



BRÄNDE AN THERMISCHEN SOLARANLAGEN

Auf immer mehr deutschen Dächern finden sich neben Photovoltaikmodulen, die der Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie dienen, auch Solarkollektoren, welche die Sonnenenergie in nutzbare Wärmeenergie umwandeln. Dass es vereinzelt zu einer Brandinitiierung in oder an Photovoltaikanlagen kommen kann, ist ein bekanntes Phänomen und wird in Fachkreisen viel diskutiert. Auch sind hier schon einige Rückrufaktionen bekannt geworden. Es erscheint auf den ersten Blick etwas überraschend, dass es aber auch in Solarkollektoren zu einer Brandentstehung kommen kann. Bei intensiver Betrachtung dieses Problems findet sich aber eine relativ einfache Erklärung.

Allgemeine Informationen zu Solaranlagen

MARKTDATEN

In Deutschland waren Anfang 2013 etwa 1,8 Millionen thermische Solaranlagen – auch Solarthermieanlagen oder Solarwärmeanlagen genannt – mit einer Kollektorfläche von 16,5 Millionen Quadratmetern installiert (Quelle: BSW-Solar, BDH, Stand 1/2013). Die durchschnittlichen jährlichen Zuwächse betragen circa 140.000 Anlagen, mit einer Kollektorfläche von über 1 Million Quadratmeter (**Bild 1**).

In solarthermischen Anlagen wird einstrahlte Sonnenenergie in nutzbare thermische (Wärme-)Energie umgewandelt. Die durchschnittliche Wärmeeinstrahlung auf der Erde beträgt in Abhängigkeit von der geografischen Lage und der Witterung über einen 24-Stunden-Rhythmus 165 W/m². In Europa ist bei Sonnenschein in Abhängigkeit vom Sonnenstand und der Jahreszeit mit einer Energieeinstrahlung von 200 bis 1.000 W/m² zu rechnen. Insgesamt erreicht die Menge der auf der Erde auftretenden Sonnenenergie einen Wert, der mehr

als zehntausendmal größer als der aktuelle Energiebedarf der Menschheit ist.

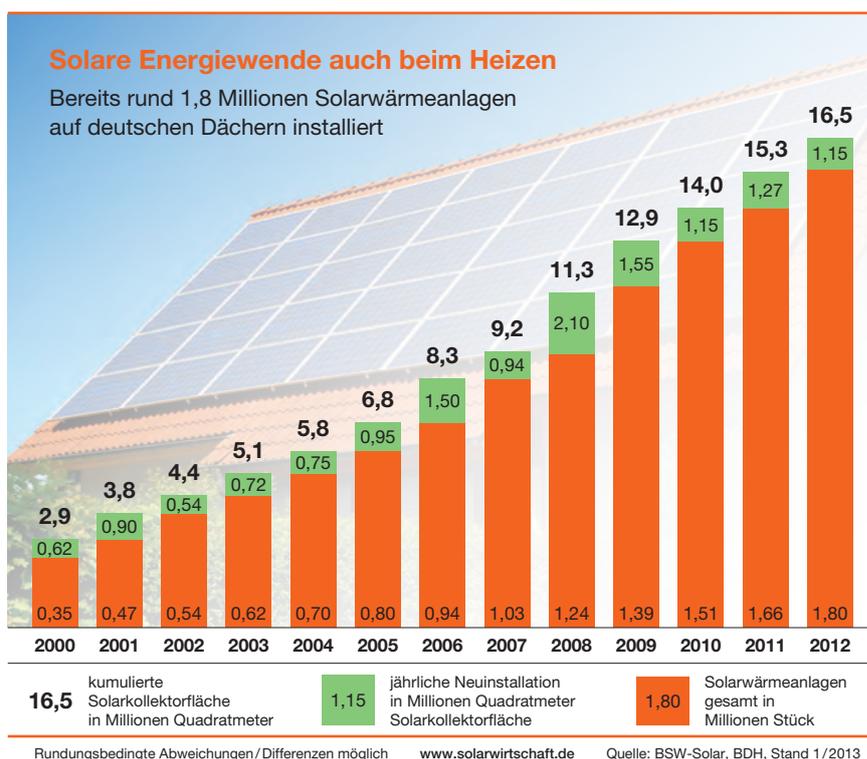
Solarthermieanlagen dienen der Trinkwassererwärmung und ggf. der Heizungsunterstützung. Es ist zu erwarten, dass die Anzahl der installierten thermischen Solaranlagen und damit auch die Größe der Kollektorflächen in den nächsten Jahren noch deutlich gesteigert werden. Hintergrund dieser Erwartung sind unter anderem die kontinuierlich steigenden Energiepreise und die im Jahr 2007 von der Bundesregierung beschlossenen Klimaschutzziele mit den daraus resultierenden verschärften Anforderungen der Energieeinsparverordnung. In den Klimaschutzzielen wurde eine Senkung des CO₂-Ausstoßes in Deutschland bis zum Jahr 2020 um 40 % und ein Umstieg auf erneuerbare Wärmeenergiequellen gesetzlich festgeschrieben. Für Neubauten und grundlegend sanierte Bestandsbauten müssen

aktuell 15 % der Heizenergie aus erneuerbaren Energiequellen stammen. Realisiert wird dies in der Regel durch die Installation einer thermischen Solaranlage zur Warmwasserbereitung oder bei deutlicher Übererfüllung der gesetzlich vorgeschriebenen Mindestanforderungen auch in Kombination mit einer Heizungsunterstützung.

Aufbau und Funktion von Solaranlagen

Die in Deutschland am weitesten verbreitete und einfachste Form einer Solarthermieanlage stellt eine Anlage zur Trinkwassererwärmung dar. Diese besteht in der Regel aus mehreren Kollektoren, einem Pufferspeicher, einer Pumpenbaugruppe, einer Regelung und der Verrohrung, durch die eine Wärmeträgerflüssigkeit fließt. Die Dimensionierung der Kollektoren und des

Bild 1 | Entwicklung der in Deutschland installierten Solarwärmeanlagen (Stand 1/2013) Quelle: www.solarwirtschaft.de





Pufferspeichers erfolgt in Abhängigkeit von der benötigten Warmwassermenge.

Die Sonnen- oder Solarkollektoren (aus dem Lateinischen „sol“ für Sonne und „colligere“ für sammeln) haben die Aufgabe, die im Sonnenlicht enthaltene Energie zu sammeln und über eine in einem Rohrsystem zirkulierende Wärmeträgerflüssigkeit an ein anderes Medium, in diesem Fall Wasser, abzugeben. Bei den Kollektoren wird nach der Konstruktionsart in Flach- bzw. Vakuumröhrenkollektoren (letztenannte bleiben im Weiteren unberücksichtigt) sowie nach der Montageart in Aufdach- bzw. Indachkollektoren unterschieden:

- Ein Flachkollektor besteht aus einer Rückwand (Holz oder Blech), auf der sich eine Wärmedämmung befindet, einem Rahmen (Holz oder Metall) und einer Abdeckplatte aus beschichtetem Glas. Das Herzstück des Flachkollektors stellt der Absorber dar. Dieser besteht in der Regel aus Kupferblechen, die zur Steigerung der Wärmesammleigenschaften speziell beschichtet sind, und ist mit einem Rohrsystem verbunden, durch das die Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert.
- Aufdachkollektoren werden auf einem Gestell auf dem Dach oberhalb der Dachpfannen aufgebaut. Lediglich die Stützen des Gestells und die Rohrleitungen für den Vor- und Rücklauf der Wärmeträgerflüssigkeit durchdringen die Dacheindeckung bzw. die Dachkonstruktion.
- Indachkollektoren werden in die Dachhaut integriert und ersetzen die Dacheindeckung.

Die in Deutschland gängigste Variante ist der auf dem Dach aufgebaute Flachkollektor, der auch gleichzeitig die preisgünstigste Variante darstellt.

In einem Pufferspeicher, dessen Volumen von der benötigten Wärmeenergie abhängig ist, wird die Energie des Wärmeträgermediums über einen Wärmetauscher auf

das im Speicher vorhandene Wasser übertragen und bewirkt dort eine Temperaturerhöhung des Speicherinhalts. Die Pufferspeicher verfügen grundsätzlich über einen weiteren Wärmetauscher, um eine Wassererwärmung unabhängig von der Sonneneinstrahlung zu gewährleisten. Diese Wärmetauscher können zum Beispiel an die Zentralheizung des Gebäudes angeschlossen sein oder aus einer elektrischen Heizspirale bestehen.

An oder in unmittelbarer Nähe des Pufferspeichers wird eine Pumpenbaugruppe installiert, welche die Zirkulation der Wärmeträgerflüssigkeit bewirkt. Die Pumpe wird von der Regelung der Anlage in Abhängigkeit von den an verschiedenen Stellen im System ermittelten Temperaturen geschaltet.

Brandschäden an Solaranlagen

Die Zirkulationspumpe des Wärmeträgerkreislaufs sowie die Regelung der Solarthermieanlage und die ggf. in den Pufferspeicher eingebaute elektrische Heizung sind an das Stromnetz angeschlossen und folglich in der Lage, ein Schadenereignis, darunter auch einen Brand, zu initiieren. Mögliche Ursachen für eine denkbare Brandverursachung sind z. B. ein Bauteilversagen durch einen technischen Defekt, ein Isolationsverlust mit der Folge eines Kurzschlusses, ein Montagefehler usw. Ein derartiges Schadenszenario erscheint in Fachkreisen nicht ungewöhnlich und wird sicherlich als leicht nachvollziehbar und plausibel erachtet.

Anders sieht es allerdings aus, wenn es zu einem Brandgeschehen im Bereich der Solarkollektoren oder der Dachdurchführungen der Solarleitungen kommen sollte. Dort sind mit Ausnahme eines Temperaturfühlers im Kollektorfeld keine elektrischen Installationen oder Komponenten vorhanden. Der Temperaturfühler stellt einen temperaturabhängigen Widerstand mit einem positiven Temperaturkoeffizienten (PTC) dar und arbeitet mit einer Steuerspannung von in der Regel 12 Volt. Die elektrische Leistung in der Anschlussleitung des Temperaturfühlers und im Temperaturfühler

selbst ist folglich nicht ausreichend, einen Brand zu verursachen. Daraus folgt, dass ein technischer Defekt als Ursache für einen Brand, der in einem Solarkollektor oder im Bereich der Dachdurchführung der Solarleitungen möglicherweise entstehen könnte, nicht infrage kommt.

Trotzdem wurden in jüngster Zeit von Gutachtern des IFS drei Brandschäden in Wohnhäusern untersucht, bei denen man nach Ausschluss aller denkbaren Brandursachen zu der Annahme gelangen musste, dass die Brandentstehung in Zusammenhang mit den Solarkollektoren stehen musste. Bei den drei Brandschäden konnten andere mögliche Brandursachen, wie ein elektrotechnischer Defekt, Heißenarbeiten, Gewitteraktivität etc., eindeutig ausgeschlossen werden. Die Schäden wiesen aber auffällige Analogien auf:

- Die solarthermischen Anlagen haben die in den Kollektoren gesammelte Wärmeenergie nicht auf den Pufferspeicher übertragen.
- Bei den drei Wohnhäusern waren Flachkollektoren der Montageart Indachkollektoren montiert.
- Die Kollektoren bestanden aus einer Holzrahmenkonstruktion.

Es musste also davon ausgegangen werden, dass die Kombination dieser Übereinstimmungen etwas mit der Brandursache zu tun hat.

Der Umstand, dass die in den Kollektoren gesammelte Wärmeenergie nicht auf den Pufferspeicher übertragen werden kann, wird Stagnation genannt. Als Ursache für die Stagnation kommen infrage:

1. Eine Fehlfunktion in der Regelung der Solarthermieanlage verursacht den Stillstand der Zirkulationspumpe im Wärmeträgerkreislauf.
2. Eine Undichtigkeit im Wärmeträgerkreislauf führt zum Austritt der Wärmeträgerflüssigkeit mit der Folge, dass die gesamte Anlage in Störung geht und somit auch die Zirkulationspumpe nicht mehr arbeitet. ▶



Bild 2 | Übersichtsaufnahme des schadenbetroffenen Zweifamilienhauses. Unter der Plane befinden sich die Solarkollektoren.



Bild 3 | Darstellung der Brandzehrungen im Spitzboden im Bereich der Solarkollektoren

3. Ein auf die eingestellte Maximaltemperatur aufgeheizter Pufferspeicher. Dieser Umstand bewirkt, dass keine Wärmeübertragung von den Kollektoren in den Speicher mehr möglich ist und die Zirkulationspumpe abgeschaltet wird. Eintreten kann eine solche Situation in den Sommermonaten bei Sonnenschein und keiner oder nur sehr geringer Warmwasserabnahme, z. B. bei Abwesenheit der Bewohner.

Aus dem dritten Punkt ergibt sich, dass die Stagnation einen üblichen Betriebszustand darstellt. Bei einer Stagnation können in Flachkollektoren Temperaturen von über 200 °C erreicht werden.

Vorstellung der drei durch das IFS untersuchten Schadenfälle

BRAND IN EINEM ZWEIFAMILIENHAUS

Im April 2011 gegen 18:00 Uhr bemerkte eine Bewohnerin eines Zweifamilienhauses Rauch im Bereich des von der Straße aus gesehen rechten Dachfirstes und informierte ihre ebenfalls in dem Haus wohnende Schwester. Diese begab sich daraufhin in den Spitzboden, um den Grund für den Rauch zu erforschen. Von der Zugangstreppe aus konnte sie Flammen im Bereich des hinteren (rechten) Giebels sehen. Die Flammen sollen sich deutlich oberhalb des Fußbodens, etwa in der

halben Höhe der rechten straßenseitigen Dachschräge, befunden haben. Beim Eintreffen der Feuerwehr schlugen die Flammen im Bereich des rechten Dachfirstes oberhalb der Kollektoren bereits aus dem Dach.

Das mehrgeschossige Wohnhaus verfügt über ein Satteldach mit harter Eindeckung. Im Jahre 2005 wurden in das Dach Solarkollektoren mit einer Fläche von 3 m x 6 m installiert. Die Kollektoren befinden sich auf dem straßenseitigen Dach im Bereich des rechten Giebels (**Bild 2**).

Bereits im Jahr 2008 kam es in einem Kollektor zu einer Undichtigkeit im Wärmeträgerkreislauf. Die Bruchstelle wurde damals gelötet. Wenige Tage vor dem Brandschaden wurden erneut ein Druckverlust und eine Undichtigkeit im Kreislauf der Wärmeträgerflüssigkeit festgestellt. Der gerufene Monteur konnte den Druck durch Zugabe von Wärmeträgerflüssigkeit nicht wiederherstellen und empfahl, den Kollektorhersteller zur Reparatur hinzuzuziehen. Dieser sollte kurz darauf die Anlage wieder instand setzen. Noch vor dem geplanten Termin kam es zum aktuellen Brandereignis. Zum Schadenzeitpunkt herrschte eine schon seit längerer Zeit andauernde Schönwetterlage mit hochsommerlichen Temperaturen ohne Gewitteraktivität. Die Schadenstelle wurde durch einen Gutachter des IFS mit folgenden Erkenntnissen untersucht:

- Direkte Brandschäden blieben auf die Dachkonstruktion und im Wesentlichen auf den Spitzboden begrenzt. Eine Brandentstehung in den Wohnräumen konnte eindeutig ausgeschlossen werden.
- In dem Spitzboden nahm die Intensität der Brandzehrungen in Richtung des Montageplatzes der Indachkollektoren der Solarthermieanlage deutlich zu. Die hölzerne Dachverschalung sowie die hölzernen Rückwände der Kollektoren waren nahezu vollständig verbrannt (**Bild 3**).
- Elektrische Installationen waren im Spitzboden lediglich abseits des Brandschwerpunktes in Form einer Beleuchtungsinstallation vorhanden. Steckdosen oder mit dem Stromnetz verbundene Verbraucher waren nicht vorhanden. Ein elektrotechnischer Defekt als Brandursache konnte somit eindeutig ausgeschlossen werden.
- Die Rohrleitung des Wärmeträgerkreislaufs war in einem der Kollektoren gebrochen. In diesem Bereich zeigten sich die stärksten Brandzehrungen an der Dachverschalung und an dem Kollektormodul. Die Kupferrohre waren nur wenige Zentimeter bzw. in Teilbereichen ohne Abstand zu den Holzplatten des Rahmens verlegt. An den noch erhaltenen Resten war zu erkennen, dass die Absorberbleche direkt auf die Holzverlattung aufgebracht waren.



Bild 4 | Blick in das Atelier: Neben dem Dachflächenfenster waren auf dem Dach die ersten Flammen erkennbar.

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Angaben hat die Untersuchung der Schadenstelle zu der Erkenntnis geführt, dass der Brand in den Solarkollektoren entstanden ist und sich auf die hölzerne Dachkonstruktion ausgebreitet hat.

Nach den Informationen des Kollektorherstellers bestehen die Kollektoren aus einem Holz- und Aluminiumgerüst. Hierbei sind die Kollektorflächen direkt auf einen Holzrahmen aufgebracht. Entsprechend den Zertifizierungsunterlagen können bei Stillstand des Wärmeträgerkreislaufes Temperaturen von 190 °C und mehr auftreten.

Die Tatsache, dass die hölzernen Leisten des Kollektorrahmens direkt unter der Kollektoroberfläche angebracht sind und dass die Rohre der Wärmeträgerflüssigkeit an verschiedenen Stellen unmittelbar an den Holzleisten vorbeilaufen – diese sogar berühren – machen eine Entzündung der hölzernen Bauteile der Kollektoren wahrscheinlich. Durch eine thermische Aufbereitung des Holzes kann die Entzündungstemperatur bis auf 120 °C gesenkt werden.¹

BRAND IN EINEM EINFAMILIENHAUS

Im Mai 2011 bemerkte ein Nachbar nachmittags Rauchentwicklung aus dem Dach eines Einfamilienhauses. Er informierte die Bewohner des Hauses über seine Feststellungen und alarmierte die Feuerwehr. In

das mineralisch eingedeckte Satteldach des Gebäudes sind auf der südlich ausgerichteten Dachfläche 25 Indachkollektoren einer Solarthermieanlage zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung eingebaut.

Zum Schadenzeitpunkt herrschte eine schon seit längerer Zeit andauernde Schönwetterlage mit hochsommerlichen Temperaturen ohne Gewitteraktivität. Von der Ermittlungsbehörde zur Verfügung gestellte Lichtbilder zeigten, dass es im frühen Brandverlauf zu starker Rauchentwicklung über die gesamte Länge aus dem Dachfirst heraus gekommen ist. Erste Flammenentwicklungen waren im Bereich des Dachfirstes und der Solarkollektoren erkennbar (**Bild 4**).

Bei der Untersuchung der Schadenstelle durch einen Gutachter des IFS zeigte sich, dass die Wohnräume im Dachgeschoss weitgehend unbeschädigt waren. Die Brandschäden konzentrierten sich auf die Dachkonstruktion. Ein markanter Schadensschwerpunkt an den Holzbauteilen wurde im Bereich der Solarkollektoren festgestellt (**Bild 5**).

Im Dachstuhl waren keine elektrischen Installationen oder Verbraucher vorhanden. Ein elektrotechnischer Defekt als Brandursache konnte eindeutig ausgeschlossen werden. Aus den Messwerten, die aus dem Regelmodul der Solaranlage ausgelesen

wurden, war erkennbar, dass die Solaranlage zum Schadenzeitpunkt und in den letzten Tagen davor nicht richtig funktionierte, da die im Kollektor gesammelte Wärme den Pufferspeicher nicht erwärmt hatte. Die Anlage befand sich also im Stillstand. Der Hersteller gibt für den Stillstand der Solaranlage eine maximale Kollektortemperatur von 185 °C an.

Bei der Inaugenscheinnahme eines baugleichen unbeschädigten Kollektors wurde festgestellt, dass das Absorberblech direkt am Holzrahmen angeschraubt ist. Der Abstand zwischen dem Kollektorsammelrohr und dem Holzrahmen des Kollektors beträgt nur wenige Millimeter.

Zusammenfassend war festzustellen, dass der Brand in den Kollektoren der Solarthermieanlage entstanden ist. Infolge der nachgewiesenen Fehlfunktion der Anlage mit einem Stillstand der Wärmeträgerflüssigkeit und aufgrund der Bauart der Kollektoren kam es zu längerer Zeit andauernden thermischen Einwirkungen auf die Holzbauteile des Kollektors. Dadurch wurde die Selbstentzündungstemperatur des Holzes so weit herabgesetzt, dass es zu einer Entzündung kam. ▶

Bild 5 | Darstellung des Schadensschwerpunktes nach der Entfernung der Dachschrägenverkleidung



¹ Meyer-Ottens: „Holz Brandschutzhandbuch“, Deutsche Gesellschaft f. Holzforsch. e.V., München 1983.



Bild 6 | Blick auf ein baugleiches Nachbargebäude des schadenbetroffenen Doppelhauses

BRAND IN EINEM ANBAU EINER DOPPELHAUSHÄLFTE

Im September 2013 bemerkte ein Passant Rauchentwicklung aus einem Doppelhaus, informierte die Bewohner und alarmierte die Feuerwehr. Der Rauch und im weiteren Verlauf auch die Flammen traten am oberen Anschluss eines Anbaus an das Dach des Wohnhauses auf.

Der Anbau erstreckt sich in der Höhe über die beiden Vollgeschosse des Wohnhauses und beherbergt einen 6.000-Liter-Pufferspeicher und die Technik einer Solarthermieanlage. Die Dacheindeckung des Anbaus besteht aus den Indachkollektoren der Solaranlage (**Bild 6**).

Wie der IFS-Gutachter vor Ort erfuhr, wurde die Solaranlage beim Bau des Hauses im Jahr 2000 eingebaut. Etwa ein Jahr vor dem Schadenereignis ist der Pufferspeicher zusätzlich wärmeisoliert worden. Seitdem hat die Gebäudeeigentümerin in der Regelung der Solaranlage mehrfach Kollektortemperaturen von bis zu 147 °C abgelesen.

Die Untersuchung der Schadenstelle ergab räumlich begrenzte Brandzehrungen im oberen Dachbereich des Anbaus sowie im angrenzenden Dach des Wohnhauses. In-



Bild 7 | Darstellung des Brandschwerpunktes im Anschlussbereich des Anbaus an das Wohnhaus

nerhalb des brandbetroffenen Bereichs fanden sich außer den Solarkollektoren keine weiteren möglichen Zündquellen. Die Solarkollektoren verfügten über eine Holzrahmenkonstruktion (**Bild 7**).

Somit war davon auszugehen, dass der Brand in den Kollektoren initiiert wurde. Durch die nachgerüstete Wärmedämmung des Pufferspeichers gelangte die Solaranlage mehrfach in Stagnation, wodurch es zur thermischen Aufbereitung der Holzbauteile und schließlich zu deren Entzündung kam.

Schlussfolgerung

Die genannten Schadenfälle zeigen, dass bei Solarthermieanlagen mit Indachkollektoren in Holzrahmenbauweise eine nicht zu unterschätzende Brandgefahr besteht. Bei dieser Kollektorbauform und -bauart sind die Absorberbleche teilweise direkt mit den Holzrahmen der Kollektoren verschraubt und die Rohrleitungen weisen in den Kollektoren teilweise nur sehr geringe Abstände zu den Holzrahmen auf. Im Normalbetrieb können in den Kollektoren

Temperaturen von über 100 °C auftreten. Gefährlich werden kann es, wenn eine Stagnation der Anlage auftritt. In diesem Fall können in den Kollektoren Temperaturen von bis zu 190 °C in Erscheinung treten. Konstruktionsbedingt kann es zu einer thermischen Aufbereitung (Pyrophorisierung) der Holzbauteile in den Kollektoren kommen, wodurch die Zündtemperatur des Holzes herabgesetzt und eine Entzündung der Holzbauteile verursacht werden kann.

Dieses Problem ist in einem anderen Bereich bereits bekannt und vom Gesetzgeber geregelt: Abgasanlagen müssen zu brennbaren Bauteilen einen so großen Abstand einhalten, dass auf diese keine höheren Temperaturen als 85 °C einwirken können. Das wird in den Feuerungsverordnungen (FeuVO) der deutschen Bundesländer gefordert.

Aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse sollte die Brandgefahr von thermischen Solaranlagen entsprechenden Eingang in das technische Regelwerk finden.

Diese Problematik scheint ebenso bei Aufdachanlagen im Bereich der Dachdurchführung auftreten zu können. Hier können an den Leitungen des Wärmeträgerkreislaufs im ungünstigsten Fall Temperaturen auftreten, die nur geringfügig unterhalb der Stillstandstemperatur im Kollektor liegen. Sind die Leitungen nicht ausreichend isoliert oder weisen keinen ausreichenden Abstand zu den Holzbauteilen der Dachkonstruktion auf, kann es auch an dieser Stelle zur thermischen Aufbereitung und schließlich zur Entzündung des Holzes der Dachkonstruktion kommen. ■

Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Hoyer,
Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung der öffentlichen Versicherer e.V.