



Solaranlagen auf Flachdächern im Bestand

Forschungsarbeit	SWD – 10.08.18.7-13.31 / II 3 – F20-11-1-145 Gefördert vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Bearbeitern.
Bearbeitet durch:	AIBAU – Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik, gGmbH, Aachen
Projektleiter:	Prof. Dipl.-Ing. Matthias Zöllner
Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Ralf Spilker Dipl.-Ing. Géraldine Liebert Dipl.-Ing. Martin Oswald, M.Eng. Prof. Dipl.-Ing. Matthias Zöllner

1. Anlass/Ausgangslage

Solaranlagen wurden in den vergangenen zwei Jahrzehnten vielfach auf Flachdächer im Bestand gebaut. Dabei sind teils umfangreiche Schäden entstanden, weil einerseits die Dachflächen in der Regel nicht für eine solche Nutzung konzipiert sind und weil andererseits die Aufsteller die Funktionsweise von Dachabdichtungen und Dachaufbauten nicht in ihre Planung und Ausführung mit einbezogen haben.

Die Regelwerke zu Flachdachabdichtungen sind auf diese relativ neue Nutzung bis heute nicht im erforderlichen Maße eingegangen. Daher war eine Erfassung und Dokumentation typischer Schadensvorgänge erforderlich, um daraus Hinweise und Empfehlungen zur Schadensvermeidung im Hinblick auf die Flachdachsichten ableiten zu können.

2. Erfahrungen mit Solaranlagen auf Bestandsflachdächern

Es wurden insgesamt 1.488 öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige für Schäden an Gebäuden und des Dachdeckerhandwerks zu ihren Erfahrungen befragt. 138 davon haben geantwortet. Von insgesamt 105 Gebäuden wurde berichtet, dass keine Schäden an den Flachdächern durch die nachträgliche Montage entstanden sind. Allerdings traten bei insgesamt 149 Gebäuden Schäden auf. Zusätzlich wurden Mitgliedsunternehmen des Bundesverbands der Solarwirtschaft befragt, von denen acht geantwortet haben.

Die Standzeit der schadensfreien Dächer wurde zwischen null und 40 Jahren angegeben und verteilt sich relativ gleichmäßig auf folgende Zeitspannen: 0-5 Jahre (9 Nennungen), 5-10 Jahre (12 Nennungen) und mehr als 10 Jahre (7 Nennungen).

Als hauptsächliche Schadensursachen wurden die Durchdringung der Dachhaut durch Befestigungselemente (30 Nennungen) sowie die unzureichende Prüfung des Untergrundes vor der Montage (26 Nennungen) genannt. Weiterhin wurde die Vorschädigung der Abdichtung, z. B. durch Alterung (19 Nennungen), eine für die zusätzliche Belastung nicht ausreichende Dimensionierung des Tragwerks (14 Nennungen) sowie eine unzureichende Windsogsicherung der Solar-/Photovoltaikanlagen (12 Nennungen) bemängelt.

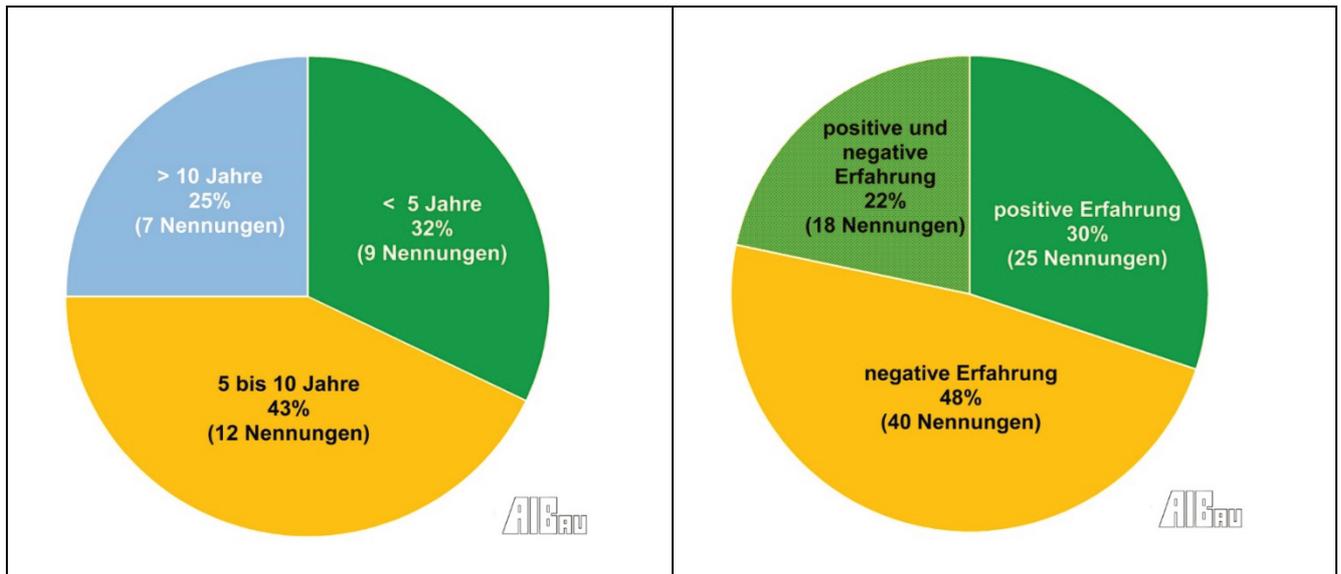


Abb. 1

Standzeiten der **schadensfrei** auf Flachdächern im Bestand montierten PV-/Solaranlagen

Abb. 2

Anzahl der Antworten mit positiver und negativer Erfahrung zu nachträglich auf Bestandsdächern installierten Solaranlagen

Die negativen Erfahrungen lassen sich in vier Gruppen unterteilen:

1. Schäden durch mangelhafte Berücksichtigung des Untergrundes
2. Schäden durch unzureichende Planung
3. Schäden durch Missachtung der Fachregeln der Abdichtungstechnik
4. Schäden durch unzureichende Fixierung auf der Dachfläche

Zur ersten Gruppe gehört die unzureichende Prüfung des Untergrundes in Bezug auf die Tragfähigkeit und den Dachaufbau, die Vorschädigung der Abdichtung (z. B. durch Alterung) oder des Aufbaus (z. B. durch Mängel in den Bauteilschichten) und der vorhandenen Gefällegebung. Wenn Solaranlagen kurz nach der Montage wieder abgebaut werden müssen, um Schäden am Dachaufbau untersuchen und von evtl. Vorschäden abgrenzen zu müssen, entstehen zusätzliche Investitionskosten für Demontage und Neu-Montage. Ist der Zustand der Dachfläche vor der Montage nicht dokumentiert, ergeben sich hohe Haftungsrisiken für die Aufsteller.

Als Schadensursachen der zweiten Gruppe sind die unzureichende Windsogsicherung, die Unzulänglichkeit oder die Missachtung der Vorgaben von Herstellern der Aufstellsysteme, das Fehlen von Abständen zu Dachrändern, Lichtkuppeln etc., und die adhäsive Befestigung auf der Dachbahn ohne bauaufsichtlichen Nachweis zu nennen. Das Abheben von indirekt befestigten Solaranlagen ist sicherlich

Kurzbericht

die größte Gefahr für die Öffentlichkeit. Geplante Ballastierungen werden nicht ausgeführt oder zweckentfremdet, Herstellerangaben nicht eingehalten oder auf Untergründen angewendet, für die sie nicht konzipiert wurden, oder es sollen Windsogkräfte von dem Abdichtungsmaterial selbst aufgenommen werden, obwohl dafür weder hinreichende technische noch bauaufsichtliche Nachweise vorliegen.

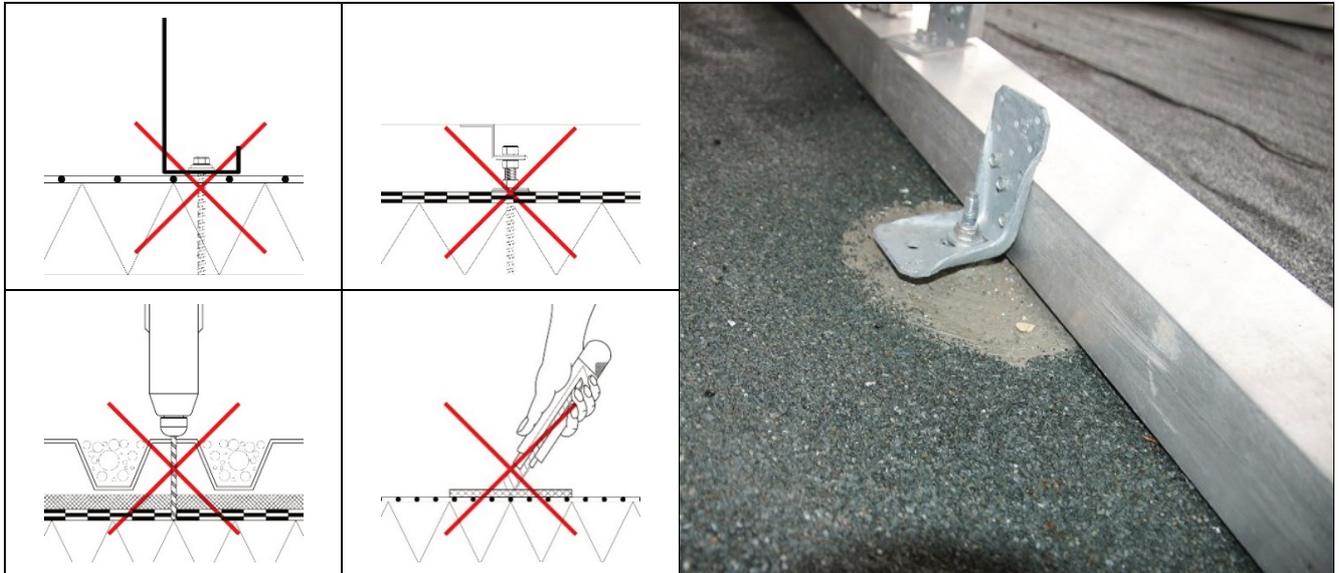


Abb. 3

Leckagen in der Dachabdichtung durch nicht fachgerechte Planung (oben) und Beschädigungen bei der Montage (unten)

Abb.4

Nicht fachgerechte Planung der Befestigung und unsachgemäßer Versuch der Eindichtung durch Flüssigkunststoff

Zur dritten Gruppe gehören Befestigungsvarianten der Solarelemente, die erkennen lassen, dass die Kompetenz für die Abdichtungstechnik fehlt, z. B. stabförmige Befestigungselemente, die die Abdichtung durchdringen und laienhafte Versuche, diese Leckagestellen abzudichten, sowie Beschädigungen der Abdichtung während der Montage. Undichtigkeiten des Dachaufbaus, die durch die Montage der Solaranlage entstehen, lassen sich ggf. nicht genau orten und haben daher nicht selten ebenfalls den Abbau der kompletten Solaranlage zur Folge.

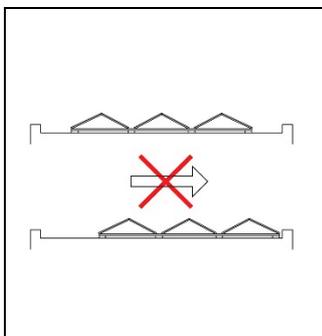


Abb. 5

Eine Horizontalverschiebung ballastoptimierter Solaranlagen muss vermieden werden.

Abb. 6

Horizontalverschiebung einer Solaranlage über den freien Dachrand



Als vierte Gruppe sind unzureichende Sicherungen gegen Horizontalverschiebung bei ballastoptimierten Anlagen zu nennen. Der Trend zu immer leichteren Anlagen, deren Ballastierung aufgrund von aerodynamischen Studien minimiert werden kann, erhöht aufgrund der größeren Modulfelder die Gefahr von sogenannten „Temperaturwanderungen“. Da die Haftreibungseigenschaften zwischen Dach-

bahn und Auflagerfläche nicht vollständig sicher vorhersagbar sind, besteht die Gefahr der Horizontalverschiebung bei Sturmböen. Bei Dächern ohne stabile Attikaaufkantung droht deshalb der Absturz der Anlagen vom Dach.

Die positiven Erfahrungen mit Solaranlagen auf Flachdächern im Bestand sind offenbar in erster Linie darauf zurückzuführen, dass vor der Entscheidung über die Aufstellung einer Solaranlage eine gründliche Beurteilung des vorhandenen Daches stattgefunden hat, dass die Anlage auf einem druckstabilen Dachaufbau mit ausreichender Ballastierung errichtet oder dass eine direkte Befestigung der Solaranlage mit fachgerechter Eindichtung der Stützen durchgeführt wurde. Auch aufgrund einer regelmäßigen Wartung (z. B. Kontrolle der Schutzmatte, Freimachen des Wasserabflusses) konnten offenbar größere Schäden vermieden werden. Neue Arten von Auflagertypen auf der Dachhaut (aus Kunststoff oder EPDM) wurden entwickelt, um die Haftreibung auch auf glatten Kunststoffbahnen zu erhöhen und die Gefahr von Horizontalverschiebungen zu vermindern. Direkte Lagesicherungen mithilfe von fachgerecht eingedichteten Fixierstützen lassen eine stabile Funktionstüchtigkeit von Dachaufbau und Solaranlage erwarten.

3. Vorhandene Regelwerke

Die Regelwerke zur Abdichtung von Flachdächern – in erster Linie die Flachdachrichtlinie des Zentralverbands des deutschen Dachdeckerhandwerks sowie die DIN 18531 (bisher schon für nicht genutzte Dächer gültig und als Nachfolgenorm eines Teils der DIN 18195 auch für genutzte) – werden zum Zeitpunkt der Fertigstellung des vorliegenden Berichts gerade überarbeitet. Bisher sind in den alten Fassungen nur wenige Kriterien für die Aufstellung von Solaranlagen enthalten, insbesondere nicht zur Auflagerung auf Bestandsdächern. Es gibt aber von einzelnen Verbänden der Dachbahnhersteller sowie der Metallindustrie gut brauchbare Hinweise im Hinblick auf die erforderlichen Voraussetzungen für die Aufstellung von Solaranlagen, sodass sich abzeichnet, dass auch die Neufassung der o.g. Regelwerke entsprechende Mindestanforderungen enthalten. Auch das im Januar 2016 neu erschienene Blatt 1.4 der VDI 6012 enthält im Hinblick auf die Dimensionierung der Anlagen wertvolle Vorgaben. Anforderungen an den Brand- und Blitzschutz sind auch nach den bestehenden Richtlinien, die für die Bestandsgebäude gelten, einzuhalten. Anforderungen an den Unfallschutz bei Arbeiten an Solaranlagen im Hinblick auf Absturzsicherungen der Monteure und des Wartungspersonals wurden kürzlich von den Unfallversicherern zusammengefasst.

4. Hinweise und Empfehlungen

Die aus den Umfragen und den bestehenden Regelwerken sowie den eigenen Erfahrungen mit Schadensfällen und Forschungsarbeiten zu ziehenden Schlussfolgerungen werden im Bericht als Hinweise und Empfehlungen jeweils in Bezug auf die Aufstellsysteme, auf die Dachkonstruktion, auf die Dachabdichtungsstoffe, auf die Verlegeart, auf die Wärmedämmstoffe und die Gefällegebung formuliert und in einer Art Checkliste in Verbindung mit allgemeinen Anforderungen zusammengefasst.

Der Entscheidung über eine Aufstellung mit Solaranlagen muss in erster Linie eine gründliche Bestandsaufnahme der Tragkonstruktion und des Dachaufbaus durch Planer und Dachdecker vorausgehen. Das Anlegen einer ausreichenden Zahl von Öffnungsstellen ist dazu erforderlich.

4.1 Tragkonstruktion

Bei Untersuchungen des Tragwerks sollen nicht nur die Dimensionen und die Materialien festgestellt werden, sondern auch eventuelle Schäden durch Korrosion oder bereits vorliegende Überlastung. Dies gilt insbesondere für nicht einsehbare Teile. Bis vor einigen Jahren war es z. B. üblich, durch Verzinkung korrosionsgeschützte Stahltrapezbleche einzusetzen. Nachdem in wenigen Fällen die Obergurte der Bleche, von der Raumseite aus unbemerkt, von oben aufgrund unzureichendem Kontakt mit CO₂ korrodierten und deswegen nicht mehr ausreichend tragfähig waren, wurde der Korrosionsschutz durch eine zusätzliche Kunststoffbeschichtung ergänzt. Dies ist vor Ort zu überprüfen. Ebenso können Träger innerhalb von Wandquerschnitten durch Korrosion stark geschädigt sein, ohne dass dies von der Raumseite aus sichtbar ist.

Leider wurden in der Vergangenheit Tragwerke nicht nur unzureichend bemessen, sondern auch mit zu geringen Dimensionen errichtet. In einigen Fällen fehlten Wind- oder Torsionsaussteifungen von Trägern. Auch wenn solche Gebäude teilweise über Jahrzehnte schadensfrei stehen, genießen Sie auch bei unveränderter Nutzung keinen Bestandsschutz, wenn die Standsicherheit gefährdet ist. Dies gilt umso mehr beim Aufbringen von zusätzlichen Lasten, z. B. durch Solarmodule.

4.2 Dachabdichtung

Bei einer Einschätzung der Qualität einer vorhandenen Bitumendachabdichtung sind neben der Oberflächenbeschaffenheit die Funktionstüchtigkeit von Nahtverbindungen, der Randanschlüsse und der sonstigen Anschlussausbildungen durch einen Dachdecker zu überprüfen. Die Oberfläche von Bitumenbahnen sollte weder eine Krakelee-Rissbildung als Zeichen fortgeschrittenen Alters (Versprödung) aufweisen noch Rissbildungen über Fugen und Stößen im Untergrund. Die Ursachen von Faltenbildungen sollten ermittelt werden, damit entschieden werden kann, ob die Bewegungen abgeschlossen sind. Blasenbildungen sind Zeichen von lückenhafter oder ungeeigneter Verklebung der Bahnen untereinander. Bei Blasenbildungen wird allerdings auch nach vereinzelter Beseitigung davon auszugehen sein, dass die Dachabdichtung zusätzlich an anderen Stellen eine unzureichende Verklebung aufweist und daher einen größeren Instandhaltungsaufwand erwarten lässt. In diesem Fall ist eine Erneuerung der Dachabdichtung vor dem Aufstellen einer Solaranlage zu empfehlen.

Bei Kunststoffdachbahnen besteht häufig das Problem, dass das Material nicht eindeutig identifizierbar ist. In diesen Fällen sollte eine Materialprobe entnommen und von einem Labor bestimmt werden.

Zeigt die Kunststoffdachbahn Anzeichen chemischer Veränderungen, sollte vor der Aufstellung einer Solaranlage die Dachabdichtung erneuert werden. Anzeichen einer Materialveränderung sind z. B. ein

Faltenwurf an Randanschlüssen bei ansonsten glatter Dachbahn in der Fläche, was auf Schrumpfprozesse hinweist. Zeigt die Bahn wellenförmige Auffaltungen in der Fläche, ist sie möglicherweise gequollen. Eine Materialveränderung liegt auch vor, wenn die Bahn gegenüber abgedeckten oder überklebten Teilbereichen der Bahn eine andere Oberfläche, insbesondere z. B. eine Art „Orangenhaut“, zeigt. Bei Kunststoffbahnen ohne Einlagen und/oder Verstärkungen besteht ein Risiko, dass es bei extremen Witterungsbedingungen (langanhaltende Kälteperiode) zum sogenannten „Shattering“-Effekt kommt. Damit ist das glasartige Zersplittern großer Dachflächenbereiche bzw. eine instabile Rissausbreitung gemeint. Da die Ursachen für diesen Effekt bislang nicht eindeutig bestimmbar sind, kann auch durch eine Materialuntersuchung keine Aussage über die Wahrscheinlichkeit des Eintretens getroffen werden. In diesen Fällen sollte vor der Aufstellung einer Solaranlage eine neue Abdichtungsbahn eingebaut werden.

Außerdem sollten bei Kunststoffbahnen folgende Empfehlungen beachtet werden: Die Bahndicke sollte mindestens 1,5 mm betragen. Die Nahtverbindungen sollten homogen verschweißt sein. Ist die Nahtabdichtung mit Selbstklebebändern ausgeführt, sollte darauf geachtet werden, dass keine mechanische Beanspruchung, z. B. durch Horizontalverschiebung der Anlage, auf die Nähte einwirken kann.

Die Dachbahn sollte reparierbar sein, d. h., nicht aus Materialien bestehen, die sich auf dem Dach nicht homogen verschweißen lassen, und auch nicht so alt und verschmutzt sein, dass die Verschweißung nicht mehr möglich ist. Die Dachbahn sollte mikrobebeständig sein, d. h. auch für die Verlegung unter Kies vom Hersteller zugelassen sein. Es muss geklärt werden, ob Unverträglichkeiten zwischen dem Bahnenmaterial und den Auflagerflächen der Solaranlage bestehen.

Bei fachgerecht verlegten Dachbahnen und leichtem Oberflächenschutz kann mit einer Lebensdauer von ca. 20 Jahren, bei solchen unter schwerem Oberflächenschutz mit einer Lebensdauer von ca. 30 Jahren gerechnet werden.

In vielen Fällen wird die Dachabdichtung den ersten Teil ihrer technischen Lebensdauer weit überschritten haben, sodass vor der Aufstellung zu entscheiden ist, ob sie vollständig erneuert oder durch das Aufbringen einer zusätzlichen oberen Lage so instandgesetzt werden kann, dass eine „Solaranlagen-gerechte“ Lebensdauer erreicht werden kann.

Wenn das Alter der bestehenden Dachabdichtung fünf Jahre (bzw. 10 Jahre bei schwerem Oberflächenschutz) übersteigt, sollte von einem Sachverständigen entschieden werden, welche Instandsetzungs- oder Modernisierungsmaßnahmen erforderlich sind, damit eine Nutzungsdauer der Dachabdichtung annähernd der der Solaranlage (etwa 20 Jahre) erreicht werden kann. Alternativ sollte mit dem Eigentümer der Dachfläche abgestimmt werden, dass eine Instandsetzung innerhalb der Standzeit der Solaranlage zu erwarten und deren temporärer Abbau erforderlich ist.

4.3 Wärmedämmung

Wärmedämmstoffe müssen die Druckbelastung aus der Auflast des PV-Systems übertragen. Bei Hartschäumen aus expandiertem Polystyrol (EPS), extrudiertem Polystyrol (XPS), Polyurethan (PUR) bzw. Polyisocyanurat (PIR) ist das in der Regel unkritisch.

Kurzbericht

Wärmedämmstoffe aus druckfester Mineralwolle in Warmdächern (meist aus Steinwolle) können in der Regel ebenfalls die Lasten von PV-Anlage abtragen. Sie verlieren allerdings deutlich an Druckfestigkeit bei häufiger Druckbelastung. Insbesondere besteht diese Gefahr bei der Montage oder Wartung der Solaranlage. Daher sollten Montage- und Wartungswege bei diesen Dämmstoffen mit lastverteilenden Platten ausgelegt werden. Darüber hinaus empfiehlt sich eine zumindest stichprobenartige Überprüfung und Dokumentation der vorhandenen Druckfestigkeit (und ggf. des Feuchtegehalts der Dämmung) vor der Montage, um evtl. Streit über Folgeschäden der Montage zu vermeiden.

Die tatsächliche Druckfestigkeit der vorhandenen Dämmplatten ist ein wesentlicher Aspekt, der bei der Planung berücksichtigt werden soll. Eine verringerte Druckfestigkeit muss nicht zwangsläufig zum Austausch der Dämmplatten führen, wenn durch lastverteilende Maßnahmen eine auf Dauer hinreichende Formstabilität gewährleistet werden kann. Alternativ könnten Solarmodule durch den Dachaufbau hindurch direkt mit der Unterkonstruktion verbunden werden, wodurch auf Dämmung und Abdichtung keine zusätzlichen Einwirkungen entstehen.

Bei vorhandener Feuchtigkeit im Dämmstoff sollte untersucht werden, welche Ursachen dieser Zustand hat und ob sich dieser Feuchtegehalt schädigend auf die Funktionstüchtigkeit des Dachaufbaus auswirken kann. In vielen Fällen ist ein leicht erhöhter Feuchtegehalt im Dämmstoff vorhanden, der aber den Wärmeschutz nur in relativ geringfügigem Umfang erhöht, bei Schaumkunststoffen nicht zur einer Verringerung der Druckbelastbarkeit führt und daher nicht zwangsläufig den Austausch der Dämmung erfordert. Die Verfasser haben zu diesem Problemkreis in der Vergangenheit mehrere Untersuchungen durchgeführt.

Ob ein durchfeuchteter Dachaufbau ausgetauscht werden muss oder verbleiben und ggf. ergänzt werden kann, ist daher eine (verantwortungsvolle) Entscheidung im Einzelfall, die unter Berücksichtigung der finanziellen Möglichkeiten und der Prognose der weiteren Nutzungsdauer getroffen werden muss. Weiterhin ist zu beachten, dass unter der Rahmenbedingung, dass unter einer neu errichteten Solaranlage Maßnahmen nur mit erhöhtem Aufwand durchgeführt werden können. Entscheidet man sich für die Beibehaltung eines Dachaufbaus mit durchfeuchteten Dämmschichten, ist unter Berücksichtigung eines vertretbaren Aufwands die Feuchteverteilung und der -umfang zu ermitteln (meist sind vergleichsweise klar begrenzte Teilbereiche betroffen). Diese Feststellungen sind zu dokumentieren, um durch einen Vergleich bei späteren Untersuchungen die Entwicklung des Zustands des Daches bestimmen zu können. Steht flüssiges Wasser im Dachaufbau, sollten Maßnahmen zum wiederholten Wasserabsaugen ergriffen werden. Außerdem ist zu überlegen, ob der Wärmeschutz verbessert werden muss oder verbessert werden kann.

5. Allgemeine Empfehlungen

Die aus den Umfragen und den bestehenden Regelwerken sowie den eigenen Erfahrungen mit Schadensfällen und Forschungsarbeiten zu ziehenden Schlussfolgerungen werden im Bericht als ausführliche Hinweise und Empfehlungen in Bezug auf die Aufstellsysteme, die Dachkonstruktion, das Material

der Dachabdichtung und der Wärmedämmung sowie als allgemeine Hinweise formuliert. Voraussetzungen für eine schadensfreie Aufstellung von Solaranlagen auf Bestandsdächern sind:

1. Eine gründliche **Bestandsaufnahme** der Tragkonstruktion, des Dachaufbaus, der Anforderungen an das Bestandsgebäude, deren Dokumentation und die daraus abgeleitete Festlegung vorbereitender Instandsetzungs- oder Modernisierungsarbeiten. Es empfiehlt sich, entsprechend fachkundige Bauplaner (Architekten, Statiker) und Dachdecker hinzuziehen.
2. Eine umfassende **Planung** der Solaranlage mit Festlegung der Verantwortlichkeiten, ausführlicher statischer Berechnung unter Einbeziehung der Lasteinleitung durch den Dachaufbau, Festlegung von Maßnahmen zum Brand- und Blitzschutz sowie zur Absturzsicherung.
3. Eine sorgfältige **Montage** unter Berücksichtigung der Herstellervorgaben und unter Einbeziehung von Schutzmaßnahmen für den Dachaufbau während der Montage.
4. Eine regelmäßige **Wartung** der Anlage sowie eine Sichtung nach außergewöhnlichen Witterungsereignissen.

6. Fazit

Flachdächer, auf denen Solarmodule aufgestellt werden, zählen normativ zukünftig berechtigterweise als genutzte Dächer mit einer Sondernutzung für haustechnische Einrichtungen. Zunächst sind für die Installation von Solarmodulen auf bestehenden Dächern die gleichen Anforderungen zu stellen wie an die Errichtung auf neuen Dächern. Da aber bestehende Dächer in der Regel zum Errichtungszeitpunkt nicht für die spätere Montage von Solarmodulen konzipiert wurden, hätte eine strenge Prüfung nach den gleichen Standards zur Folge, dass regelmäßig auf bestehende Dächer keine Solarmodule aufgestellt werden können. Wenn z. B. die Druckfestigkeit der Wärmedämmung nicht den neuen Anforderungen entspricht, stellt sich die Frage, ob dennoch die Dachfläche für das Aufstellen geeignet ist. Falls die obere Abdichtungslage beginnende Korrosionserscheinungen aufzeigt, ist festzulegen, ob die Abdichtung ohne weitere Bearbeitung, mit einer zusätzlichen Decklage genutzt werden kann oder insgesamt modernisiert werden muss. Dabei ist die Nutzungsphase des Dachs über die übliche Nutzungsdauer von Solaranlagen im Auge zu behalten, um die ökonomische Rentabilität nicht zu gefährden. Andererseits sollen überzogene Anforderungen an den Gebäudebestand nicht die Nutzung von Sonnenenergie verhindern, indem in Grenzfällen die Wirtschaftlichkeit, wegen zusätzlich erforderlicher Maßnahmen an einer Dachfläche, infrage gestellt wird.

Unter der Voraussetzung, dass die erarbeiteten Hinweise und Empfehlungen berücksichtigt werden, können Solaranlagen schadensfrei auf Flachdächern im Bestand aufgestellt werden und sinnvoll zur regenerativen Deckung des Energiebedarfs beitragen.