

Feuchtemonitoring eines Flachdaches in Holzbauweise mit Holzfaser-Zwischensparrendämmung

Holzfasern-Dämmstoffe sind kapillaraktiv. Sie können große Feuchtemengen aufnehmen, zwischenspeichern und wieder abgeben. Und sie transportieren gespeicherte Feuchte zu den trockneren Bereichen, verteilen sie also im Material. Ein Hersteller hat dies genauer untersucht und misst seit über zehn Jahren die Feuchte in einem Flachdach seiner Unternehmenszentrale.

Stichworte Wärmedämmung; Dachbegrünung; Feuchtemessung

1 Flachdach im Langzeitversuch

Untersucht wurde das Flachdach des großen Seminarraums im Erdgeschoss, welches etwas aus dem kompakten Baukörper der 2013 fertiggestellten Unternehmenszentrale von STEICO herausragt. Das Gebäude steht in Feldkirchen bei München und wurde 2013 in Holzbauweise mit dem eigenen Bausystem errichtet (Bild 1).

Während der Bauphase kam der Technikabteilung die Idee, das Flachdach des Seminarraums zu nutzen, um das Verhalten und die Funktionstüchtigkeit von zwei seiner Holzfasern-Dämmstoffe über einen langen Zeitraum zu beobachten. Und um es spannend zu machen, nicht in einer bauphysikalisch sicheren Flachdachkonstruktion, sondern in einer bauphysikalisch durchaus riskanten,



Bild 1 Unternehmenszentrale von STEICO, im Vordergrund der im Erdgeschoss herausstehende Seminarraum (Quelle: Conné van d'Grachten/STEICO)
STEICO's company headquarters, in the foreground the seminar room protruding from the ground floor (Source: Conné van d'Grachten/STEICO)

Moisture monitoring of a flat roof in timber construction with wood fibre insulation between rafters

Wood fibre insulation materials are capillary-active: they can absorb, temporarily store and release large amounts of moisture. And they transport stored moisture to the drier areas, i.e. distribute it throughout the material. One manufacturer has investigated this in more detail and has been measuring the moisture in a flat roof at the company headquarters for over ten years.

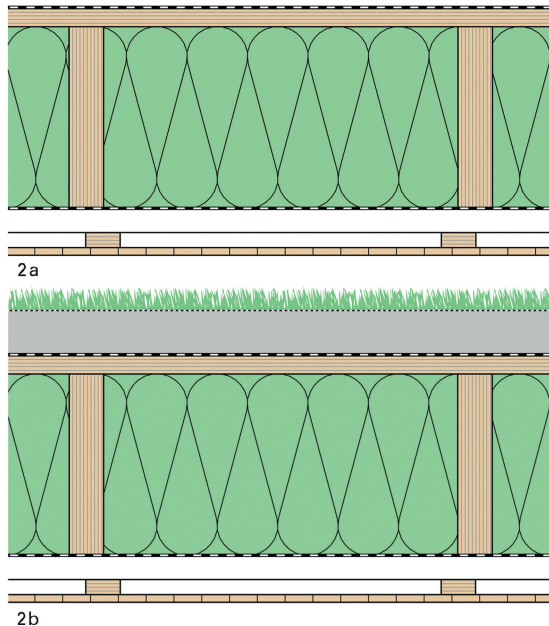
Keywords thermal insulation; roof greening; humidity measurement

nicht dem Stand der Technik entsprechenden: nur in der Sparrenebene gedämmt und ohne Hinterlüftung.

Nicht hinterlüftete Flachdächer sind an sich schon feuchteteknisch schwierig, denn sie können nicht – wie Steildächer oder Außenwände – diffusionsoffen ausgebildet werden. Die auf der Oberseite notwendigen Dichtungsbahnen müssen wasserdicht und stark diffusionshemmend sein. Vom Gebäudeinneren in die Konstruktion eingedrungene Luftfeuchte kann deshalb nur in eine Richtung entweichen – wieder zurück ins Gebäudeinnere. Dadurch könnte sich die Feuchte in der Konstruktion anreichern und irgendwann ein Niveau erreichen, das Schimmelpilzen und holzerstörenden Pilzen gute Wachstumsbedingungen bietet.

Dass das untersuchte Flachdach nur zwischen den durchschnittlich 340 mm hohen Sparren gedämmt ist (Bild 2), reicht zwar für einen guten U-Wert, bedeutet aber auch, dass der ggf. in die Konstruktion eingedrungene Wasserdampf immer in der Sparrenebene kondensiert. Das könnte dazu führen, dass holzerstörende Pilze die tragenden Holzbauteile angreifen, was natürlich unbedingt zu vermeiden ist.

Mittlerweile ist es deshalb üblich, oberhalb der Sparrenebene und Tragschalung eine weitere Dämmschicht zu verlegen, sodass die Temperaturen in der Sparrenebene immer so hoch sind, dass dort kein Wasserdampf kondensiert. Eine andere Möglichkeit ist, gleich die gesamte Dämmschicht oberhalb der Sparrenebene zu verlegen. Das wurde hier jedoch nicht gemacht. Dies wäre zu einfach gewesen und hätte keine neuen Erkenntnisse gebracht. Stand der Technik zu diesem Zeitpunkt war, dass ausschließlich in der Sparrenebene gedämmte Flachdächer nur dann funktionieren, wenn sie als oberste Schicht



Flachdachaufbau

- Begrünung, 80 mm (nur in Bild 2b)
- Dichtungsbahn, hell, $s_d \approx 300$ m
- Tragschalung: Furnierschichtholz STEICO LVL X, 33 mm
- Gefällekeile: Furnierschichtholz STEICO LVL X, 0 bis 80 mm
- Sparren: Furnierschichtholz STEICO LVL R, 300 mm
- Gefachdämmung: Holzfaser-Dämmmatte STEICOflex / Holzfaser-Einblasdämmstoff STEICOzell, $d = 340$ mm
- feuchtevariable Dampfbremse: STEICOmulti VAP renova, $s_d = 0,8$ bis 12 m
- Lattung
- Akustikpaneele

Bild 2 Flachdachaufbau, a) mit heller Dichtungsbahn, b) mit Begrünung; U-Wert: $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Flat roof structure, a) with light-coloured sealing membrane, b) with greening; U-value: $0.15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

eine dunkle Abdichtungsbahn haben und gänzlich unverschattet sind; sich also an Sonnentagen stark aufheizen.

Das Aufheizen ist wichtig, damit die feuchtevariable Dampfbremse auf der Unterseite der Sparrenebene ihr Potenzial entfalten kann. Ihr Dampfdiffusionswiderstand passt sich nämlich der relativen Luftfeuchte ihrer Umgebung an: Im Winter bei niedriger relativer Luftfeuchte ist sie diffusionshemmend, im Sommer bei hoher relativer Luftfeuchte diffusionsoffen. Dadurch kann im Winter vom Gebäudeinneren wenig Luftfeuchte in die Konstruktion eindringen und im Sommer die eingedrungene Luftfeuchte wieder ins Gebäudeinnere entweichen. Je höher die Temperaturen der Außenseite, desto besser funktioniert diese Rücktrocknung. Vorteilhaft für das untersuchte Flachdach war natürlich, dass es nach Süd-Westen orientiert und ab dem späten Vormittag unverschattet ist.

Untersucht wurden vier verschiedene Flachdachvarianten. Zum einen mit zwei unterschiedlichen Dämmstoffen: mit der Holzfaser-Dämmmatte STEICOflex sowie mit dem Holzfaser-Einblasdämmstoff STEICOzell, die sich in ihrer Rohdichte und damit Feuchtespeicherfähigkeit geringfügig unterscheiden. Zum anderen mit zwei unterschiedlichen Oberflächen: mit einer hellen, sich also nicht so stark aufheizenden Dichtungsbahn ohne Begrünung sowie mit einer Dichtungsbahn plus darüberliegender Begrünung (Bild 3). In den Dämmschichten wurden mit Unterstützung des Forschungsinstituts für Wärmeschutz (FIW München) zahlreiche Sensoren installiert, die seit 2013 alle fünf Minuten die Temperatur und die relative Luftfeuchte messen und aufzeichnen (Bild 4).



Bild 3 Flachdach-Oberfläche: teils mit heller Dichtungsbahn, teils mit Begrünung (Quelle: STEICO)
Flat roof surface: partly with light-coloured sealing membrane, and partly with greening (Source: STEICO)



Bild 4 Sensoren zum Messen von Feuchte und Temperatur in den Gefachen (Quelle: STEICO)
Moisture and temperature sensors with-in the frames (Source: STEICO)

2 Relative Luftfeuchte

Die wichtigsten Messpunkte sind die an der Dämmschicht-Außenseite und die an der Dämmstoff-Innenseite. An der Außenseite liegen diese unter der Tragschalung, weil hier in den Wintermonaten die Temperaturen

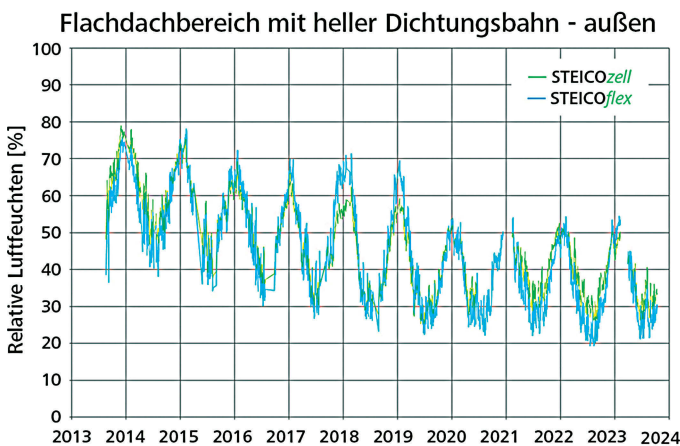
am tiefsten sind und in die Konstruktion eingedrungener Wasserdampf hier am stärksten kondensiert. An der Innenseite befinden sich die Messpunkte über der feuchtevariablen Dampfbremse, weil sich im Sommer das Gefälle von Temperatur und relativer Luftfeuchte umkehrt. An der Dämmschicht-Außenseite herrschen die höheren Temperaturen, an der Dämmschicht-Innenseite die höheren relativen Luftfeuchten.

Die Ergebnisse (Bilder 5a–d) zeigen den zu erwartenden Kurvenverlauf. Im Winter ist die relative Luftfeuchte auf der Dämmstoff-Außenseite am höchsten und auf der Dämmstoff-Innenseite am tiefsten. Im Sommer ist es umgekehrt. Zur Beurteilung der bauphysikalischen Funktionstüchtigkeit des Dachaufbaus sind dabei zwei Aspekte wichtig, und zwar, dass die relative Luftfeuchte auch in den ungünstigen Zeiträumen überall deutlich unter 100 % bleibt, sich also kein Kondensat bildet und dass die relative Luftfeuchte langfristig nicht zunimmt. Beides ist hier der Fall.

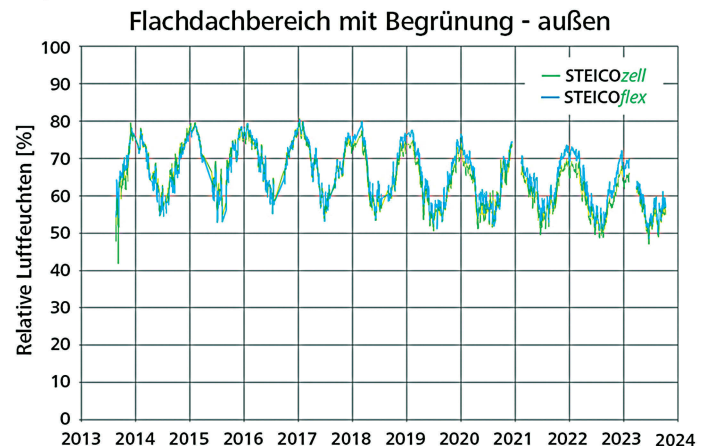
In den ersten Jahren war die relative Luftfeuchte in der Konstruktion am höchsten, ging dann langsam aber stetig zurück, und pendelte sich schließlich auf ein niedrigeres

Niveau ein. Beim nicht begrünten Flachdach sanken sie auf der Dämmstoff-Außenseite von ca. 80 % auf ca. 50 % und auf der Innenseite von ca. 90 % auf ca. 60 %; beim begrünten Flachdach auf der Außenseite von ca. 80 % auf ca. 70 % und auf der Innenseite von ca. 70 % auf ca. 60 %. Das war zu erwarten, denn die Begrünung dämpft die Schwankungen der Temperatur und damit auch die der relativen Luftfeuchte.

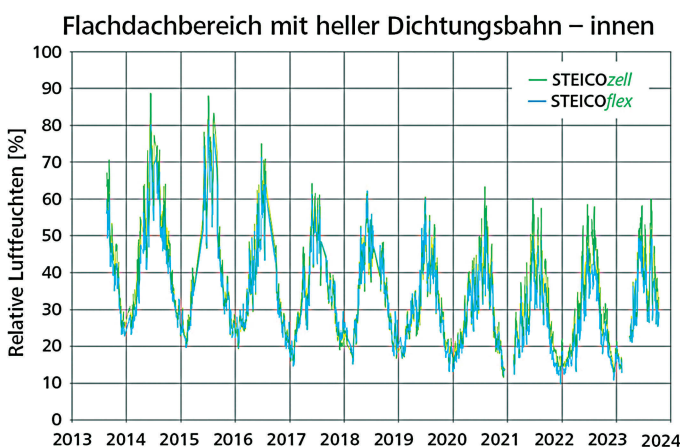
Für die bauphysikalische Funktionstüchtigkeit bedeutet das, dass die baubedingte Anfangsfeuchte in den ersten Jahren so lange trocknete, bis sich ein Gleichgewicht zwischen der vom Gebäudeinneren in die Konstruktion eingedrungene Feuchte und der von der Konstruktion ins Gebäudeinnere abgegebenen Feuchte einstellte – die sogenannte „Ausgleichsfeuchte“. Langfristig verbesserte sich die Feuchtesituation also deutlich. Womit allerdings noch nicht die entscheidende Frage beantwortet ist: Reichen die gemessenen Feuchteniveaus vielleicht schon aus, damit holzerstörende Pilze entstehen und wachsen können?



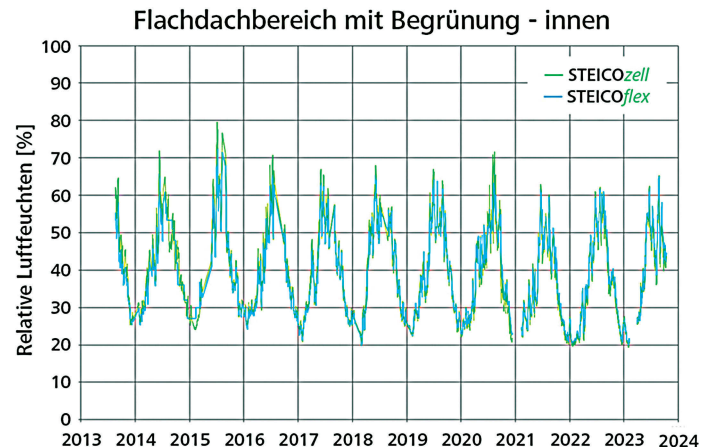
5a)



5c)



5b)



5d)

Bild 5 Relative Luftfeuchten im Holzfaser-Dämmstoff 2013 bis 2023; auf der Außenseite sind sie im Winter hoch und im Sommer niedrig, auf der Innenseite verhält es sich umgekehrt. Wichtig ist, dass sie langfristig sinken. a) Flachdachbereich mit heller Dichtungsbahn – außen; b) Flachdachbereich mit heller Dichtungsbahn – innen; c) Flachdachbereich mit Begrünung – außen; d) Flachdachbereich mit Begrünung – innen (Quelle: STEICO)

Relative humidity of the wood fibre insulation 2013 to 2023; outside with high values during winter and low values during summer, and inside it is the reverse. It is important, that the relative humidity decreases in the long term. a) flat roof with light-coloured sealing membrane – outside; b) flat roof with light-coloured sealing membrane – inside; c) flat roof with greening – outside; d) flat roof with greening – inside (Source: STEICO)

3 Relative Porenluftfeuchte

Die DIN 68800-1 „Holzschutz“ [1] nennt seit den 1990er-Jahren eine „langfristige“ Holzfeuchte von 20 Massen-% als Grenzwert, wobei „langfristig“ sechs Monate bedeutet. Und der Grenzwert ist sehr vorsichtig angesetzt. Zu vorsichtig für eine realitätsnahe Risikobewertung. Vor allem bleibt bei dieser Methode jedoch ein wichtiger Faktor unberücksichtigt: die bei einer bestimmten Holzfeuchte herrschenden Temperaturen. Die haben nämlich auf das Entstehen und das Wachsen holzzerstörender Pilze einen entscheidenden Einfluss. Jetzt wird die Sache interessant.

Um den komplexen Zusammenhang zwischen Feuchte und Temperatur abbilden und das Risiko eines Holzabbaus realitätsnaher einschätzen zu können, führte die „Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege“ (WTA) im Jahr 2016 mit ihrem Merkblatt 6-8 „Feuchtetechnische Bewertung von Holzbauteilen“ [2] ein neues Bewertungskriterium ein, die relative Porenluftfeuchte im Holz.

In diesem Merkblatt befindet sich eine aus den Ergebnissen wissenschaftlicher Forschungsstudien abgeleitete Grenzkurve – eine gerade Linie von 95 % relativer Porenluftfeuchte bei 0 °C bis 86 % bei 30 °C. Liegt die tatsächliche relative Porenluftfeuchte oberhalb dieser Grenzkurve, so kann Holzabbau stattfinden, liegt sie unterhalb, so findet kein Holzabbau statt. Zwar wurde diese Grenzkurve für massives Holz definiert, doch sie lässt sich auch auf Holzfaser-Dämmstoffe anwenden.

Die gemessenen Tagesmittelwerte ergeben Punktwolken, die an der Dämmstoff-Außenseite die Form eines linearen „Korridors“ haben. Bei der Langzeituntersuchung von STEICO zeigte sich (Bilder 6a–b), dass bereits im ersten Jahr die Tagesmittelwerte alle deutlich unter der Grenzkurve lagen. Und in den Folgejahren sanken sie dann kontinuierlich ab: bei 0 °C von ca. 75 % auf ca. 50 %, bei 30 °C von ca. 45 % auf ca. 25 %.

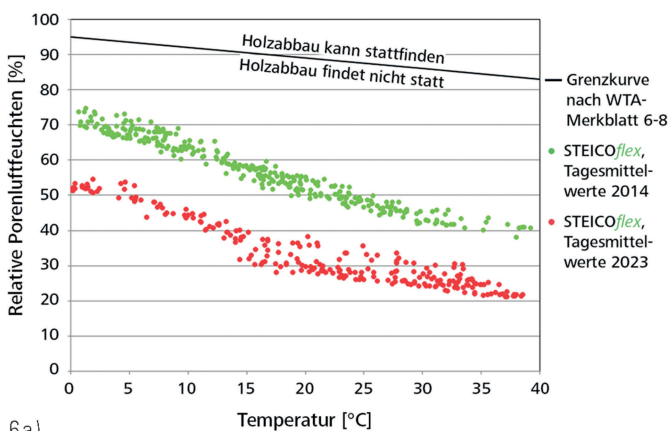


Bild 6 Relative Porenluftfeuchten im Holzfaser-Dämmstoff 2014 und 2023: Da die Außenseite kritischer ist als die Innenseite, wird in der Praxis nur diese untersucht; a) Flachdachbereich mit heller Dichtungsbahn – außen; b) Flachdachbereich mit heller Dichtungsbahn – innen (Quelle: STEICO)
 Relative pore air humidity of the wood fibre insulation 2014 and 2023: exterior is critical and therefore investigated; a) flat roof with light-coloured sealing membrane – outside; b) flat roof with light-coloured sealing membrane – inside (Source: STEICO)

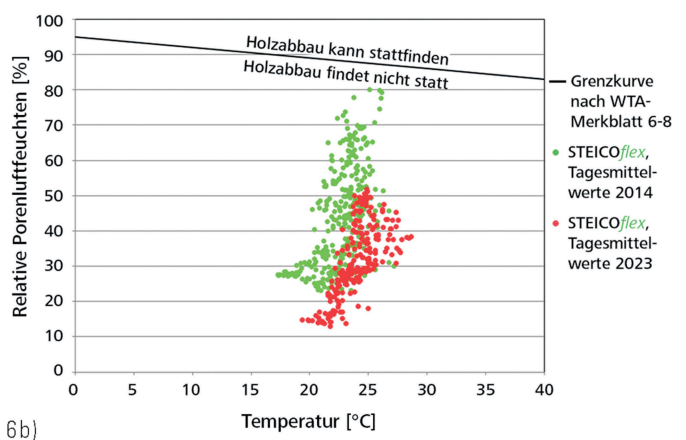
Das langfristige Absinken der relativen Porenluftfeuchte ist von entscheidender Bedeutung. Denn dadurch ist sichergestellt, dass sich im Dachaufbau im Lauf der Jahre keine Feuchte anreichert, dass er langfristig trockener statt feuchter wird. Das Risiko, dass holzzerstörende Pilze entstehen und wachsen, nimmt also im Lauf der Jahre kontinuierlich ab – war jedoch hier von Anfang an ganz klar im unkritischen Bereich.

4 Fazit

Die Untersuchung zeigt, welches Potenzial in Holzfaser-Dämmstoffen steckt. Auch ohne zusätzliche Dämmschicht über der Sparrenebene war die relative Luftfeuchte in der Dämmebene schon nach Fertigstellung im unkritischen Bereich und sank dann in den Folgejahren auf ein niedriges Gleichgewichtsniveau. Das Gleiche war auch bei der relativen Porenluftfeuchte in den Holzfasern zu beobachten. Das Entstehen und Wachsen von Schimmelpilzen und holzzerstörenden Pilzen drohte zu keinem Zeitpunkt. Eine günstige Randbedingung war dabei, dass die Dachfläche nach Süd-Westen orientiert und ab dem späten Vormittag unverschattet ist.

Für nachhaltiges Bauen bedeutet das Folgendes: Wenn Holzfaser-Dämmstoffe zum Einsatz kommen, lassen sich auch begrünte Flachdächer in Holzbauweise mit einer materialeffizienten Sparrenkonstruktion realisieren. Dadurch wird der wertvolle Rohstoff Holz effizient genutzt; es kommt nur so viel massives Holz zum Einsatz, wie statisch notwendig ist. Aufgrund der Holzfaser-Dämmung wird aber trotzdem viel CO₂ gespeichert.

Trotz dieses positiven Untersuchungsergebnisses ist natürlich nach wie vor empfehlenswert, über der Sparrenebene und Tragschalung eine zusätzliche Dämmschicht aufzubringen. Sicher ist sicher – und nachhaltig.



Literatur

- [1] DIN 68800-1:2019-06 (2019) *Holzschutz - Teil 1: Allgemeines*. Berlin: Beuth-Verlag.
- [2] WTA-Merkblatt 6-8 (2016) *Feuchtetechnische Bewertung von Holzbauteilen*. Pfaffenhofen: Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege International e.V. WTA.

Autor:innen

Dipl.-Ing. Günther Hartmann (Korrespondenzautor:in)
g.hartmann@steico.com
STEICO SE
Otto-Lilienthal-Ring 30
85622 Feldkirchen

Dipl.-Ing. (FH) Sönke Grön
info@steico.com
STEICO SE
Otto-Lilienthal-Ring 30
85622 Feldkirchen

Zitieren Sie diesen Beitrag

Hartmann, G.; Grön, S. (2024) *Feuchtemonitoring eines Flachdaches in Holzbauweise mit Holzfaser-Zwischensparrendämmung*. *Bauphysik* 46, H. 2, S. 103–107.
<https://doi.org/10.1002/bapi.202400007>