Stockschrauben unmittelbar neben den vorhandenen Stockschrauben der Wellplattenbefestigung. Die vorhandenen Befestigungselemente wurden dadurch entlastet, die Dichtungen verloren ihren Anpressdruck, so dass die Dichtwirkung abnahm (Abbildung 129). Teilweise war der Abstand der Schrauben untereinander so gering (Abbildung 130 und Abbildung 131), dass die Dichtungen nicht plan auf dem Untergrund aufsitzen konnten und die Gefahr eines Bruches der Platten bestand. Teilweise wurden die Flansche der Stahlpfetten nicht mittig – sondern am Rand – durchbohrt (Abbildung 132).



Abbildung 129
Durch die in unmittelbarer Nähe erfolgte neue Befestigung ist die alte Befestigung der Wellplatten entlastet und undicht geworden.



Abbildung 130
Aufeinander sitzende Dichtungen / eng beieinander montierte Schrauben führen zu Schadstellen mit Bruchgefahr

Faserzementwellplatten – Schadenstypen



Abbildung 131
Befestigung der Solaranlage unmittelbar neben
deutlich gealterter Befestigung der Wellplatten

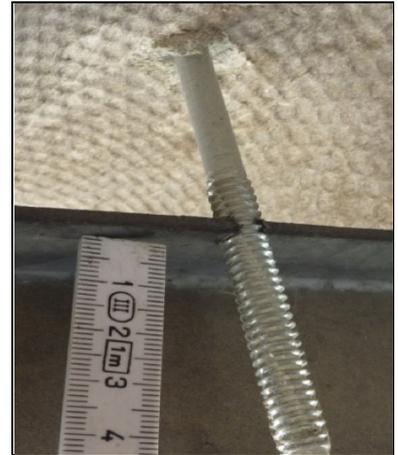


Abbildung 132
Fehlbohrung in der Stahlplatte

Schadenstypen – Faserzementwellplatten

4.7.3 Wellfaserzementplatten mit Reparaturstellen

Bei einem landwirtschaftlich genutzten Gebäude wurde auf der vorhandenen Eindeckung mit Wellfaserplatten eine PV-Anlage errichtet. Hierzu wurden Stockschrauben durch die Faserplatten in die Sparren geschraubt. Vereinzelt falsch gesetzte Stockschrauben wurden versetzt, die Fehlöffnungen mit einem Dichtband repariert (Abbildung 133 und Abbildung 134). Einzelne Stockschrauben sind nicht am oberen Scheitel der Faserplatte eingeschraubt. Da die Schraube dennoch annähernd senkrecht zur Dachfläche steht, ergibt sich somit ein unvollständiges Aufliegen der Dichtscheibe.



Abbildung 133
Versetzte Stockschraube mit Reparaturstellen,
Dichtscheibe liegt nicht vollständig auf der Faserplatte



Abbildung 134
Reparaturstelle ohne zusätzliche Lackierung

Während der Montagearbeiten wurde an einer Stelle eine Faserplatte beschädigt (Abbildung 135). Weitere Beschädigungen traten durch Stockschrauben auf, die für auf dem Dach befestigte Entlüfter verwendet werden und die nicht zur PV-Anlage gehören (Abbildung 136).



Abbildung 135
Beschädigung einer Faserplatte



Abbildung 136
Beschädigungen durch Befestigungselement
(Stockschraube) eines Entlüfters

Faserzementwellplatten – Schadenstypen**4.7.4 Abheben der Sandwichdeckung**

Das Dach über einem Tiermastbetrieb wurde entgegen der statischen Berechnung, die eine Dach-eindeckung mit Faserzementplatten auf einer mit gerillten Nägeln befestigten Lattung vorsah, mit einer leichteren Sandwichdeckung auf einer Lattenbefestigung mit glattschaftigen Senkkopfnägeln befestigt. Die Dachdeckung mit der dachparallel angeordneten PV-Anlage löste sich beim Sturm, wurde über die gegenüberliegende Dachfläche gehoben und zerstörte die Dachfläche mit Solaranlage des benachbarten Gebäudes (Abbildung 137 und Abbildung 138).



Abbildung 137
abgetragene Deckung und benachbartes Gebäude
mit Solaranlage



Abbildung 138
Sandwichdeckung mit der abgelösten Holzlattenun-
terkonstruktion

Schadenstypen – Indachanlagen

4.8 Indachanlagen

4.8.1 Herausgerutschte Anschlussbleche

Im Jahr 2001 wurde an einem Einfamilienhaus im Zuge des Neubaus eine Indachanlage aus PV- und Solarthermiemodulen eingebaut. Sie war in die Dacheindeckung aus Tondachziegeln des Typs „Reformpfanne“ integriert. Der Systemanbieter hatte erst nach der Errichtung der Anlage seine Montage- und Bedienungsanleitung geändert und den Einbau eines wasserdichten Unterdachs gefordert, das hier nicht vorhanden war. Die Traufe war ohne Dachüberstand geplant worden. Es kam zu Undichtheiten, die sich im Innenraum am Traufanschluss durch Durchfeuchtungen bemerkbar machten (Abbildung 139). Durch erste Nachbesserungsversuche konnten diese nicht behoben werden. Die Anlage wurde schließlich provisorisch mit einer Kunststoffabdichtungsbahn abgedeckt. Es zeigte sich, dass die Blechanschlüsse zwischen Dacheindeckung und Solarmodulen sowohl am oberen Anschluss wie auch an den seitlichen Anschlüssen nicht funktionstüchtig waren. Die Anschlussbleche waren aus den Verbindungsstellen (Kollektornut) herausgerutscht bzw. stießen lediglich davor an (Abbildung 140). Die als Instandsetzungsmaßnahme eingebauten Klebebänder hatten sich teilweise abgelöst. Entsprechend wurde Regenwasser auf die zweite Entwässerungsebene geleitet, die lediglich aus einer Unterdeckbahn bestand. Diese hatte sich im freiliegenden Bereich oberhalb der Regenrinne aufgrund der Einwirkung von UV-Strahlung zersetzt.



Abbildung 139
Durchfeuchtungen des Dachaufbaus im Traufbereich



Abbildung 140
Nicht funktionstüchtige Verbindung zwischen Indach-Modulen und Anschlussblechen

Indachanlagen – Schadenstypen**4.8.2 Fehlerhafte Anschlussausbildung**

Im Jahr 2004 wurde an einem Einfamilienhaus die Dachfläche erneuert und eine Indachanlage eingebaut. Darin war auch ein Dachflächenfenster integriert (Abbildung 141). Kurz nach Fertigstellung traten Undichtheiten an diesem Dachflächenfenster auf. Nach ersten Maßnahmen waren die Feuchteschäden zunächst beseitigt. Im Jahr 2011 wurden erneute Durchfeuchtungen festgestellt. Bei der Untersuchung im Jahr 2012 wurde festgestellt, dass die horizontalen Anschlussbleche teilweise unter die vertikalen Anschlussbleche geführt waren, so dass Wasser an den dort eingebauten Butylklebebändern stand, die hier nur eine zeitlich begrenzte Dichtwirkung aufweisen. Die Module hatten gegenüber benachbarten Modulen leichte Höhenversätze (Abbildung 142), weil die Befestigungsbohlen nicht auf den Sparren, sondern dazwischen gestoßen waren. Durch die Höhenversätze kam es zur Schiefstellung der wasserableitenden Verbindungsbleche.



Abbildung 141
Indachanlage mit integriertem Dachflächenfenster

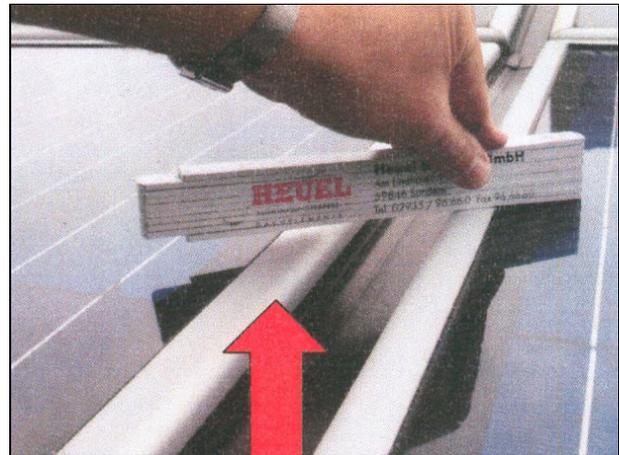


Abbildung 142
Höhenversatz zwischen den Modulen

Zudem handelte es sich bei der zweiten Entwässerungsebene nicht um ein wasserdichtes Unterdach, wie vom Systemhersteller gefordert, sondern um eine Unterdeckplatte aus Holz. Diese war nicht dicht an das Dachflächenfenster angeschlossen, die zu den Durchfeuchtungen in den Innenraum führten.

Schadenstypen – Indachanlagen

4.8.3 Mangelhafte Falzverbindungen

Im Jahr 2011 wurden an mehreren Mehrfamilienhäusern die installierten Indachanlagen eines Systemherstellers untersucht (Abbildung 143). Dabei zeigte sich, dass die Anschlussbleche zwischen Solarmodulen und Deckmaterialien nicht mehr in den Kollektornuten eingebunden waren, so dass in den entstehenden Fugen Niederschlag auf die zweite Entwässerungsebene geführt wurde (Abbildung 144 bis Abbildung 146). Die Ursache der gelösten Verbindungen lag im Wesentlichen in den nicht fachgerecht ausgeführten Falzverbindungen zweier übereinander liegender Bleche. Die thermischen Längenänderungen führten dazu, dass über die Falzverbindungen – im Gegensatz zu ihrem eigentlichen Zweck, thermische Längenänderungen auf die Feldgrößen zu beschränken – Zugkräfte auf die benachbarten Bleche übertragen wurden, so dass diese aus den Nuten herausgezogen wurden.

Die zweite Entwässerungsebene bestand lediglich aus Unterspannbahnen, die über den nicht ausgebauten Dachböden verlegt waren.



Abbildung 143
Indachanlage mit vertikalen Anschlussblechen zwischen den Modulfeldern



Abbildung 144
Die vertikalen Anschlussbleche sind über Liegefalze, die nicht fachgerecht ausgeführt waren, miteinander verbunden

Indachanlagen – Schadenstypen

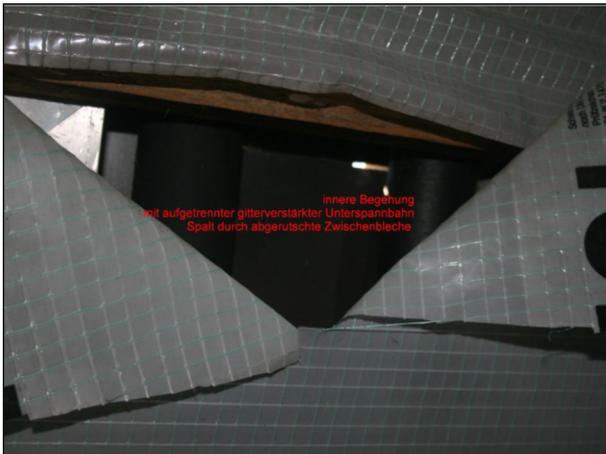


Abbildung 145
Von innen durch Lichteinfall erkennbare Undichtheiten zwischen den Anschlussblechen



Abbildung 146
Aus der Kollektornut herausgerutschtes Anschlussblech und dadurch entstandene Fuge

Schadenstypen – Indachanlagen

4.8.4 Undichte Überlappungsstöße an einer Ganzdachanlage

An einem Einfamilienhaus-Neubau wurde auf einer Pultdachfläche eine Indachanlage aus PV- und Solarthermie-Modulen eingebaut. Die Module bedeckten die Dachfläche vollständig, d. h. es wurden keine weiteren Deckmaterialien eingebaut (Abbildung 147), sondern lediglich die Dachränder mit gekanteten Titanzinkblechen an der Traufe mit Zinkblech ausgebildet. An dieser Dachfläche kam es zu Durchfeuchtungsschäden und im Anschluss daran zu diversen Nachbesserungsversuchen. Bei der Untersuchung im Jahr 2013 wurde festgestellt, dass die Anschlussbleche sowohl zwischen den Solarmodulen selbst als auch am Übergang zu den Titanzink-Randblechen überlappend ausgebildet und zum Teil mit Dichtstoff überarbeitet waren (Abbildung 148 und Abbildung 149). Besonderes Augenmerk wurde auch den Gehrungsstößen der Modulrahmen gewidmet, da diese bei Indachanlagen zur Regensicherheit beitragen (Abbildung 150). Die Gehrungsspalte waren unterschiedlich breit und unterschiedlich stark verschmutzt.



Abbildung 147
Indachanlage ohne weitere Deckmaterialien



Abbildung 148
Die Dachränder wurden mit Titanzinkblechen ausgebildet.



Abbildung 149
Verbindungsbleche zwischen den Modulen wurden überlappend ausgeführt.



Abbildung 150
Auch die Gehrungsstöße der Module tragen zur Regensicherheit der Indachanlagen bei.

Indachanlagen – Schadenstypen

Zudem war kein wasserdichtes Unterdach vorhanden, das vom Systemhersteller in der Montage- und Betriebsanleitung gefordert war. Die zweite Entwässerungsebene bestand überwiegend aus Holz-Unterdeckplatten, die durch die extremen Undichtheiten wassergesättigt waren.



Abbildung 151

Feuchtespuren an der Holz-Unterdeckplatte

Schadenstypen – Indachanlagen

4.8.5 Deckung mit wasserdichtem Unterdach

Bei einem flach geneigten Dach wurde zum Ausgleich der Unterschreitung der Regeldachneigung ein wasserdichtes Unterdach eingebaut. In einem Teilbereich der Dachfläche wurden Photovoltaikmodule eingebaut, darunter die Dachziegel entfernt und stattdessen eine Stehfalzdeckung eingebaut (Abbildung 152 und Abbildung 153). Die untere Ziegelreihe vor der Dachrinne blieb erhalten, der untere Anschluss wurde mit gewellten Blechen ausgeführt. Es kam zur Wassersackbildung auf dem wasserdichten Unterdach. Das Unterdach entwässerte nicht in die Regerinne. Es kam zu Durchfeuchtungsschäden im Bereich der Traufe.



Abbildung 152
Einbau von PV-Elementen im Traufbereich



Abbildung 153
Detailaufnahme des Dachrands

Funktionsbeeinträchtigungen – Schadenstypen**4.9 Funktionsbeeinträchtigungen****4.9.1 Überbauung der Regenrinne**

Auf dem Ziegeldach eines Werkstatt- und Lagergebäudes wurde eine PV-Anlage errichtet. Die Dachfläche wurde maximal belegt. So wurden kaum Abstände zum First und zur Traufe und zum Dachrand eingehalten (Abbildung 154 und Abbildung 155). Die Mindestabstände des PV-Generators zu Dachrändern im Bereich des Firsts und der Traufe sind unterschritten. Die Windlast am First kann ggf. die zulässige Windlast der PV-Module überschreiten. Die PV-Module ragen über die Dachrinne, so dass das Regenwasser über die Dachrinne hinausgeführt wird. Somit wird die Funktion der Dachrinne eingeschränkt und die Fassade wird durch Regenwasser stärker beansprucht (Abbildung 156 und Abbildung 157).



Abbildung 154
PV-Module ragen über die Dachrinne



Abbildung 155
Die Dachfläche wurde maximal belegt. Die Abstände zum First, zur Traufe und zum Dachrand sind äußerst gering.



Abbildung 156
PV-Module ragen über die Dachrinne

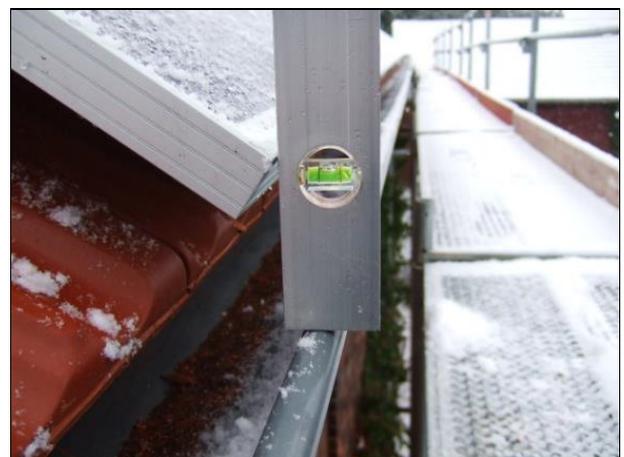


Abbildung 157
Deutlich erkennbar, dass das Regenwasser von den PV-Modulen über die Dachrinne hinaus geleitet wird

Schadenstypen – Funktionsbeeinträchtigungen

4.9.2 Unzureichende Abstände zum Schneefanggitter

Die Dachfläche eines beheizten Dachs eines Gewerbegebäudes in Berlin wurde maximal ausgenutzt (Abbildung 158). Dabei beträgt der Abstand zum Schneefanggitter eine halbe Ziegellänge (Abbildung 159). Dadurch reduziert sich die schützende Wirkung des Schneefanggitters. Der Schnee kann über das Fanggitter rutschen und die darunter liegenden Verkehrsflächen gefährden.



Abbildung 158
PV-Module sind bis an das Schneefanggitter heran geführt



Abbildung 159
Die Funktion der Schneefanggitter wird deutlich eingeschränkt.

Funktionsbeeinträchtigungen – Schadenstypen**4.9.3 Beeinträchtigungen des Brandschutzes**

Mitunter wurden Brandabschnitte und Brandwände mit PV-Modulen überbaut, die Module wurden bis an die Brandwand herangebaut oder die Leitungen durchdrangen Brandabschnitte bzw. wurden ungeschützt über Brandwände hinweg geführt (Abbildung 160 bis Abbildung 164).



Abbildung 160
PV-Leitungen überbrücken den Brandabschnitt



Abbildung 161
Ungeschottete PV-Leitungen wurden über die Brandwand geführt



Abbildung 162
PV-Module wurden bis an die Brandwand herange-
führt



Abbildung 163
PV-Module wurden bis an die Brandwand herange-
führt

Schadenstypen – Funktionsbeeinträchtigungen



Abbildung 164

Nichtbeachtung der Brandabschnitte und Zugangsoptionen zum Löschen

Im Bereich der Fluchtwege dürfen keine PV-Leitungen, Wechselrichter und anderen PV-Komponenten installiert werden (Abbildung 165 und Abbildung 166).



Abbildung 165

Installation der Wechselrichter und PV-Strangleitungen im Fluchtweg



Abbildung 166

Installation der Wechselrichter PV-Strangleitungen im Fluchtweg

Funktionsbeeinträchtigungen – Schadenstypen

Bei der Installation von Solaranlagen werden häufig die Mindestabstände zu Mündungen von Feuerungsanlagen gemäß [DIN V 18160-1:2006-01] unterschritten (s. Kapitel 12.1.2.3 und Abbildung 167 bis Abbildung 170).



Abbildung 167
Mindestabstände zum Schornstein bei einem Mehrfamilienhaus in Mecklenburg-Vorpommern unterschritten



Abbildung 168
Mindestabstände zum Schornstein bei zwei Einfamilienhäuser in Schleswig-Holstein unterschritten



Abbildung 169
Mindestabstände zum Schornstein bei einem Gewerbegebäude unterschritten



Abbildung 170
Mindestabstände zum Schornstein bei einem Gewerbegebäude unterschritten

Schadenstypen – Aufständering der PV-Anlage durch Überbauung des Dachfirstes

4.10 Aufständering der PV-Anlage durch Überbauung des Dachfirstes

Häufig werden die Dachflächen maximal mit PV-Modulen belegt. Dabei wird mitunter auch der Dachfirst mit dem PV-Generator überbaut. Nachfolgend werden drei Beispiele vorgestellt:

4.10.1 Großflächige Aufständering

Auf den Trapezblechdächern von fünfzehn Großvieh-Ställen wurden die PV-Generatoren über den Dachfirst hinaus gebaut, sodass etwa die Hälfte der sonnenabgewandten Dachflächen mit einer aufgeständerten PV-Anlage überbaut wurde (Abbildung 171 und Abbildung 172). Dadurch kommt es zu einer Erhöhung der Windlast auf die PV-Module und die Unterkonstruktion im Gegensatz zur dachparallelen Ausführung.



Abbildung 171
PV-Module sind über den Dachfirst gebaut



Abbildung 172
Die Überbauung erstreckt sich über die 71 m Gebäudelänge.

Aufständigung der PV-Anlage durch Überbauung des Dachfirstes – Schadenstypen

4.10.2 Fehlender statischer Nachweis

Auf einem landwirtschaftlichen Stallgebäude mit Trapezblechdeckung wurde der Dachfirst überbaut (Abbildung 173 und Abbildung 174). Es lag kein Nachweis der Statik für die Unterkonstruktion und der Dachanbindung vor.



Abbildung 173
PV-Module sind auf dem Trapezblechdach über den Dachfirst gebaut



Abbildung 174
Ausführung der Solaranlage als dachparallele und hinter Firstlinie als aufgeständerte Anlage

Schadenstypen – Aufständering der PV-Anlage durch Überbauung des Dachfirstes

4.10.3 Nicht aufgelagerte Modultragschiene

Auf einem Einfamilienhaus wurden die PV-Generatoren über den Dachfirst geführt (Abbildung 175 und Abbildung 176).



Abbildung 175
PV-Generator und Solarthermieanlage an einem Einfamilienhaus.



Abbildung 176
Der PV-Generator wurde über den Dachfirst geführt

Die Unterkonstruktion des PV-Generators ist als Kreuzschienenverbund ausgeführt. Durch das Überbauen des Firstes ist die Windlast an der oberen Modulreihe stark erhöht. Verschärfend kommt hinzu, dass die obere waagerechte Modulschiene nicht am Dach befestigt ist (Abbildung 177 und Abbildung 178).



Abbildung 177
Die obere waagerechte Modulschiene ist nicht am Dach befestigt.



Abbildung 178
Überstand der PV-Module über den Dachfirst

Mangelhafte Leitungsverlegung – Schadenstypen

4.11 Mangelhafte Leitungsverlegung

4.11.1 Leitungsführung auf der Dachdeckung

Der „Klassiker“ unter den Fehlern bei der Schrägdachmontage sind nicht befestigte Modul- bzw. Strangleitungen unter dem PV-Generator, die lose auf der Dacheindeckung aufliegen. Hängende Leitungen begünstigen Beschädigungen durch Marder, die sich unter den Modulen bewegen. Die Tiere fühlen sich durch die im Weg hängenden Leitungen gestört und zerbeißen diese. Auf einigen Dächern verlaufen Bündel von Strangleitungen horizontal aufliegend auf der Dachdeckung. Hier besteht die Gefahr, dass durch stehendes Wasser die Isolationseigenschaften der Leitungen beeinträchtigt werden. Die nachfolgenden Bilder (Abbildung 179 bis Abbildung 186) zeigen typische Beispiele.



Abbildung 179
Unbefestigte Modulleitungsverlegung auf einem Ziegeldach, Steckverbinder liegen auf den Dachziegel auf

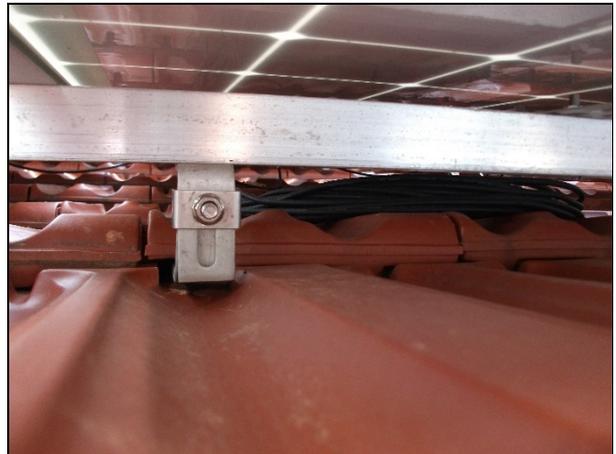


Abbildung 180
Nicht fachgerecht verlegtes Leitungsbündel das auf dem Ziegeldach aufliegt

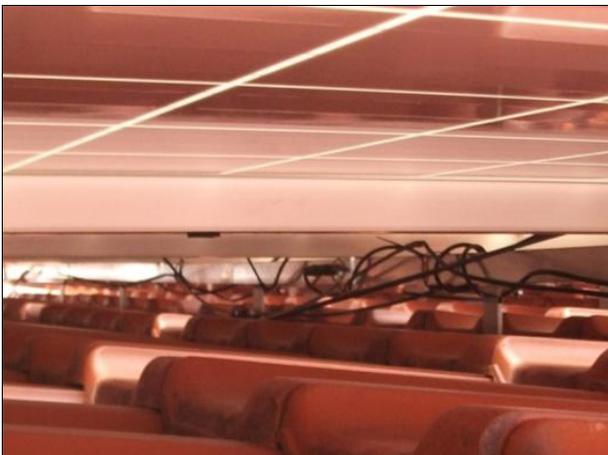


Abbildung 181
Modul- und Strangleitungen sowie Steckverbinder liegen auf dem Ziegeldach auf



Abbildung 182
Modul- und Strangleitungen sowie Steckverbinder liegen auf dem Ziegeldach auf

Schadenstypen – Mangelhafte Leitungsverlegung



Abbildung 183
Unbefestigte Modul- und Strangleitungsverlegung
auf einer Wellfaserzementdeckung



Abbildung 184
Unbefestigte Modul- und Strangleitungsverlegung
auf einer Wellfaserzementdeckung

Leitungen müssen ausreichend befestigt werden. Leitungen und Steckverbinder sollten nicht auf der Dachhaut aufliegen. Laub, Schnee und Eis können eine Zugspannung auf die Kabel ausüben, so dass sich infolgedessen an Steckverbindungen oder Modulanschlussdosen die Kontaktstellen lösen und dadurch Lichtbögen entstehen können, die zu Bränden führen können.



Abbildung 185
Schnee und Eis kann Zugspannungen auf die unbefestigten Modul- und Strangleitungen ausüben.



Abbildung 186
unbefestigte Strangleitung auf einem Sandwichdach

Mangelhafte Leitungsverlegung – Schadenstypen

4.11.2 Leitungsdurchführung

Auch bei Leitungsdurchführungen durch das Dach werden häufig Fehler gemacht. So werden Strangleitungen mitunter ungeschützt zwischen den Ziegeln oder Dachsteinen in das Dach geführt. Typische Beispiele werden in den folgenden Bildern dargestellt (Abbildung 187 bis Abbildung 192).

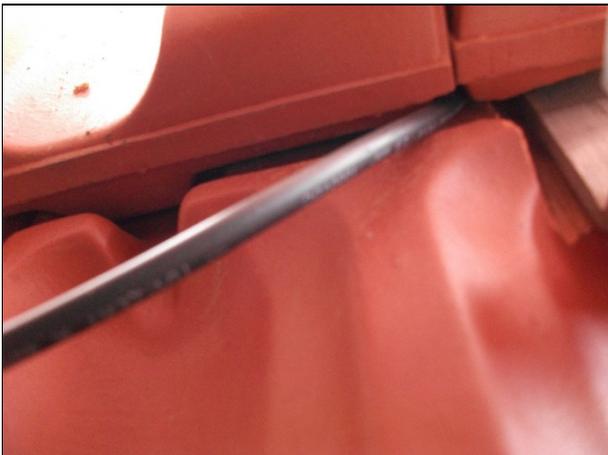


Abbildung 187
ungeschützte Einführung einer Strangleitung



Abbildung 188
ungeschützte Einführung von Strangleitungen



Abbildung 189
ungeschützte Durchführung von Strangleitungen
unter dem Firststein



Abbildung 190
unsachgemäße Leitungsverlegung über scharfe
Kanten führte zur Isolationschädigung

Schadenstypen – Mangelhafte Leitungsverlegung



Abbildung 191
unsachgemäße Leitungsverlegung über scharfe Kanten führte zur Isolationschädigung



Abbildung 192
ungeschützte Durchführung von PV-Leitungen unter Dachziegel

Mitunter werden auch Leitungen über scharfkantige Blechdachteile oder ungeschützte Blechkanäle geführt (Abbildung 193 bis Abbildung 196). Auch dies erhöht das Beschädigungsrisiko der Leitungsisolierung. Als Folge können Brände durch Kurzschlüsse und/oder Lichtbögen entstehen.



Abbildung 193
ungeschützte Verlegung über scharfkantiges Blech



Abbildung 194
ungeschützte Verlegung an scharfkantiger Blechkanalabdeckung

Mangelhafte Leitungsverlegung – Schadenstypen



Abbildung 195
ungeschützte und unbefestigte Verlegung auf einem Trapezblechdach



Abbildung 196
Nicht fachgerechte und nicht ausreichend befestigte Verlegung der Leitungen auf einem Trapezblechdach.

Die Leitungsverlegung muss insgesamt kurz- und erdschlusssicher erfolgen, wobei die Isolation der Leitungen nicht durch scharfkantige Verlegung oder möglichen Abrieb beeinträchtigt werden darf. Gerade im ländlichen Bereich sollten die Leitungen vor Nagetieren geschützt verlegt werden.

Beispiele ohne Schadensfolgen

5. Beispiele ohne Schadensfolgen

In den vorherigen Kapiteln wurden zahlreiche Schadensbeispiele vorgestellt. Die Anzahl von nachträglich auf geneigten Dächern installierten Solaranlagen, die schadenfrei ihre Aufgabe erfüllen, ist aber sehr viel größer. Solaranlagen leisten einen wesentlichen Beitrag zur Verminderung der CO₂-Emissionen und damit zum Schutz der Umwelt durch Nutzung regenerativer Energien.

Die funktionierenden Anlagen zeichnen sich durch sorgfältige Planung und Ausführung sowie durch eine regelmäßige Überprüfung der elektrischen Anlagenteile und des Wirkungsgrads der Solarmodule aus. Das ist nötig, um frühzeitig Fehler erkennen und rechtzeitig eingreifen zu können.

Aufgrund der Vielzahl positiver Beispiele von Techniken, die ständig weiter entwickelt, aber auch zum Teil zurückgenommen werden, wird an dieser Stelle darauf verzichtet, einzelne Bauteile oder Beispiele hervorzuheben. In den folgenden Kapiteln werden aber umfangreiche, grundsätzliche Empfehlungen zu Anlagen, deren Teile und zur Montage gegeben.

Anforderungen in Regelwerken

6. Anforderungen in Regelwerken

Die Regelwerke zu Solaranlagen beziehen sich in erster Linie auf die Aufstellsysteme und die elektrotechnischen Belange. In Bezug auf die Verbindung der Solaranlage mit geneigten oder flachen Dächern gibt es bislang nur einzelne und begrenzte Regelungen. Auf die letzteren wird im Folgenden kurz eingegangen.

6.1 Baurechtliche und statische Anforderungen

6.1.1 Bauregelliste bzw. MVVTB

s. folgendes Kapitel 6.1.2

6.1.2 Hinweise des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt)

In [DIBt Hinweise Solar 2012], Kapitel 2.1.5, wird in Bezug auf die Befestigungsmittel für Montagesysteme ausgeführt, dass für die Befestigung von Solaranlagen an Gebäuden oder baulichen Anlagen nur Befestigungsmittel verwendet werden dürfen, die den technischen Baubestimmungen entsprechen oder die aufgrund europäischer technischer Spezifikationen ein CE-Kennzeichen tragen, das die in Bauregelliste B Teil 1 festgelegten Klassen und Leistungsstufen aufweist. Ansonsten ist der Verwendbarkeitsnachweis durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung zu erbringen.

Die Bauregellisten wurden durch die Verwaltungsvorschriften Technische Baubestimmung der Länder abgelöst, die auf der ([MVVTB 2017/1]) basieren. In der [MVVTB 2017/1] werden im Teil A (Zeilen B 3.2.1.21 bis 3.2.1.23) Angaben zu Solarkollektoren und in Teil B (Zeilen B 3.2.1.25 bis 3.2.1.28) zu photovoltaischen Modulen gemacht. Sie beziehen sich im Wesentlichen auf das Brandverhalten der Module. Ggf. sind Grundanforderungen gemäß A 1.2.7 an Glaskonstruktionen zu erfüllen.

Für die nachträgliche Aufstellung auf bestehenden Gebäuden wird auf [ARGEBAU 2008] verwiesen.

6.1.3 Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz (ARGEBAU)

In [ARGEBAU 2008] werden bauaufsichtliche Regelungen in Bezug auf den Bestandsschutz und auf Änderungen bestehender baulicher Anlagen von der Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz formuliert. In Bezug auf Solaranlagen wird darauf hingewiesen, dass bei auf Bestandsdächern installierten Solaranlagen „*die aufnehmbare Schneelast um das Gewicht der Module reduziert*“ und damit die Standsicherheit gegenüber einem bestandsgeschützten Bauteil verändert wird. Auf die Erhöhung der aufzunehmenden Lasten könne dann verzichtet werden, wenn „*das vorhandene Tragwerk für die Zusatzlasten aus den Modulen immer noch ausreichend dimensioniert ist*“.

6.1.4 VDI 6012: Regenerative und dezentrale Energiesysteme für Gebäude

In der Richtlinie VDI 6012 zu regenerativen und dezentralen Energiesystemen für Gebäude werden im Teil 1.4 ([VDI 6012-1.4:2016-01]) ausführliche und deutlich bebilderte Hinweise zur Bemessung

Anforderungen in Regelwerken

von Elementen zur Verankerung von Solaranlagen formuliert. Der Schwerpunkt liegt auf geneigten Dächern.

In Kapitel 5.3.3 der Richtlinie wird darauf hingewiesen, dass nicht nur der statische Nachweis der Verbindungen zum Dachtragwerk zu erbringen ist, sondern auch der über die zusätzlich erforderliche Tragfähigkeit des Dachtragwerks. „Dies betrifft im Wesentlichen zusätzliche Belastungen durch das Eigengewicht der Solaranlage sowie durch Wind und/oder Schnee.“

Zur Nutzungsdauer wird ausgeführt: „Die Verbindungen des Montagesystems mit der Dachunterkonstruktion müssen über die Nutzungsdauer der Solaranlage sicher gewährleistet sein. Das unbeabsichtigte Lösen dieser Verbindungen muss zuverlässig verhindert werden. Außerdem ist ein dauerhafter Korrosionsschutz sicherzustellen. Die thermischen Ausdehnungen des Montagesystems sind zu berücksichtigen – insbesondere die Längenänderungen der Profilschienen gegenüber der Dachkonstruktion.“

In Kapitel 6.2.1 der Richtlinie wird auf die Einschränkung der Regensicherheit und der Biegetragfähigkeit der Dachziegel/-steine und damit auf die Einschränkung der Produkthaftung hingewiesen, wenn diese für die Durchführung von Dachhaken bearbeitet werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass für Dachhaken ein genügender Bewegungsraum für später auftretende Verformungen unter Lasteinfluss vorzusehen ist.



Abbildung 197

Dachhaken in üblicher Einbausituation mit Lasteinwirkung (aus [VDI 6012-1.4:2016-01])

Die Richtlinie beschreibt textlich und zeichnerisch verschiedene Möglichkeiten zur Verwendung von Dachhaken, Formelementen, diskutiert die Vor- und Nachteile verschiedener Dachhaken und Dachanker, die Anwendung von Stockschrauben/Solarbefestigern, Falzklemmen sowie Profilschienen. Auch auf die indirekte Befestigung, z. B. durch die Obergurte oder Profile von Metaldeckungen mittels Tragschienen, Profilschellen oder Traglaschen sowie die dazu erforderlichen Nachweise wird eingegangen.

Anforderungen in Regelwerken

Es wird auch darauf hingewiesen, dass bei einer statischen Berechnung unterschiedliche Dachhakenvarianten erforderlich werden, wenn der Einsatz im Dachrandbereich oder in Küstennähe mit überwiegend Windsog und der in höheren Lagen mit überwiegend Schneebelastung gefordert wird. Berücksichtigt werden müssen u. a. Schneeanhäufungen aus den speziell am Dach vorliegenden räumlichen Situationen.

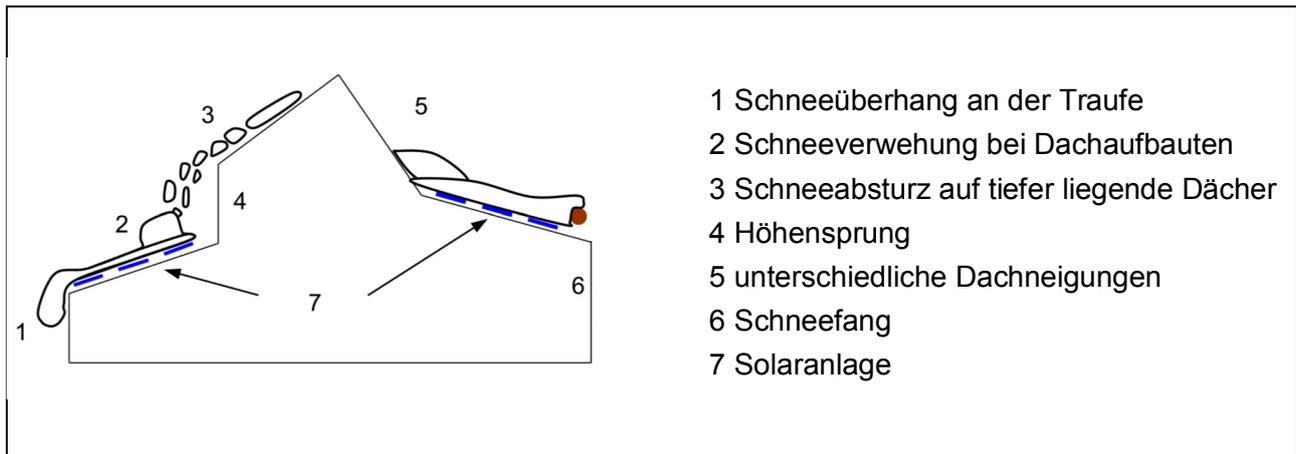


Abbildung 198

Ursachen für Schneeanhäufungen am Gebäude (aus [VDI 6012-1.4:2016-01])

Bei aufgeständerten Modulen, d. h. einer Anordnung in einer nicht dachparallelen, sondern mit einer gegenüber der Dacheindeckung abweichenden Neigung, müssen besondere Windkräfte berücksichtigt werden, für die es in der Norm für Lastannahmen EN 1991-1-4 keine solarspezifischen Werte gibt. Die Nachweise müssen nachvollziehbar auf aerodynamischen Erkenntnissen beruhen, die auf die konkrete Anwendungssituation anwendbar sind. Dies kann ggf. durch Nachweise im Windkanal erfolgen, in dem nicht nur eine laminare Strömung, sondern auch Windböen durch einen sogenannten „turbulenten Grenzschichtwindkanal“ simuliert werden müssen.

Temperaturdehnungen sind zu berücksichtigen. Die Vorgabe von Dehnfugen, insbesondere bei Modultragkonstruktionen, basierte bisher auf individuellen Erfahrungswerten.

Zur Befestigung mit Dachhaken wird darauf verwiesen, dass eine bauaufsichtliche Zulassung für Dachhaken erforderlich ist, wenn die Tragfähigkeit nicht durch Berechnungen nachgewiesen werden kann. Verformungen seien bisher nicht Bestandteil der Prüfung. Für die maximal zulässige Verformung ist ein ausreichender Abstand zwischen Dachhakenunterkante und Dachziegel/-stein erforderlich – z. B. 5 mm –, damit der Dachziegel/-stein nicht belastet wird.

Die statische Berechnung muss auch die Mindesteinschraublänge im Sparren sowie des Mindeststrandabstands der Schrauben angeben, die Auflagerpressung unter der Grundplatte des Dachhakens, auch unter Berücksichtigung notwendiger Unterlegplatten, sowie ggf. Stützelemente neben der Konterlattung.

Anforderungen in Regelwerken

Die Lastverteilung sollte möglichst gleichmäßig über die Unterkonstruktion verteilt werden. Dazu wird ausgeführt: „Falls Dachhaken an jedem zweiten Sparren befestigt werden sollten, ist auf eine versetzte Anordnung der Dachhaken zu achten, sodass alle Sparren gleichmäßig belastet werden.“

Zur Befestigung mittels Stockschrauben wird u. a. darauf hingewiesen, dass „je nach Deckungsart (z. B. Faserzementtafeln) [...] am Obergurt der Profiltafel kein Lastabtrag erfolgen“ darf. Der Durchmesser des herzustellenden Bohrlochs muss daher mindestens 4 mm größer sein als der Schaftdurchmesser des Befestigungselements. Es wird vorgeschrieben: „Weiterhin sind zur Abdichtung der Schraubendurchdringung Pilzdichtungen mit spannungsfreiem Eingriff ins Bohrloch zu verwenden.“

Es wird aufgelistet, welche Punkte der statische Nachweis mindestens umfassen muss.

In weiteren Kapiteln wird auf die Besonderheiten bei der indirekten Befestigung, d. h. bei der Befestigung an den Deckelementen selbst, eingegangen. Neben den erforderlichen Nachweisen, dass die Deckmaterialien die zusätzlichen Lasten aufnehmen und sicher in den Untergrund ableiten können, wird z. B. folgender Hinweis in Bezug auf Metalldeckungen mit Falzen formuliert: „Klemmungen am Falz im Bereich der Halteklips/Hafte dürfen nicht ausgeführt werden, da hierdurch die Temperaturdehnungen der Profiltafeln behindert wird.“

6.1.5 Arbeitsblatt zur Ermittlung von Schneelasten (BDH/BSW)

Das von Herstellern solarthermischer Anlagen verfasste Arbeitsblatt [BDH/BSW 2012] beschreibt die möglichen Einwirkungen von Schneelasten auf Solaranlagen und stellt dafür Berechnungsgrundlagen zusammen.

6.1.6 Arbeitsblatt zur Ermittlung von Windlasten (BDH/BSW)

Das von verschiedenen Herstellern photovoltaischer und solarthermischer Anlagen verfasste Arbeitsblatt [BDH/BSW 2015] stellt Berechnungsgrundlagen für Windlasten zur Verfügung, für die es bis dahin keine eindeutige Zuordnung aus den Lastannahmen gab.

Anforderungen in Regelwerken**6.2 Wärmeschutz**

6.2.1 Energieeinsparverordnung

Außenbauteile dürfen nicht so verändert werden, dass die energetische Qualität des Gebäudes verringert wird. Gemäß Energieeinsparverordnung [EnEV 2014] ist bei einem Ersatz bzw. einem neuen Einbau einer Dachdeckung inklusive der darunter liegenden Lattung und Verschalungen ein in der [EnEV2014] festgelegter Wärmeschutzstandard herzustellen. Aktuell ist der Wärmedurchgangskoeffizient U auf einen Wert von $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ (bei Wohngebäuden und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen von mindestens $19 \text{ }^\circ\text{C}$) bzw. $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ (bei Wohngebäuden und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen von $12 \text{ }^\circ\text{C}$ - $19 \text{ }^\circ\text{C}$) begrenzt.

Wird „eine Dachdeckung einschließlich darunter liegender Lattungen und Verschalungen ersetzt oder neu aufgebaut“ (Anlage 3, 4a)), sind bei Gebäuden mit Innentemperaturen von mindestens $19 \text{ }^\circ\text{C}$ ein Wert von $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ und bei Gebäuden mit Innentemperaturen von $12 \text{ }^\circ\text{C}$ - $19 \text{ }^\circ\text{C}$ ein Wärmedurchgangskoeffizient von $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ für den gesamten Dachquerschnitt einzuhalten.

Ausnahmen beziehen sich auf Gebäude, die nach dem 31. Dezember 1983 bereits nach energie-sparenden Regelungen gedämmt wurden. Ist eine Erneuerung der Dacheindeckung vor Aufstellung der Solaranlage erforderlich, sind demnach ggf. weitere Dämmschichten einzubauen.



Abbildung 199

Schneebedeckte Solaranlage

Anforderungen in Regelwerken

6.3 Fachregeln des Zentralverbands des Deutschen Dachdeckerhandwerks ZVDH

6.3.1 Grundregel für Dachdeckungen

In den Grundregeln für Dachdeckungen [ZVDH Grundregel 1997], die aktuell in der Fassung von 1997 vorliegen, wird auf Solaranlagen nicht eingegangen. Wichtig für das Verständnis des Funktionsprinzips ist die Definition von Regeldachneigung, Mindestdachneigung (s. Kapitel 2 im vorliegenden Bericht). Im Gegensatz zu Abdichtungen auf Flachdächern, die wasserdicht sein müssen, wird bei Deckungen von „Regensicherheit“ gesprochen, um deutlich zu machen, dass bei üblichen Regenereignissen eine ausreichende Funktionssicherheit gegenüber eindringendem Wasser besteht, bei extremen Witterungsbedingungen jedoch auch Wasser unter die Deckung gelangen kann.

In den Grundregeln wird daher in Kapitel 4.2. „Beanspruchung durch Feuchtigkeit“ wie folgt unterschieden:

„Niederschlag tritt als Regen, Schnee, Hagel oder Eis auf. Bei extremen Standorten oder besonderen Witterungsverhältnissen können sich diese Niederschläge in Treibregen, Flugschnee, Schnee oder Eisschanzenbildung auswirken.“

In Kapitel 5.8 der Grundregel werden folgende Anforderungen an Dachdeckungen gestellt:

„(1) Dachdeckungen müssen regensicher sein. Das wird im Normalfall erreicht, wenn die in den Fachregeln angegebenen werkstoffabhängigen Regeldachneigungen und Werkstoffüberdeckungen eingehalten werden. Bei Unterschreitung der Regeldachneigung müssen zusätzliche Maßnahmen, z. B. Unterdächer, Unterdeckungen, Unterspannungen, geplant und ausgeführt werden.“

(2) Durch extreme Witterungseinwirkungen, wie z. B. Treibregen, Flugschnee, Vereisungen und Schneeablagerungen, örtliche Gegebenheiten, klimatische Verhältnisse, steile oder flache Dächer, lange Sparren, Dachverschneidungen etc. kann kurzfristig bzw. vorübergehend Niederschlagsfeuchte unter die Dachdeckung gelangen und zu Durchfeuchtungen der darunter liegenden Räume führen. Derartige Einwirkungen können nur ausgeschlossen werden, wenn zusätzliche Maßnahmen, wie z. B. Unterdächer, Unterdeckungen, Unterspannungen geplant und ausgeführt werden.“

6.3.2 Dachziegel und Dachsteine

Die Fachregel für Dachdeckungen mit Dachziegeln und Dachsteinen [ZVDH Fachregel Dachziegel und Dachsteine 2016] definiert, unter welchen Bedingungen die Dachdeckung als regensicher gilt. In Kapitel 1.1.2 Anforderungen und Gestaltungshinweise heißt es:

„(2) Anforderungen an die Dachdeckung hinsichtlich der klimatischen, mechanischen und konstruktiven Beanspruchungen sowie der Nutzung des Gebäudes, mit denen im Normalfall zu rechnen ist, bestimmen die Auswahl des Deckwerkstoffs und die Klasse der Zusatzmaßnahmen.“

(3) Bei erhöhten Anforderungen und Beanspruchungen an die Dachdeckung sind immer Zusatzmaßnahmen erforderlich.“

Erhöhte Anforderungen können sich (nach Kapitel 1.1.3 der Fachregel) ergeben aus:

Anforderungen in Regelwerken

- Dachneigung (zur Wichtung des Unterschreitungsgrads der Regeldachneigung siehe Tabelle 1.1 der Fachregel bzw. Tabelle 2:in Kapitel 6.4.5 des vorliegenden Berichts)
- Nutzung (wird das Dachgeschoss zu Wohnzwecken genutzt, entspricht das im Sinne der Fachregel 2 erhöhten Anforderungen: Schutz der Wärmedämmung und Schutz des Innenraums vor Durchfeuchtung)
- Konstruktion (stark gegliederte Dachflächen, besondere Dachformen, Sparrenlängen >10 m)
- Klimatischen Verhältnissen (exponierte Lage, extreme Standorte, schneereiche Gebiete, windreiche Gebiete)
- Technischen Anlagen (Auf- und Indachsysteme, Klimageräte, Antennenanlagen, Laufanlagen, Belichtungssysteme etc.)
- Örtlichen Bestimmungen.

Solaranlagen fallen unter die „technischen Anlagen“. In Kapitel 1.1.3.5 werden „Auf- und Indachanlagen“ genannt.

Die Zusatzmaßnahmen werden in Kapitel 1.3 beschrieben, ihre Zuordnung in Tabellenform hergestellt (s. Kapitel 6.4.5).

Die Regeldachneigungen und ggf. die Mindestüberdeckungsmaße werden in Abhängigkeit von der Art des Deckmaterials und der Deckungsart in Tabellenform festgelegt (im vorliegenden Bericht in Kapitel 9 aufgeführt).

Solaranlagen werden im Hinblick auf die Durchdringung der Befestigungselemente im Kapitel 4.9 „Dacheinbauteile und Dachsystemteile“ behandelt:

„(1) Dacheinbauteile oder Dachsystemteile wie Schneefangeinrichtungen, Laufanlagen, Sicherheitsdachhaken, Befestigungseinrichtungen für Solaranlagen etc. sind regensicher in die Dachdeckung einzubauen. Sie müssen für den jeweiligen Verwendungszweck geeignet sein und den technischen Vorschriften entsprechend eingebaut werden. Einbauteile dürfen unter Belastung die Dachdeckung nicht beschädigen, andernfalls sind geeignete lastverteilende Unterlagen zusätzlich einzubauen. Systemgerechte Einbauteile oder Formelemente, welche die Dacheindeckung nicht durchdringen, können zur Regensicherheit beitragen.“

Die Fachregel lässt also sowohl Dachhaken als auch Formelemente zu. Die Grenzen des Einsatzes sind relativ großzügig gefasst. Ab welcher Grenze die Regensicherheit der Deckung beim Einbau von Befestigungselementen nicht mehr gegeben ist und ab wann ggf. Formelemente einzubauen sind, wird offen gelassen.

Weitere Angaben zum Einbau von Solaranlagen finden sich in der Fachregel nicht.

Anforderungen in Regelwerken

6.4 Fachregel für Dachdeckung mit Schiefer

In den Fachregeln für die Dachdeckung mit Schiefer [ZVDH Fachregel Schiefer 2016] ist der Einbau von Solaranlagen nicht erwähnt.

Schieferplatten weisen keine Falze oder Rippen auf, die Regensicherheit hängt von der Überdeckung und der Art der Deckung ab. Die Fachregel beschreibt die unterschiedlichen Regeldachneigungen von 22° bis 30° bezogen auf die Deckungsart. Im Regelfall werden Schieferplatten nicht unterlüftet, sondern liegen auf Schalung, häufig mit Vordeckung, auf, und erfüllen damit die Anforderungen an eine überdeckte Unterdeckung (Klasse 3). Bei einer Schieferdeckung auf Lattung ist mindestens eine naht- und perforationsgesicherte Unterdeckung (Klasse 4) anzuordnen.

Die Regeln zu Einbauteilen in Kapitel 4.9 der Fachregel unterscheiden sich deutlich von denen der *Dachziegel-/Dachstein-Fachregel*:

„(1) Sicherheitsdachhaken, Stützen für Schneefangvorrichtungen oder Laufstege usw. müssen unter Verwendung von genügend breiten Blechen mit seitlichem Umschlag eingebaut oder eingedeckt werden. Die Mindestüberdeckungen der angrenzenden Flächendeckung sind einzuhalten. Die seitlichen Überdeckungen müssen mindestens 100 mm betragen. Die Einbauteile müssen für den jeweils vorgesehenen Verwendungszweck geeignet und, wenn vorgeschrieben, zugelassen sein. Sie müssen außerdem nach der Deckunterlage und der Deckung gewählt werden.“

Auch für Dachdurchdringungen müssen Formelemente verwendet werden:

„Bei Dachdurchdringungen, wie z. B. Entlüftungsrohren, Dachraumlüftern oder Antennen sind entsprechende, handwerkliche hergestellte oder vorgefertigte Formteile zu verwenden. Die Formteile müssen für die vorgesehene Deckung geeignet sein.“

Aus den Fachregeln ergibt sich, dass Befestigungen und Dachdurchdringungen für Solaranlagen ebenfalls mit Formelementen erfolgen müssen, um den Fachregeln des Dachdeckerhandwerks zu entsprechen.

6.4.1 Faserzement-Dachplatten

Das Deckprinzip für Faserzement-Dachplatten ist in wesentlichen Teilen identisch mit dem für Schieferdeckung. Daher werden in der Fachregel [ZVDH Fachregel Faserzement-Dachplatten 2018] ähnliche Vorgaben wie in der vorgenannten Fachregel gemacht. Insbesondere sind die oben zitierten Absätze für Einbauteile und Dachdurchdringungen gleichlautend. Auch diese Fachregel geht nicht auf Solaranlagen ein.

6.4.2 Faserzement-Wellplatten

Auch die Fachregel für die Dachdeckung mit Faserzement-Wellplatten [ZVDH Fachregel Faserzement-Wellplatten 2002]) geht nicht auf die Anordnung von Solaranlagen ein. Die Regeldachneigungen werden hier in Abhängigkeit von der Länge der Dachfläche und davon, ob es sich bei den Platten um Standardlängen oder Kurzplatten handelt, zugeordnet. Die Spanne reicht von mindestens 9° bis

Anforderungen in Regelwerken

mindestens 20° Dachneigung. Die Regeln für Einbauteile und Durchdringungen entsprechen im Wesentlichen den beiden vorhergehend beschriebenen Fachregeln.

6.4.3 Metallarbeiten

Die Fachregel für Metallarbeiten umfasst Hinweise sowohl für nicht selbsttragende (z. B. Zinkblech auf Schalung und Vordeckung) als auch für selbsttragende Metalldeckungen (z. B. Trapezblech) sowie für Elemente der Dachentwässerung. Auf Solaranlagen wird in der aktuellen Fassung in Kapitel 9 „Durchdringungen, Einbauteile“ eingegangen:

„(9.1.4) Sicherheitsdachhaken, Stützen für Schneefangvorrichtungen, Solaranlagen, Laufstege usw. sollen unter Verwendung von genügend breiten Blechen eingebaut und eingedeckt werden. Sie müssen für den Verwendungszweck geeignet und zugelassen sein. Die Einbauteile und Einfassungen müssen mit der Deckunterlage und der Deckung abgestimmt werden. Hierzu können Lastverteilende Unterlagen erforderlich sein.“

Im Hinblick auf die Nutzung von Stehfalzen für die Befestigung von Solaranlagen weist der folgende Absatz auf die Notwendigkeit eines statischen Nachweises hin:

„(9.2.3) Stehfalze bei Metalldeckungen sind formschlüssige Verbindungen. Sollen von dessen zusätzliche Lasten aufgenommen werden, muss für die Verwendung der zusätzlich einzubringenden Last der statische und sicherheitstechnische Nachweis erbracht werden.“

6.4.4 Einbauteile bei Dachdeckungen

Im Merkblatt [ZVDH MB Einbauteile 2016], in dem u. a. der Einbau von Dachflächenfenstern und Fertiggauben behandelt wird, wird auch auf die Befestigungsteile für Solaranlagen und die Anforderungen an Indachanlagen eingegangen. Entsprechende Zeichnungen sind im Anhang leider nicht vorhanden.

Für den Anschluss der Einbauteile an die Dachdeckung wird gefordert, dass dieser „mindestens den Anforderungen der Dachdeckung zu entsprechen“ hat und „mindestens regensicher“ sein muss. Die Prioritäten liegen eindeutig bei Formelementen: „Vorgefertigte System-/Zubehörteile passend für die Dachdeckung haben sich bewährt.“

Für Halterungen und Stützen wird in Kapitel E.7 des Merkblatts gefordert:

„Die Regensicherheit und Funktion des Dachs darf durch Halterungen und Stützen nicht beeinträchtigt werden.“ Der Korrosionsschutz muss mindestens der Korrosivitätskategorie C2 (gering, ländliche Bereiche) (nach DIN EN ISO 12944-2) entsprechen, die Schutzdauer muss hoch (H), d. h. größer als 15 Jahre sein. „Der Korrosionsschutz von Einbauteilen, bei denen eine Kontrolle der Funktionsfähigkeit wegen Unzugänglichkeit nicht oder nur mit hohem Aufwand möglich ist, ein Versagen sich nicht offensichtlich (z. B. Korrosion) ankündigt und eine erhebliche Gefährdung erwarten lässt, ist für die beabsichtigte Nutzungsdauer für das Bauteil und die Befestigung nachzuweisen. Für die nachgewiesene Zeit muss die Tragfähigkeit auch ohne Instandhaltung gewährleistet sein.“

Anforderungen in Regelwerken

Unter Indachanlagen muss ein wasserdichtes Unterdach eingebaut werden, im Traufbereich darunter muss es sich um ein regensicheres Unterdach handeln. Für die Indachanlage muss ein Nachweis als harte Bedachung durch eine Brandprüfung nach DIN 4102-7 oder DIN SPEC 1187-1 geführt werden.



Abbildung 200
Dachhaken mit Formelement als Abdeckung über dem Dachstein

6.4.5 Unterdächer, Unterdeckungen und Unterspannungen

Das Merkblatt [ZVDH MB Unterdächer 2010] beschreibt sehr ausführlich, welche Qualitätsklasse der Zusatzmaßnahme bzw. der zweiten Entwässerungsebene unter Dächern mit Deckungen einzubauen ist. Kriterien dafür sind in erster Linie die Nutzung, das Deckmaterial und die Dachneigung. Dabei werden die Kriterien unter dem Stichwort „erhöhte Anforderungen“ aufgelistet – allerdings bei den Fachregeln zu den jeweiligen Deckungen. Je mehr erhöhte Anforderungen vorliegen, desto höher muss die Qualität der Zusatzmaßnahme sein. Der Wohnnutzung unter einer Dachfläche wird dabei große Bedeutung beigemessen und dieses Kriterium wird demzufolge zweimal als „Erhöhte Anforderung“ gewichtet (gemäß [ZVDH Fachregel Dachziegel und Dachsteine 2016], Kapitel 1.1.3.2)

Solaranlagen sind in diesem System ebenfalls eingeordnet, und zwar unter der Bezeichnung „Technische Anlagen (Auf- oder Indachsysteme, Klimageräte [...])“.

Die Zusatzmaßnahmen werden in Qualitätsklassen 1 bis 6 eingeordnet, wobei Klasse 1 die beste und Klasse 6 die schlechteste Qualität darstellt.

Im Einzelnen werden die Zusatzmaßnahmen wie folgt unterteilt:

Anforderungen in RegelwerkenTabelle 1: Einstufung der Zusatzmaßnahmen
(entsprechend Tabelle 1 aus [ZVDH MB Unterdächer 2010])

Art	Ausführung	Konterlatten- einbindung	Naht- und Stoß- ausbildung	Klasse
Unterspannung				
Unterspannung	gespannte oder frei hängende Unterspannbahn gemäß Produktdatenblatt	Unter Konterlatte	lose überlappend	6
nahtgesicherte Unterspannung	gespannte oder frei hängende Unterspannbahn gemäß Produktdatenblatt	Unter Konterlatte	Verschweißt, verklebt, mit Nahtband oder vorkonfektioniertem Dichtrand	4
Naht- und perforations-gesicherte Unterspannung	gespannte oder frei hängende Unterspannbahn gemäß Produktdatenblatt	Unter Konterlatte mit Zusatzmaßnahmen	Verschweißt, verklebt, mit Nahtband oder vorkonfektioniertem Dichtrand	3 *)
*) wenn alle Anforderungen gemäß USB-A erfüllt sind				
Unterdeckung				
Überlappte oder verfalzte Unterdeckung	Unterdeckplatte Unterdeckbahn gemäß Produktdatenblatt	Unter Konterlatte mit Zusatzmaßnahmen	lose überlappend oder verfalzt	5
Überdeckte Unterdeckung mit Bitumenbahnen	Bahnen gemäß Produktdatenblatt für Bitumenbahnen Tabelle 5 Nr. 1 bis 10	Unter Konterlatte mit Zusatzmaßnahmen	überdeckt und genagelt	4
Verschweißte oder verklebte Unterdeckung	Unterdeckplatte mit Zubehör Unterdeckbahnen gemäß Produktdatenblatt Unterdeckbahnen	Unter Konterlatte mit Zusatzmaßnahmen	verschweißt oder verklebt	4
Naht- und perforations-gesicherte (Befestigungsmittel) Unterdeckung	mit Zubehör Unterdeckbahnen gemäß Produktdatenblatt Unterdeckbahnen Unterdeckplatte mit Zubehör	Unter Konterlatte mit Zusatzmaßnahmen	Verschweißt, verklebt, mit Nahtband oder vorkonfektioniertem Dichtrand	3
Unterdach				
Regensicheres Unterdach	Bahnen gemäß Produktdatenblatt für Bitumenbahnen Tabelle 5 Nr. 2, 3 und 5 bis 10 und Bahnen gemäß Produktdatenblatt für Kunststoff- und Elastomerbahnen Tabelle 5 Nr. 1 bis 3	Unter Konterlatte mit Zusatzmaßnahmen		2
Wasserdichtes Unterdach	s. regensicheres Unterdach	über Konterlatte		1

Anforderungen in Regelwerken

Bei geneigten Dachflächen im Bestand wird häufig die einfache Unterspannung (Klasse 6) angetroffen, wenn nicht sogar eine Zusatzmaßnahme aus früherer Zeit, wie z. B. Docken und Spließe, die in dem System nicht aufgeführt sind. In diesen Fällen muss im Einzelfall abgeschätzt werden, inwieweit die Einschränkung der Regensicherheit für die Nutzung des Raums unter der Dachfläche hinnehmbar ist und insbesondere der Eigentümer der Immobilie über die Risiken informiert wurde.

Die Zuordnung zwischen Kriterien und Qualität der Zusatzmaßnahme ist in folgender Tabelle dargestellt:

Tabelle 2: Zuordnung von Zusatzmaßnahmen außer bei untergeordneten Gebäuden (entsprechend Tabelle 1.1 aus [ZVDH Fachregel Dachziegel und Dachsteine 2016])

Unterschreitung der Regeldachneigung	erhöhte Anforderungen			
	keine weitere	eine weitere	zwei weitere	drei weitere
keine	Klasse 6	Klasse 6	Klasse 5	Klasse 4
bis 4°	Klasse 4	Klasse 4	Klasse 3	Klasse 3
über 4° bis 8°	Klasse 3	Klasse 3	Klasse 3	Klasse 3
über 8° bis 12°	Klasse 2	Klasse 2	Klasse 1	Klasse 1
Minstdachneigung	10°			

Das bedeutet z. B. für ein Wohnhausdach mit einem Deckmaterial, welches nicht die Regeldachneigung unterschreitet, muss mindestens eine Zusatzmaßnahme der Klasse 5, also eine überlappte oder überfalzte Unterdeckung eingebaut sein. Bei einer weiteren „erhöhten Anforderung“, zu der auch eine Solaranlage gezählt wird (seit 2012 gemäß [ZVDH Fachregel Dachziegel und Dachsteine 2016]), muss die Qualität um eine Stufe erhöht werden, d. h. es muss eine Zusatzmaßnahme der Klasse 4 eingebaut werden, also z. B. eine verschweißte oder verklebte Unterdeckung.

Diese Anforderungen an die Planung eines Dachaufbaus sollten sinngemäß auch bei Bestandsbauten Berücksichtigung finden. Zumindest sollte daran die Gebrauchstauglichkeit im Sinne der Regensicherheit abgeschätzt werden.

Anforderungen in Regelwerken

Abbildung 201

Die Anforderungen der Zusatzmaßnahme bzw. zweiten Entwässerungsebene unter Lattung und Konterlattung hängen von der Dachneigung sowie der Anzahl der „erhöhten Anforderungen“ ab.

6.4.6 ZVDH: Solartechnik für Dach und Wand

Anlässlich der erweiterten Nutzung von Dachflächen in Form der Montage von Solaranlagen hat der Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH) erstmalig 2001 das Merkblatt [ZVDH Merkblatt Solartechnik 2001] herausgebracht. Es wurde im Jahr 2011 überarbeitet und als Merkblatt [ZVDH Merkblatt Solartechnik 2011] herausgegeben. Zuletzt wurde der Text im Jahr 2016 geringfügig geändert.

Die Erfahrungen mit „Fremdgewerken“ führten zur Empfehlung, die Montagearbeiten vom Dachdeckerwerk ausführen zu lassen. Unter Punkt 1.4 – *Planungshinweise* – wird gefordert:

„(2) Im Rahmen der Gewährleistung für die Funktionsfähigkeit des Daches und aller seiner Funktionsschichten sollten die Montagearbeiten von einem für Dacharbeiten im Sinne der Handwerksordnung zugelassenen Fachbetrieb ausgeführt werden.“

Dieser Forderung wird häufig nicht gefolgt. Die Aufsteller haben offenbar nicht selten nur geringe Kenntnisse über Aufbau, Wirkungsweise und die Beeinträchtigungen des Dachaufbaus. Kommt es infolgedessen zu Schäden, sehen sie sich möglicherweise mit umfangreichen Gewährleistungsansprüchen konfrontiert. Die Abgrenzung der Mängel oder Schäden von ggf. bereits vor der Montage vorliegenden Zuständen ist oft schwierig, da die dachfremden Aufsteller den ursprünglichen Zustand nicht beurteilen können und eine entsprechende Untersuchung des Ist-Zustands vor ihren Arbeiten nicht vorliegt.

Anforderungen in Regelwerken

Dazu kommt, dass auch Herstellerhinweise, die Bezug zum speziellen Dachaufbau nehmen, nicht umgesetzt werden. Daher wurde die Forderung aufgestellt:

„(4) Die Montagevorschriften des Solaranlagenherstellers müssen beachtet werden.“

Wie einige Schadensfälle zeigen, von denen oben berichtet wurde, wird auch dagegen häufig verstoßen.

„(7) Bei nachträglichem Ein- bzw. Aufbau einer Solaranlage in, über oder vor die bestehende Dach- bzw. Wandfläche sind die Anforderungen der Dachdeckung, Dachabdichtung oder Außenwandbekleidung nach dem Regelwerk des Deutschen Dachdeckerhandwerks zu beachten. Insbesondere müssen der Wärmeschutz und die Tragfähigkeit geprüft werden.“

Der Zustand der vorhandenen Dachdeckung, Dachabdichtung oder Außenwandbekleidung soll berücksichtigt werden.“

Die Zustandsüberprüfung des vorhandenen Untergrunds ist nicht nur im Hinblick auf Gewährleistungsverpflichtungen des Aufstellers, sondern auch im Sinne der Wirtschaftlichkeit der Anlage und der Vermeidung der Demontage der Solaranlage zum Zwecke von Instandsetzungsarbeiten dringend angeraten. Dies wird auch in Absatz 2.4 – *Bestehende Deckung* – zum Ausdruck gebracht:

„Bestehende Dachdeckungen, Dachabdichtungen und Außenwandbekleidungen sind auf Funktionalität, Beständigkeit und Eignung bzgl. der zu erwartenden Lebensdauer bei aufgeständerten Solaranlagen zu überprüfen.“

Die unterschiedlichen Einbauarten auf geeigneten Dächern werden in Kapitel 3.2 beschrieben. Dort ist ausgeführt:

„(3) Die Aufständerelemente sind auf die jeweilige Dachdeckung, die Dachneigung und auf die örtlichen Gegebenheiten abzustimmen.“

(4) Bei aufgeständerten Energiegewinnungsflächen muss die Funktionsfähigkeit der darunter liegenden Deckung gewährleistet sein.

(5) Der Mindestabstand zwischen Oberkante Dachdeckung und Unterseite Energiegewinnungsfläche darf 60 mm bzw. die Herstellerangaben nicht unterschreiten.

Der Mindestabstand begründet sich durch die anlagenspezifisch erforderliche Hinterlüftung.“

Zu Indachsystemen wird gefordert, dass diese regensicher an die Dachdeckung anzuschließen sind. Es wird auf das Merkblatt [ZVDH MB Unterdächer 2010] verwiesen.

Zu Metalldeckungen wird darauf verwiesen, dass die berechnete Anzahl Hafte pro m² i. d. R. keine Lasten berücksichtigt, die zusätzlich durch Solaranlagen auftreten, und daher ein zusätzlicher statischer Nachweis erforderlich ist.

Anforderungen in Regelwerken**6.5 Fachregeln des Klempnerhandwerks ZVHSK**

Die Fachregeln des Klempnerhandwerks [ZVSHK Klempnerfachregeln 2016] gehen auf die Befestigung von Solaranlagen ein und weisen zunächst auf die Berücksichtigung der thermischen Längenänderungen einer Metalleindeckung hin. Es wird insbesondere bei der Deckung mit Zinkblechen zwischen Neu- und Altbau unterschieden. Eine Befestigung mit Falzklemmen ist nur beim Neubau möglich, bei dem die Anzahl und Anordnung der Haften bekannt ist und für die Krafteinwirkung der Solarelemente ausgelegt ist. Falzklemmen für die Befestigung einer Solaranlage auf Zinkblechen bedürfen einer bauaufsichtlichen Zulassung.

Für den nachträglichen Einbau einer Solaranlage auf Bestandsdächern mit Stehfalzdeckung wird empfohlen, die Stehfalze zu öffnen und daraus eine Leistendeckung herzustellen (Kapitel 11.3.2). Als Alternative wird ein Gleitlager beschrieben (Kapitel 11.3.3).

Flächenbündige Haken sind durch Kappen abzudecken. Die Kappen werden aufgelötet, aufgeklebt oder eingefalzt. Leider ist keine Zeichnung beigefügt, die diese Empfehlung näher erläutert.

Stockschrauben müssen in Bohrungen mit Übermaß eingesetzt werden, damit die Beweglichkeit des Blechs gewährleistet bleibt. Die Stockschrauben sind dann mit Hülsen einzubauen, die wiederum aufgelötet oder aufgeklebt werden.



Abbildung 202
Solaranlage auf Zinkblechdeckung

Anforderungen in Regelwerken

6.6 Fachregeln des Instituts für Stahlbau IFBS

6.6.1 Merkblatt Solartechnik

Die bereits in der Fassung von 2012 sehr umfangreiche und ausführliche Fachregel wurde kurz vor Fertigstellung des vorliegenden Berichts in überarbeiteter Form ([IFBS 2019-01] veröffentlicht.

Es enthält sehr dezidiert Hinweise auf Befestigungsmittel für den Metallleichtbau und gibt über die erforderlichen Zulassungen und bislang noch begrenzten Möglichkeiten der statischen Nachweise Auskunft.

Unter anderem werden die Kräfte beschrieben, die an Stockschrauben angreifen und deren Ableitung statisch nachzuweisen ist. Dezidiert werden die Quer-, Zug-, Druck- und Momenten Tragfähigkeit beschrieben und inwieweit dafür allgemeingültige, bauaufsichtlich eingeführte Regelwerke existieren oder die Nachweisführung durch bauaufsichtliche Zulassungen oder der Nachweis der Verwendbarkeit im Einzelfall erforderlich ist.

Auch die Bedingungen für den Nachweis einer Befestigung am Steg oder am Obergurt eines Trapez- oder Wellprofilblechs werden beschrieben. Neben der Kraftableitung des Befestigungselements selbst muss auch die Tragfähigkeit des Trapez- oder Wellprofils aufgrund der veränderten Rahmenbedingungen erneut nachgewiesen werden. In Bezug auf die Zugkräfte bei einer Befestigung am Obergurt wird darauf hingewiesen, dass es auch im Rahmen der Tragfähigkeit schon zu plastischen Deformationen kommen kann. Dies kann aufgrund der großen Nachgiebigkeit der Trapezprofilobergurte geschehen und die Wasserdichtheit oder das optische Erscheinungsbild beeinträchtigen.

Deutlich hervorgehoben werden auch die besonderen Anforderungen an die Lastabtragung bei Sandwichelementen: _

„Zum einen sind die meisten Sandwichelemente ausschließlich für Flächenlasten ausgelegt, zum anderen können Einzellasten zu einer Beschädigung des Verbundes zwischen Deckschale und Kernwerkstoff führen. Dieser Verbund ist jedoch für die Tragfähigkeit des Sandwichelements unabdinglich. Somit ist bei der Verwendung jeglicher Befestigungssysteme auf Sandwichelementen stets die Tragfähigkeit des Sandwichelements aufgrund der angreifenden Punkt- und Linienlasten zusätzlich nachzuweisen.“

Empfehlenswert sind insbesondere die Beschreibungen zu den baulichen Voraussetzungen in Kapitel 5, die in Kapitel 7 in eine Checkliste einfließen, die auch beispielhaft für Deckungen aus anderen Materialien sein kann.

Die für die statische Bemessung von Profiltafeln bei Neu- sowie bei Bestandsbauten erforderlichen Eigenschaften werden aufgelistet.

Anforderungen in Regelwerken

Es wird insbesondere auf den Korrosionsschutz der Dachdeckung eingegangen:

„Korrosive Belastungen können durch zusätzliche Begehung zu Montagezwecken der Solaranlage, durch die Lagerung von Installationsmaterialien und durch die Verhinderung des Selbstreinigungseffektes der Dachprofile auftreten. Es können im Zwischenraum zwischen Solaranlage und Dachoberfläche konzentrierte Schmutzablagerungen entstehen, durch die das Korrosionsschutzsystem zusätzlich beansprucht wird.

...

Bei Neubauten ist ein geeignetes Korrosionsschutzsystem zu wählen. Bei Bestehenden Dachkonstruktionen ist zunächst das vorhandene Korrosionsschutzsystem zu identifizieren, auf seine Leistungsfähigkeit hin zu überprüfen und erforderlichenfalls zu ertüchtigen.

...

Unabhängig vom Beschichtungssystem ist eine Dicke der organischen Beschichtung von mindestens 45 µm erforderlich. Sofern auf eine organische Beschichtung verzichtet werden soll, sind Aluminium-Zink- (mind. AZ 185) oder Zink-Magnesium-Überzüge (mind. ZM 300 bzw. nach Vorgabe des Herstellers) erforderlich. Ggf. Sind Niederschläge, die von blanken Zinkoberflächen abfließen, vor der Versickerung besonders zu behandeln.

...

Die korrosive Atmosphäre unter einer Solaranlage ist im Allgemeinen in die Korrosivitätskategorie C3 bis C5 einzustufen. In den IFBS-Fachregeln für die Auswahl von Korrosionsschutzsystemen GL 04 werden Korrosionsschutzsysteme sowie deren Auswahl und Wartung beschrieben.“

Für Kabeldurchführungen durch Metaldächer wird auf vorgeformte Rohmanschetten aus witterungsbeständigem Material verwiesen.

In Bezug auf die Längsstöße der Dachdeckung wird empfohlen, auf die Entstehung von Schneebarrieren und Eisschanzen durch die Solaranlagen zu achten. Die in der Fachregel beschriebenen, möglichen Gegenmaßnahmen (u. a. Dachflächenheizungen) scheinen allerdings übertrieben, zumal auch bei Dachflächen ohne Solaranlagen die Längsstöße hinreichend sicher gegen Schmelzwasser abgedichtet sein sollten.

Anforderungen in Regelwerken



Abbildung 203

Dach mit Eindeckung aus Metallsandwichelementen

6.6.2 IFBS Planung und Ausführung

Die Fachregeln [IFBS 2017] stellen Anforderungen an die Montage von werkseitig vorgefertigten Profiltafeln aus Metall zusammen. Darunter fallen Trapez-, Well-, Stehfalz-, Kassetten- und Paneelprofile sowie Sandwichelemente.

Gegenüber kleinformatigen Deckungen, bei denen der Begriff der „Regensicherheit“ verwendet wird, erläutern die Fachregeln auch die Möglichkeit bei großformatigen Metaldeckungen, die Deckung als „regendicht“ herzustellen. Es wird erläutert:

„(3.1.42) Regendicht bedeutet, dass die Anordnung und Ausführung der Dachdeckungsbauteile (Profiltafeln, An- und Abschlussprofile etc.) mit ihrer Längs- und Querüberdeckung so erfolgen muss, dass bei den zu erwartenden Regen- und Schneefällen abfließendes Wasser wie auch Flugschnee und Treibregen nicht durch die Überdeckungsfugen oder Schraub- und Nietverbindungen in die Dachkonstruktion eindringen können.

Die Regendichtheit wird erreicht durch eine ausreichend dimensionierte Überdeckung, gegebenenfalls den Einbau von geeigneten Dichtbändern und der Verwendung von zugelassenen Verbindungen sowie die Einhaltung der notwendigen Verbindungsabstände. Bei mehrschaligen wärmege-dämmten Dachkonstruktionen sind die Oberschalen aus Profiltafeln regendicht auszuführen.

Eine Sicherheit gegen Stauwasser erfordert gegebenenfalls zusätzliche Maßnahmen, z. B. Verschweißen der Bauteile aus Aluminium miteinander oder ein „wasserdichtes“ Unterdach.“

In diesen Fällen muss der Einbau von Solaranlagen entsprechend sorgfältiger in Bezug auf die Dichtheit der Verbindungen erfolgen.

Anforderungen in Regelwerken

Für den Einbau von Solaranlagen können auch die Hinweise auf Schneiden und Bohren aus Kapitel 9 sowie auf Befestigungen in Kapitel 10 hilfreich sein. Dort heißt es z. B.:

„Schrauben in bestehenden Verbindungen nach Zulassung Nr. Z-14.1-4, Abschnitt 4, die bereits belastet worden sind, dürfen nur gegen gewindeformende Schrauben mit größerem Durchmesser ausgetauscht werden, wobei das Loch für die dickere Schraube passend aufzubohren ist. Im Fall von Sandwichelementen ist ggf. eine andere Maßnahme erforderlich (Z-14.4-407, Abschnitt 4)“

„Schrauben mit vorkonfektionierter Dichtscheibe sind tiefenanschlagorientiert einzuschrauben. Durch den korrekt eingestellten Tiefenanschlag an den Schrauben wird eine unzulässige Verformung der Dichtscheibe verhindert.

Die Bohrlochdurchmesser müssen der Zulassung entsprechen.

Bei der Befestigung von Sandwichelementen und bei der Befestigung auf den Obergurten von Trapezprofilen müssen größere sichtbare Verformungen der Bauteile durch zu fest angezogene Schrauben vermieden werden.

Die Dichtscheiben von Schrauben dürfen durch den Einschraubvorgang nicht unzulässig deformiert werden. Die Schraube ist nur soweit anzuziehen, dass die Dichtscheibe gemäß den Herstellerangaben komprimiert ist.“ (s. 7.5 im vorliegenden Bericht)

In Kapitel 11.7 wird ebenfalls auf „Befestigungen und Verbindungen“ eingegangen:

„Werden Profiltafeln als wasserführende Schale von Dächern eingesetzt, so sind dichtende, nicht-rostende Verbindungselemente zu verwenden. Der Abstand der Verbindungen in den Längsstößen darf 500 mm nicht überschreiten [...]. Fehlbohrungen sind fachgerecht zu schließen.“

Anforderungen in Regelwerken

6.7 Sonstige Richtlinien

6.7.1 RAL Solarenergieanlagen

In [RAL GZ 966 Solarenergieanlagen 2018] wird z. B. unter Punkt 2.1.4 *„Dachbeschaffenheit, Dacheindeckung bzw. -abdichtung“* darauf hingewiesen, dass bereits im Erstkundengespräch nach der Bezeichnung und dem Typ der Dacheindeckung mit Betrachtung der Gefahrenlage (z. B. Asbest), der Einstufung des Dachs in eine Brandklasse gem. DIN 4102-7 (inklusive Angaben zu Besonderheiten z. B. harte Bedachung, zur Lage der Brandwände und Brandabschnitte), nach dem Alter und der Gebrauchstauglichkeit der Dachhaut gefragt werden muss. Es wird empfohlen,

„[...] eine Dachdeckerfirma hinzuzuziehen, die das bestehende Dach auf seine Gebrauchstauglichkeit hin überprüft.“

Bezüglich der Montagesysteme wird u. a. in [RAL GZ 966 Solarenergieanlagen 2018] gefordert, dass eine Angabe zur Begehbarkeit erfolgen muss. Bei Indachsystemen müssen ein Nachweis der Regensicherheit (inkl. Angabe der Mindestdachneigung) vorhanden und eine ausreichende Hinterlüftung möglich sein. Zudem wird folgender Hinweis gegeben:

„Die Indachmontage stellt stets eine „erhöhte Anforderung“ nach dem Regelwerk des Deutschen Dachdeckerhandwerks dar.“

Unter *„Sonstiges“* in Kapitel 2.1.9 der Veröffentlichung wird als erster Auflistungspunkt *„Informationen zur Tragfähigkeit der Dachkonstruktion“* aufgeführt. Weiterhin sollte nach Informationen zur Baugenehmigung, Leitungsführung und zu ggf. vorhandenen Blitzschutzanlagen gefragt werden.

Im Rahmen der Ausführungsplanung sollen gemäß 2.2.4 Dachpläne gezeichnet werden, die mindestens Angaben zu Maßen der Dachfläche und der Solaranlage, zur Abmessung/Lage von Dachaufbauten/Fenstern/Schornsteinen, der Positionierung von Sonderaufbauten (z. B. Sekuranten oder Dachabläufe), Angaben zur Lage/Anordnung des Montagesystems und der Befestigungspunkte und Angaben zur Verschaltung der Module und dem Verlauf sämtlicher Leitungswege enthalten.

Nach 2.2.5 ist die ausreichende Tragfähigkeit der Dachkonstruktion nachzuweisen. Dabei ist

„nicht nur die Eigenlast des PV-Generators (Module + Montagesystem) zu berücksichtigen, sondern auch die Einleitung der Schnee- und Windlasten in die Dachkonstruktion (z. B. der zur Befestigung genutzten Sparren oder Pfetten, wenn die Dachhaken nur auf jedem/jeder zweiten montiert werden).“

Bei der Festlegung der Verankerungspunkte (z. B. Dachhakenanzahl und -abstand) sollte auf eine gleichmäßige Verteilung geachtet werden, damit die Lasteinleitung entsprechend gleichmäßig erfolgen kann.

Für Dachdurchdringungen bzw. Eingriffe in die Dachhaut wird in den Kapiteln 2.2.14 und 2.2.15 auf das Regelwerk *„Solartechnik für Dach und Wand“* des Zentralverbandes des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik (ZVDH) verwiesen:

Anforderungen in Regelwerken

„Dachdurchdringungen sind nach den anerkannten Regeln der Technik zu planen, maßgeblich ist hierbei das Regelwerk des Zentralverbandes des Deutschen Dachdeckerhandwerks e. V. - Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik.“

Der in [RAL GZ 966:2008-08] enthaltene Hinweis, dass für Montagearbeiten auf dem Dach das Hinzuziehen einer Dachdeckerfirma empfohlen wird, ist an dieser Stelle des Merkblattes leider entfallen.

Im Abschnitt „Besondere Güte- und Prüfbestimmungen für die Ausführung photovoltaischer Anlagen RAL GZ 966 – P3“ ist unter 2.1.1. „Vorbereitung von Installations- und Ausführungsmaßnahmen“ aufgeführt: a): Im Dachplan seien mindestens aufzunehmen: *„Lage, Anordnung und Maße der Dachflächen(n), der Anlage(n) und der Dachaufbauten (Gauben, Erker, Fenster, Schornsteine, Antennen)“*, und unter „f): *„Die Statik des Daches und die Standsicherheit des PV-Generators müssen gewährleistet sein.“* Und Unterpunkt „g): *„Eine Prüfung der Bausubstanz insbesondere des Daches auf Sanierungsbedarf hat vor Baubeginn zu erfolgen. Die Ergebnisse der Prüfung sind zu dokumentieren.“*

Im Kapitel 2.1.19 „Regensicherheit und Dachdichtigkeit“ wird u. a. ausgeführt:

- „a) Dachdurchdringungen, z. B. bei der Verankerung des Montagesystems der bei Leitungsdurchführungen, müssen fachgerecht abgedichtet werden. Dies gilt sowohl für Unterspannbahnen, Unterdeckungen oder Unterdächer bei Schrägdächern als auch für die Dachhaut bei Flachdächern. Der Eingriff in die Wärmedämmung ist auf ein Minimum zu reduzieren.*
- b) Bei Indachmontage sind Herstellerangaben, z. B. zu Eindeckung und Mindestdachneigung, einzuhalten.*
- c) Leitungsdurchführungen (Lüfterziegel, Ziegelzuschnitt), wie Durchführung Wärmedämmung, Flachdach sind fachgerecht auszuführen.“*

6.7.2 DGUV Information zur Montage und Instandhaltung von Photovoltaik-Anlagen, 2015

Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV) hat eine Informationsschrift zum Thema „Montage und Instandhaltung von Photovoltaik-Anlagen“ herausgegeben [DGUV Information 203-080 2015], die bei der Errichtung und Montage/Demontage sowie bei Betrieb, Wartung und Prüfung von Photovoltaik-Anlagen Anwendung findet. Die werkseitige Herstellung von Teilen und Komponenten, der Transport dieser Teile und Komponenten zum Anlagenaufbauort sowie Nebenarbeiten, wie z. B. der Gerüstbau, werden nicht behandelt.

Zum Thema der Gefährdungsbeurteilung findet man folgenden Hinweis:

„Grundlegend muss für diese Tätigkeiten eine Gefährdungsbeurteilung erstellt und dokumentiert werden. Weitergehend ist eine Unterweisung der Beschäftigten notwendig. Häufig werden Arbeiten in Zusammenarbeit mehrerer Unternehmen durchgeführt bzw. werden Fremdunternehmen beauftragt. In diesen Fällen obliegt die Verantwortung für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung und Unterweisung in erster Linie demjenigen Unternehmen, welches die Tätigkeiten ausführt. (...) Bei Auftragserteilung durch eine Privatperson obliegt der wesentliche

Anforderungen in Regelwerken

Teil der Organisationsaufgaben beim Auftragnehmer. Dieses entbindet den Auftraggeber nicht von seiner eingeschränkten Mitwirkungspflicht, z. B. bei Besonderheiten in der Dachkonstruktion, Alter der Dacheindeckung usw.“

Das Merkblatt beschreibt Maßnahmen, die in den Verantwortungsbereich der Auftraggeber bzw. des Auftragnehmers/Montagebetriebs fallen. Hierzu gehören neben organisatorischen auch Maßnahmen zur Verkehrssicherung, zur Sicherung für elektrotechnische Arbeiten sowie zur Wirksamkeitskontrolle der Schutzmaßnahmen.

Im Abschnitt „Gefährdungen und Schutzmaßnahmen“ werden u. a. Anforderungen beschrieben, damit sicheres Arbeiten auf Dächern möglich ist. Es wird auf die Vorschriften 38 und 39 der DGUV verwiesen, demnach sind ab einer Gebäudehöhe von 2,00 m Absturzsicherungen (Geländer, Abdeckungen von Lichtkuppeln, etc.) erforderlich. Falls diese nicht umgesetzt werden können, müssen stattdessen Auffangeinrichtungen (Schutznetz, Schutzwand, Fanggerüst, etc.) vorgesehen werden. Erst als Mittel letzter Wahl werden Anschlagseinrichtungen (Anseilschutz an Anschlagpunkten, PSAgA) beschrieben.

Auf diese Sicherungsmaßnahmen darf nur verzichtet werden, wenn die Dachfläche weniger als 20° Neigung aufweist und in mind. 2,00 m Abstand zu den Absturzkanten feste Absperrungen vorhanden sind. Bei Arbeiten an Dachflächen mit Dachneigungen von mehr als 20° wird ein Dachfanggerüst benötigt.

Besteht die Gefahr, dass man durch Bauteile (z. B. Lichtkuppeln, Lichtbänder, Glasdächer, Wellplatten aus Faserzement etc.) ins Gebäudeinnere stürzen kann, werden zusätzliche Maßnahmen erforderlich. Wurden durchsturz sichere Wellplatten eingebaut, erkennt man dies an der oberseitigen Prägung „DS“; das Kürzel „AF“ weist auf eine asbestfreie Platte hin.

Auch der Zugang zur Dachfläche und der Materialtransport auf die Dachfläche werden detailliert behandelt, ebenso wie elektrische Gefährdungen (z. B. durch oberirdisch verlaufender Niederspannungsleitungen in der Nähe von Dachflächen).

Weiterhin ist im Merkblatt ein Hinweis darauf enthalten, dass Abbrucharbeiten an asbesthaltigen Produkten gemäß Gefahrstoffverordnung zu erfolgen haben und dass weder auf der Unterkonstruktion befestigte noch auf die Dachfläche aufgestellte Solaranlagen auf asbesthaltigen Dächern zulässig sind.

Zum Thema der Schneeräumung findet man folgenden Hinweis:

„Müssen PV-Anlagen von Schnee geräumt werden, dürfen diese Konstruktionen nur dann betreten werden, wenn sichergestellt ist, dass die Tragfähigkeit der gesamten baulichen Anlage gewährleistet ist. Bei der Schneeräumung besteht die besondere Gefahr des Durchsturzes, da nicht trittsichere Bereiche [...] nur schwer erkannt werden können, wenn sie schneebedeckt sind.“

Anforderungen in Regelwerken

6.7.3 VDS Photovoltaikanlagen

Der Gesamtverband der deutschen Versicherer e.V. (GdV) hat in [VDS Photovoltaikanlagen 2017-11] Empfehlungen aus den Erfahrungen der Versicherungswirtschaft herausgearbeitet. Es werden in erster Linie Empfehlungen in Bezug auf die elektrische Sicherheit und im Hinblick auf den Brandschutz zusammengestellt.

Entsprechende Empfehlungen sind im vorliegenden Bericht auf der Basis aktueller Verordnungen in den Kapiteln 11 und 12 aufgeführt.

6.7.4 DIN 4426: Einrichtungen zur Instandhaltung baulicher Anlagen

Die Norm [DIN 4426:2017-01] *„Einrichtungen zur Instandhaltung baulicher Anlagen – Sicherheitstechnische Anforderungen an Arbeitsplätze und Verkehrswege – Planung und Ausführung“* ist im Januar 2017 überarbeitet neu erschienen. Sie enthält sicherheitstechnische Festlegungen und *„ist eine Grundlage für eine auf dem Stand der Technik basierenden Planung projektbezogener Sicherungssysteme für die Instandhaltung baulicher Anlagen und für die Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen“*. Gegenüber der Norm mit Erscheinungsdatum von Dezember 2013 wurde ein neuer Abschnitt zu *„Einrichtungen auf Dächern zum Schutz gegen Absturz“* eingefügt.

Es wird in [DIN 4426:2017-01] u. a. beschrieben, welche Anforderungen grundsätzlich an Dächer gestellt werden. So sind z. B. auf nicht durchtrittsicheren Dächern Verkehrswege im Arbeitsbereich vorzusehen. Neben grundsätzlichen Anforderungen findet man in der Norm auch Anforderungen an die Unterkonstruktion für betretbare Dächer, Anforderungen an Flachdächer und Dächer mit einer Neigung bis zehn Grad, Anforderungen an betretbare Glasflächen und Dachbegrünungen sowie Anforderungen an Dächer mit Photovoltaik- und Solarthermieranlagen.

Für Photovoltaik- und Solarthermieranlagen gelten die sicherheitstechnischen Anforderungen an Arbeitsplätze und Verkehrswege der Norm. In Kapitel 5.5 wird beschrieben, dass bei planmäßigen Arbeiten an Solaranlagen, die nicht über allgemein zugängliche Flächen erreichbar sind, die Einrichtung von Arbeitsplätzen beispielsweise erfolgen kann durch:

- *„dauerhaft auf dem Dach oder vor der Fassade installierte Arbeitsplätze;*
- *Dach- oder Fassadenbefahranlagen, Fassadenaufzüge nach DIN EN 1808 oder Arbeitsbühnen;*
- *Arbeitsgerüste nach DIN EN 12811-1;*
- *seilunterstützte Zugangs- und Positionierungsverfahren“.*

Für vereinzelte und kurzzeitige Wartungs- und Inspektionsarbeiten, wie z.: B. Wartungsarbeiten an Photovoltaik- und Solarthermieranlagen, darf laut [DIN 4426:2017-01] auf die Einrichtung von dauerhaft installierten Arbeitsplätzen verzichtet werden, wenn diese Arbeiten planmäßig innerhalb von zwei Stunden erledigt werden können.

Anforderungen in Regelwerken

6.7.5 Asbest: Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)

Das Inverkehrbringen von Baustoffen mit Asbestfaseranteilen über 0,1 Masse-% ist in Deutschland mit der Chemikalienverbotsverordnung von 1993 [ChemVerbotsV 1993-10] verboten worden.

Die EU hat in der EU-Richtlinie [EU-RiLi 99/77/EG] den Mitgliedsstaaten aufgegeben, bis zum 01.01.2005 das Verbot der Herstellung, Verwendung und Inverkehrbringen von Asbest umzusetzen.

Die aktuelle Version der seit 2010 bestehenden Fassung der Gefahrstoffverordnung [GefStoffV 2017-03] bestimmt in § 16 bzw. in ihrem Anhang II, Nummer 1 „Asbest“ in Satz (1), dass Arbeiten an asbesthaltigen Teilen von Gebäuden verboten sind. Ausnahmen gelten für Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten unter bestimmten Voraussetzungen.

Es wird weiter ausdrücklich präzisiert:

„Zu den nach Satz 1 verbotenen Arbeiten zählen auch Überdeckungs-, Überbauungs- und Aufständearbeiten an Asbestzementdächern [...]“

Solaranlagen dürfen somit nicht auf Dächern aufgebaut werden, die mit asbesthaltigen Materialien eingedeckt sind.

Vor dem Jahr 2010 diskutierte, denkbare Ausnahmeregelungen sind nach dem Wortlaut des aktuellen Gesetzes nicht möglich, da § 19 „Behördliche Ausnahmen, Anordnungen und Befugnisse“ nicht § 16 „Herstellungs- und Verwendungsbeschränkungen“ einschließt.

Das Verbot der Überbauung asbesthaltiger Stoffe wird auch durch das Urteil des Oberverwaltungsgerichts Magdeburg vom 24. März 2015 („Morinol-Urteil“) bekräftigt.



Abbildung 204

Asbestfaserzement-Wellplatten dürfen nicht mit Solaranlagen überbaut werden.

Empfehlungen und Hinweise: Befestigungsarten

7. Empfehlungen und Hinweise: Befestigungsarten

7.1 Statische Berechnung

Die statische Berechnung wird üblicherweise vom Hersteller der Modultragkonstruktionen vorgenommen. Der Verarbeiter erhält eine Ausfertigung der Unterlagen zur Statik. Darüber hinaus gibt die Software die Stückliste, Angaben zur Verschaltung, zur Wechselrichterauslegung und Weiteres an. In der Regel erfolgt allerdings der Hinweis, dass die statische Berechnung an den Hausstatiker weiterzuleiten ist, damit dieser prüfen kann, ob die vorhandene Dachkonstruktion die erwarteten Zusatzlasten aufnehmen kann. In vielen Fällen erfolgt diese Überprüfung aber nicht, so dass der statische Nachweis unvollständig bleibt. Dieser Nachweis ist nachzuholen oder in Grenzfällen, sogar die Anlage zu entfernen, bevor bei einem Sturm oder Schneefall die Belastungsgrenze überschritten wird.

Die Überprüfung der Tragfähigkeit der vorhandenen Unterkonstruktion ist auch wichtig, weil die Lasten – insbesondere Schneelasten – i. d. R. nicht gleichmäßig auf jeden Sparren einwirken, sondern durch die Modulfelder auf wenige Sparren umgelagert werden.

Die Größe der Modulfelder ist von der Unterkonstruktion und vom Deckwerkstoff abhängig und wird ebenfalls von der statischen Berechnung vorgegeben. Insbesondere bei einer indirekten Befestigung auf den Deckelementen selbst müssen die Modulfelder möglichst klein sein, damit die temperaturbedingten Längenänderungen der Modulunterkonstruktion den Deckwerkstoff nicht überlasten.

Empfehlungen und Hinweise: Befestigungsarten

7.2 Dachhaken

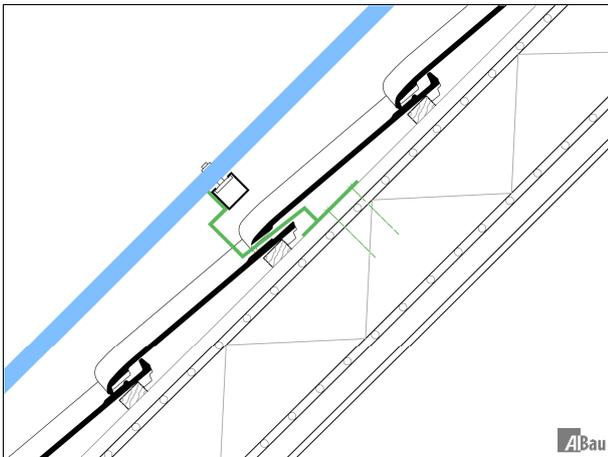


Abbildung 205

Für die Durchführung von Dachhaken müssen ggf. Kopffalz und Fußrippen ausgenommen werden.

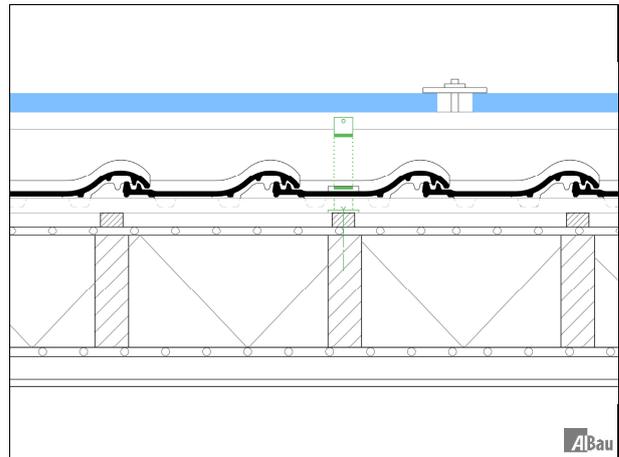


Abbildung 206

Die Ausnehmungen sollten sauber ausgefräst werden und nur wenig größer als der Dachhaken sein.

Die statische Verbindung zwischen Solarmodulen und Dachkonstruktion erfolgt bei kleinformatischen Deckungen i. d. R. über speziell geformte Dachhaken. Das Prinzip folgt den im Dachdeckerhandwerk seit langem verwendeten, sogenannten „Sicherheitsdachhaken“, die für die temporäre Befestigung von aufliegenden Leitern und Dachdeckerstühlen oder als Anschlagpunkte für Sicherheitsgeschirre konzipiert sind und die gemäß der europäischen Norm [DIN EN 517:2006-05] zu formen sind und befestigt werden müssen. Die Norm enthält keine Anweisungen zur entsprechenden Anpassung der Dachziegel oder -steine in Bezug auf z. B. das Wegfräsen von Falzen und auch keinen Hinweis darauf, dass die Dachhaken nicht auf den Ziegeln aufliegen dürfen. Selbst in Verlegeanleitungen, findet sich nur selten ein entsprechender Hinweis. Vor dem Hintergrund, dass es sich nur um vereinzelte Durchdringungspunkte handelt, die Belastung selten stattfindet und eventuelle Schadensfolgen eher geringfügig sind, ist diese Regelungslücke grundsätzlich unproblematisch.

Bei der Verwendung von Dachhaken für die Befestigung von Solarmodulen entsteht aber eine neue Situation: Die Dachhaken werden in einer großen Menge über das Dach verteilt, und die Belastung ist in Abhängigkeit von Wind, Regen und Schnee dauerhaft gegeben.

Inzwischen sind von verschiedenen Herstellern Dachhaken speziell für die Montage von Solarmodulen entwickelt worden. In [VDI 6012-1.4:2016-01] werden die konstruktiven Grundsätze beschrieben. Darin wird ab (Kapitel 6.2) sowohl auf die Einschränkung der Regensicherheit als auch auf die zu vermeidende Belastung des Deckmaterials hingewiesen.

Eine Differenzierung der Regensicherheit nach Art des Deckmaterials bzw. insbesondere der entsprechenden Regeldachneigung und der erforderlichen Zusatzmaßnahme erfolgt in [VDI 6012-1.4:2016-01] nicht. Die als Alternative dargestellte Möglichkeit, die Dachhaken durch entsprechende Lüfterziegel zu führen, vermeidet leider auch nicht die Einschränkung der Regensicherheit, da die Eintrittsöffnungen größer sind als bei sorgfältig weggefrästen Falzen oder Rippen.

Empfehlungen und Hinweise: Befestigungsarten

Dachziegel und Dachsteine müssen für die Durchführung von Dachhaken handwerklich mittels Trennschleifer oder ähnlichen Werkzeugen sorgfältig in der Weise bearbeitet werden, dass Rippen an der Fußseite eines Dachziegels oder -steins eingefräst werden oder auch Falze an der Oberseite. Durch die Bearbeitung soll erreicht werden, dass der Haken den oben liegenden Ziegel nicht anhebt, auf der anderen Seite aber auf den unteren Ziegel bei Belastung keinen Druck ausüben kann. Dabei soll nach der Bearbeitung die Dachdichtheit möglichst wenig beeinträchtigt werden. Hierbei ist die Position des Hakens zum Ziegel, die Abmessungen beider Bauteile und der notwendige Abstand des Hakens zum unteren Ziegel zu beachten.

Die Bearbeitung erfolgt meist durch Trennschleifer oder Fräsen. Während mit Fräsen eine Nut mit den exakten Abmessungen voreingestellt werden kann, erfolgt in der Praxis meistens der Einsatz eines Trennschleifers. Neben den dadurch meist ungenaueren Abmessungen einer Nut wird häufig aus Gründen der Zeitersparnis der Ziegel großflächig abgetrennt, wodurch sich größere Öffnungen als notwendig mit der Gefahr unnötiger Undichtheiten ergeben.

Die Dachhaken werden so ausgerichtet, dass der Schenkel über dem Wellental des darunter befindlichen Dachziegels/-stein liegt und die Montageplatte auf voller Sparrenbreite aufliegt. Der Dachhaken sollte mindestens 5 mm Abstand zur Oberfläche des unteren Dachziegels/-steins und möglichst auch zum darüber liegenden haben (Abbildung 207 und Abbildung 208).

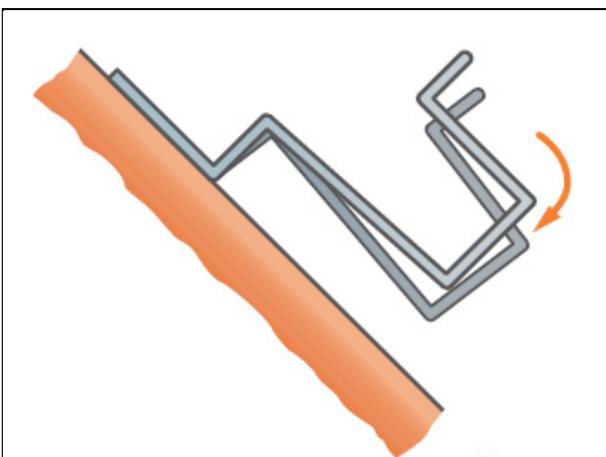


Abbildung 207

Verformung des Dachhakens bei starker Belastung
[DGS-Leitfaden Photovoltaische Anlagen 2012]

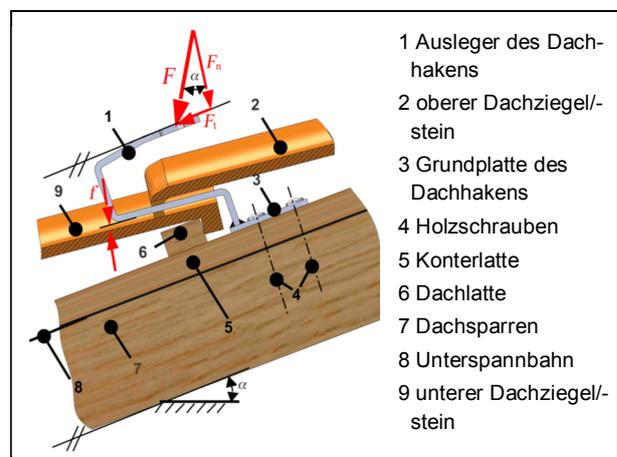


Abbildung 208

Bewegungsraum des Dachhakens für die Verformung zwischen den Pfeilen bei unterem Dachziegel (aus [VDI 6012-1.4:2016-01])

Gegebenenfalls muss der Dachhaken mit geeignetem Unterlegmaterial in der Höhe angepasst werden (Abbildung 209 (3)), damit er nicht aufliegt oder gegen den Dachstein drückt. Die meisten Hersteller stellen passende Unterlegplatten zur Verfügung.

Dann werden die Dachhaken mit zwei Holzschrauben (Schraubendurchmesser 8 mm, Länge 80 mm bzw. entsprechend statischer Bemessung) an den Dachsparren befestigt. Ein Vorbohren im Sparren ist gemäß Kapitel 10.4.5 Absatz 1 [DIN EN 1995-1-1:2010-12] bei Nadelhölzern ab einem Schraubendurchmesser $d > 6$ mm erforderlich. Zudem erleichtert das Vorbohren sowie das Einfetten der

Empfehlungen und Hinweise: Befestigungsarten

Schrauben das Eindrehen und verhindert ein Abscheren. Eine Einschraubtiefe von 60 mm bis 80 mm in den Sparren ist meistens notwendig. Die Randabstände sind entsprechend der Holzbaunorm (Tabelle 8.6 aus [DIN EN 1995-1-1:2010-12]) einzuhalten. Die Sparren müssen stabil – mindestens Nadelholzfestigkeitsklasse C24 nach [DIN EN 338:2016-07] – und dürfen nicht von Pilzen befallen sein. Die Schrauben sollten mindestens 60 mm bis 80 mm in den Sparren einragen. Bei Aufsparrendämmungen sind entsprechend längere Schrauben zu verwenden. Der den Dachhaken abdeckende Dachstein ist an der Stelle der Durchführung des Dachhakens mit Hilfe eines Trennschleifers auszunehmen (Abbildung 209 (4)).

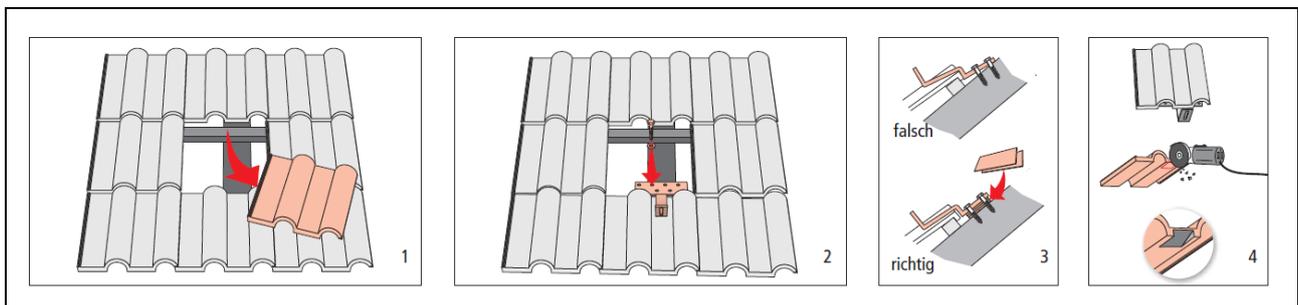


Abbildung 209

Fachgerechte Dachziegelbearbeitung und Montage eines Dachhakens

[DGS-Leitfaden Photovoltaische Anlagen 2012]

Wichtig ist, den zur Dachdeckung passenden Dachhaken auszuwählen. Viele Montagesystemhersteller haben auch verstellbare Dachhaken zum Ausgleich von starken Dachunebenheiten und unterschiedlich dicken Latten im Angebot. Spezielle Edelstahldachhaken mit Rundstählen verringern die Abmaße der Nut im Dachziegel auf ein Minimum.

Empfehlungen und Hinweise: Befestigungsarten

7.3 Formelemente

Viele Hersteller bieten inzwischen Einbauelemente für die Befestigung von Solaranlagen an. Sie bestehen meist aus Metall, manche auch aus Kunststoff, und weisen Formen auf, die die Lastabtragung der Module übernehmen, ohne die Regensicherheit nennenswert einzuschränken. Sie werden von den Herstellern z. B. „Modulstützen“, „Solarträgerpfanne“, „Solarträger“, „Ersatzplatte mit Systemhaken“ oder ähnlich genannt. Im vorliegenden Bericht werden diese Bauteile zusammenfassend als „Formelemente“ bezeichnet.

Bei kleinformatischen Deckmaterialien kann nur durch den Einsatz von lastabtragenden Formelementen mit Verfalzungen oder Kontaktdichtungen erreicht werden, dass die Regensicherheit nicht beeinträchtigt wird. Die Hersteller von Dachdeckungs- und Zubehörmaterialien bieten inzwischen eine Vielzahl von solchen Formelementen an. Meist handelt es sich um Blechformelemente aus Aluminium, die nach der Profilierung des Deckwerkstoffs geformt sind und auch in der Farbe der angrenzenden Deckung angeboten werden. Die Lastabtragung erfolgt über Aufnahmekonstruktionen an der Oberseite und über zusätzliche Lattungen sowie Distanzhölzer zu den Dachsparren. Hohe Kosten und mangelnde Verfügbarkeit bei älteren Deckwerkstoffen mögen die Verwendung, insbesondere bei nachträglichem Einbau von Solaranlagen auf Bestandsdächern, einschränken, sind aber erforderlich, wenn die Verbindung Deckmaterial-Dachneigung-Zusatzmaßnahme keinen Spielraum mehr für eine Einschränkung der Regensicherheit erlaubt.

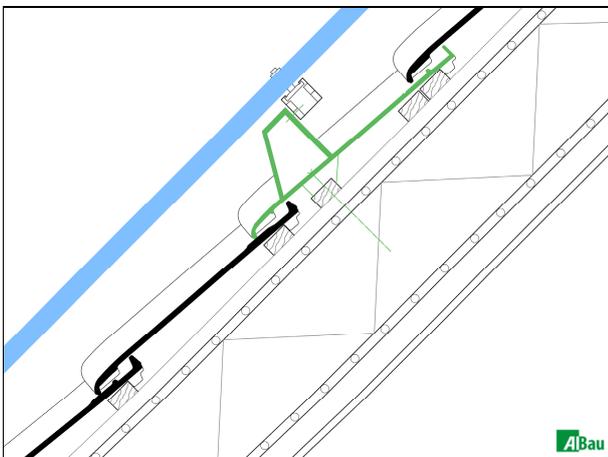


Abbildung 210
Formelement bei verfalzten Dachziegeln/-steinen: Der Dachziegel/-stein wird durch ein entsprechend geformtes Bauteil ersetzt, das sowohl für Regensicherheit als auch für Lastabtragung konzipiert ist.

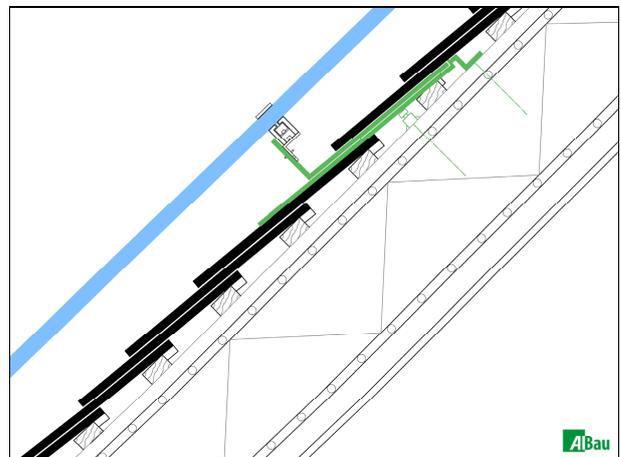


Abbildung 211
Formelement bei nicht verfalzten Deckelementen: Der Dachziegel/-stein wird durch ein entsprechend geformtes Bauteil ersetzt, über dem der Dachhaken geführt ist oder das selbst für die Lastabtragung geformt ist.

Empfehlungen und Hinweise: Befestigungsarten

7.4 Durchdringungen, Dachanker

Alternativ zu Dachhaken kann das Deckmaterial durchbohrt werden, um das Befestigungselement hindurch zu führen und die Durchdringungsstelle mit einer Manschette abzudichten. In [VDI 6012-1.4:2016-01] sind einige Beispiele aufgeführt und als „Dachanker“ bezeichnet. Allerdings gibt es bei dieser Befestigungsart kaum Lösungen, mit einem Dichtungsmaterial eine dauerhaft dichte Verbindung mit dem Dachziegel und des Befestigungsmaterials herzustellen. Insbesondere bei Bestandsdachflächen lässt sich die dauerhafte Klebehaftung nur bei intensiver Reinigung des Deckmaterials erreichen. Diese Bearbeitung erfordert einen hohen Zeitaufwand und geschulte Handwerker. Angeformte Manschetten aus formbarem Metall (z. B. Blei) sind aus Kostengründen eher selten.

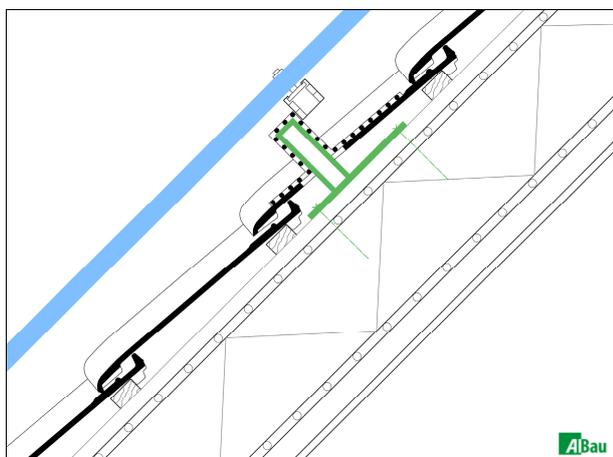


Abbildung 212

„Dachanker“ bei verfalzten Dachziegeln/-steinen: Der Dachziegel/-stein wird durchbohrt um ein lastabtragendes Befestigungselement hindurch führen zu können. Die Bohrung muss nachträglich abgedichtet werden.

(Schnitt durch das Befestigungselement)

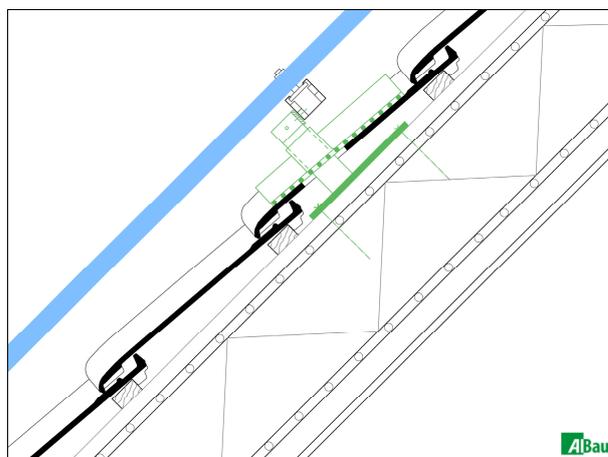


Abbildung 213

wie Abbildung 212

(Schnitt durch die Dichtmanschette)

Für Metallfalzdeckungen werden Solarbefestiger angeboten, bei denen in einen in die Schare (und ggf. die Vordeckung) einzuschneidenden Ausschnitt zu montierende Grundplatte auf der Vollholzschalung befestigt und eine Deckplatte über einen Dichtungsring auf die Grundplatte angeschraubt wird. Die Grundplatte soll mittig auf einem Schalbrett und nicht über Brettfugen sitzen, damit die volle Tragfähigkeit gewährleistet ist. Ziel ist, die temperaturbedingten Längenänderungen der Metallbleche durch die Klemmung der Durchdringung nicht zu behindern. Der handwerkliche Aufwand und das höhere Durchfeuchtungsrisiko wegen der hohen Anzahl von Durchdringungen relativiert die Bedeutung dieser Lösung.

Empfehlungen und Hinweise: Befestigungsarten

7.5 Schraubbefestigungen für Holz- und Metallunterkonstruktionen

Stockschrauben – „Solarbefestiger“ – werden für die Befestigung von Solaranlagen auf Faserzementwellplatten, Trapezblech- und Sandwichdächern eingesetzt. Sie durchdringen das Deckmaterial und müssen eingedichtet werden. Inzwischen erstrecken sich bauaufsichtliche Zulassungen auch auf die Montage von Solaranlagen. Die einwirkenden und nachzuweisenden Kräfte sind ausführlich in [Zapfe: Stock-/Stahlschrauben 2014] beschrieben.

Die Stockschraube ist mittig im Dachsparren zu befestigen, die zur Tragfähigkeit erforderlichen Randabstände, auch bei Stahlflanschen, dürfen nicht unterschritten werden. Dazu sind Dachsparren oder -pfetten einzumessen und deren Lage auf der Oberseite der Deckung zu kennzeichnen. Die Einbindetiefe ist zu kontrollieren.

Stockschrauben sind rechtwinklig zur Bauteiloberfläche zu montieren. Schrägstellungen sind zu vermeiden, um die Lastableitung und Regensicherheit an der Durchdringung sicherzustellen. Zur Befestigung von Stockschrauben ist die Unterkonstruktion i. d. R. vorzubohren.

Die Befestigung von Schrauben auf der Dachdeckung muss gerade und mit ausreichendem aber nicht zu hohem Anpressdruck erfolgen, damit Dichtungsringe dicht sind. Die Eindichtung bei Metalldeckungen erfolgt am besten mittels Kalotten, d. h. an die Trapezform der Obergurte angepassten Metallformelemente mit einer darunterliegenden flächigen, angeformten Dichtung. Die Dichtungsfläche ist sehr viel größer als bei Dichtungsringen, die unter den Unterlegscheiben liegen. Letztere sind anfälliger für Schrägstellungen. Der richtige Anpressdruck verhindert, dass die Dichtung nicht nur lose aufliegt (bei zu wenig Anpressdruck) und nicht übermäßig gepresst wird, weil sich dadurch die Formgebung der Dichtung ändert und die Dichtwirkung bzw. das Alterungsverhalten vermindert wird. Kalotten müssen teilweise auch aus statischen Gründen eingesetzt werden.

Auf die Verwendung geeigneter Befestigungsmittel wird auch Kapitel 6.1.2 eingegangen. Für Sandwichelemente sind inzwischen auch „Solarbefestiger“ mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung auf dem Markt erhältlich. Sie sollen verhindern, dass es durch Einleitung von Zug- und Querkräften zur Ablösung der Deckschale von der zwischen den Blechschalen eingeschäumten Polyurethan-Wärmedämmung kommt.

Bei nachträglicher Montage auf Deckelementen können vorhandene Befestigungen herausgenommen, deren Löcher aufgebohrt und die neuen Befestiger eingesetzt werden, die dann sowohl die Befestigung der Deckelemente wie auch der Solaranlage übernehmen. Bestehen Gewährleistungsansprüche gegenüber dem Hersteller der Dacheindeckung, könnten diese durch die Änderungen der Befestiger allerdings verloren gehen, wenn sie im Zusammenhang mit der Montage der Deckelemente stehen. Die Zulassungen erstrecken sich zurzeit nur auf Sandwichdächer mit Polyurethan-Dämmung und definierten Zug- und Schubfestigkeiten der Dämmstoffe.

Bei der Einwirkung von Querkräften müssen gemäß den bauaufsichtlichen Zulassungen zusätzliche Befestigungen im Wellental der Deckelemente eingebaut und abgedichtet werden. Querkräfte werden aber nur bei aufgeständerten, also nicht dachparallelen Anlagen auftreten, d. h. solchen, bei

Empfehlungen und Hinweise: Befestigungsarten

denen die Neigung der Module nicht der Neigung der Dachfläche entspricht.

Die Anordnung aufgeständerter Module ist bei dem allgemein zunehmenden Eigenverbrauch der gewonnenen elektrischen Solarenergie i. d. R. nicht sinnvoll. Diese Art von Aufständigung wird üblicherweise dazu genutzt, Solarmodule nach Süden auszurichten. Bei Eigenbedarf besteht aber weniger ein Interesse, maximale Mengen von elektrischer Energie in der Mittagszeit zu gewinnen als vielmehr über den Tagesverlauf gleichmäßige Energieeinträge zu nutzen, wozu die dachparallelen Anlagen grundsätzlich eher geeignet sind. Deshalb werden solche Systeme in Zukunft voraussichtlich seltener realisiert werden.

7.6 Falzklemmprofile

Für Blecheindeckungen werden Klemmprofile für die Befestigung an den Blechfalzen angeboten. Dabei wird grundsätzlich vorausgesetzt, dass die Zusatzlasten von den Falzen aufgenommen werden können. Tatsächlich findet ein Nachweis selten statt, da Lage und Auszugskräfte der Haften nicht überprüft werden. Auch wird eine wesentliche Funktion der Falze, die Beweglichkeit der Dachbleche in Quer- und in Längsrichtung gegenüber dem Untergrund sicher zu stellen, durch die Klemmbefestigung zur Aufnahme von Solarmodulen eingeschränkt. Soll eine Solaranlage auf bestehenden Blechfalzdächern montiert werden, muss unbedingt eine Überprüfung der lastabtragenden Funktion der Haften bei einer Befestigung mit Falzklemmprofilen erfolgen. Zumeist muss die Anzahl der Haften zur Aufnahme der zusätzlichen Lasten entsprechend erhöht werden.

Bei Neubauten können Haften und Klemmprofile aufeinander abgestimmt werden. Die Klemmprofile dürfen die Beweglichkeit innerhalb der Falze möglichst wenig einschränken und sollten vom Hersteller des Deckwerkstoffs geliefert oder zumindest deren Anwendung von ihm bestätigt werden. Eine Verminderung der Länge der Modulunterkonstruktion in Abschnitte (z. B. auf drei Meter) verringert die Lasteinwirkungen auf die Dachdeckung beträchtlich.

Empfehlungen und Hinweise: Dachkonstruktionen

8. Empfehlungen und Hinweise: Dachkonstruktionen

8.1 Belüftetes Holzdach

Bei geneigten Dächern über Wohnhäusern besteht die Dachkonstruktion oft aus Holz. Je nach Ausbauzustand des Gebäudes sind Dachflächen ungedämmt oder gedämmt. Bei ungedämmten Dachflächen liegen auf den Sparren oft nur Dachziegel. Erst ab den 1980er Jahren wurden zweite Entwässerungsebenen in Form von Bahnen eingebaut. Bei gedämmten Bestandsdächern ist i. d. R. eine Zwischensparrendämmung eingebaut, die an der Außenseite unmittelbar über der Dämmung und unterhalb der zweiten Entwässerungsebene belüftet ist. In neueren Dächern füllt die Dämmung i. d. R. den gesamten Sparrenzwischenraum (Vollsparrendämmung) aus. Auf der Innenseite der Dämmung ist i. d. R. eine Dampfbremsschicht angeordnet.

In neueren Dächern finden sich vermehrt auch Aufsparrendämmungen. Auch sie weisen häufig auf der Außenseite eine Unterdeckschicht als zweite Entwässerungsebene auf. Die Befestigungselemente der Solaranlage müssen durch diese Dämmschicht hindurch geführt und in den Sparren verankert werden. Die Montage verlangt eine hohe Sorgfalt, damit die Schrauben mittig in den verdeckt liegenden Sparren gesetzt werden können.

8.2 Unbelüftetes Holzdach

Unbelüftete, geneigte Holzdächer sind häufig unter Bitumenschindeldeckungen aber auch unter Deckungen mit Schiefersteinen oder vergleichbaren Platten zu finden, die auf Bitumenbahnen angebracht sind. Trotz bauphysikalisch kritischen Schichtenfolge, die außen ohne belüftete Schichten vergleichsweise hohe Diffusionswiderstände aufweisen, sind in der Praxis vergleichsweise selten Schäden festzustellen. Für die Trocknung nach innen (Umkehrdiffusion) ist eine hohe Oberflächentemperatur des Deckmaterials durch Sonneneinstrahlung nötig. Gleichzeitig muss der Diffusionswiderstand der inneren Schichten eine Austrocknung nach innen zulassen. Kommt es zu einem nennenswerten Feuchteeintrag in den Dachquerschnitt, ist diese Austrocknungsmöglichkeit nach innen nicht mehr ausreichend. Wenn Feuchteeintrag und geringe Austrocknungsmöglichkeit zusammenkommen, kann der Feuchtegehalt im Holz bis in kritische Bereiche von 30 Masse-% ansteigen und zum Befall mit holzerstörenden Pilzen führen. Möglicherweise wird eine Schädigung erst entdeckt, wenn Wasser nicht mehr von der Schalung aufgenommen werden kann und die inneren Schichten wie Gipsplatten und Tapeten erreicht. Noch schlimmer ist es, wenn die Tragfähigkeit durch Fäulnis soweit abnimmt, dass sich das Tragwerk durchbiegt oder gar versagt.

Solaranlagen führen wegen deren Befestigungen nicht nur zu einem höheren Durchfeuchtungsrisko, sondern durch die Verschattung auch zu einer Verringerung der Dachoberflächentemperaturen. Damit steigt das Risiko erhöhter Holzfeuchte im Dach. Daher sollten Solardachkonstruktionen auf unbelüfteten Holzdachkonstruktionen nicht ohne besondere Überlegungen aufgebracht werden. Das ist neben den statischen Nachweisen mit hygrothermischen Simulationen nach [DIN EN 15026:2007-07] oder mit Berücksichtigung der Anforderungen in WTA-Merkblättern möglich. Zu-

Empfehlungen und Hinweise: Dachkonstruktionen

sätzliche, punktuelle Feuchteinträge werden allerdings auch durch diese Nachweise nicht abgedeckt, so dass auch bei einem bauphysikalisch nachgewiesenen Aufbau das Risiko unbemerkter, schädlicher Holzdurchfeuchtung verbleibt.

8.3 Unbelüftetes Metaldach

Nicht selbsttragende Metalldeckungen aus Blechscharen, deren Längsränder aufgekantet sind und bei der Verlegung miteinander verfalzt werden, liegen auf Schalungen auf. Diese können unterlüftet sein, sind es oft aber nicht.

Auf Schalungen werden Metalldeckungen häufig auf strukturierten Trennlagen verlegt, z. B. auf Wirtgelegen, die mit Unterdeckbahnen kombiniert sind. Diese sollen das Anhaften von Kondensat und die Bildung von Korrosion vermindern. Nach neueren Erfahrungen wird dieses Ziel nicht sicher erreicht, wenn diese Trennlagen zusammengedrückt werden bzw. verstopfen, wodurch sie Wasser zurückhalten und damit den Kontakt zu dem für die Schutzschicht an der Unterseite des Blechs erforderlichen Kohlendioxid verhindern. Bei bestehenden nicht selbsttragenden Metaldächern sollte untersucht werden, ob diese Risiken bestehen. Ggf. sollte auf das Aufstellen von Solarmodulen verzichtet werden.

8.4 Metall-Sandwichdach

Sandwich-Elemente weisen als Verbundkonstruktion das Problem unterschiedlicher Temperatureinflüsse auf der Außen- im Vergleich zur Innenseite auf. Den durch diese Temperaturdifferenzen entstehenden Zwängungskräften bzw. den dadurch hervorgerufenen Verwölbungen muss eine große Anzahl von Befestigern entgegenwirken.

Die Dachelemente werden mit geeigneten, zugelassenen Stockschrauben befestigt. Bei Elementen mit Stahldeckschichten werden i. d. R. Schraubköpfe mit angeformten Unterlegscheiben verwendet. Dabei entsteht eine leichte Verformung der Deckschale. Zur Reduzierung der Beulenbildung wird in [IFBS 2014-1] empfohlen, größere Dichtscheiben zur besseren Lastverteilung einzusetzen. Bei Deckelementen aus Aluminium werden i. d. R. Kalotten verwendet.

Sollen Solarelemente bei bestehenden Dachflächen nur an Deckschalen befestigt werden, ist dafür ein Verwendbarkeitsnachweis des Sandwichelement-Herstellers erforderlich (siehe u. a. Kapitel 6.6.1).

Empfehlungen und Hinweise: Dachdeckungswerkstoffe

9. Empfehlungen und Hinweise: Dachdeckungswerkstoffe

9.1 Ziegel- und Dachsteindeckung

Die Regensicherheit einer Dachdeckung hängt nicht nur davon ab, ob sie senkrecht auftreffendes Niederschlagswasser ableitet, sondern auch davon, ob durch Wind von unten eingetriebenes oder durch Schneeschmelze aufstauendes Wasser das Deckmaterial durchdringen kann. Die Zusatzmaßnahme bzw. die zweite Entwässerungsebene dient zur Ableitung des durch die Deckung eingetretenen Wassers.

Ziegel- und Dachsteindeckungen unterscheiden sich in der Art der Überdeckung: Verfalzte Dachsteine und Dachziegel bilden durch ineinandergreifende Auf- und Abkantungen einen Widerstand gegen eintreibendes Wasser. In den Falzen wird Wasser gesammelt und abgeführt. Die Falzräume leiten Niederschlagswasser entweder erst auf die Oberseite des Deckelements oder direkt auf das jeweils darunter liegende Element. Die Regensicherheit hängt vom Überdeckungsmaß, der Verfalzungsart und der Dachneigung ab. Strangdachziegel und Dachsteine, die ebenfalls stranggepresst hergestellt werden, weisen nur an den Seiten Falze auf. Pressdachziegel haben diese auch an der Kopf- und ggf. an der Fußseite.

Grundsätzlich wird bei Dachziegeln und Dachsteinen differenziert nach:

- umlaufender Verfalzung
- nur seitlicher Verfalzung, aber mit Fußrippen oder Fußfalzen
- ebener Kontaktfläche, mit seitlicher Verfalzung
- ebener Kontaktfläche ohne jegliche Verfalzung

Im Folgenden werden die Deckmaterialien nach dieser Unterscheidung sortiert.

Die Kontaktflächen von verfalzten Dachziegeln bzw. -steinen untereinander beschränken sich auf Falzen und Rippen. Zur Durchführung eines Dachhakens müssen sie an der Kopf- bzw. Fußseite in der Breite des Dachhakens ausgenommen werden.

Im Gegensatz dazu liegen nicht oder nur an den Seiten verfalzte Dachziegel bzw. -steine flächig aufeinander. Die Regensicherheit wird bei diesen durch die Deckung im Verband oder durch einen Seitenfalz erreicht. Zur Durchführung eines Dachhakens ist bei dieser Art von Deckung die Kontaktfläche auf ganzer Höhe auszunehmen. Bei seitlichem Ausklinken ist auf eine ausreichende Überdeckungsbreite der seitlichen Fuge zu achten und darauf, dass Halterippen an der Oberseite erhalten werden. Dachhaken haben dazu zweckmäßigerweise einen runden Querschnitt.

Die Regensicherheit eines Deckmaterials hängt von der Dachneigung und dem Deckprinzip bzw. der Falzart ab. „Regeldachneigungen“ (RDN) sind in den Fachregeln des Dachdeckerhandwerks [ZVDH Fachregel Dachziegel und Dachsteine 2016] beschrieben. Allerdings geben Hersteller von Dachziegeln und Dachsteinen zum Teil niedrigere Regeldachneigungen an, wenn sie diese nachgewiesen haben. An dieser Stelle sei der Hinweis erlaubt, dass nicht selten Streit darüber entsteht,

Empfehlungen und Hinweise: Dachdeckungswerkstoffe

ob die Herstellerangaben oder die Angaben der Fachregel zu Dachziegeln und Dachsteinen richtig sind.

Bei der Durchdringung der Deckmaterialien mit Dachhaken von Solaranlagen wird entweder die Profilierung oder die ebene Kontaktfläche unterbrochen. Dabei wird die Regensicherheit der Deckwerkstoffe zumindest punktuell beeinträchtigt. Außerdem kann die Biegetragfähigkeit eingeschränkt werden. Auch kann von den Anforderungen der Produktnorm [DIN EN 1304] bzw. [DIN EN 490/491] abgewichen worden sein. Dadurch sehen sich Hersteller von Deckwerkstoffen bei Veränderungen der Falze und Rippen ggf. nicht mehr an ihre Produkthaftung gebunden. Allerdings wird sich das auf die nachträgliche Änderung beschränken, schließlich müssen auch ohne Solaranlagen regelmäßig Dachwerkstoffe örtlichen Gegebenheiten angepasst werden, etwa an Anschlüssen an aufgehende Bauteile, Dachflächenfenster, Sicherheitsdachhaken, Trittleitern usw.

Die Beurteilung über das Maß der Einschränkung ist im Einzelfall einer sachverständigen Begutachtung zu überlassen. Vertreter des Zentralverbandes des Dachdeckerhandwerks schreiben dazu Folgendes:

„Generell stellt eine Bearbeitung der kleinformatischen Deckwerkstoffe Dachziegel und Dachsteine eine Einschränkung der Regensicherheit dar.

Einflussfaktoren sind:

- *der Deckwerkstoff selbst,*
- *Form und Ausprägung des Deckwerkstoffes,*
- *die Deckunterlage,*
- *die Dachneigung,*
- *die Sparrenlänge,*
- *die Objektlage und*
- *die klimatischen Verhältnisse.*

Durch das Bearbeiten der kleinformatischen Deckwerkstoffe können Minderungen der Stabilität und der Druckfestigkeit am Deckwerkstoff entstehen.

Durch Überlastung mit Druckpunkten unterhalb der Traglatte auf die Deckwerkstoffe können Risse, Brüche usw. in den Deckwerkstoffen entstehen.“

Typische Details der unterschiedlichen Dachziegel/-steine werden in den folgenden Kapiteln 9.1.1 bis 9.1.4 bildlich dargestellt. Zudem werden Regeldachneigungen und ggf. Mindestüberdeckungsmaße gemäß dem aktuellen Stand der Fachregeln zusammengestellt.

Diese tabellarischen Zusammenstellungen entsprechen inhaltlich dem Regelwerk des Dachdeckerhandwerks. Sie wurden zur leichteren Zuordnung der auf einem Bestandsdach vorhandenen Dachziegel/-steine umsortiert, sodass vor Ort leichter überprüft werden kann, ob Regeldachneigung und Mindestüberdeckung des vorgefundenen Deckmaterials dem Regelwerk entsprechen.

Empfehlungen und Hinweise: Dachdeckungswerkstoffe

9.1.1 Umlaufende Verfalzung

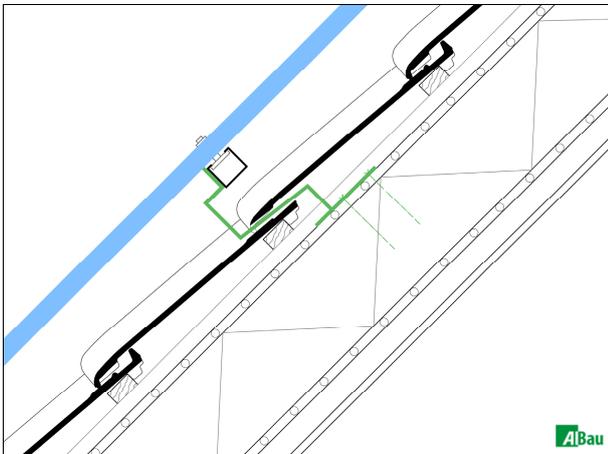


Abbildung 214
Typische Durchführung eines Dachhakens bei Dachziegeln mit Kopffalz. Ausnehmung der Fußrippe (Längsschnitt)

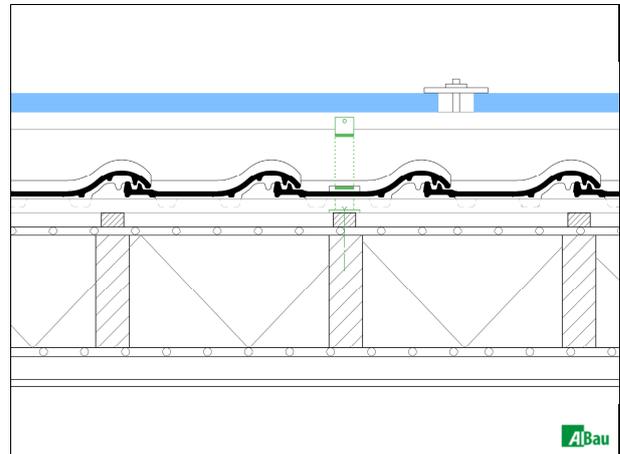


Abbildung 215
Typische Durchführung eines Dachhakens bei Dachziegeln mit Kopffalz. Ausnehmung des Kopffalzes und der Fußrippe (Querschnitt bzw. Ansicht)

Tabelle 3: Regeldachneigung von Dachziegeln mit Kopf- und Seitenfalz (entsprechend Tabelle 2.1 aus [ZVDH Fachregel Dachziegel und Dachsteine 2016])

Deckmaterial	Beispiele	Regeldachneigung (RDN)
Dachziegel mit Kopf- und Seitenfalz		
Dachziegel mit Ringfalz	Flachdachziegel, romanische Ziegel mit besonderen Merkmalen, Hohlfalzziegel mit besonderen Merkmalen	22°
Dachziegel mit Kopffalz oder Kopfrippe und Fußrippe und Seitenverfalzung	Doppelmuldenfalzziegel und Glattziegel jeweils bei Deckung im Verband, Reformziegel und Verschiebeziegel mit besonderen Merkmalen	25°
Dachziegel mit Kopffalz oder Kopfrippe und Fußrippe und Seitenfalz	Doppelmuldenfalzziegel, Reformziegel, Glattziegel mit besonderen Merkmalen in Reihe, Verschiebeziegel	30°

Empfehlungen und Hinweise: Dachdeckungswerkstoffe

Wenn die Höhenüberdeckung nicht durch die Falzausbildung formbedingt vorgegeben ist, muss die Höhenüberdeckung folgende Mindestmaße aufweisen:

Tabelle 4: Höhenüberdeckung von Dachziegeln mit Kopf- und Seitenfalz (entsprechend Tabelle 2.2 aus [ZVDH Fachregel Dachziegel und Dachsteine 2016])

Deckmaterial	Form	Höhenüberdeckung
Dachziegel mit Kopf- und Seitenfalz		
Dachziegel mit Kopffalz oder Kopfrippe und Fußrippe und Seitenfalz	Verschiebeziegel mit Kopfaufkantung	Verschiebebereich ≥ 3 cm
	Verschiebe- und Glattziegel ohne Kopfaufkantung	≥ 7 cm

Für die Durchführung von Dachhaken sollte nur die Fußrippe bzw. der Fußfalz ausgefräst werden, um die Regensicherheit der Deckung möglichst wenig einzuschränken. Die Breite der Ausnehmung sollte nicht viel größer als die Breite des Dachhakens sein.

Wenn die Regeldachneigung und/oder die Höhenüberdeckung unterschritten bzw. die Klasse der zweiten Entwässerungsebene nicht ausreicht, sollten anstelle von Dachhaken Formelemente verwendet werden. Zwar wird durch die Überbauung der Dachziegel mit der Solaranlage die Schlagregenbeanspruchung vermindert. Da dieser Effekt jedoch nicht quantifizierbar ist und daher auch in den Fachregeln keine Berücksichtigung findet, wird man sich im Schadensfall auch nicht darauf berufen können.

Empfehlungen und Hinweise: Dachdeckungswerkstoffe

9.1.2 Seitliche Verfalzung und Fußrippen oder Fußfalzen

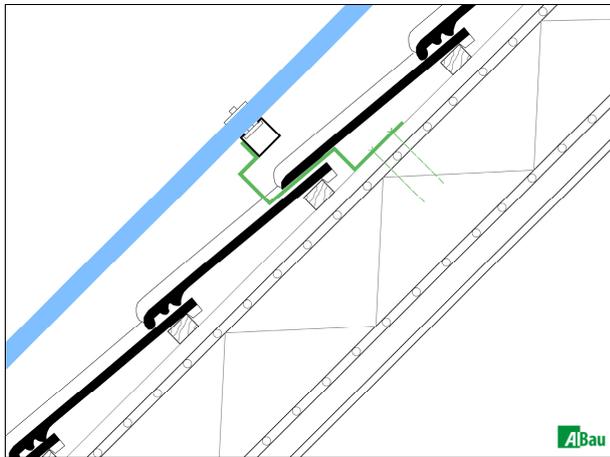


Abbildung 216
Typische Durchführung eines Dachhakens bei Dachsteinen ohne Kopffalz. Ausnehmung der Fußrippe (Längsschnitt)

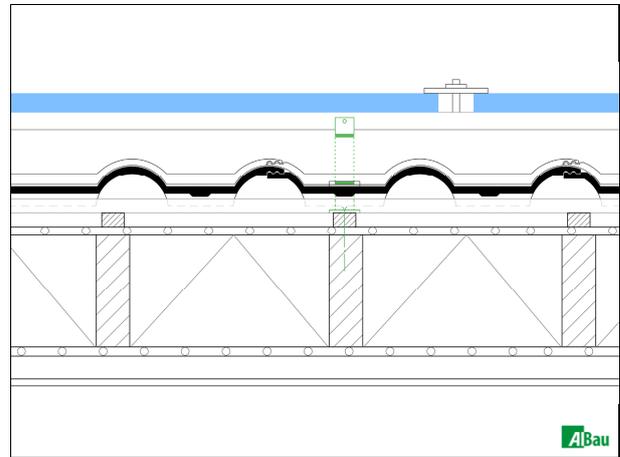


Abbildung 217
Typische Durchführung eines Dachhakens bei Dachsteinen ohne Kopffalz. Ausnehmung der Fußrippe (Querschnitt bzw. Ansicht)

Tabelle 5: Regeldachneigung von Dachsteinen mit Seitenfalz (entsprechend Tabelle 3.2 aus [ZVDH Fachregel Dachziegel und Dachsteine 2016])

Deckmaterial	Beispiel, Deckungsart	Regeldachneigung (RDN)
Dachsteine mit Seitenfalz		
Dachsteine mit hoch liegendem Seitenfalz	Profiliert, Einfachdeckung	22°
Dachsteine mit tief liegendem Seitenfalz	Eben, Einfachdeckung	25°

Außer den Regeldachneigungen sind auch die Mindestüberdeckungsmaße einzuhalten, die in den Fachregeln des Dachdeckerhandwerks festgelegt sind:

Empfehlungen und Hinweise: Dachdeckungswerkstoffe

Tabelle 6: Höhenüberdeckung von Dachziegeln/-steinen mit Seitenfalz
(entsprechend Tabelle 2.2 und 3.4 aus [ZVDH Fachregel Dachziegel und Dachsteine 2016])

Deckmaterial	Form/Neigung	Höhenüberdeckung
Dachziegel mit Seitenfalz		
Seitenverfaltung	Ebene Strangfalzziegel	≥ 12 cm
	Gewölbte Strangfalzziegel	≥ 10 cm
Dachziegel mit seitlich übergreifender Überdeckung	Krempziegel	≥ 8 cm
Dachsteine mit Seitenfalz		
Hoch liegender Seitenfalz, profiliert, Einfachdeckung	< 22°	≥ 10 cm
	≥ 22°	≥ 8,5 cm
	> 30°	≥ 7,5 cm
Tief liegender Seitenfalz, eben, Einfachdeckung	< 25°	≥ 10,5 cm
	≥ 25°	≥ 9,5 cm
	> 35°	≥ 8,0 cm

Für die Durchführung von Dachhaken sollte nur die Fußrippe bzw. der Fußfalz ausgefräst werden, um die Regensicherheit der Deckung möglichst wenig einzuschränken. Die Breite der Ausnehmung sollte nicht viel größer als die Breite des Dachhakens sein.

Wenn die Regeldachneigung und/oder die Höhenüberdeckung unterschritten bzw. die Klasse der zweiten Entwässerungsebene nicht ausreicht, sind anstelle von Dachhaken Formelemente zu verwenden.

Empfehlungen und Hinweise: Dachdeckungswerkstoffe

9.1.3 Ebene Kontaktfläche mit Seitenfalz

Tabelle 7: Regeldachneigung von Dachziegeln mit ebener Kontaktfläche und Seitenfalz (entsprechend Tabelle 2.1 aus [ZVDH Fachregel Dachziegel und Dachsteine 2016])

Deckmaterial	Beispiele	Regeldachneigung (RDN)
Dachziegel mit ebener Kontaktfläche und Seitenfalz		
Dachziegel mit seitlich eingreifen-der Überdeckung	Strangfalzziegel, Falzbiber	35°
Dachziegel mit seitlich übergreifen-der Überdeckung	Krempziegel	35°

Außer den Regeldachneigungen sind auch die Mindestüberdeckungsmaße einzuhalten, die in den Fachregeln des Dachdeckerhandwerks festgelegt sind:

Tabelle 8: Höhenüberdeckung von Dachziegeln mit ebener Kontaktfläche und Seitenfalz (entsprechend Tabelle 2.2 aus [ZVDH Fachregel Dachziegel und Dachsteine 2016])

Deckmaterial	Form	Höhenüberdeckung
Dachziegel mit ebener Kontaktfläche und Seitenfalz		
Seitenverfaltung	Ebene Strangfalzziegel	≥ 12 cm
	Gewölbte Strangfalzziegel	≥ 10 cm
Dachziegel mit seitlich übergreifen-der Überdeckung	Krempziegel	≥ 8 cm

Eine Durchführung von Dachhaken ist nur mit Anheben der Ziegel möglich, was die Regensicherheit zumindest an dieser Stelle deutlich einschränkt. Daher sollten (falls verfügbar) zum Deckmaterial passende Formelemente verwendet werden.

Empfehlungen und Hinweise: Dachdeckungswerkstoffe

Wenn die Regeldachneigung und/oder die Höhenüberdeckung unterschritten werden bzw. die Klasse der zweiten Entwässerungsebene nicht ausreicht, sind anstelle von Dachhaken Formelemente zu verwenden.

Empfehlungen und Hinweise: Dachdeckungswerkstoffe

9.1.4 Ebene Kontaktfläche ohne Verfaltung

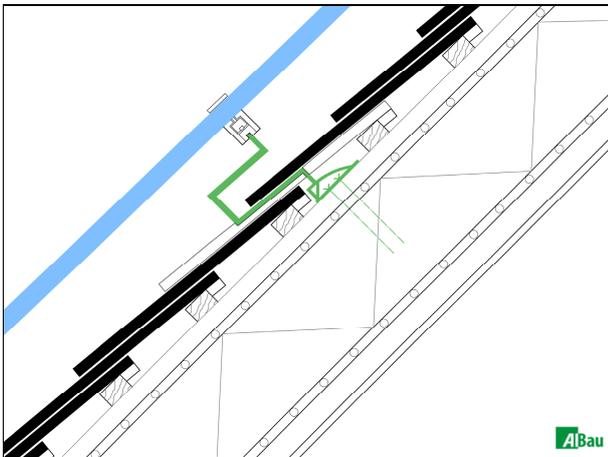


Abbildung 218
Dachhaken mit rundem Querschnitt zwischen Biberschwanzziegeln (Längsschnitt)

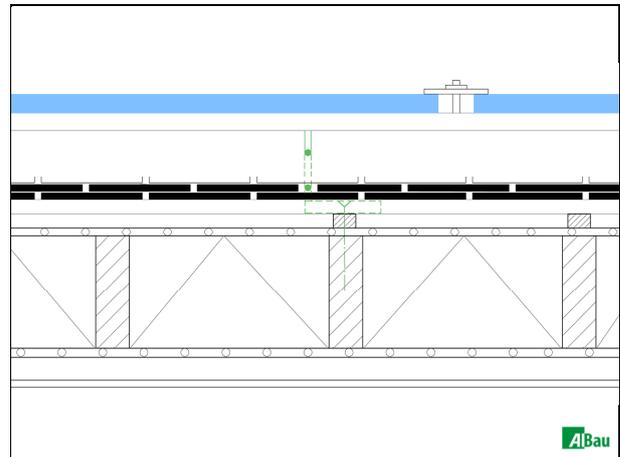


Abbildung 219
Dachhaken mit rundem Querschnitt zwischen Biberschwanzziegeln (Querschnitt)

Tabelle 9: Regeldachneigung von Dachziegel/-steinen mit ebener Kontaktfläche ohne Verfaltung (entsprechend Tabelle 2.1 aus [ZVDH Fachregel Dachziegel und Dachsteine 2016])

Deckmaterial	Beispiele	Regeldachneigung (RDN)
Dachziegel/-steine ohne Verfaltung		
Gewölbte Dachziegel	Hohlpfanne, in Aufschnittdeckung	35°
	Hohlpfanne, in Vorschnittdeckung	40°
	Mönch- und Nonnenziegel	40°
Ebene Dachziegel/-steine	Biberschwanzziegel in Doppel- und Kronendeckung	30°
	Biberschwanzziegel in Einfachdeckung mit Spließen	40°

Außer den Regeldachneigungen sind auch die Mindestüberdeckungsmaße einzuhalten, die in den Fachregeln des Dachdeckerhandwerks festgelegt sind:

Empfehlungen und Hinweise: Dachdeckungswerkstoffe

Tabelle 10: Höhenüberdeckung von Dachziegeln/-steinen mit ebener Kontaktfläche ohne Verfalzung (entsprechend Tabelle 2.2 aus [ZVDH Fachregel Dachziegel und Dachsteine 2016])

Deckmaterial	Neigung	Höhenüberdeckung
Gewölbte Dachziegel		
Hohlpfanne, Aufschnittdeckung	$\leq 40^\circ$	≥ 10 cm
	$> 40^\circ$	≥ 9 cm
	$> 45^\circ$	≥ 8 cm
Hohlpfanne, Vorschnittdeckung		≥ 7 cm
Mönch- und Nonnenziegel	$\geq 40^\circ$	
Ebene Dachziegel/-steine		
Biberschwanzziegel/-steine in Doppel- und Kronendeckung	$\leq 35^\circ$	≥ 9 cm
	$> 35^\circ$	≥ 8 cm
	$> 40^\circ$	≥ 7 cm
	$> 45^\circ$	≥ 6 cm
	$> 60^\circ$	≥ 5 cm
Biberschwanzziegel/-steine in Einfachdeckung mit Spließen	$< 40^\circ$	≥ 17 cm
	$\geq 40^\circ$	≥ 16 cm
	$> 45^\circ$	≥ 15 cm
	$> 50^\circ$	≥ 14 cm
	$> 55^\circ$	≥ 13 cm

Empfehlungen und Hinweise: Dachdeckungswerkstoffe

Um die Regensicherheit der Dachdeckung nicht zu sehr einzuschränken, soll für die Durchführung von Dachhaken bei ebenen Ziegeln/-steinen nur ein schmaler Streifen seitlich ausgenommen werden. Dadurch wird die Überdeckung in der Breite möglichst wenig eingeschränkt, die Einhängenassen sollen erhalten bleiben. Zweckmäßigerweise bieten sich dafür Dachhaken mit rundem Querschnitt an.

Wenn die Regeldachneigung und/oder die Höhenüberdeckung unterschritten wird bzw. die Klasse der zweiten Entwässerungsebene nicht ausreicht, sind anstelle von Dachhaken Formelemente zu verwenden.

9.2 Bearbeitung von Dachziegeln und Dachsteinen

Das Ausnehmen der Rippen oder Falze geschieht häufig „freihändig“ mittels Trennschleifer. Inzwischen stehen dafür Geräte zur Verfügung, die z. B. unter der Bezeichnung „Dachziegelfräse“ angeboten werden. Damit lässt sich die Nut exakt einfräsen (Abbildung 220).



Abbildung 220

Dachziegelbearbeitung mit einer Dachziegelfräse

Empfehlungen und Hinweise: Dachdeckungswerkstoffe

9.3 Metalldeckungen

Bei Metalldeckungen handelt es sich i. d. R. um großformatige Deckwerkstoffe. Sie weisen deutlich weniger Stöße als kleinformatische Deckungen auf. Eine Nutzung der Überdeckung für die Befestigung von Solaranlagen mittels Dachhaken scheidet daher aus. Die Befestigung muss über Stockschrauben unmittelbar durch das Metallblech hindurch in der Unterkonstruktion erfolgen oder indirekt an den Obergurten oder Stegen, sofern der statische Nachweis dafür erbracht werden kann.

Ob unter der Metalldeckung eine zweite Entwässerungsebene eingebaut ist, hängt vom Deckwerkstoff und der Gebäudenutzung ab: Nicht selbsttragende Zinkbleche werden auf einer tragenden Schale verlegt, worauf i. d. R. eine Trennlage angeordnet ist, die, sofern sie bahnenförmig ist, als zweite Entwässerungsebene dienen kann. Selbsttragende Trapezblechschalen liegen meist auf Halterungen auf einer Stahlunterkonstruktion auf, so dass auf eine Bahn oder Folie auf der Dämmung verzichtet wird. Bei Metalldeckungen über ungedämmten Konstruktionen wird meist ebenfalls keine zweite Entwässerungsebene eingebaut, sondern lediglich die Unterseite zur Eindämmung von Kondensatabtropfungen vliesbeschichtet. Auch bei Sandwichkonstruktionen ist das Abdichtungsprinzip einstufig: Ein Wasserdurchtritt in den Verbund von Dämmung und Metalldeckschichten ist nicht zulässig.

Im Folgenden werden wesentliche Anforderungen an die einzelnen Deckwerkstoffe, die für die Montage von Solarelementen von Bedeutung sind, zusammengestellt.

Empfehlungen und Hinweise: Dachdeckungswerkstoffe

9.3.1 Zinkblecheindeckung

Stehfalze von Metalldeckungen sind zunächst grundsätzlich nicht für die Lastabtragung von Zusatzlasten konzipiert. Die Blechscharen werden durch Haften gehalten, die nach der Windsogbelastung der Bleche ausgelegt sind. Die Befestigung von Solarelementen an Stehfalzen setzt voraus, dass die Lasten der PV-Anlage über das Deckmaterial bzw. dessen Befestigung in den Untergrund übertragen werden können. Dieser statische Nachweis ist i. d. R. nicht zu erbringen, da die Lage und Anzahl der verbauten Haften nur schwer überprüft werden kann.

Die Befestigung an den Falzen darf auch nicht verhindern, dass die temperaturbedingten Längenänderungen der Bleche aufgenommen werden können. Eine gute Darstellung der temperaturbedingten Einflüsse und die Auswahl geeigneter Klemmprofile findet sich in [Zapfe: Temperatur 2014].

Zu den Befestigern für Solarelemente, die inzwischen auch von den Herstellern der Metalldeckungen angeboten werden, wird auf Kapitel 7.6 verwiesen.

Eine Befestigung von Solaranlagen auf bestehenden Trapezblechdächern kann allerdings nicht grundsätzlich empfohlen werden, weil die Hafte dieser Eindeckung i. d. R. nicht für die Lastabtragung einer Solaranlage ausgelegt sind.

Tabelle 11: Regeldachneigung von Zinkblech- und anderen nicht selbsttragenden Metalldeckungen (nach Tabelle 5 aus [ZVDH Metallarbeiten 2011])

Deckmaterial	Beispiele	Regeldachneigung (RDN)
Nicht selbsttragende Metalldeckung (z. B. Zinkblech)		
	Doppelstehfalzdeckung	7°
	Winkelstehfalzdeckung	25
	Leistenfalzdeckung deutsche Art	7°
	Rollnahtgeschweißte Edelstahldeckung	gefällelos
	Bleideckung mit Hohl-, Holzwulst oder Leisten	10°

Empfehlungen und Hinweise: Dachdeckungswerkstoffe

9.3.2 Trapezblech

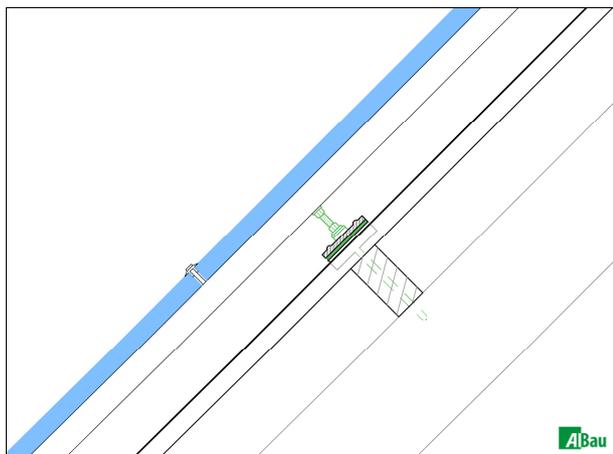


Abbildung 221
Mögliche Befestigung bei Trapezblechdeckungen
(Längsschnitt)

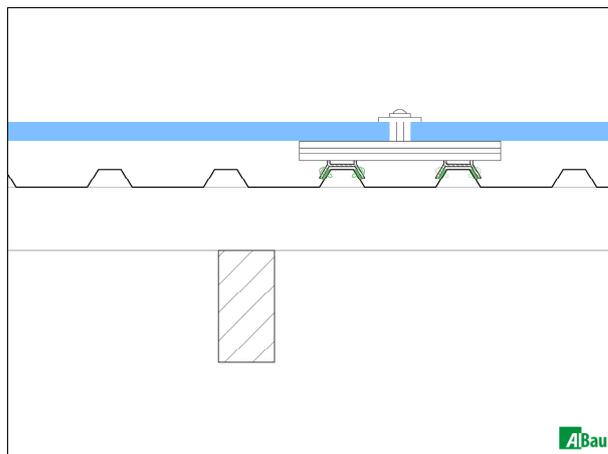


Abbildung 222
Mögliche Befestigung bei Trapezblechdeckungen
(Querschnitt)

Tabelle 12: Regeldachneigung von selbsttragenden Metalldeckungen
(nach Tabelle 5 aus [ZVDH Metallarbeiten 2011])

Deckmaterial	Beispiele	Regeldachneigung (RDN)
Profiltafeln, großformatig, selbsttragend		
	Ohne Querstoß und ohne Durchdringungen	(3 – 5°)
	200 mm Überdeckungslänge mit zusätzlichen Maßnahmen	(5 bis 7°)
	Mit 200 mm Überdeckungslänge	≥ 7°
	Mit 150 mm Überdeckungslänge	(≥ 12°)
	Mit 100 mm Überdeckungslänge	(≥ 20°)
Profiltafeln, kleinformig, selbsttragend		
	Herstellerhinweise beachten!	22°

Bei Dachneigungen $\leq 15^\circ$ sind in den Querstößen geeignete Dichtbänder vorzusehen. Die Regeldachneigung ist für Trapezprofile mit 7° angegeben. Sie kann bis auf 5° geändert werden, wenn zusätzlich dichtende Maßnahmen nach den Details des IFBS vorgenommen werden.

Empfehlungen und Hinweise: Dachdeckungswerkstoffe

Für die Befestigung von Solaranlagen werden i. d. R. Stockschrauben verwendet. Sie sollten möglichst mit passenden Kalotten abgedichtet werden, die im Vergleich zu Unterlegscheiben aufgrund der größeren Dichtfläche zuverlässiger sind. Aufgrund der großen Anzahl unterschiedlicher Profiltypen kann es bei Bestandsdächern schwierig sein, passende Kalotten zu finden.

Wichtig ist, die Blechdicke zu überprüfen, ob sie mit der statischen Berechnung für die Befestigung übereinstimmt. Die angegebenen Drehmomente für die Befestigung dürfen nicht überschritten werden.

Bei Dachkonstruktionen ohne Wärmedämmung weisen die Trapezbleche oft unterseitig eine Vlieskaschierung auf, die in üblichen Mengen anfallendes Tauwasser aufnehmen und speichern kann, so dass Tauwasser nicht in darunter liegende Räume tropft, wenn die Oberflächentemperatur der Bleche aufgrund der Abstrahlung in klaren Nächten unter die Taupunkttemperatur der Raumluft fällt. Dächer mit Wärmedämmung müssen gemäß [ZVDH Metallarbeiten 2011] eine Unterdeckbahn aufweisen.

Wenn auf Befestigungen des Montagesystems der Solaranlage im Bereich der Überlappungen der Bleche nicht verzichtet werden kann, sollte sichergestellt werden, dass sich die beiden Bleche nicht gegeneinander „abhebeln“ und dadurch Dachundichtheiten verursachen. Hier ist ein Vorbohren sinnvoll bzw. wird vom Hersteller des Montagesystems verlangt. Die Bleche sollten zudem ausreichend überlappen, um bei einem geringfügigen Abheben doch eine ausreichende Dichtheit sicherzustellen. Ggf. ist ein zusätzliches Dichtband einzusetzen.

Die Schrauben sind senkrecht auf die Profile aufzusetzen und ausreichend – aber nicht zu fest – anzuziehen, um die Dachdichtheit zu gewährleisten. Der Internationale Verband für den Metalleichtbau (IFBS) hat dazu folgende erläuternde Darstellungen veröffentlicht (Abbildung 223).

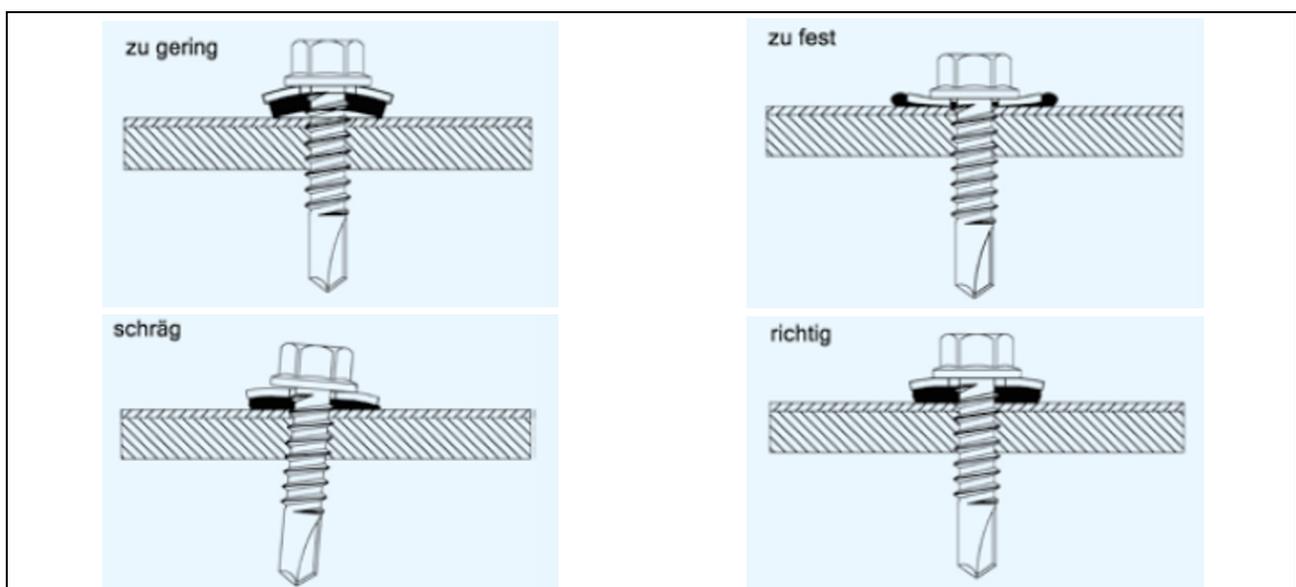


Abbildung 223

Korrektur und fehlerhafter Schraubensitz [IFBS 2014-01]

Empfehlungen und Hinweise: Dachdeckungswerkstoffe

9.3.3 Sandwichelemente

Metallsandwichelemente als Dachdeckungselemente sind tragende und raumabschließende, wärmedämmende Bauteile, die aus einem Stützkern aus Wärmedämmung (Polyurethan PUR; Polyisocyanurat PIR oder Mineralwolle MW) zwischen Deckschalen aus Metall bestehen. Die Befestigungselemente müssen eine bauaufsichtliche Zulassung aufweisen, die für Deckschichten aus Metall gelten, oder bei Aluminium-Deckschichten, den Zulassungen des Elements entsprechen. Dachelemente aus Aluminium werden insbesondere bei dünnen Aluminiumblechen mit Kalotten befestigt. Auch bei der Befestigung mit Stockschrauben sollten passende Kalotten zur Abdichtung der Durchdringungen verwendet werden.

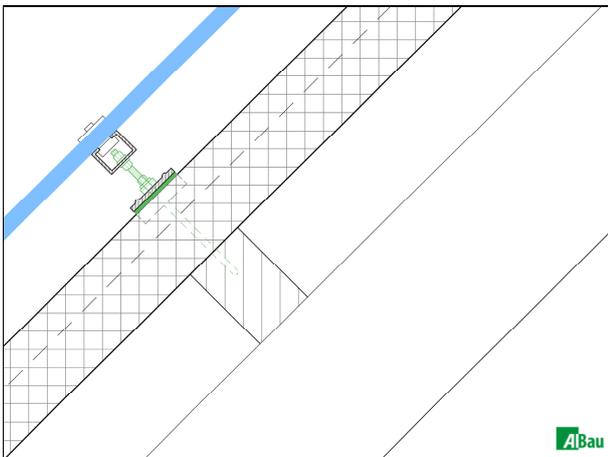


Abbildung 224
Typische Befestigung bei Sandwichelementen
(Längsschnitt)

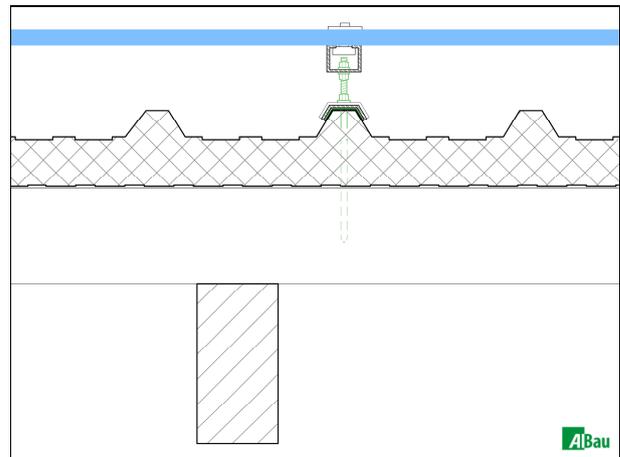


Abbildung 225
Typische Befestigung bei Sandwichelementen
(Querschnitt)

Bei der indirekten Befestigung der Solaranlage nur an der Oberschale der Sandwichelemente, ähnlich wie in Kapitel 9.3.2 für Trapezbleche dargestellt, muss auch die Lastabtragung innerhalb des Sandwichelements Bestandteil des statischen Nachweises sein.

Empfehlungen und Hinweise: Dachdeckungswerkstoffe

9.4 Wellfaserzementdeckung

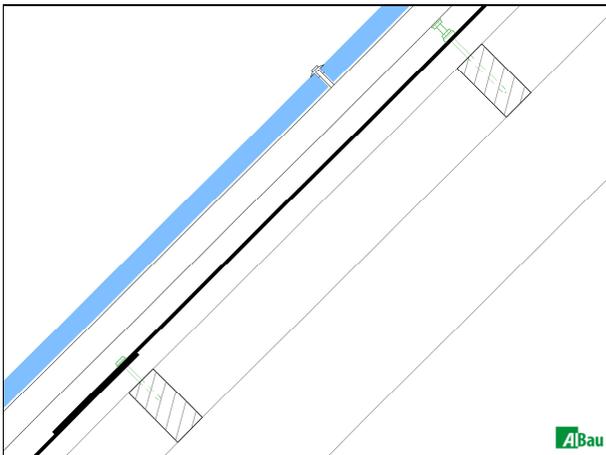


Abbildung 226
Typische Befestigung bei Wellfaserzementdeckungen (Längsschnitt)

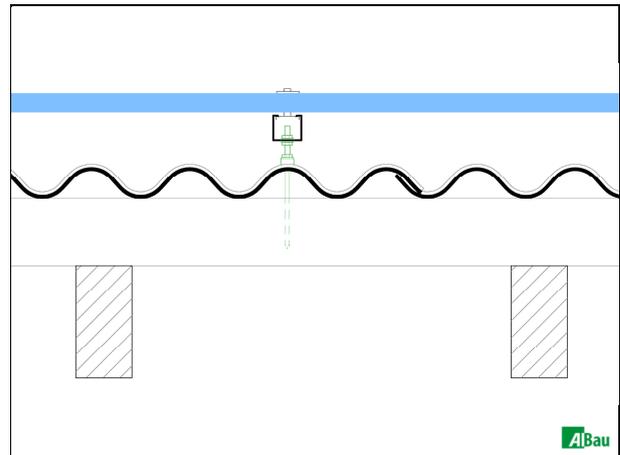


Abbildung 227
Typische Befestigung bei Wellfaserzementdeckungen (Querschnitt)

Asbestfaserzementplatten dürfen zwar auf Dachflächen verbleiben. Eine Überbauung ist aber nach der Gefahrstoffverordnung ausdrücklich verboten (s. Kapitel 6.7.5).

Bei Deckungen aus asbestfreien Wellfaserzementplatten sollte darauf geachtet werden, dass die Regeldachneigung eingehalten ist. Solarmodule werden i. d. R. mit Stockschrauben befestigt, die durch die Elemente hindurchgeführt und dort abgedichtet werden. Die Überdeckung der Elemente wird so nicht verändert. Die Regensicherheit, die darauf beruht, wird nicht vermindert.

Liegen Dachneigung und Überdeckung aber im Grenzbereich, kann es im Streitfall zu Abgrenzungsproblemen kommen, wenn nach Feuchteintritten zwischen Fehlstellen von Befestigern und Eigenschaften der Dachdeckung unterschieden werden muss.

Befestiger dürfen nur im Scheitelpunkt der oberen Welle angebracht werden. Die Stockschrauben müssen zudem genau am oberen Punkt der Wellplatte senkrecht in die Sparren eingeschraubt werden, damit die Dichtscheibe mit dem richtigen Anzugsmoment angepresst werden kann, um die Öffnung vollständig abzudichten (Kapitel 7.5). Sie dürfen nicht in der Überlappung der Platten und damit an den Rändern aneinandergrenzender Platten angeordnet werden, weil die Gefahr besteht, dass die Ränder brechen.

Empfehlungen und Hinweise: Dachdeckungswerkstoffe

Tabelle 13: Regeldachneigung von Wellfaserzementdeckungen
(entsprechend Tabelle 1 aus [ZVDH Fachregel Faserzement-Wellplatten 2002])

Deckmaterial	Entfernung Traufe-First in m	Regeldachneigung (RDN)
Standardwellplatte	≤	
	≤ 10 m	≥ 9°
	> 10 – 20 m	≥ 10°
	> 20 – 30 m	≥ 12°
	> 30 m	≥ 14°
Kurzwellplatte		
	≤ 10 m	≥ 15°
	> 10 – 20 m	≥ 17°
	> 20 – 30 m	≥ 19°
	> 30 m	≥ 20°

Tabelle 14: Mindestüberdeckung von Wellfaserzementdeckungen
(entsprechend Tabelle 5 aus [ZVDH Fachregel Faserzement-Wellplatten 2002])

Deckmaterial	Profil	Mindestüberdeckung
Standardwellplatte		
	177/51	200 mm
	130/30	200 mm
Kurzwellplatte		
	177/51	125 mm

Empfehlungen und Hinweise: Dachdeckungswerkstoffe

Das aktuell in neueren Platten auftretende Problem, dass Platten in den Wellenbergen in regelmäßigen, etwa 10 cm großen Abständen Querrisse bilden, zeigt sich auch bei Dächern ohne Solaranlagen. Vor der Montage von Solarelementen sollten die Platten auf Risse geprüft werden. Geschädigte Platten sollten getauscht werden.



Abbildung 228

Querrissbildungen – nachträglich mit Aluminiumklebebändern abgedichtet – die nicht auf Solaranlagen zurückzuführen sind.

Bei der Auswertung der im Rahmen des Forschungsprojekts durchgeführten Umfrage unter Bau-sachverständigen, Dachdeckern und Solarinstallateuren war festzustellen, dass die Schadensquote bei Faserzementwellplatten auffällig hoch ist (Kapitel 3.3.3). Die Planung und Montage von Solaranlagen auf Dächern mit Wellfaserzementplatten, insbesondere die Abdichtung der Stockschraben, sollte daher mit besonders hoher Sorgfalt erfolgen, damit die Funktionssicherheit gewährleistet bleibt.

Empfehlungen und Hinweise: Zusatzmaßnahme/2. Entwässerungsebene**10. Empfehlungen und Hinweise: Zusatzmaßnahme/2. Entwässerungsebene**

Über den Zusammenhang zwischen der Qualität der Zusatzmaßnahme und den Anforderungen aus Dachneigung, Nutzung, Konstruktion, klimatischen Verhältnissen und örtlichen Bestimmungen wurde bereits bei der Beschreibung der Inhalte von Fachregeln (insbesondere die Kapitel 6.4.5 und 6.3.2) berichtet.

Für Bestandsbauten wird darauf hingewiesen, dass das Merkblatt [ZVDH MB Unterdächer 2010] erstmals im Jahr 1997 erschienen ist. Dennoch gilt grundsätzlich, dass der Einbau einer Solaranlage nicht nur einen Einfluss auf die Dacheindeckung hat, sondern oft auch die zweite Entwässerungsebene stärker belastet. Wenn der Dachquerschnitt vor Montage einer Solaranlage funktionierte, bedeutet das nicht automatisch, dass das auch nach dem Einbau noch zutrifft.

Auch der Alterungszustand der Zusatzmaßnahme soll vor der Montage einer Solaranlage stichpunktartig überprüft und dokumentiert werden. Leider ist sie nicht selten einer schnellen Alterung unterworfen, wenn sie nicht ausreichend UV-beständig ist und längere Zeit der Sonne ohne schützende Dachdeckung ausgesetzt war. Im Bericht [AIBau 2013] wurden dazu Schadensbeispiele erfasst.



Abbildung 229
Zerstörung der Unterdeckbahn über einem Dämmplattenstoß (aus [AIBau 2013])

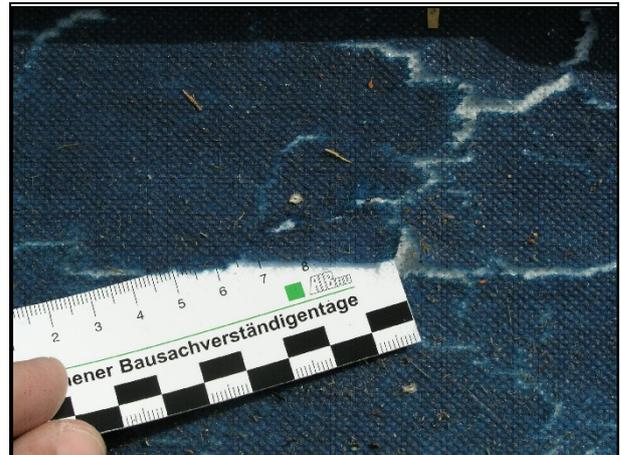


Abbildung 230
Delamination der Unterdeckbahn (aus [AIBau 2013])

Empfehlungen und Hinweise: Zusatzmaßnahme/2. Entwässerungsebene



Abbildung 231
Auflösung der Unterdeckbahn und „Abregnen“ der
Bestandteile auf die Dachgeschossdecke
(aus [AlBau 2013])



Abbildung 232
Aufgelöste Unterspannbahn (aus [AlBau 2013])

Die Aufnahmen machen deutlich, dass ein Verzicht auf die Überprüfung der zweiten Entwässerungsebene Schadensfolgen nach sich ziehen kann.

Empfehlungen und Hinweise: Elektroleitungsverlegung

11. Empfehlungen und Hinweise: Elektroleitungsverlegung

11.1 Regeln und Hinweise zur Leitungsverlegung

Seit dem Jahr 2016 fordert die [VDE 0100-712:2016-10] (geltende Übergangsfrist 4-2019), dass Kabel und Leitungen nicht direkt auf der Dachoberfläche verlegt werden dürfen. Bei der Leitungsverlegung soll auf die in [VDE 0100-712:2016-10] beschriebenen Befestigungen, Zugentlastungen sowie Biege- radien geachtet werden. Die Leitungsbefestigung soll den Herstellerangaben bzw. der [VDE 0100-520: 2013-06] entsprechen. Häufig wurde in der Vergangenheit insbesondere bei dachparallelen Schrägdachanlagen auf die Befestigung von elektrischen Leitungen verzichtet.

Zur Befestigung von Leitungen werden oft Kabelbinder verwendet. Selbst von UV-beständigen Kabelbinder kann nicht erwartet werden, dass sie über die erwartete Lebensdauer einer Solaranlage (ca. 25 Jahre) funktionstüchtig sind. Sie genügen daher nicht zur alleinigen Befestigung über die gesamte Standzeit, sondern müssen bei Inspektionen ggf. ausgetauscht werden. Hersteller garantieren für die Beständigkeit maximal zehn Jahre. Deshalb sollte die Befestigung mit u. a. geeigneten Kabelschellen, Clips, Gittertragsystemen erfolgen. Zu empfehlen sind geeignete Schienenprofile, Kabelkanäle oder andere, geeignete Verlegesysteme. Kabelbinder können dann zur Fixierung der Leitungen genutzt werden (Abbildung 233 und Abbildung 234).

Werden dennoch Kabelbinder zur Lastableitung und nicht nur zur Fixierung genutzt, sind sie regelmäßig zu inspizieren. Da der Einsatz im Schatten des PV-Generators erfolgt, ist von einer längeren Lebensdauer als der maximal garantierten zehn Jahre auszugehen.

Kabelbinder aus Edelstahl können die Kabelisolierung beschädigen und sind deswegen nicht zu empfehlen.

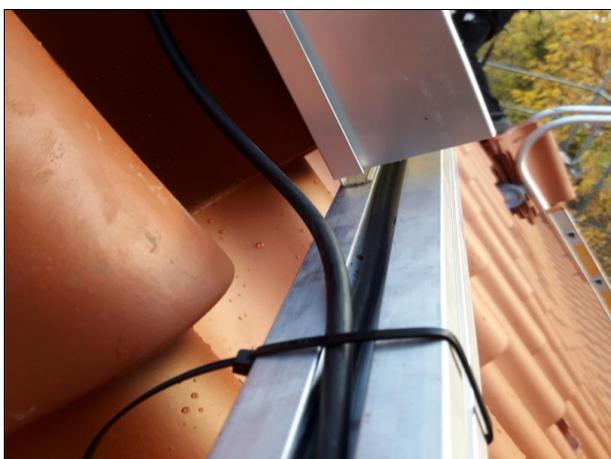


Abbildung 233
Leitungsverlegung in angepasster Modulmontage-
schiene

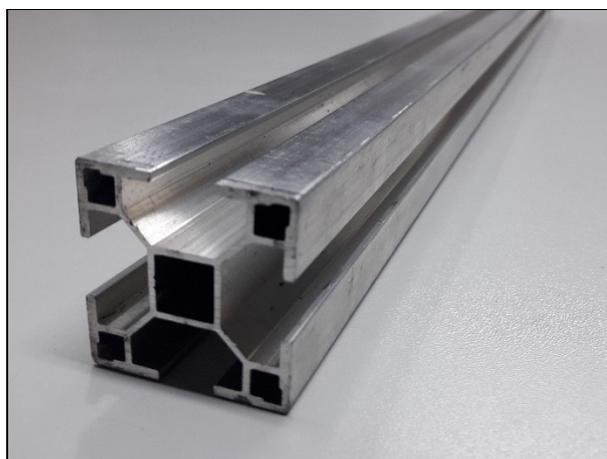


Abbildung 234
Modulmontageschiene zur Aufnahme von PV-Lei-
tungen im Profil. In jede Nut passen bis zu fünf
Standard-PV-Leitungen mit 4 mm² Querschnitt.

Empfehlungen und Hinweise: Elektroleitungsverlegung

Zur Dachdurchführung bieten sich Durchführungselemente an. Ggf. können auch Lüftersteine genutzt werden. Allerdings ist auch dabei auf scharfkantige Teile des Lüfterziegels zu achten.



Abbildung 235

Bei der Einführung durch einen Lüfterziegel ist auf die scharfen Kanten des Ziegels zu achten, die einen Kantenschutz erhalten sollten.



Abbildung 236

Richtige Dachdurchführung durch angepasstes Durchführungselement

Empfehlungen und Hinweise: Elektroleitungsverlegung

11.2 Instandhaltung

Der Instandhaltungsaufwand für Photovoltaik-Anlagen ist gering. Turnusmäßige Inspektionen durch den Anlagenbetreiber oder die Installationsfirma helfen Störungen sowie längere Ausfallzeiten, Folgefehler und Schäden zu vermeiden und die Erträge zu optimieren. Voraussetzungen hierfür sind eine Betriebsanleitung (insbesondere für den Wechselrichter) und eine ausreichende Anlagen-dokumentation, die Empfehlungen enthalten sollte. Bestandteil eines Wartungsvertrags sollten auch die Wiederholungsprüfungen nach EN 62446, VDE 0100 und VDE 0105 sein, wobei auch die Besonderheiten der Anlage wie z. B. Klemmverbindungen bei Aluminiumleitungen oder Strangsicherungen berücksichtigt werden sollten. Die Prüfung der Leitungsverlegung und elektrischen Verbindungen sollte regelmäßig erfolgen. Neben der Sichtprüfung sind auch Strangmessungen im Rahmen der Wiederholungsprüfung gut dazu geeignet. Die Prüfung der elektrischen Kontakte kann dabei effektiv mit einer Infrarotkamera vorgenommen werden. Die Störungsanzeige des Wechselrichters sollte möglichst täglich überprüft werden. Bei Meldung von Isolationswiderstandsfehlern oder Fehlerströmen sollte möglichst zeitnah eine Fehlersuche erfolgen. Parallel dazu sollten die Betriebsergebnisse mindestens einmal im Monat abgelesen und kontrolliert werden. Systeme zur automatischen Störungs- und Betriebsdatenüberwachung mit Meldefunktion erleichtern dem Anlagenbetreiber diese Aufgabe.

Tabelle 15: Checkliste (aus [DGS Leitfadens 2012])

Täglich	Wechselrichter	- in Betrieb ohne Störungsanzeige?
	Betriebsüberwachungssystem (falls vorhanden)	- Prüfung auf Auffälligkeiten, Fehler- oder Störungsmeldungen
Monatlich	Ertragskontrolle	- regelmäßig die Zählerstände protokollieren! bzw. Prüfung mit Betriebsüberwachungssystem
Halbjährig	Generatorfläche	- bei starken Verschmutzungen durch Laub, Vogelekrementen, Luftverschmutzung oder Sonstiges - Reinigung durchführen - alle Module, Gestellteile und Leitungen noch korrekt befestigt? - steht Generatorfläche unter mechanischer Spannung? (z. B. weil sich der Dachstuhl verzogen hat) etc.
	Generatorschlusskasten (falls vorhanden)	- eingedrungene Insekten / Feuchtigkeit? - Sicherungen prüfen
	Separate Überspannungsableiter (falls vorhanden)	Auch nach Gewittern prüfen! - Überspannungsableiter intakt? (Sichtfenster weiß bzw. rot)?
	Leitungen	- auf Schmorstellen, Isolationsbruch, sonstige Beschädigung achten! (Kabelfraß durch Tiere) - Verbindungsstellen kontrollieren
Einjährig	Wiederholung der Prüfung und Messungen entsprechend der Inbetriebnahme	Pflicht für PV-Anlagen, die der BGV A3 bzw. TRBS 1201 unterliegen - Prüfung nach DIN EN 62446 sowie VDE 0105-100 durch Fachkraft
	Bei zentralem NA-Schutz und Kuppelschalter	- Prüfung nach VDE VR N 4105 durch Fachkraft
Drei- bis vierjährig	Wiederholung der Prüfung und Messungen entsprechend der Inbetriebnahme	Empfohlen für alle PV-Anlagen - Prüfung nach DIN EN 62446 sowie VDE 0105-100 durch Fachkraft
Bei Verdacht	Module	- Kennlinienmessung, Thermografieuntersuchung oder Funktionsanalyse durch Fachkraft
	Generatorschlusskasten (falls vorhanden)	- Sicherungen prüfen
	DC-Leitungen und Kontaktstellen	- Prüfung (ggf. mit Thermografie) durch elektrotechnische Fachkraft
	DC-Schutzeinrichtungen	- DC-Schalter und allstromsensitiven FI-Schalter prüfen
	AC-Schutzeinrichtungen	- Leitungsschutzschalter, AC-Sicherungen, FI-Schalter und NA-Schutz prüfen

Empfehlungen und Hinweise: Elektroleitungsverlegung

Empfehlungen und Hinweise: Brand- und Blitzschutz

12. Empfehlungen und Hinweise: Brand- und Blitzschutz

Durch die Installation von Solaranlagen können zusätzliche Anforderungen an den Brand- und an den Blitzschutz entstehen. Daher sollten die vorhandenen Brandlasten unter Berücksichtigung der Gebäudeklassen und der zusätzlichen Nutzung auf der Dachfläche geprüft werden.

12.1 Brandschutzanforderungen bei der Planung/Installation von Solaranlagen

Das Grundprinzip eines Brandschutzkonzepts besteht darin, einer Brandentstehung sowie einer Brandweiterleitung innerhalb des Gebäudes bzw. auf angrenzende Gebäude vorzubeugen (baulicher Brandschutz). Weiterhin muss die Rettung von Menschen und Tieren (Personenschutz) sowie ein Löschangriff (abwehrender Brandschutz) ermöglicht werden. Diese Grundprinzipien sind in §14 der Musterbauordnung [MBO 2016] beschrieben:

„Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.“

Bei der nachträglichen Errichtung von Solaranlagen ist das Brandschutzkonzept des jeweiligen Gebäudes zu berücksichtigen. Die Bauordnungen der Bundesländer formulieren i. d. R. keine ausdrücklichen Anforderungen an die Anlagen selbst. Bei bestehenden Gebäuden können häufig Brandschutzanforderungen der Baugenehmigung entnommen werden.

Der bauliche Brandschutz wird durch die Einhaltung baurechtlicher Regelungen gewährleistet, insbesondere durch die Wahl von Art und Installationsort der einzelnen Komponenten.

Folgende Brandschutzanforderungen bestehen grundsätzlich bei der nachträglichen Installation einer Solaranlage auf Dachflächen:

1. Die Solaranlage (inkl. Unterkonstruktion und Befestigung) darf die Funktion der vorhandenen „harten Bedachung“ einer Dachfläche nicht beeinträchtigen.
2. Vorhandene Brandabschnitte müssen bereits bei der Planung beachtet werden.
3. Die Zugänglichkeit des Dachs zum Löschangriff muss auch nach der Installation der Solaranlage gegeben sein.

Die Broschüre *„Brandschutzgerechte Planung, Errichtung und Instandhaltung von PV-Anlagen“* von Februar 2011 wurde vom Bundesverband der Solarwirtschaft e. V. (BSW-Solar), der Bundesvereinigung der Fachplaner und Sachverständigen im vorbeugenden Brandschutz e. V. (BFSB), der Berufsfeuerwehr München, der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie e. V. (DGS) und dem Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke (ZVEH) herausgegeben [BSW-Solar, BFSB, DGS, ZVEH 2011].

Empfehlungen und Hinweise: Brand- und Blitzschutz

Die darin enthaltenen Hinweise und Empfehlungen basieren auf den in Deutschland vorliegenden Installationssituationen und rechtlichen Rahmenbedingungen. Sie sind mit der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren in Deutschland (AGBF Bund) abgestimmt. Die Broschüre fasst die wichtigen Informationen für Solarinstallateure und Planer einfach verständlich zusammen. Die Empfehlungen und Hinweise sollten bei der Planung/Installation einer Solaranlage berücksichtigt werden.

Des Weiteren sollte die Anwendungsregel [VDE AR-E-2100-712:2018-12] „*Maßnahmen für den DC-Bereich einer Photovoltaikanlage zum Einhalten der elektrischen Sicherheit im Falle einer Brandbekämpfung oder einer technischen Hilfeleistung*“ als Mindestanforderungen an den DC-Bereich einer PV-Anlage im Falle einer Brandbekämpfung beachtet werden.

12.1.1 Erhalt der Schutzfunktion einer harten Bedachung

Grundsätzlich gilt, dass die Installation von Solaranlagen die Schutzfunktion von Dächern und Brandwänden nicht mindern darf. Damit sich ein Gebäudebrand nicht auf andere Gebäude oder Gebäudeteile ausbreitet, sind durch die jeweiligen Bauordnungen der Länder (LBO) sowie in der Musterbauordnung [MBO 2016] verschiedene Anforderungen an Gebäude und Dächer festgelegt (siehe insbesondere MBO §32).

12.1.1.1 Aufdachanlagen

Bei Aufdachanlagen, die oberhalb der Deckenelemente angeordnet werden, müssen die einzelnen Komponenten mindestens aus normalentflammbaren Baustoffen bestehen (siehe MBO §26, Abs. 1).

Die meisten PV-Module mit Glas können in Klasse B2 bzw. E, also als normalentflammbar, eingeordnet werden. Die meisten Standardmodule mit Glas-Folien oder Glas-Glas-Aufbau sind normal entflammbar, einige Glas/Glas-Module sogar schwerentflammbar. Die Modulanbieter sollten die Einordnung in die Klasse B2 bzw. E mit einer Erklärung des Herstellers nachweisen. Häufig fehlt aber diese Angabe auf den Moduldatenblättern.

12.1.1.2 Indachanlagen

Wird bei einer bestehenden Steildachfläche nachträglich eine Solaranlage als Indachanlage ausgeführt (hierbei werden Solaranlagen anstelle der Deckenelemente eingebaut), ist zu beachten, dass die Solaranlage damit Bestandteil der Gebäudehülle wird. Dies hat zur Folge, dass die Solaranlage inklusive der Unterkonstruktion die bauordnungsrechtlichen Anforderungen einer harten Bedachung erfüllen muss. Diesen Hinweis findet man z. B. in der Veröffentlichung des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) „*Hinweise für die Herstellung, Planung und Ausführung von Solaranlagen – Stand Mai 2012*“ [DIBt Hinweise Solar 2012].

Der Nachweis der „harten Bedachung“ wird im Regelfall durch den Hersteller in Form von bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen erbracht.

Empfehlungen und Hinweise: Brand- und Blitzschutz

12.1.2 Abstände zu Brandwänden, RWA, Schornsteinen etc.

12.1.2.1 Abstand zu Brandwänden

Die Funktion von Brand- und Gebäudetrennwänden darf durch die Errichtung von Solaranlagen nicht gemindert werden. Diese Wände dürfen nicht durch brennbare Module oder Bauelemente überbaut werden und es ist ein ausreichender Abstand einzuhalten.

In der Musterbauordnung [MBO 2016] werden die Ausführung von Brandwänden und die Abstände zwischen den so genannten normalentflammbaren Materialien und den Brandwänden definiert. Dadurch soll eine Brandweiterleitung durch Flugfeuer oder durch Wärmestrahlung verhindert werden. Bezüglich der erforderlichen Mindestabstandsflächen von Solaranlagen auf Dächern zu Brandwänden findet man in der Musterbauordnung [MBO 2016] in §32 (5) folgende Vorgabe:

„Solaranlagen sind so anzuordnen und herzustellen, dass Feuer nicht auf andere Gebäudeteile und Nachbargrundstücke übertragen werden kann. Von Brandwänden und von Wänden, die anstelle von Brandwänden zulässig sind, müssen mindestens 1,25 m entfernt sein: [...] Solaranlagen, Dachgauben und ähnliche Dachaufbauten aus brennbaren Baustoffen, wenn sie nicht durch diese Wände gegen Brandübertragung geschützt sind.“

Diese Vorgabe aus der [MBO 2016] gilt immer dann, wenn Brandwände bzw. Wände anstelle von Brandwänden nicht mindestens 0,30 m über dem obersten normalentflammbaren Material und damit über die Oberkante des PV-Generators ragen.

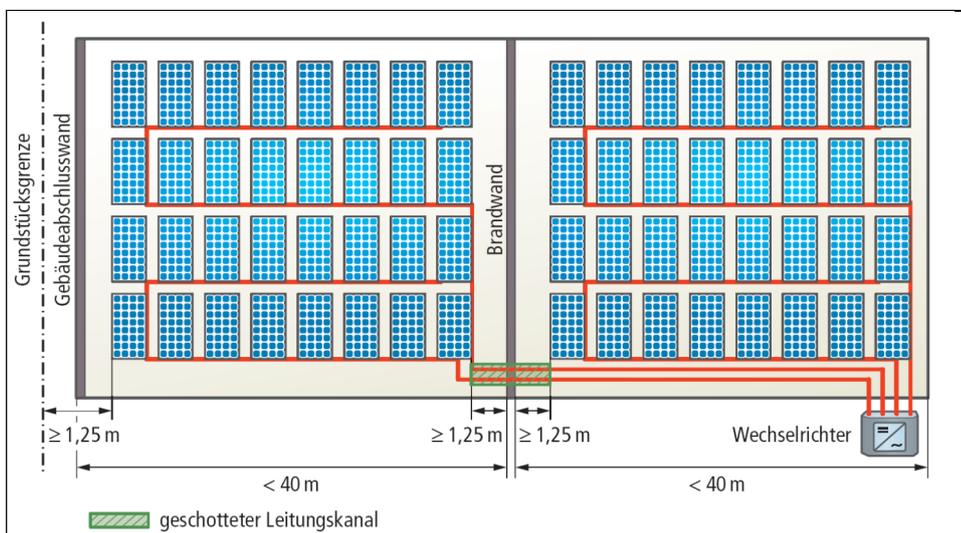


Abbildung 237

Modulabstände von Brandwand bzw. Grundstücksgrenze
aus [DGS-Leitfaden Photovoltaische Anlagen 2012]

Bei dachparalleler Aufdachmontage von PV-Modulen, welche die Anforderungen der harten Bedachung erfüllen und deren Unterkonstruktion aus nicht brennbaren Materialien besteht, kann der Abstand zu Brandwänden oder Grundstücksgrenzen auf 0,5 m herabgesetzt werden, sofern die Dachhaut in dem verbleibenden Freistreifen zwischen Modulen und Brandwand nichtbrennbar ist.

Empfehlungen und Hinweise: Brand- und Blitzschutz

Indachanlagen, welche die Anforderungen an eine harte Bedachung erfüllen (Module und Unterkonstruktion!), können bis an die Brandwand bzw. Grundstücksgrenze heran eingebaut werden.

Kabeldurchführungen durch feuerwiderstandsfähige Wände sind nach den Brandschutzfachregeln entsprechend der Musterleitungsanlagenrichtlinie (MLAR) zu schotten. Anderenfalls besteht die Gefahr der Weiterleitung eines Brandes durch den so genannten Züandschnureffekt des Isolationsmaterials. Die verwendeten Materialien müssen für Außenanwendungen geeignet sein. Eine Leitungsdurchführung durch raumabschließende Bauteile (z. B. Decken) ist bei Einhaltung der Feuerwiderstandsklasse S90 möglich. Einzelne Leitungen müssen gem. [MLAR 2106] in einem Abstand mindestens des Außendurchmessers der Leitung durch eine mindestens 8 cm dicke Wand geführt und dabei muss der Raum zwischen den Leitungen mit Zementmörtel oder Beton verschlossen werden.

12.1.2.2 Abstand zu Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA)

Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA) haben die Aufgabe, im Brandfall die heißen Brand- und Rauchgase aus dem Innenraum hinaus wirksam nach außen abzuleiten. Bei der Planung ist darauf zu achten, dass diese heißen Gase während der Fluchtphase und der Brandbekämpfung, z. B. im Dachdurchdringungsbereich, keine weiteren Folgebrände erzeugen. In den Teilen 3 und 4 der [DIN 18234] „*Baulicher Brandschutz großflächiger Dächer – Brandbeanspruchung von unten*“ sind zahlreiche Ausführungen von Dachdurchdringungen aufgeführt, die diese Anforderungen erfüllen. Man unterscheidet dabei kleine, mittlere (z. B. Lichtkuppeln) und große Dachdurchdringungen (z. B. Dachlichtbänder).

Beruhet eine RWA auf dem thermischen Auftriebsprinzip (ohne mechanischen Antrieb), wird diese als natürliche Rauchabzugsanlage (NRA) bezeichnet. Beim gleichzeitigen Einbau von NRA und Solaranlagen auf Dächern ist gemäß der Veröffentlichung des Fachverbandes Tageslicht und Rauchschutz (FVLR) „Informationen zum Einbau: Benachbarte Bauteile im Dach“ [FVLR Einbau RWA] darauf zu achten, dass der Öffnungsvorgang der NRA im Schwenkbereich der Haube nicht beeinträchtigt wird und die aerodynamische Wirksamkeit des NRA-Geräts weiterhin gegeben ist.

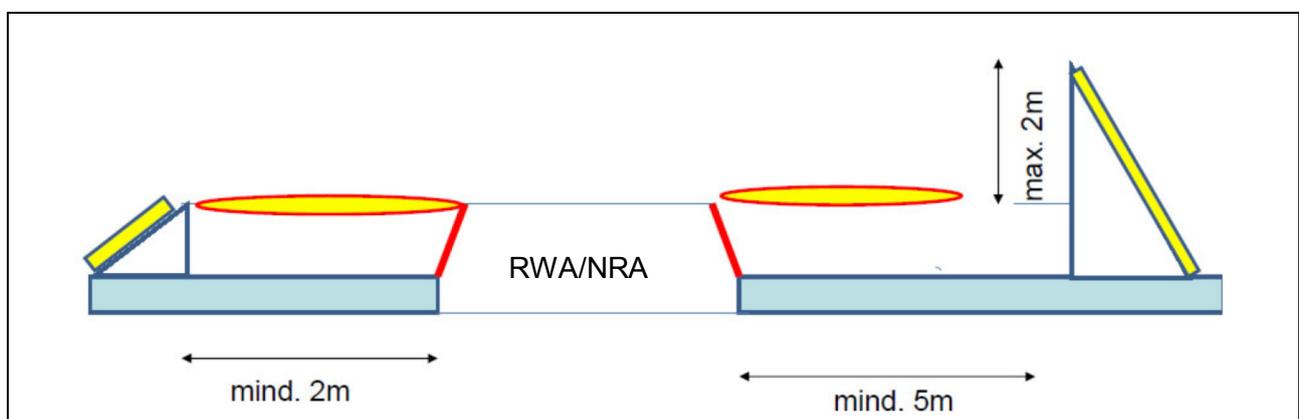


Abbildung 238

Mindestabstände von Solaranlagen zu natürlichen Rauchabzugsanlagen (NRA) nach [FVLR Einbau RWA]

Empfehlungen und Hinweise: Brand- und Blitzschutz

In Abbildung 238 sind die dafür erforderlichen Mindestabstände dargestellt. Demnach ist mindestens ein Abstand von 2,0 m zu Solaranlagen für Bauteile einzuhalten, die die RWA-Austrittsöffnung nicht überragen. Wenn Solaranlagen die Austrittsöffnungen maximal um 2,0 m überragen, wird ein Mindestabstand von 5,0 m erforderlich. Bei Solaranlagen, die die Austrittsöffnungen um mehr als 2,0 m überragen, kann die aerodynamische Wirksamkeit des RWA-Geräts beeinträchtigt werden.

12.1.2.3 Abstand zu Schornsteinen und Rauchrohren

Nach [DIN V 18160-1:2006-01] „*Abgasanlagen – Teil 1: Planung und Ausführung*“ müssen die Mündungen von Abgasanlagen den First um mindestens 40 cm (bei nicht brennbaren Dachbedeckungen) überragen oder von der Dachfläche mindestens 1,0 m entfernt sein (maßgeblich bei Dachneigungen unter 20°). Die Mündungen von Abgasanlagen müssen zudem nach [DIN V 18160-1:2006-01] Abschnitt 6.10.2 und den Feuerungsverordnungen der Länder Dachaufbauten und Öffnungen zu Räumen (auch von Nachbargebäuden) um mindestens 1,0 m überragen, soweit deren Abstand zu den Schornsteinen und Abgasleitungen weniger als 1,5 m beträgt.

Eine Regel, Richtlinie oder Norm bezüglich eines Mindestabstands von PV-Modulen zur Abgasöffnung gibt es nicht. Die meisten PV-Module besitzen Baustoffklasse B2 „Normalentflammbar“, Klasse B2 nach DIN 4102 (alt) oder Klasse E nach EN 13501 (neu). Zudem sollte ein ausreichender Abstand gewählt werden, um Verschattung durch Schornsteine zu vermeiden. Deshalb sollten PV-Module einen umlaufenden Abstand von 60 cm zu Schornsteinen aufweisen.

12.1.3 Brandabschnitte bei großen Solaranlagen und Anforderungen an die Zugänglichkeit der Dachfläche für die Brandbekämpfung

Bei einem Gebäudebrand müssen Feuerwehr-Einsatzkräfte schnell und sicher an den Brandherd gelangen können. Bei einigen Einsätzen ist es unumgänglich, direkt vom Dach aus in den darunterliegenden Dachstuhl zu gelangen und dort zu löschen. In diesem Fall könnte eine elektrische spannungsführende Anlage, wie sie eine PV-Anlage darstellt, hinderlich sein, insbesondere, wenn sie die gesamte Dachfläche beansprucht, was deswegen vermieden werden sollte.

So vielfältig wie die Gebäude sind, so unterschiedlich können mögliche Zugänge zum Dachstuhl sein. In Abbildung 239 sind beispielhaft die wichtigsten Dachvarianten mit Zugangsmöglichkeiten dargestellt. In vielen Fällen können die Feuerwehr-Einsatzkräfte über die zweite, nicht durch einen PV-Generator bedeckte Dachhälfte (oft Nordhälfte) in den Dachstuhl gelangen und von dort aus die Brandbekämpfung mit ausreichendem Abstand zu spannungsführenden Anlagenteilen vornehmen (s. Abbildung 239).

Wenn beide Dachhälften mit einer PV-Anlage belegt sind, wie es bei Ost-/Westdächern häufig der Fall ist, müssen andere Dachzugangsmöglichkeiten genutzt werden können. Andere Wege können z. B. Gaubenfenster oder giebelständige Fenster sein. Hierbei ist darauf zu achten, dass diese die Abmessungen eines als Rettungsweg geeigneten so genannten „notwendigen Fensters“ besitzen

Empfehlungen und Hinweise: Brand- und Blitzschutz

und von Einsatzkräften zu erreichen sind. „Notwendige Fenster“ müssen nach Musterbauordnung [MBO 2016] mindestens eine lichte Breite von 0,90 m und einer lichte Höhe von 1,20 m aufweisen.

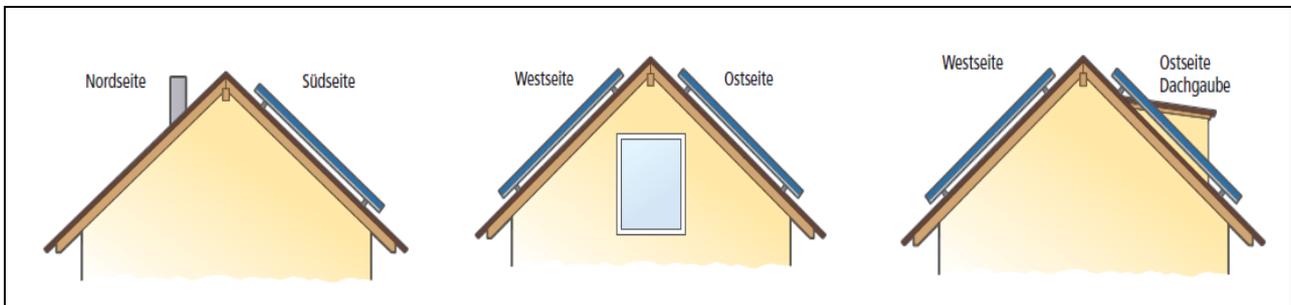


Abbildung 239

Zugangsmöglichkeiten für die Brandbekämpfung [DGS-Leitfaden Photovoltaische Anlagen 2012]

Ist jedoch ein Zugang zum Dachstuhl weder über rückseitige Dachflächen noch über Fenster möglich, muss darauf geachtet werden, dass ein geeigneter Teilbereich des Dachs frei bleibt (s. Abbildung 240).

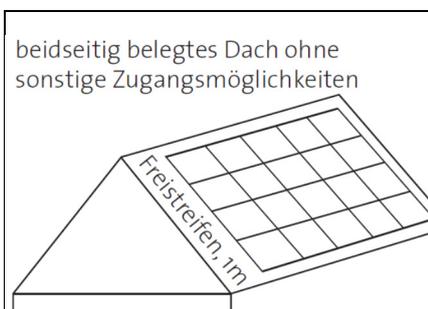


Abbildung 240

Zugangsmöglichkeit zum Dachstuhl bei beidseitig belegten Dachhälften über einen Freistreifen schaffen [BSW-Solar, BFSB, DGS, ZVEH 2011]

(Der 1 m breite Streifen im Schrägdach ist sinnvollerweise von der Innenkante der Giebelwand aus anzusetzen, damit der Einstieg für einen Feuerwehrmann in das Dachgeschoss möglich ist.)

Ist die Solaranlage auf dem geneigten Dach breiter als 40 m, dann sind ggf. folgende (für Flachdächer formulierte) Regelungen zu berücksichtigen:

Bei großen PV-Anlagen sollte für jeden Brandabschnitt (i. d. R. 40 m x 40 m) umlaufend eine Schneise vorhanden sein, damit beim Löschen ein Mindest-Sicherheitsabstand von einem Meter zur PV-Anlage (VDE 0132) eingehalten werden kann. Sind größere PV-Anlagen geplant, müssen die Generatorflächen in maximal 40 m x 40 m Abschnitte unterteilt werden. Zwischen diesen Abschnitten sind Laufwegbreiten von mindestens 1,0 m zu realisieren. Für den Löschangriff ideal wäre es, wenn zudem in dem 1,0 m breiten Freistreifen breitere Felder von mind. 0,90 m x 1,20 m für den Löschangriff vorgesehen würden.

Empfehlungen und Hinweise: Brand- und Blitzschutz

Wichtig ist bei der Planung der Abstände, dass nicht nur die PV-Module selbst, sondern auch Leitungen und andere Anlagenkomponenten berücksichtigt werden. Bei der Planung von PV-Anlagen auf Sonderbauten, wie sie in den Bauordnungen des jeweiligen Bundeslandes definiert sind, und bei speziellen Dachformen, sollten Brandschutzsachverständige hinzugezogen werden.

Im Bereich der Fluchtwege dürfen keine PV-Leitungen, Wechselrichter und anderen PV-Komponenten installiert werden.

Empfehlungen und Hinweise: Brand- und Blitzschutz

12.2 Anforderungen an den Blitzschutz [BSW-Solar, BFSB, DGS, ZVEH 2011]

Bei Blitzschutzanlagen wird zwischen innerem und äußerem Blitzschutz unterschieden. Das Blitzschutzsystem (innerer und äußerer Blitzschutz) stellt einen wesentlichen Bestandteil des Gebäudebrandschutzsystems dar. Gemäß VDE 0100-712:2016-10 *Errichten von Niederspannungsanlagen* sind alle Bauteile einer PV-Anlage in den bauseitigen Potentialausgleich einzubeziehen. Zu diesem inneren Blitzschutz zählen sämtliche Maßnahmen gegen Auswirkungen des Blitzstromes und der Blitzspannung auf Installationen sowie elektrische Teile der baulichen Anlage (z. B. Überspannungsschutzgeräte). Der äußere Blitzschutz besteht aus Blitzfang- und -ableiteinrichtungen sowie der Erdungsanlage. Auch die Einhaltung von Trennungs- bzw. Sicherheitsabständen zählt zum äußeren Blitzschutz.

Durch die Installation einer Solaranlage wird i. d. R. das Gefährdungspotential für direkte Blitzeinschläge nicht erhöht, wenn die Teile der Anlage nicht deutlich über das Gebäude hinausragen. Wenn auf einem Bestandsdach kein äußerer Blitzschutz erforderlich ist bzw. war, kann eine PV-Anlage häufig ebenfalls ohne zusätzlichen äußeren Blitzschutz ausgeführt werden. Dies sollte vor der Installation geklärt werden, ebenso wie die Anforderungen der Versicherer bezüglich des Blitz- und Überspannungsschutzes. Vom Verband der Sachversicherer wird z. B. in seiner Richtlinie zur Schadensverhütung (VdS 2010) ein Blitz- und Überspannungsschutz für PV-Anlagen mit einer Größe von mehr als 10 kWp verlangt. In den Landesbauordnungen wird für öffentliche Gebäude häufig ein Blitzschutz vorgeschrieben.

Ist auf einem Dach bereits eine Blitzschutzanlage installiert bzw. muss eine realisiert werden, muss diese bei Planung und Ausführung der PV-Anlage berücksichtigt werden. Die neue PV-Anlage ist in das Blitzschutzkonzept einzubeziehen. Dies kann z. B. eine Modifikation u. a. bei der Höhe der Fangstangen bedeuten. Der vorhandene Blitzschutz darf durch den Aufbau einer PV-Anlage nicht beeinträchtigt werden.

Sicherheitsabstände der PV-Anlage zur Blitzschutzanlage (u. a. gemäß VDE 0185-305-3-Bbl.5) sind zu berücksichtigen. Die Einhaltung des erforderlichen Trennungsabstands der PV-Anlage zum äußeren Blitzschutz sollte angestrebt werden, da sonst aufwändige Sondermaßnahmen erforderlich sind. In den entsprechenden VDE-Veröffentlichungen wird Näheres zum Thema geregelt (s. dazu u. a. VDE 0185-305-3-Bbl.5:2014-02 Blitz- und Überspannungsschutz für PV-Stromversorgungssysteme; VDE 0100-712:2016-10, VDE 0100-443:2016-10, DIN EN 62305/VDE 0185-305:2011) und auch in den Merkblättern [ZVDH-Merkblatt Solartechnik, 2011-04] sowie [ZVDH-Merkblatt Blitzschutz 2011] findet man weitere Informationen.

Bei komplexen Anlagen empfiehlt es sich, einen geeigneten Fachplaner hinzuzuziehen.

Empfehlungen und Hinweise: Checkliste

13. Empfehlungen und Hinweise: Checkliste

Die in den Kapiteln 7 bis 12 genannten Empfehlungen und Hinweisen werden wie folgt als Checkliste zusammengefasst. Dabei erhebt die Liste keinen Anspruch auf Vollständigkeit, im Einzelfall sind ggf. weitere Punkte hinzuzufügen.

13.1 Bestandsaufnahme und vorbereitende Arbeiten

Zunächst müssen alle verfügbaren Informationen über die Bestandsdachfläche zusammengetragen werden, um eindeutig feststellen zu können, ob der Aufbau einer Solaranlage möglich ist und diese auf einer belastbaren Grundlage geplant werden kann. Die Dokumentation des Ist-Zustands ist auch im Interesse des Aufstellers, um Gewährleistungsansprüche von bereits vorhandenen Schäden trennen zu können.

- Zunächst ist grundsätzlich zu überprüfen, ob die Tragkonstruktion Lastreserven aufweist, die eine Aufstellung von Solaranlagen ermöglicht. Eine vorhandene Schädigung durch Korrosion oder Überlastung muss ausgeschlossen werden.
- Auch die Anforderungen an den Brand- und Blitzschutz müssen daraufhin überprüft werden, ob diese dem Aufbau einer Solaranlage grundsätzlich entgegenstehen bzw. welche Konsequenzen sich in Bezug auf die Flächenausnutzung bzw. die Ausstattung der Solaranlage daraus ergeben (s. Kapitel 12.1 bzw. Kapitel 12.2).
- Bei kleinformatischer Deckung sollte der Dachaufbau zumindest so weit geöffnet werden, dass der Zustand der Zusatzmaßnahme festgestellt und dokumentiert werden kann. Das Deckmaterial ist im Hinblick auf die Regeldachneigung und das Mindestüberdeckungsmaß mit den Vorgaben der Fachregeln zu überprüfen (s. Kapitel 9). Daraus ist abzuleiten, welche Funktionssicherheit die bestehende Dachfläche aufweist und inwieweit eine Einschränkung der Regensicherheit durch die Montage der Solaranlage hingenommen werden kann.
- Schäden des vorhandenen Dachaufbaus, d. h. Beschädigungen des Deckmaterials, undichte Stoßverbindungen, geschädigte Zusatzmaßnahmen (z. B. Unterdeckbahnen) etc. müssen instandgesetzt werden.
- Auf Grundlage der Bestandsaufnahme muss entschieden werden, in welchem Umfang eine Instandsetzung oder Modernisierung des Dachaufbaus vor der Planung und Errichtung einer Solaranlage erforderlich bzw. sinnvoll ist.
- Ggf. ist der Wärmeschutz gemäß aktueller Energieeinsparverordnung (EnEV) zu erhöhen (s. Kapitel 6.2.1).

Empfehlungen und Hinweise: Checkliste**13.2 Planung der Solaranlage**

Die Aufstellung der Solaranlage ist sorgfältig zu planen. In [vdd 2013] wurde dazu folgende Checkliste in Bezug auf die Verantwortlichkeiten aufgestellt, die auch für geeignete Dächer sinngemäß verwendet werden kann:

1. Wer ist für die Planung der Standsicherheit der Solaranlage und die statische Beurteilung der Aufnahme der zusätzlichen Lasten im Gebäude verantwortlich?
2. Wer stellt die Solaranlage auf dem Dach auf?
3. Wer schließt die Solaranlage an die Gebäudetechnik an?
4. Wer benennt die zu beachtenden Punkte für die Dachabdichtung und begleitet deren Umsetzung?
5. Wer plant und überwacht die Unfallschutzmaßnahmen?
6. Wer dokumentiert die Begehungen/Abnahmen?
7. Die zeitliche Koordination der einzelnen Beteiligten auf dem Dach, insbesondere der ausführenden Gewerke, ist durchzuführen (Abnahme der Dachfläche vor Beginn der Dacharbeiten, Montage/Anschluss der Solaranlage, Abnahme der Dachfläche nach Errichtung der Solaranlage).

Bei der Planung sind darüber hinaus folgende Hinweise zu beachten:

- Bei der Planung müssen neben dem Eigengewicht der Anlage auch die Schneelastkonzentrationen zwischen den Modulreihen und größere Horizontallasten durch aufgeständerte Module bei den Lastannahmen berücksichtigt werden. In die Windlastberechnung müssen u. a. die Windzone, die Geländekategorie, das Mikroklima, die Gebäudehöhe und ggf. die NHN-Höhe eingehen.
- Schornsteine, Lüfter und sonstige Dachdurchdringungen, wie z. B. Lichtkuppeln, sowie Dachrandabdeckungen und Dachanschlüsse müssen gewartet werden können und daher zugänglich bleiben. Insbesondere darf die Funktion von Rauch- und Wärmeabzugsanlagen nicht beeinträchtigt werden.
- Gemäß den Unfallverhütungsvorschriften müssen ausreichende Abstände zum Dachrand und zu Lichtkuppeln und Lichtbändern eingehalten werden.
- Der Abfluss von Niederschlagswasser zu den Traufen muss gewährleistet bleiben. Daher müssen die unteren Modulkanten mit entsprechendem Abstand zur Traufe angeordnet werden.
- Alle Durchdringungen der Deckmaterialien sind zu planen. Erforderliche Bearbeitungen der Deckmaterialien sind entsprechend der Fachregeln bzw. entsprechend den Empfehlungen der Deckwerkstoffhersteller sorgfältig durchzuführen.
- Die Vorgaben des Brand- und Blitzschutzes sind zu erfüllen.

Empfehlungen und Hinweise: Checkliste

13.3 Ausführung der Montagearbeiten

Im Rahmen der Ausführung sollten folgende Aspekte Berücksichtigung finden:

- Beschädigungen der Deckwerkstoffe sind unmittelbar vom Verursacher farblich zu kennzeichnen und möglichst umgehend fachgerecht zu reparieren.
- Bei der Abnahme der Montagearbeiten sollten alle An- und Abschlüsse und Durchdringungen der Dachdeckung auf evtl. Beschädigungen überprüft werden. Dies sollte möglichst in Zusammenarbeit mit dem Dachdeckerunternehmen, das die Deckung vorher erstellt, überprüft oder überarbeitet hat, erfolgen.

13.4 Instandhaltung der Dachfläche

Solaranlagen bedürfen, wie alle Bauteile eines Gebäudes, einer regelmäßigen Wartung im Rahmen der Instandhaltung. Dabei sollte Folgendes beachtet werden:

- Nach außergewöhnlichen Starkwindereignissen ist umgehend eine Sichtkontrolle durchzuführen. Neben der Überprüfung der Solaranlage auf Beschädigungen, gelöste Metallverbindungen oder beschädigte Elektroverbindungen sind die Module auf eine evtl. Lageveränderung zu prüfen.
- Darüber hinaus sollte die Dachfläche regelmäßig durch einen Dachdecker besichtigt und die Deckung inspiziert werden.
- Außerdem ist eine regelmäßige Kontrolle der elektrischen Verbindungen und Kabelführungen erforderlich (s. Kapitel 11.2).

14. Zusammenfassung

14.1 Erfahrungen mit Solaranlagen auf Bestandsdächern

Die unter Sachverständigen für Schäden an Gebäuden, für das Dachdeckerhandwerk und für Solartechnik durchgeführte Umfrage hat ergeben, dass Schäden bei nachträglich auf geneigten Dächern installierten Solaranlagen als Schnittstelle zwischen Dach und Montagesystem in erster Linie auf

- fehlerhafte Befestigungen an der Dachkonstruktion

und

- Feuchteintrag in den Dachraum bzw. in die Dachkonstruktion

zurückzuführen sind.

Feuchteschäden, die sich an der Innenseite einer gedämmten Dachkonstruktion bemerkbar machen, sind eher selten. Diese sind offenbar meist auf grobe Fehler zurückzuführen, die ohne langwierige Streitigkeiten unmittelbar beseitigt werden.

Bei ungedämmten Dächern dagegen werden häufiger Feuchteschäden festgestellt, weil diese oft keine Zusatzmaßnahme zur Ableitung von Niederschlag aufweisen und somit von innen unmittelbar zu sehen sind.

Erhebliche Feuchteschäden treten nur in relativ geringem Umfang auf, weil es sich bei geneigten Dachflächen i. d. R. um fehlertolerante Konstruktionen handelt: Geringe Mengen an eingedrungener Feuchte können oft wieder austrocknen, bevor sie sich schadensträchtig ansammeln. Sind funktionierende Zusatzmaßnahmen vorhanden, haben Undichtheiten der Dacheindeckung oft keine Folgen: Zwar wird die Regensicherheit der Deckung häufig deutlich vermindert, dennoch bleiben viele kleinere Undichtheiten unbemerkt und führen nicht zu Schäden.

Der Schadensumfang ist – neben Verarbeitungsfehlern – abhängig von der Neigung des Dachs, dem Deckmaterial und dem Zustand der darunter befindlichen Zusatzmaßnahmen (Unterspannung, Unterdeckung, Unterdach).

Im Zeitraum zwischen den Jahren 2008 und 2017 sind schätzungsweise 2,76 Mio. Solaranlagen in Deutschland errichtet worden. Angesichts der Vielzahl montierter Solaranlagen auf geneigten Dächern scheint die Schadensquote relativ gering zu sein. Die Autoren schätzen, dass sie unter 0,5 % liegt.

14.2 Erweiterung von Regelwerken

Die Regelwerke der Verbände des Dachdecker- und Klempnerhandwerks gehen in nur beschränktem Umfang auf die Installation von Solaranlagen ein. In den auf die einzelnen Deckwerkstoffe bezogenen Fachregeln wird die Durchdringung mit Befestigern nur selten erwähnt. Solaranlagen wer-

Zusammenfassung

den nur grundsätzlich betrachtet, z. B. für die Einordnung als „erhöhte Anforderung“. Auch wird gefordert, Befestiger regensicher einzubauen und dass sie für den jeweiligen Verwendungszweck geeignet sein sollen, ohne aber zu definieren, wie das im Einzelfall aussehen soll. Eine Ausnahme bilden Formelemente, die sich nach den Fachregeln bewährt haben. Die Entscheidung, welche Einbauart – außer der mit Formelementen – fachgerecht ist, ist daher im Einzelfall zu treffen.

Das Merkblatt [ZVDH Merkblatt Solartechnik 2001] empfiehlt, die Montagearbeiten vom Dachdeckerwerk ausführen zu lassen. Dieser Empfehlung schließen sich die Verfasser des vorliegenden Berichts an, um die Qualität der Montage auf geneigten Dachflächen trotz der relativ wenigen Schadensfälle weiter zu verbessern und um das Schadenspotenzial weiter zu minimieren.

Dachdecker sollten durch Regelwerke Unterstützung finden, um begründen zu können, warum sie in bestimmten Konstellationen eine Montage auf z.B. ungeeigneten Dachflächen ablehnen oder warum z. B. kostenintensive Formelemente erforderlich sind. Dazu will der vorliegende Bericht Anregungen liefern.

Die im o. g. ZVDH-Merkblatt geforderte Zustandsfeststellung sollte regelmäßig vor der Entscheidung zur Montage einer Solaranlage stattfinden, um nachträgliche Änderungen oder gar einen Rückbau zu vermeiden und Gewährleistungsrisiken zu minimieren.

In den Fachregeln des Klempnerhandwerks werden Vorschläge für die sichere Abdichtung von Befestigern gemacht, die allerdings präzisiert werden können.

In den Fachregeln für Metalldeckungen, insbesondere im Merkblatt [IFBS Solar 2019-01] wird auf eine Vielzahl von konstruktiven Fragestellungen eingegangen. Darin wird darauf hingewiesen, dass für die Befestiger i. d. R. eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung bzw. Bauartzulassung erforderlich ist. Die dort zusammengestellte Checkliste zur Überprüfung der Bausubstanz vor der Errichtung einer Solaranlage ist empfehlenswert.

Nach Auffassung der Autoren könnten die Regelwerke mittlerweile differenzierter auf Solaranlagen und insbesondere auf deren Befestigung am Dach eingehen und so zur Vermeidung von Schäden beitragen. Die positiven und negativen Erfahrungen mit Solaranlagen auf geneigten Dachflächen, die im Bericht dokumentiert sind, sollten in die Fortschreibung der Regelwerke Eingang finden.

14.3 Empfehlungen und Hinweise

Die Art der Schäden und der Vergleich mit Regelwerken zeigen, dass es weder für die Befestigungen noch für die Regensicherheit abgestimmte Festlegungen zwischen den Gewerken der Solarinstallateure und der Dachdecker gibt. Die Beauftragung und Montage von Solaranlagen erfolgen häufig ohne Hinzuziehung von Planern und Dachdeckern. Ob die vorhandene Dachkonstruktion eine Einschränkung der Regensicherheit „verträgt“, wird häufig nicht abgeschätzt, weil weder die Eignung des Deckwerkstoffs noch die der darunter liegenden, zweiten Entwässerungsebene untersucht werden. Zur Vermeidung von Schäden ist eine stärkere Zusammenarbeit zwischen Solarinstallateuren

Zusammenfassung

und Dachdeckern sinnvoll, um diese notwendigen Voruntersuchungen fachgerecht durchführen zu können.

Bei der Montage der Befestigungselemente sind Herstellerhinweise für Befestigungselemente und für Deckwerkstoffe zu beachten.

Befestigungen sollten so angeordnet werden, dass sie von den Modulelementen überdeckt sind, um die Regeneinwirkung auf Durchdringungspunkte möglichst gering zu halten.

Falze und Rippen von kleinformatischen Dachziegeln und Dachsteinen sollten für die Montage der Dachhaken handwerklich sauber ausgenommen werden, ggf. mit geeigneten Hilfsmitteln, wie z. B. einer Dachziegelfräse.

Bei Unterschreitung der Regeldachneigung oder dem Vorliegen sonstiger Risikofaktoren sollten Formelemente für die vorhandene Bestandsdeckung verwendet werden.

Insbesondere bei Metalldeckungen sollten die Befestigungsmittel mit den Deckwerkstoffherstellern abgestimmt werden. Temperaturbedingte Längenänderungen von Metalldeckungen und Modulsyste-
me sind sowohl bei der Wahl der Befestigungselemente als auch bei der Größe der Modulfelder zu berücksichtigen.

Wünschenswert wäre die Erarbeitung eines gemeinsamen Merkblatts von Solarinstallateuren, den Herstellern und Verarbeitern von Dachdeckungsmaterialien sowie der Solarindustrie, um insbesondere die positiven/negativen Erfahrungen bei der Durchdringung der einzelnen Deckwerkstoffe zusammenzufassen und die Fachregeln entsprechend zu präzisieren.

Fazit

15. Fazit

Der vorliegende Bericht zeigt anhand vieler Fallbeispiele, welche Schäden bei der Montage von Solaranlagen auf geneigten Dächern mit unterschiedlichen Arten der Dachdeckung entstehen können und worauf sie zurückzuführen sind.

Die Erfahrungen der befragten Sachverständigen unterscheiden sich insbesondere nach ihrer Tätigkeit. Beurteilende Dachdecker halten Solaranlagen häufiger für fehlerhaft, weil sie den Fachregeln des Dachdeckerhandwerks widersprechen. Sachverständige für Schäden an Gebäuden beschreiben sowohl positive als auch negative Fälle in etwa gleicher Anzahl. Sachverständige für Solartechnik, die häufig Abnahmen neuer Solaranlagen begleiten und deswegen nicht nur mit potentiellen Schadensfällen konfrontiert werden, stellen wenige Fehler und Schäden fest. Letzteres deutet an, dass Schäden an Solaranlagen auf geneigten Dachflächen eher selten auftreten. Das zeigt auch ein Vergleich der geschätzten Schadensfälle mit der Gesamtzahl der vorhandenen Solaranlagen, anhand dessen die Autoren des vorliegenden Berichts eine Schadensquote von deutlich unter 0,5 % abschätzen.

Den Umfrageergebnissen zufolge zeigt sich eine höhere Schadenshäufigkeit insbesondere bei Wellfaserzementplatten und Metalldeckungen.

Die vielen Schadensbeispiele an Dächern mit kleinformatischen Deckelementen wie Dachziegeln und Dachsteinen können darauf zurückgeführt werden, dass es viele Anlagen auf dieser Art von Dächern gibt. Dennoch ist die Schadensquote bei kleinformatischen Deckelementen geringer als bei den im vorigen Abschnitt genannten Werkstoffen. Ein Grund dürfte darin liegen, dass geneigte Dächer, insbesondere mit Dämmschichten, oft fehlertoleranter sind. Kleinere Undichtheiten führen aufgrund zweiter Entwässerungsebenen und einem hohen Austrocknungspotential i. d. R. nicht zu Schäden.

Dennoch sollten die gesammelten Erfahrungen verstärkt in Regelwerken von Dachdeckern und Solarinstallateuren Berücksichtigung finden. Auch wenn die Regensicherheit gerade bei kleinformatischen Deckungen bei der handwerklichen Bearbeitung des Deckmaterials unvermeidbar eingeschränkt wird, führt das offenbar nicht zu Schäden. Zudem wirken die Module als „Regenschirm“ und verringern dadurch die Niederschlagseinwirkung auf die Durchdringungen des Deckmaterials. Es wäre wünschenswert, dass dieser – ähnlich wie bei Vorhangfassaden wirkende Effekt – durch Versuche quantifizierbar wird.

Bei Dächern von Hallen ohne Dämmschicht und ohne zweite Entwässerungsebene machen sich handwerkliche Fehler schneller bemerkbar. Hier reichen Dichtscheiben oft nicht aus. Auch das Zusammenwirken bestehender und neuer Befestigungsmittel wird häufig nicht beachtet.

Die geringe Schadensquote soll weiter minimiert werden. Die Zusammenarbeit zwischen Solarinstallateuren und Dachdeckern sollte nicht nur bei der Montage, sondern auch bei der Weiterentwicklung der Regelwerke und Empfehlungen intensiviert werden, auch um einheitliche Bewertungsgrundlagen herzustellen. Diese dienen der Ausführungssicherheit und damit dem wirtschaftlichen sowie nachhaltigen Erfolg für Ausführende und Auftraggeber. Als Baustein zum Schutz der Lebensgrundlagen auf der Erde wird damit der weitere Ausbau von Energiegewinnungsflächen auf Dächern unterstützt.

Anhang – Erhebungsbogen

16. Anhang – Erhebungsbogen



AACHENER INSTITUT FÜR BAUSCHADENSFORSCHUNG
UND ANGEWANDTE BAUPHYSIK GEMEINNÜTZIGE GESELLSCHAFT mbH
WWW.AIBAU.DE



DGS - DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR SONNENENERGIE E.V.
WWW.DGS-BERLIN.DE

Rückantwort

AIBAU

Aachener Institut für Bauschadensforschung
und angewandte Bauphysik gGmbH

Theresienstraße 19
52072 AACHEN

per Fax: 0241 910507-20

per Mail: g.liebert@aibau.de oder ralf.spilker@aibau.de

Absender:

Ansprechpartner für evtl. Rückfragen:

Zutreffendes bitte ankreuzen bzw. ausfüllen!

I. Ich habe in den letzten zehn Jahren geeignete Dächer beurteilt, bei denen Solaranlagen nachträglich installiert wurden.

Ja Nein Anzahl:

II. Mir sind Objekte bekannt bei denen keine Schäden durch die nachträgliche Installation von Solaranlagen auf geeigneten Dächern aufgetreten sind.

Ja Nein Anzahl:

III. Welche Standzeit hatten die nachträglich installierten Solaranlagen zum Zeitpunkt der Begutachtung?

Jahre:

IV. Nach wie vielen Jahren sind Schäden aufgetreten?

Innerhalb des ersten Jahres nach der Montage 1 - 4 Jahre nach der Montage Mehr als 4 Jahre nach der Montage

Jahre:

V. Können Sie die Solaranlagen detaillierter beschreiben?

Ja (s. Tabelle und Antwortseiten 2 - 3) Nein

	Adresse/Kurzbezeichnung des Gebäudes	Gibt es Pläne/Fotos?
Fall 1		
Fall 2		
Fall 3		

Für Rückfragen stehe ich zur Verfügung.

Ja Nein

Anhang – Erhebungsbogen

Solaranlagen auf geeigneten Dächern im Gebäudebestand



Detailangaben zu Frage V

(Zutreffendes bitte ankreuzen!)

V.1. Angaben zur Konstruktion

Dachdeckung

- Formsteine aus Ziegeln oder Betonwerkstein
- Faserzement-Wellplatten
- Zinkblechdeckung im Stehfalzsystem
- Selbsttragende Metalldeckung
- Sandwich-Elemente
- Sonstiges:.....

Fall 1	Fall 2	Fall 3

Einbauart der Solaranlage

- Aufdach-Anlage dachparallel
- Aufdach-Anlage, Modulneigung ≠ Dachneigung
- Indach-Anlage (Module = Deckmaterial)
- Sonstiges:.....

Angaben zu Räumen unterhalb der Solaranlage

- Hochwertige Nutzung (z. B. Wohnraum)
- unbeheizte Räume
- Sonstiges:.....

V.2. Welche Fehler/Schäden gibt es an den geeigneten Dachflächen?

Statische Probleme

- Überlastung der Tragkonstruktion (Dach)
- Überlastung der Tragkonstruktion (Solarelemente)
- Fehlerhafte Befestigung der Solarelemente am Dach
- Sonstiges:.....

Fall 1	Fall 2	Fall 3

Feuchteschäden am Gebäude

- Abtropfungen in den Innenraum
- Durchfeuchtung des Dachquerschnitts
- Sonstiges:.....

Funktionsbeeinträchtigungen durch Solaranlage

- Brandschutz beeinträchtigt (z. B. RWA überbaut)
- Wasserabfluss beeinträchtigt (z. B. Dachrinne überbaut)
- Begehbarkeit der Dachfläche beeinträchtigt (Sekuranten überbaut, Mindestabstände an Traufe/Dachrand/Schornstein zu gering)
- Sonstiges:.....

Erhöhung des Gefährdungspotentials

- Elektrisch (z. B. fehlerhafte Kabelverlegung)
- Mechanisch (durch z. B. abrutschenden Schnee)
- Sonstiges:.....

Materialschäden

- Beschädigung von Dachziegeln/-steine
- Beschädigung der Metalleindeckung
- Beschädigung der 2. Entwässerungsebene
- Beschädigung von Solarmodulen
- Korrosion an Metallverbindungselementen
- Sonstiges:.....

Anhang – Erhebungsbogen

Solaranlagen auf geeigneten Dächern im Gebäudebestand



Detailangaben zu Frage V

(Zutreffendes bitte ankreuzen!)

V.3. Was war die Hauptursache für Mängel/Schäden?

Vorschädigung des Dachs/Unzureichende Prüfung

- Vorschädigung der Dachkonstruktion (z. B. durch Tauwasserausfall)
- Vorschädigung der Dachabdichtung/der wasserableitenden Schicht
- Vorschädigung der Deckung
- Unzureichende Prüfung der Tragfähigkeit
- Sonstiges:.....

Fall 1	Fall 2	Fall 3

Fehlerhafte Lasteinleitung

- Falsche/ungünstige Befestigung am Dachtragwerk
- Falsche/ungünstige Befestigung an der Modulunterkonstruktion
- Zu hohe punktuelle Lasteinleitung (Wind/Schnee)
- Sonstiges:.....

Fehler bei der Installation der Solaranlage

- Falsche/fehlerhafte Modulklemme/Schienenkonstruktion
- Falsche/zu wenig Dachhaken
- Fehlerhafte Bearbeitung des Deckmaterials
- Druckausübung auf Deckmaterial
- Falsche Materialwahl/Materialkombination (Korrosion)
- Fehlerhafte Kabeldurchführung in den Innenraum
- Verschattung/nicht ausreichende Hinterlüftung der PV-Module
- Sonstiges:.....

Sonstige Ursachen

- Nichtbeachtung/unzureichende Herstellervorgaben
- Sonstiges:.....
-

17. Literaturverzeichnis

17.1 Normen und Regelwerke

[ChemVerbotsV 1993-10]

Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz (Chemikalien-Verbotsverordnung), Ausfertigungsdatum 14.10.1993

[DGUV Information 203-080 2015]

DGUV Information 203-080: Montage und Instandhaltung von Photovoltaik-Anlagen. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), April 2015

[DIBt Hinweise Solar 2012]

Hinweise für die Herstellung, Planung und Ausführung von Solaranlagen. Hrsg.: Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, Mai 2012

[DIN 4426:2017-01]

DIN 4426: Einrichtungen zur Instandhaltung baulicher Anlagen – Sicherheitstechnische Anforderungen an Arbeitsplätze und Verkehrswege – Planung und Ausführung, Januar 2017

[DIN 18160-1:2006-01]

DIN 18160 Abgasanlagen, Teil 1 Planung und Ausführung, Ausgabe Januar 2006

[DIN 18234-4:2018-05]

DIN 18234 Baulicher Brandschutz großflächiger Dächer, Teil 4 Verzeichnis von Durchdringungen, Anschlüssen und Abschlüssen von Dachflächen, welche ohne weiteren Nachweis die Anforderungen nach DIN 18234-3 erfüllen, Ausgabe Mai 2018

[DIN EN 338:2016-07]

DIN EN 338 Bauholz für tragende Zwecke – Festigkeitsklassen; Ausgabe Juli 2016

[DIN EN 490:2017-04]

DIN EN 490 Dach- und Formsteine aus Beton für Dächer und Wandbekleidungen – Produktspezifikationen; Ausgabe April 2017

[DIN EN 491:2011-11]

DIN EN 491 Dach- und Formsteine aus Beton für Dächer und Wandbekleidungen - Prüfverfahren; Ausgabe November 2011

[DIN EN 517:2006-05]

Vorgefertigte Zubehörteile für Dacheindeckungen – Sicherheitsdachhaken, Ausgabe Mai 2006

[DIN EN 1304:2013-08]

DIN EN 1304 Dach- und Formziegel – Begriffe und Produktspezifikationen, Ausgabe August 2013

[DIN EN 1995-1-1:2010-12]

DIN EN 1995-1-1; Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau, Ausgabe Dezember 2010 mit Änderung A2 von Juli 2014 sowie nationaler Anhang NA, Ausgabe August 2013

[DIN EN 15026:2007-07]

DIN EN 15026: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation, Ausgabe Juli 2007

Literaturverzeichnis

[DIN EN 62446-1:2016-12]

DIN EN 62446-1 Photovoltaik (PV) Systeme - Anforderungen an Prüfung, Dokumentation und Instandhaltung - Teil 1: Netzgekoppelte Systeme - Dokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und Prüfanforderungen, Ausgabe Dezember 2016 (wird im April 2019 neu als Weißdruck erscheinen)

[DIN EN 62446-2:2017-04]

DIN EN 62446-2 Photovoltaik(PV)-Systeme - Anforderungen an Prüfung, Dokumentation und Instandhaltung - Teil 2: Netzgekoppelte Systeme - Instandhaltung von PV-Systemen, Ausgabe April 2017 (Normentwurf)

EnEV 2014]

Verordnung über energieeinsparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden – Energieeinsparverordnung (EnEV) - Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 18. November 2013

[EU-RiLi 99/77/EG]

Richtlinie 1999/77/EG der Kommission vom 26. Juli 1999

[FVLR Einbau RWA]

RWA, NRA: Informationen zum Einbau: Benachbarte Bauteile im Dach (Quelle: FVLR – Fachverband Tageslicht und Rauchschutz e. V., www.fvlr.de/nra_infoeinbau.htm, Stand 01-2019)

[GefStoffV 2017-03]

Verordnung zum Schutz von Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26.11.2010, zuletzt geändert durch Artikel 148 des Gesetzes vom 29. März 2017

[IFBS 2012]

IFBS Solartechnik im Metalleichtbau. Hinweise für die Planung und Ausführung – Qualitätsmerkblatt. Hrsg.: IFBS, Düsseldorf, in Kooperation mit dem Qualitätsverband Solar- und Dachtechnik, München, August 2012

[IFBS 2014-01]

Richtlinie zur Planung und Ausführung von Dach-, Wand- und Deckenkonstruktionen aus Metallprofiltafeln – Stahlprofiltafeln und Sandwichelemente; Hrsg.: IFBS, www.ifbs.de, Ausgabe Januar 2014

[IFBS 2014-06]

Fachregeln des Metalleichtbaus, Grundlagen; Hrsg.: IFBS, Krefeld, www.ifbs.eu, Ausgabe 06/2014

[IFBS 2017]

Fachregeln des Metalleichtbaus, Planung und Ausführung; Hrsg.: IFBS, Krefeld, www.ifbs.eu, Ausgabe 07/2017

[IFBS Solar 2019-01]

Fachregeln des Metalleichtbaus – Planung und Ausführung - Solartechnik im Metalleichtbau PA10, erarbeitet und herausgegeben vom IFBS

[MBO 2016]

Musterbauordnung (MBO) Fassung: November 2002 – zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 13.05.2016

[MLAR 2016]

Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen (Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie – MLAR), Fassung 10.02.2015 (Redaktionsstand: 05.04.2016); Hrsg.: Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin

[MVVTB 2017/1]

Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen, Hrsg.: Deutsches Institut für Bautechnik DIBt, Ausgabe 2017/1

Literaturverzeichnis

[VDE 0100-410: 2007-06]

VDE 0100-410 Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 4-410: Schutzmaßnahmen - Schutz gegen elektrischen Schlag

[DIN VDE 0100-443:2016-10]

DIN VDE 0100-443 Errichten von Niederspannungsanlagen, Ausgabe Oktober 2016

[VDE 0100-520: 2013-06]

VDE 0100-520 Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 5-52: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel - Kabel- und Leitungsanlagen, Ausgabe Juni 2013

[VDE 0100-712:2016-10]

DIN VDE 0100-712 Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 712: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme, Ausgabe Oktober 2016

[VDE 0105-100:2015-10]

VDE 0105-100 Betrieb von elektrischen Anlagen - Teil 100: Allgemeine Festlegungen, Ausgabe Oktober 2015

[VDE 0105-100/A1:2017-06]

VDE 0105-100 Änderung 1 Betrieb von elektrischen Anlagen - Teil 100: Allgemeine Festlegungen; Änderung A1: Wiederkehrende Prüfungen, Ausgabe Juni 2017

[VDE-AR-N 4101:2011-08]

VDE-AR-N 4101 Anforderungen an Zählerplätze in elektrischen Anlagen im Niederspannungsnetz, Ausgabe August 2011 (zurückgezogen)

[VDE-AR-N 4101:2015-09]

VDE-AR-N 4101 Anforderungen an Zählerplätze in elektrischen Anlagen im Niederspannungsnetz, Ausgabe September 2015

[VDE-AR-N 4105:2011-08]

VDE-AR-N 4105 Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz, Ausgabe August 2011 (zurückgezogen)

[VDE-AR-N 4105:2018-11]

VDE-AR-N 4105 Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz, Ausgabe November 2018

[VDE AR-E-2100-712:2013-05]

VDE-AR-E 2100-712 Anwendungsregel: Maßnahmen für den DC-Bereich einer Photovoltaikanlage zum Einhalten der elektrischen Sicherheit im Falle einer Brandbekämpfung oder einer technischen Hilfeleistung, Ausgabe Mai 2013 (zurückgezogen)

[VDE AR-E-2100-712:2018-12]

VDE-AR-E 2100-712 Anwendungsregel: Maßnahmen für den DC-Bereich einer Photovoltaikanlage zum Einhalten der elektrischen Sicherheit im Falle einer Brandbekämpfung oder einer technischen Hilfeleistung, Ausgabe Dezember 2018

[VDE-AR-E 2283-4:2011-10]

VDE-AR-E 2283-618 Anforderungen für Leitungen für PV-Systeme, Ausgabe Oktober 2010 (zurückgezogen, ersetzt durch VDE-AR-E 2283-618:2015-11)

[VDE-AR-E 2283-618:2015-11]

VDE-AR-E 2283-618 Kabel und Leitungen – Leitungen für Photovoltaik Systeme, Ausgabe November 2015

[VDE 0185-305-3 Beiblatt 5:2014-02]

DIN EN 62305-3 VDE 0185-30-3 Beiblatt 5: Blitzschutz - Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen – Beiblatt 5: Blitz- und Überspannungsschutz für PV-Stromversorgungssysteme, Ausgabe Februar 2014

Literaturverzeichnis

[VDI 6012-1.1:2014-04]

VDI 6012 Regenerative und dezentrale Energiesysteme für Gebäude. Grundlagen - Blatt 1.1: Projektplanung und -durchführung. Hrsg.: Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, Januar 2016

[VDI 6012-1.2:2016-01]

VDI 6012 Regenerative und dezentrale Energiesysteme für Gebäude. Grundlagen - Blatt 1.2: Systemauswahl. Hrsg.: Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, Januar 2016

[VDI 6012-1.4:2016-01]

VDI 6012 Regenerative und dezentrale Energiesysteme für Gebäude. Grundlagen - Blatt 1.4: Befestigung von Solarmodulen und -kollektoren auf Gebäuden. Hrsg.: Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, Januar 2016

[WTA Merkblatt 6-1-01:2002]

Leitfaden für hygrothermische Simulationsberechnungen; Hrsg.: Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. -WTA-, Referat 6 Physikalisch-Chemische Grundlagen, München, Ausgabe Mai 2002

[WTA Merkblatt 6-2-14:2014]

Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse; Hrsg.: Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. -WTA-, Referat 6 Physikalisch-Chemische Grundlagen, München, Ausgabe Dezember 2014

[WTA Merkblatt 6-8-16:2016]

Feuchtetechnische Bewertung von Holzbauteilen - Vereinfachte Nachweise und Simulation; Hrsg.: Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. -WTA-, Referat 6 Physikalisch-Chemische Grundlagen, München, Ausgabe August 2016

[ZVDH Grundregel 1997]

Grundregel für Dachdeckungen, Abdichtungen und Außenwandbekleidungen; aufgestellt und herausgegeben vom Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik – e.V., Ausgabe September 1997

[ZVDH Regeln für Deckungen mit Ziegeln 1958]

Fachregel des Dachdeckerhandwerks: Regeln für Deckungen mit Ziegeln,; aufgestellt vom Zentralverband des Dachdeckerhandwerks e.V.; Ausgabe 1958, Helmut Gros Fachverlag Berlin NW 40 mit Berichtigung vom 25. Mai 1963

[ZVDH Fachregel Dachziegel und Dachsteine 2016]

Fachregel für Dachdeckungen mit Dachziegeln und Dachsteinen; aufgestellt und herausgegeben vom Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerk – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik – e.V.; Ausgabe Dezember 2012 mit Änderungen Februar 2016

[ZVDH Fachregel Schiefer 2016]

Fachregel für Dachdeckungen mit Schiefer; aufgestellt und herausgegeben vom Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerk – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik – e.V.; Ausgabe Februar 2016

[ZVDH Fachregel Faserzement-Dachplatten 2018]

Fachregel für Dachdeckungen mit Faserzementplatten; aufgestellt und herausgegeben vom Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerk – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik – e.V.; Ausgabe Mai 2018

[ZVDH Fachregel Faserzement-Wellplatten 2002]

Fachregel für Dachdeckungen mit Faserzementwellplatten; aufgestellt und herausgegeben vom Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerk – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik – e.V.; Ausgabe März 2002

Literaturverzeichnis

[ZVDH MB Unterdächer 2010]

Merkblatt für Unterdächer, Unterdeckungen und Unterspannungen; aufgestellt und herausgegeben vom Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik – e.V., Ausgabe Januar 2010

[ZVDH MB Einbauteile 2016]

Merkblatt Einbauteile bei Dachdeckungen; und herausgegeben vom Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik – e.V., Ausgabe Juli 2013, mit Ergänzungen bis Dezember 2016

[ZVDH MB Wärmeschutz 2018]

Merkblatt Wärmeschutz bei Dach und Wand, aufgestellt und herausgegeben vom Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik – e.V., Ausgabe Mai 2018

[ZVDH Metallarbeiten 2011]

Fachregel für Metallarbeiten im Dachdeckerhandwerk aufgestellt und herausgegeben vom Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik – e.V., Ausgabe März 2011

[ZVDH Merkblatt Blitzschutz 2011]

Merkblatt Äußerer Blitzschutz auf Dach und Wand. Hrsg.: Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik – e.V. (ZVDH), Köln; VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE) Ausschuss Blitzschutz und Blitzforschung (ABB), April 2011

[ZVDH Merkblatt Solartechnik 2001]

Merkblatt Solartechnik für Dach und Wand. Hrsg.: Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik – e.V. (ZVDH), Köln, Juni 2001

[ZVDH Merkblatt Solartechnik 2011-04]

Merkblatt Solartechnik für Dach und Wand. Hrsg.: Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik – e.V. (ZVDH), Köln, April 2011

[ZVDH Merkblatt Solartechnik 2011/2016]

Merkblatt Solartechnik für Dach und Wand. Hrsg.: Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik – e.V. (ZVDH), Köln, April 2011 (mit Änderungen Dezember 2016)

[ZVSHK Klempnerfachregeln 2016]

Richtlinien für die Ausführung von Klempnerarbeiten an Dach und Fassade (Klempnerfachregeln), herausgegeben vom Zentralverband Sanitär Heizung Klima (ZVHSK) im März 2016

Literaturverzeichnis

17.2 Fachbücher, Fachaufsätze und sonstige Veröffentlichungen

[AIBau 2013]

Oswald, R.; Sous, S.; Zöller, M.: Dauerhaftigkeit von diffusionsoffenen Unterspann- und Unterdeckbahnen unter Eindeckungen, Forschungsbericht des Aachener Instituts für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik gemeinnützige GmbH (AIBau), gefördert vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn, abgeschlossen 2013; Fraunhofer IRB Verlag F 2886 und www.aibau.de

[AIBau 2014]

Spilker, Ralf; Sous, Silke: Zuverlässigkeit von Holzdachkonstruktionen ohne Unterlüftung der Abdichtungs- oder Decklage; Forschungsbericht des Aachener Instituts für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik gemeinnützige GmbH (AIBau), gefördert vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn, Bauforschung für die Praxis, Band 115, Fraunhofer Verlag Stuttgart, 2015

[ARGEBAU 2008]

Hinweise und Beispiele zum Vorgehen beim Nachweis der Standsicherheit beim Bauen im Bestand. Stand 07.04.08. Hrsg.: Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz (ARGEBAU), www.dibt.de

[BBSR 2011]

Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB). Stand: 03.11.2011. Hrsg.: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bonn, www.nachhaltigesbauen.de

[BDH/BSW 2012]

Arbeitsblatt zur Ermittlung von Schneelasten an Solarthermischen Anlagen; Informationsblatt Nr. 49; Hrsg.: Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (BDH) und Bundesverband der Solarwirtschaft (BSW), Ausgabe Mai 2012

[BDH/BSW 2015]

Arbeitsblatt zur Ermittlung von Windlasten an Solarthermischen Anlagen; Informationsblatt Nr. 61; Hrsg.: Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (BDH) und Bundesverband der Solarwirtschaft (BSW), Ausgabe April 2015

[Bruch 2012]

Bruch, Hans-Jörg: Photovoltaik - eine Zusammenstellung von allgemeinen Informationen, sowie festgestellter Mängel und Schäden an Photovoltaikanlagen, auf Dächern. Hrsg.: Regulierungscenter NRW GmbH, Fachbereich Bauwesen, Bergisch Gladbach, März 2012

[BSW-Solar, BFSB, DGS, ZVEH 2011]

Brandschutzgerechte Planung, Errichtung und Instandhaltung von PV-Anlagen. Hrsg.: Bundesverband der Solarwirtschaft e.V. (BSW-Solar), Bundesvereinigung der Fachplaner und Sachverständigen im vorbeugenden Brandschutz e.V. (BFSB), Berufsfeuerwehr München, Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. (DGS) und Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke (ZVEH), Februar 2011

[BSW-Solar 2018]

Daten und Infos zur deutschen Solarbranche, Hrsg.: Bundesverband der Solarwirtschaft, www.solarwirtschaft.de

[Croissant 2012]

Croissant, André: Alles eitel Sonnenschein?! - Schäden vermeiden (3): Photovoltaikanlagen. In: EnEV im Bestand, Ausgabe 09/2012, Forum Verlag Herkert GmbH, Merching, S.44-48

[DGS Leitfaden 2012]

Photovoltaische Anlagen – Leitfaden für das Elektro- und Dachdeckerhandwerk, Fachplaner, Architekten, Ingenieure Bauherren und Weiterbildungsinstitutionen, Hrsg: Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie Landesverband Berlin Brandenburg e.V., 5. Auflage, DGS Berlin, 2012

Literaturverzeichnis

[DIHK Merkblatt 2018]

Merkblatt kleine PV-Anlagen: Hinweise zum Betrieb kleiner PV-Anlage und zum Ende der Förderdauer nach dem EEG, Hrsg: Deutscher Industrie- und Handelskammertag (DIHK) Berlin, 2. Auflage, 03.08.2018

[Effelsberg 2012]

Effelsberg, Heinz: Solaranlagen an Dach und Fassade, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln, 2012, S.74-82

[Fraunhofer ISE, TÜV Rheinland 2015]

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH; u. a.: Leitfaden – Bewertung des Brandrisikos in Photovoltaik-Anlagen und Erstellung von Sicherheitskonzepten zur Risikominimierung; Bezug über: TÜV Rheinland GmbH, Köln, 1. Auflage März 2015

[Frey 2013]

Frey, Martin: Bauwerkintegrierte Photovoltaik – Teil 4: Kosten & Wirtschaftlichkeit. In: Sonnenenergie, Ausgabe 03/2013 Mai-Juni, Präsidium der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS), Berlin S. 26-29

[Gebäudehülle Schweiz – MB Steildach 2018]

Merkblatt – Montage von Photovoltaik-Anlagen (PV) und Solarthermie-Anlagen (WW) im Steildach. Hrsg.: Gebäudehülle Schweiz, Verband Schweizer Gebäudehüllen-Unternehmungen, Uzwil (CH), Ausgabe: 07.03.2018

[Gebäudehülle Schweiz – MB Indach 2018]

Merkblatt – Erläuterungen zum Vergleich dachintegrierter Photovoltaik-Systeme. Hrsg.: Gebäudehülle Schweiz, Verband Schweizer Gebäudehüllen-Unternehmungen, Uzwil(CH), Ausgabe: 14.03.2018

[Haselhuhn 2010]

Haselhuhn, Ralf: Photovoltaik - Gebäude liefern Strom, BINE Informationsdienst, FIZ Karlsruhe, 6. Auflage, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2010

[Haselhuhn 2012]

Haselhuhn, Ralf: Bauregeln für die Solartechnik – DIBT veröffentlicht Hinweisblatt und Bauregellisten. In: Sonnenenergie, Ausgabe 4/2012 Juli-August, Präsidium der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS), Berlin, S. 36-38

[Haselhuhn 2013]

Haselhuhn, Ralf: Photovoltaik - Gebäude liefern Strom, BINE-Fachbuch, 7. vollst. überarb. Aufl. FIZ Karlsruhe BINE Informationsdienst Bonn, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2013

[Holzapfel 2011]

Holzapfel, Walter: Solardächer. In: Moderne Dächer – richtig planen, ausführen und Schäden vermeiden, 84. Gießener BDB-Baufachseminar am 23. September 2011, Tagungsband, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, S.55-62

[Holzapfel 2013]

Holzapfel, Walter: Solardachkonstruktionen In: Dächer, Erweitertes Fachwissen für Sachverständige und Bau fachleute, 2. aktual. Auflage, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2013

[Holzapfel 2015]

Holzapfel, Walter: Kompendium der Schadensursachen. Fehleranalyse und Ursachenvermeidung. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2015

[Holzapfel 2015]

Holzapfel, Walter: Typische Schäden am Dach; Erkennen – vermeiden - beheben, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln, 3. Auflage, Köln 2015

[Krüger, Teichmann, Despinasse, Klaffke 2014]

Krüger, Simone; Teichmann, Bernd; Despinasse, Marie; Klaffke, Benjamin: Systematische Untersuchung des Brandverhaltens und des Feuerwiderstandes von PV-Modulen einschließlich der Emissionen im Brandfall und Entwicklung eines Prüfverfahrens zum Einfluss von PV-Modulen auf die harte Bedachung. IRB-Verlag, Stuttgart, Januar 2014 (Forschungsarbeit mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau gefördert)

Literaturverzeichnis

[Landesfeuerwehrschule Schleswig Holstein 2011]

Leitfaden Photovoltaik: Hinweise im Umgang mit Photovoltaikanlagen im Feuerwehreinsatz. Hrsg.: Innenministerium des Landes Schleswig Holstein, Landesfeuerwehrschule, Harrislee, Januar 2011

[RAL GZ 966 Solarenergieanlagen 2008]

RAL GZ 966 – Solarenergieanlagen. Hrsg.: Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V., Sankt Augustin, August 2008

[RAL GZ 966 Solarenergieanlagen 2018]

Solarenergieanlagen – Gütesicherung RAL GZ 966. Hrsg.: Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V., Sankt Augustin, Juli 2018

[Schröder 2011]

Schröder, Wolfgang: Qualitätsmängel bei Photovoltaik-Dachanlagen. In: Der Bausachverständige, Teil 1 Ausgabe 06/2011, S.19-22, Teil 2 Ausgabe 01/2012, S.24-26, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart

[Schröder 2015]

Schröder, Wolfgang: Inspektion, Prüfung und Instandhaltung von Photovoltaikanlagen. Analyse, Bewertung und Instandsetzung. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2015

[Swissolar 2017]

Stand-der-Technik-Papier zu VKF Brandschutzmerkblatt Solaranlagen. Hrsg.: SWISSOLAR - Schweizerischer Fachverband für Sonnenenergie, Zürich (CH), Ausgabe 06-2017

[vdd 2013]

Merkblatt Solar: Techn. Merkblatt für Dachabdichtungen mit Bitumenbahnen bei Beanspruchung durch Solaranlagen. Hrsg.: vdd Industrieverband Bitumen-Dach- und Dichtungsbahnen e. V., Frankfurt/Main, Mai 2013

[VDS Photovoltaikanlagen 2017-11]

Photovoltaikanlagen, Publikation der deutschen Versicherer (GDV e.V.) zur Schadenverhütung; erarbeitet von der VDE Renewables GmbH und dem Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV); Verlag: VDS Schadenverhütung GmbH, Köln

[Zapfe: Windlasten 2012]

Zapfe, Cedrik: Fachliche Stellungnahme: Windlasten bei unterströmten Solarmodulen mit verschiedenen Neigungen. www.ing-zapfe.de, April 2012

[Zapfe: Stock-/Stahlschrauben 2014]

Zapfe, Cedrik: Fachliche Stellungnahme: Durchdringende Befestigung von Solaranlagen mit Stockschrauben bzw. Stahlschrauben. www.ing-zapfe.de, April 2014

[Zapfe: ZiE 2014]

Zapfe, Cedrik: Fachliche Stellungnahme: Zustimmung im Einzelfall. www.ing-zapfe.de, Juli 2014

[Zapfe: Temperatur 2014]

Zapfe, Cedrik: Fachliche Stellungnahme: Einfluss klimatischer Temperaturschwankungen auf Solaranlagen. www.ing-zapfe.de, September 2014

[Zöller 2015]

Zöller, Matthias: Thermische Solaranlagen – tickende Zeitbomben? In: IBR, Ausgabe 03/2015, id Verlags GmbH, Mannheim, S. 111

[ZVDH 2005]

ZVDH: Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik, Fachbuch für die Aus- und Weiterbildung im Dachdeckerhandwerk, Hrsg.: Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik e.V., 7. überarbeitete Auflage, Juni 2005

Literaturverzeichnis**17.3 Produktinformationen**

Produktinformationen u. a. folgender Hersteller von Deckmaterialien, Aufstellsystemen, Zubehör und Befestigungsmitteln:

Aixtra Solar	Flender Flux	Profinal
Bauder	Heuel	Renusol
BayWa r.e.	IBC SOLAR	Rheinzink
Braas	K2 Systems	Röder-Maschinenbau
Citrin Solar	Kalzip	Schletter
Creaton	Kloeber	Schweizer
Creotecc	Lorenz	Solar World
Ejot	Metecno	Wasi
Erlus	Mounting Systems	Wienerberger
Etasol	Nelskamp	Würthdd
Fischerprofil	Pro Energy Solutions	
Fleck Solar	Profiltec	