

Wo viel Licht ist, ist auch viel Schatten

Verschattungen und Rücktrocknung hölzerner Flachdächer – Teil 1: Eine Bestandsaufnahme

Eine hitzige Debatte zu hölzernen Flachdachaufbauten mit Zwischensparrendämmung sorgt zurzeit in der Fachwelt für Aufsehen. Die Tauglichkeitsbeurteilung wird kontrovers diskutiert. Dennoch werden solche Flachdächer häufig gebaut. Wie sie funktionieren und wo die Knackpunkte liegen, haben mehrere Forschungsprojekte bereits aufgezeigt. Darauf basierend wird vor allem eine Beschattung der Dachfläche z.B. durch Photovoltaik-Elemente oder Haustechnikinstallationen als kritisch für die Funktionstüchtigkeit dieser Flachdächer angesehen.

Wie sieht es wirklich mit dem Risiko aus? Welche unterschiedlichen Beschattungen gibt es auf Flachdächern und kann deren Einfluss realitätsnah vorhergesagt werden? Diese Fragen werden im vorliegenden Teil 1 und dem noch folgenden Teil 2 dieser Beitragsreihe diskutiert.

Autoren:

Julia Bachinger,
Bernd Nusser,
Holzforschung Austria, Wien

Beweggründe

Mehrere Forschungsprojekte an der Holzforschung Austria und an anderen Forschungsinstituten haben in den vergangenen Jahren die entscheidenden Einflussparameter auf die Funktionstauglichkeit von unbelüfteten hölzernen Flachdächern herausgearbeitet [Nusser 2012], [Bachinger 2010], [Winter et al. 2009]. Im Wesentlichen spielen der Feuchteintrag ins Gefach (Baufeuchte, Wasserdampfkongvektion / Luftdichtheit und Raumklima) und das Rücktrocknungspotential der Dachkonstruktion eine große Rolle. Letzteres wird vor allem durch die Oberflächentemperatur der Dachhaut und somit von der Besonnung der Dachoberfläche beeinflusst. Ein Behindern der solaren Bestrahlung der Dachhaut bewirkt geringere Oberflächentemperaturen und dadurch eine geringere Rücktrocknung von Feuchtigkeit aus dem Gefach (vgl. Heft 05-2011, S. 13 ff und [Nusser et al. 2010]). Um die Situation zu entschärfen, wird bisher bei beschatteten

Flachdächern (oder bei Flachdächern mit Belag) eine Zusatzdämmung über dem eigentlichen Dachelement empfohlen, was Mehrkosten mit sich bringt.

Um unter anderem die Frage nach der Notwendigkeit einer Zusatzdämmung zu beantworten, wurde nun an der Holzforschung Austria ein Forschungsprojekt mit dem Kurztitel „RooFit4PV“ beendet. Ziele waren die Untersuchung und Bewertung verschiedener Beschattungssituationen sowie die Untersuchung zum Einfluss von PV-Anlagen auf die Dachoberflächentemperatur und somit auf das Rücktrocknungspotential von hölzernen Flachdächern mit Zwischensparrendämmung. Auch der allgemeine Zustand von Dachflächen sollte beurteilt werden.

Beschattungssituationen auf Flachdächern

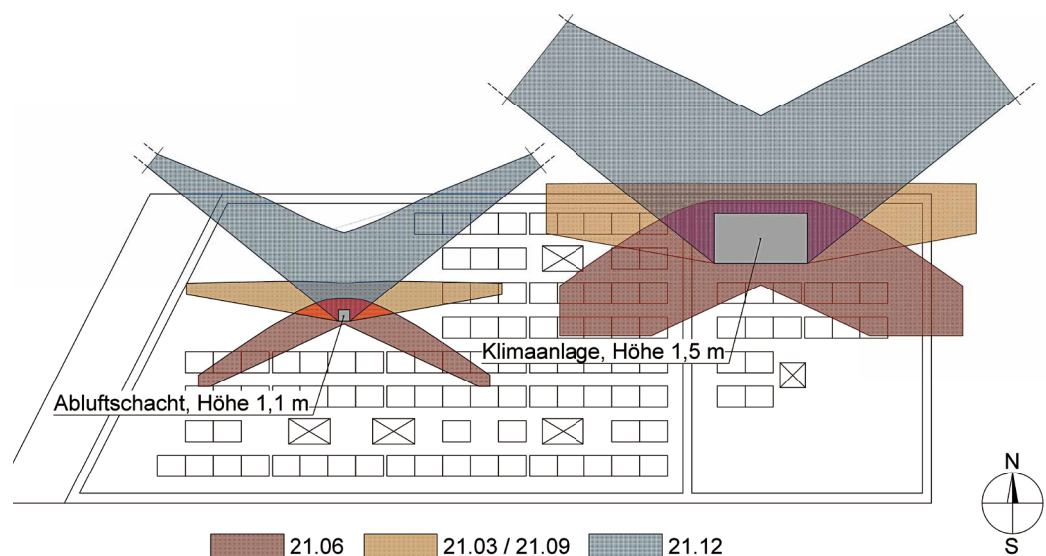
Zur Beurteilung von Beschattungssituationen auf Flachdächern erfolgte zunächst eine Bestandsaufnahme von acht hölzernen Flachdächern auf verschiedenen Objektbauten (Kindergärten, Supermärkte und Sporthallen).

Im Anschluss daran wurden Pläne zu den Schattenwürfen der wesentlichen Aufbauten auf den Dächern erstellt und punktuelle Untersuchungen der Horizonte mit dem „Horizcatcher“-Tool der schweizerischen Meteonorm-Software durchgeführt [Meteonorm 2011]. Abbildung 2 zeigt beispielhaft die Schattenwürfe auf einem untersuchten Flachdach. Die dargestellten Schattenwürfe im Tagesverlauf zur Sommersonnenwende

Abb. 1: Beschattung durch Haustechnik und erhöhte Lichtkuppeln auf einem Flachdach.



Abb. 2: Plan zum Schattenwurf der wesentlichen Aufbauten auf einem Flachdach: Darstellung des Schattenwurfes im Tagesverlauf zur Sommersonnenwende (21.6.), zur Wintersonnenwende (21.12.) und zum Äquinoktium (21.3. und 23.9.). Der Schattenwurf der PV-Elemente und der Oberlichter ist zur besseren Übersicht ausgeblendet.



(21.6.), zur Wintersonnenwende (21.12.) und zu den Tagundnachtgleichen (21.3. und 23.9.) veranschaulichen die kritischen Bereiche, welche über das ganze Jahr hinweg die meiste Zeit beschattet bleiben. Außerdem erschließen sich durch die Grafik die durch die Beschattung beeinflussten Flächen. Ein Beispiel für die Horizontabwicklung mit dem Horicatcher eines kritischen Punktes (neben einem Klimagerät) auf einem der untersuchten Flachdächer und die zugehörigen Sonnenbahnen mit zugehörigen Analemmas (Uhrzeiten/gestreckte Achten) sind in Abbildung 3 dargestellt. Die genaue Modellierung der Beschattung für hygrothermischen Simulationen basiert auf solchen Horizontabwicklungen.

Auf allen untersuchten Flachdächern gibt es zumindest teilweise beschattete Bereiche.

Hauptsächlich wird die Beschattung bei diesen Objektbauten durch Klima- und



Lüftungsanlagen hervorgerufen. Teilweise haben die Rohre von Lüftungsanlagen einen nicht zu vernachlässigenden Rohrdurchmesser (siehe Abbildung 4).

Auch wenn keine großen Anlagen auf dem Dach vorhanden sind, gibt es zumindest einen Abluftschacht, der eine kleinflächige Beschattung bewirkt (siehe Abbildung 2). Häufig bedingen auch direkt angebaute Nachbargebäude oder höhere Gebäudeteile des gleichen Gebäudes eine Beschattung der Dachfläche (siehe Abbildung 5).

Die meisten untersuchten Flachdächer weisen auch Oberlichter auf, wobei die Beschattung hierdurch aufgrund ihrer geringen Höhe zumeist vernachlässigbar ist. Baumbestand im Umkreis spielte bei den untersuchten Dächern ebenfalls eine untergeordnete Rolle. Aufgrund der Gebäudehöhe und der üblichen Lage von Gewerbebauten (Parkplatzflächen, Abstände zwischen den Gebäuden, Abstand von Baumbepflanzung zu Gebäuden, etc.) bleibt die Beschattung durch Baumkronen meist unwesentlich.

Abb. 3: Aufnahme des Horizontes an einem Punkt auf einem Flachdach zwischen einem höheren Gebäudeteil und einer Klimaanlage: Horizont (rot) und Sonnenbahnen.

Anzeige



Haben Sie Probleme mit Ihrem Alten? Wir helfen Ihnen gerne! Unsere Lösung: **EGGER Bauprodukte.** Ob OSB Verlege- oder geradkantige Platten, DHF Unterdeckplatten, Ergo Board Ausbauplatten oder Schnittholz, EGGER Bauprodukte bieten alles für die Dachsanierung, Gebäudeerweiterung und -renovierung sowie den Innenausbau und die Wohnraummodernisierung.

MEHR AUS HOLZ.

E EGGER

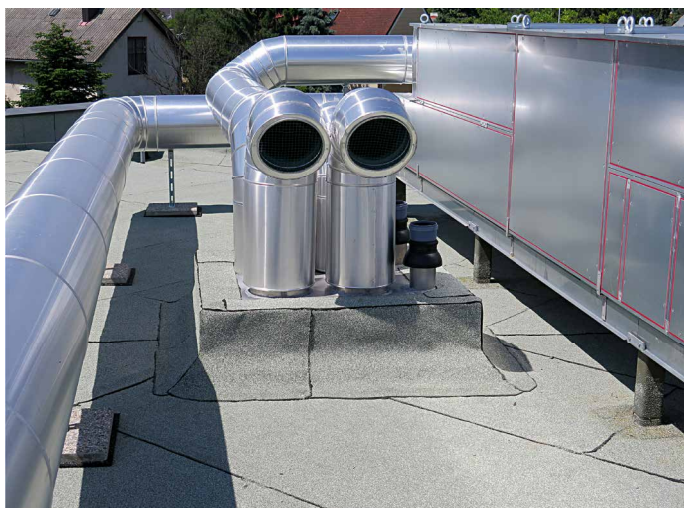


Abb. 4:
Rohrleitungen und Lüftungsanlage auf einem Flachdach: Nicht nur die Lüftungsanlage beschattet das Dach, auch die dicken Zu- und Abluftrohre werfen einen Schatten.

Feuchtemessungen in beschatteten Gefachen

Die untersuchten Flachdächer waren bei der Begehung zwischen 0,5 Jahre und 9 Jahre alt. Die begangenen Dächer mit Zwischensparrendämmung wiesen – auch in beschatteten Bereichen – keine außenliegende Zusatzdämmung auf. Sie wurden bei der Begehung geöffnet und kontrolliert (i.d.R. im Mai 2016, ein Dach im August und ein zweites Dach im Oktober 2015). Im April/Mai beginnt erst die Rücktrocknungsphase – somit gehören die gemessenen Materialfeuchten an den außenseitigen Holzbauteilen

zu den höheren Werten im Jahresverlauf.

Bei einem Dach wurde im beschatteten Bereich eine erhöhte Materialfeuchte festgestellt, die allerdings auf eine Leckage in der Dachhaut zurückzuführen war. Bei allen anderen geöffneten Dächern wurden auch in den beschatteten Bereichen weder erhöhte Materialfeuchten noch Schimmel festgestellt, wie Abbildung 6 beispielhaft zeigt.

Neben den durchgeführten Holzfeuchtemessungen wurden in den im August und Oktober 2015 geöffneten Dächern auch rel. Luftfeuchte- und Temperatursensoren eingebaut. Sie zeichneten über 1,5 Jahre das Gefachklima in direkt nebeneinanderliegenden Bereichen unter und hinter PV-Elementen auf (Abbildung 7). Im Gegensatz zu der Messposition unter dem PV-Element wird die Messposition hinter dem PV-Element in den Sommermonaten in den Morgen- und Abendstunden besonnt und während der Mittagszeit beschattet.

Die Messdaten zeigen an beiden Positionen einen typischen Verlauf wie Abbildung 8 entnommen werden kann. An der Gefachaußenseite findet während der kalten Jahreszeit ein relativ geringes Auffeuchten statt, was typisch ist bei der geringen internen Feuchtelast der untersuchten Gewerbebauten. Die relative Luftfeuchte bleibt an der Gefachaußenseite immer unter 80 % und somit unbedenklich. Während der warmen Sommermonate wird die Feuchte durch



Abb. 5:
Beschattung der Dachfläche durch einen höheren Gebäudeteil, eine Klimaanlage, eine Lüftungsanlage und Oberlichtkuppeln.

Abb. 6:
Öffnung der Dachhaut und eines Daches im beschatteten Bereich unter Vakuumröhrenkollektoren. Die Messung der Holzfeuchte am äußeren Bereich des Trägers ergibt im Mai 2016 10,1 M-% und ist somit unbedenklich.



Abb. 7:
Feuchte- und Temperatursensoren unter und hinter einem PV-Element an der Gefachaußenseite zur Überwachung des hygrothermischen Verhaltens der Dachkonstruktion (Abstand der Sensoren etwa 20 cm).



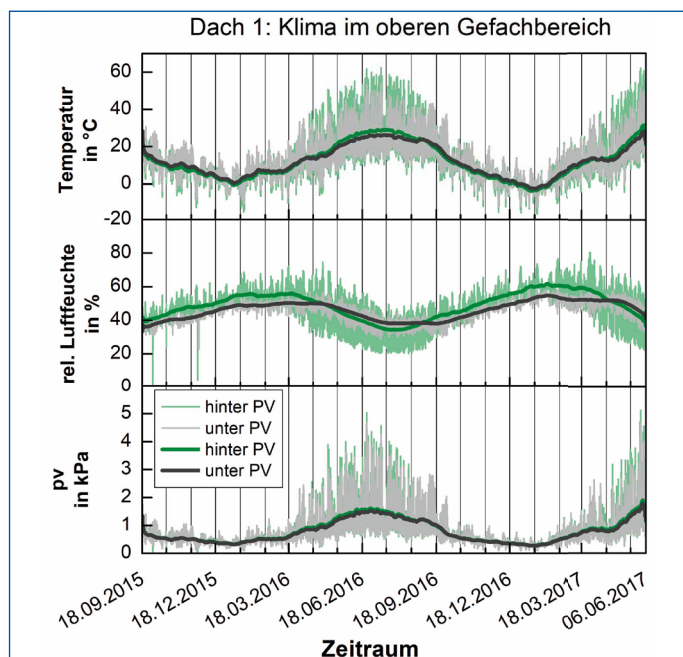


Abb. 8:
Ergebnisse aus der Langzeitmessung der relativen Luftfeuchten und Temperaturen an der Gefachaußenseite eines Flachdaches im besonnten und beschatteten Bereich (pv = Partialdampfdruck, Messwerte im 10-Minuten-Intervall und gleitende Monatsmittelwerte).

die höheren außenseitigen Temperaturen gegen den Innenraum gedrängt, wobei sich im Bereich hinter den PV-Elementen (besonnt) tagsüber höhere Temperaturen und nachts tiefere Temperaturen einstellen als unter dem PV-Element (beschattet). Im gleitenden Monatsmittel zeigen sich ähnliche Temperaturverhältnisse. Die Partialdampfdrücke (oder auch die absoluten Luftfeuchten) zeigen an beiden Messpositionen im Sommer einen deutlichen Anstieg, was somit eine Rücktrocknung ermöglicht. Auf die Rücktrocknungspotentiale von Bereichen unter und hinter PV-Elementen wird in Teil 2 näher eingegangen.

Zustand der Dachfläche

Die untersuchten Dächer weisen helle bis dunkle Dachabdichtungen auf. Die Farbe von Foliendächern wird durch Verschmutzungen verändert: Helle Dächer werden großflächig dunkler, dunkle Oberflächen erhalten augenscheinlich durch partielle Schmutzablagerungen z.B. an ausgetrockneten Pfützen eine hellere Oberfläche. Schon nach nur einem Jahr zeigten sich solche Farbänderungen der Dachabdichtung.

Um dies messtechnisch zu untersuchen, wurde auf einem Dach die Oberflächentemperatur auf verschmutzter und sauberer Dachhaut gemessen (Abbildung 9). Die Ergebnisse dieser Messungen sind in Abbildung 10 dargestellt. Die Oberflächentemperaturen auf der sauberen, hellgrauen Dachhaut liegen wie erwartet tiefer als auf der verschmutzten Dachhaut. Im Sommer ergibt sich bei Sonnenschein eine Temperaturdifferenz von mehr als 6 K. Im Monatsmittel liegt die Oberflächentemperatur im verschmutzten Bereich im Sommer um ca. 1 K höher als auf der sauberen hellgrauen Dachhaut. Im Winter sind die Unterschiede weniger ausgeprägt, aber die höhere Oberflächentemperatur der verschmutzten Dachhaut zeigt sich auch hier.



LANG, LÄNGER, AM LÄNGSTEN

SWISS KRONO OSB Longboards
Die wahrscheinlich längsten OSB-Platten der Welt

- Besonders emissionsarm
- Aussteifend und luftdicht mit formaldehydfreien Bindemitteln
- Formate bis **18,00 m** x 2,80 m
- Durchgehende Flächen ohne Fugen, weniger Stöße – dadurch bessere statische Ausnutzung und Energieeffizienz
- Präzise und wirtschaftliche Vorfertigung für modernste Holzmodulbauweise, auch für mehrgeschossige Gebäude

Anzeige



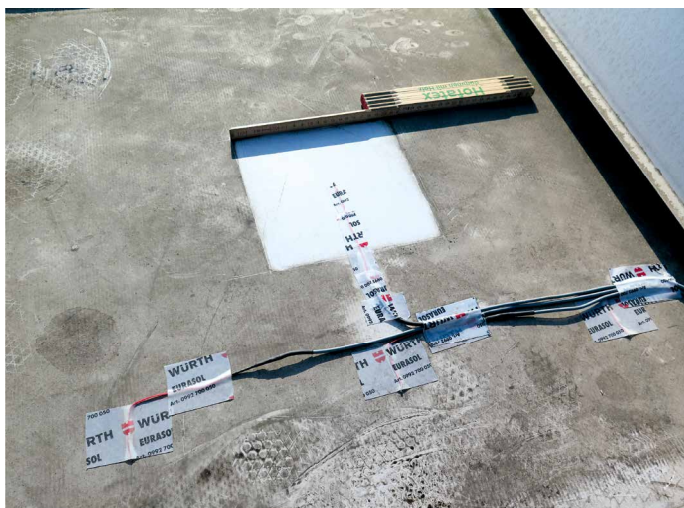


Abb. 9:
Verschmutzte und gereinigte Dachhaut eines Flachdaches: Die Dachhaut ist eigentlich hellgrau – durch Verschmutzung erscheint sie dunkelgrau. Ansicht der Messpunkte für die Messung der Oberflächentemperaturen der verschmutzten und sauberen Dachhaut.

Pfützen, Spontanbewuchs und Leckstellen

Auf fast allen Dächern konnte eine **Pfützenbildung** festgestellt werden. Abbildung 11 zeigt dies an einem deutlichen Beispiel. Die Pfützen sind meist im Bereich um die Gullys zu finden, wo das Gefälle nicht stark genug ausgebildet ist bzw. der Gullyeinlauf nicht am tiefsten Punkt liegt. Vor allem betrifft dies die Quergefällbereiche, die das Hauptfeld in Richtung Gully ableiten. Stehendes Wasser bewirkt einerseits einen deutlichen Einfluss auf die Oberflächentemperatur und andererseits eine Veränderung des Partialdampfdruckgefälles. Dadurch ergibt sich ein wesentlicher Einfluss

Abb. 10:
Ergebnisse aus der Langzeitmessung der Oberflächentemperaturen einer sauberen, hellgrauen Dachhaut und der gleichen verschmutzten Dachhaut (Lage der Fühler siehe Abb. 8). (Messwerte im 10-Minuten-Intervall, gleitende Monatsmittelwerte).

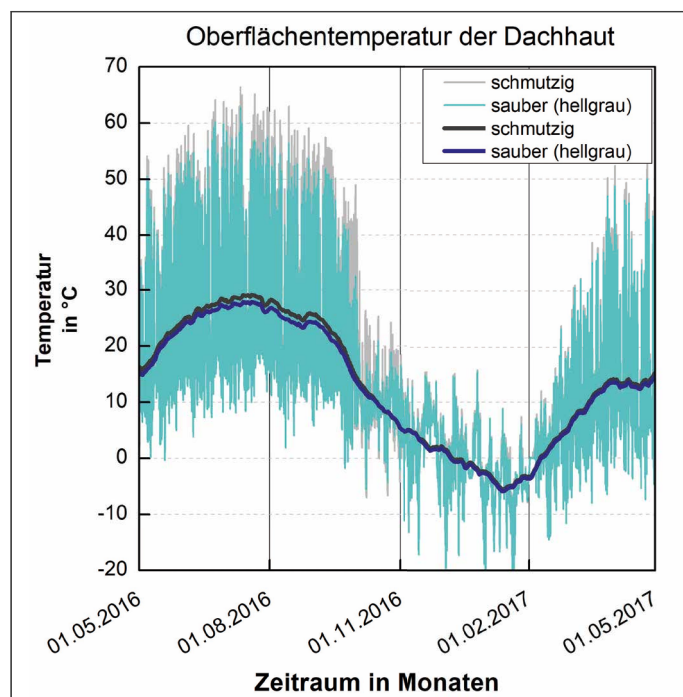


Abb. 11:
Pfützenbildung auf einem Flachdach im Randbereich um die Gullys.

auf das Feuchteverhalten des Bauteilaufbaus, da die Rücktrocknung beeinflusst wird.

In den Ecken wurde bereits bei einem nur 2,5 Jahre alten Flachdach **Bewuchs** festgestellt (siehe Abbildung 12), der bei älteren Dächern häufig noch stärker ausgeprägt ist.

Schon nach einer Nutzungsdauer von 4,5 Jahren zeigte sich bei einem Dach augenscheinlich ein Verspröden der Nähte der Dachhaut. Bei einem anderen Dach war nach neun Jahren Nutzung ein Aufgehen der Nähte feststell-

Abb. 12:
Bewuchs in einer Ecke eines 2,5 Jahre alten Flachdaches.



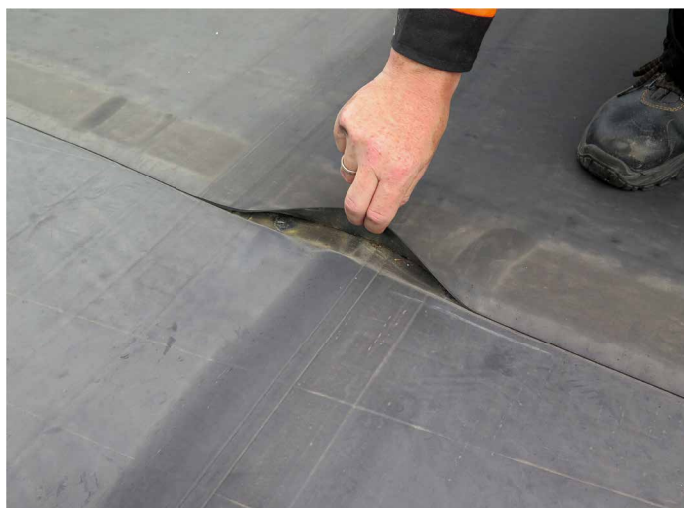


Abb. 13:
Undichtheit der Nähte der Dachhaut
eines 9 Jahre alten Flachdaches.

die Langzeitmessungen des Feuchteverhaltens von beschatteten Flachdachaufbauten mit Zwischensparrendämmung ergeben jedoch unbedenkliche Werte. Die langfristige wasserdichte Ausbildung der Dachhaut sowie die regelmäßige Wartung des Daches erweist sich jedoch als herausfordernde Aufgabe.

Wir empfehlen daher für Flachdächer mit Zwischensparrendämmung:

- Eine sorgfältige Koordination des Bauablaufes mit anderen Gewerken. Dabei sollten mindestens folgende Punkte abgeklärt werden:
 - Ausführungsdetails der Dachdurchdringungen (z.B. an: WC-Strangentlüftung, Anschluss PV-Anlage, Blitzableiter, Lüftungsanlage, Klimaanlage, ...)
 - Strategie zur Vermeidung von Beschädigungen der Dachhaut (z.B.: bei Arbeiten auf dem Dach) bzw. Reparaturkonzept bei erfolgter Beschädigungen
- Kritisches Hinterfragen der Beschattung auf Flachdächern. Auch bei vermeintlich „besonnten“ Flachdächern können sich während der Planungsphase noch Haustechnik-Installationen auf das Dach verlagern.
- Bei hygrothermischen Simulationen von schwarzen Dachbahnen die Strahlungsabsorptionszahl der Bahn ggf. reduzieren, um den Einfluss von aufhellenden Ablagerungen zu berücksichtigen.

bar (Abbildung 13). Die Abdichtung des Flachdaches eines Supermarktes wies kleine Undichtheiten durch Beschädigungen – vermutlich durch Feuerwerkskörper – auf.

Außerdem wurden auf den Dächern zum Teil Materialreste aus der Bauzeit gefunden: Glasscherben, Schrauben und Nägel, die zu einer Beschädigung der Dachhaut führen können.

Für unbelüftete Flachdächer ohne Zusatzdämmung stellt die Dachhaut meist die einzige Abdichtungsebene gegen Niederschlag dar. Eine Beschädigung der Dachhaut kann gravierende Folgen haben. Die durchgeführten Dachbegehungen verdeutlichen, dass für Dächer mit nur einer Abdichtungsebene die regelmäßige Wartung essentiell ist.

Fazit

Die Bestandsaufnahme von flachgeneigten Dächern zeigt, dass auf den meisten Dächern von zumindest kleinflächigen Beschattungen auszugehen ist. Die punktuellen Messungen der Materialfeuchten und

- Ein Mindestgefälle von 3% unter Berücksichtigung der Durchbiegungen (im Bereich von Quergefällen Mindestgefälle 2%).
- Eine zumindest jährliche Wartung (am besten durch einen Wartungsvertrag) und Reinigung der Dachfläche

Bei der Planung von hölzernen Flachdächern mit Zwischensparrendämmung sollte bedacht werden, dass es sich um sensible Dachaufbauten handelt. Eine höhere Sicherheit kann durch eine Zusatzdämmung mit zweiter Abdichtungsebene erreicht werden. Gute Ausführungsqualität und regelmäßige Wartung der Dachfläche sind allerdings Grundvoraussetzung für die hohe Dauerhaftigkeit – nicht nur von hölzernen – Flachdächern. ■

Literaturverweise

[Bachinger 2010] Bachinger, Julia (2010): Feuchteverhalten von Flachdachaufbauten im Holzleichtbau. Insbesondere von nicht hinterlüfteten Flachdächern, deren Dämm- und Trägerebene zwischen Dampfsperre / -bremse und Dachhaut angeordnet ist. Dissertation. TU Wien, Wien. Fakultät für Architektur und Raumplanung.

[Nusser 2012] Nusser, Bernd (2012): Flachgeneigte hölzerne Dachkonstruktionen. Systemanalysen und neue Ansätze zur Planung hygrisch robuster flachgeneigter hölzerner Dachkonstruktionen unter Beachtung konvektiver Feuchteinträge und temporärer Beschattungssituationen. Dissertation. TU Wien, Wien. Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz, Institut für Hochbau und Technologie.

[Winter et al. 2009] Winter, Stefan; Fülle, Claudia; Werther, Norman (2009): Experimentelle und numerische Untersuchung des hygrothermischen Verhaltens von flach geneigten Dächern in Holzbauweise mit oberer dampfdichter Abdichtung unter Einsatz ökologischer Bauprodukte zum Erreichen schadensfreier, markt- und zukunftsgerechter Konstruktionen. Leipzig (Forschungsbericht, DGFH: Z 6 - 10.08.18.7-07.18).

[Meteonorm 2011] Horicatcher Version 1.23 Horizontaufnahmesystem, <http://www.meteonorm.com/de/product/productpage/mn-produkt-horicatcher>, zuletzt überprüft am 29.08.2017

[Nusser et al. 2010] Nusser, Bernd; Teibinger, Martin; Bednar, Thomas (2010): Messtechnische Analyse flachgeneigter hölzerner Dachkonstruktionen mit Sparrenvollämmung - Teil 1: Nicht belüftete Nacktdächer mit Folienabdichtung. In: Bauphysik 32 (3), S. 132–143.

Bester Schutz vor Bauschäden und Schimmel

Intelligente Luftdichtung

INTELLO®

macht Ihre Bauteile besonders sicher.
Hydrosafe Hochleistungs-Dampfbremssystem
100-fach feuchtevariabel s_d 0,25 bis >25 m
DIBt-Zulassung für normgerechtes Bauen.



Einfache Modernisierung

DASAPLANO

verbindet einfache Verarbeitung und sichere Funktion. Luftdichtungssystem zur Dachsanierung von außen.



pro clima WISSEN

Planungshandbuch zeigt genau wie es geht.

Über 400 Seiten Details, Konstruktionen, Bauphysik, Systeme u. v. m.

Kostenfrei anfordern
0 62 02 - 27 82.0
info@proclima.de

www.proclima.de



Besuchen Sie uns auf dem
Internationalen Holzbau-Forum
Garmisch-Partenkirchen, 6. - 8.12. 2017



... und die Dämmung ist perfekt