

Wasserdampfdiffusion durch flachgeneigte Dächer mit Metalldachdeckung

Metalldachdeckungen nehmen in der bauphysikalischen Betrachtung von Außenbauteilen eine besondere Rolle ein. In der Regel ist die Bauteilschicht inhomogen, da einzelne Bleche durch Falze miteinander verbunden werden. Diese unregelmäßige Fläche ergibt insbesondere für den Transport von Wasserdampf infolge Diffusion oder auch durch strömende Luft ein komplexes Feuchteverhalten. Metalle selber sind nicht in der Lage Wasserdampfdiffusion zuzulassen, auch kann strömende Luft das Material nicht passieren. Die Verbindungsstellen (Falze) ermöglichen einen Feuchtetransport, weisen jedoch durch verschiedenen Falzarten und Dichtungsmaterialien stets unterschiedliche Eigenschaften auf. Das Feuchteverhalten einer Dachkonstruktion wird maßgeblich durch diese Eigenschaften beeinflusst. Falsch konzipierte Dachaufbauten können zu Feuchteakkumulation führen und insbesondere in der Holzbauweise zu erheblichen Schäden führen.

In der Literatur finden sich nur wenige und größtenteils nur ältere Untersuchungen zum Feuchteverhalten von Dachkonstruktionen mit Metalldeckungen [1, 2, 3]. Insbesondere zu den Untersuchungen nach [1] haben sich die technischen Anforderungen sowie Herstellung und Ausführungsarten der Metalldachdeckungen weiterentwickelt. Daraus entstand die Motivation, umfangreiche experimentelle Untersuchungen und hygrothermische Berechnungen zu Metalldachdeckungen durchzuführen.

Ermittlung der wasserdampfdiffusionsäquivalenten Luftschichtdicke s_d

In Anlehnung an DIN EN ISO 12572 [4] wurde mit bestimmten Randbedingungen für unterschiedliche Falzarten die wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d ermittelt. Die Metalldachdeckungen sind vereinfacht als zwei Teilflächen A1 (Blech) und A2 (Falz) betrachtet worden, denen jeweils eine wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_{d1} und s_{d2} zugeordnet wurde. Daraus wurde eine gewichtete wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d der Gesamtfläche A ermittelt. Tabelle 1 zeigt die ermittelten s_d -Werte für unterschiedliche Falzarten und Scharenbreiten.

Aus den ermittelten s_d -Werten im Bereich von $s_d = 8$ m bis 278 m wurden vier exemplarische wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicken $s_d = 10$ m, 50 m, 125 m und 300 m ausgewählt, welche repräsentativ für die unterschiedlichen Falzarten und Scharenbreiten stehen. Mit Hilfe des Computerprogramms WUFI (**W**ärme **U**nd **F**euchte **I**nstationär) wurden für vier verschiedenen Dachkonstruktionen in Holzbauweise (belüftet und unbelüftet) unter Verwendung der exemplarischen s_d -Werte hygrothermische Simulationsberechnungen durchgeführt. Die Dachkonstruktionen sind in den Bildern 1.1 bis 1.4 dargestellt. Hygrothermische Berechnungen ermöglichen die Simulation von Wärme- und insbesondere die Feuchteverteilungen über einen Bauteilquerschnitt unter Berücksichtigung von Klimadaten und weiteren Randbedingungen über einen längeren Zeitraum.

Tabelle 1 Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicken s_d [m] von Metalldachdeckungen mit unterschiedlichen Falzen und Falzausbildungsarten in Abhängigkeit von ausgewählten Scharbreiten

Nr.	Falzart Falzschließungsart mit/ohne Falzdichtungsband	wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d [m] bei einer Scharenbreite von b [m]		
		0,4	0,5	0,6
01	Doppelstehfalz per Hand ohne	47	59	70
02	Doppelstehfalz per Hand mit	85	106	127
03	Doppelstehfalz maschinell ohne	70	87	104
04	Doppelstehfalz maschinell mit	185	231	278
05	Winkelstehfalz per Hand ohne	19	24	29
06	Winkelstehfalz per Hand mit	12	15	18
07	Winkelstehfalz maschinell ohne	26	33	39
08	Winkelstehfalz maschinell mit	50	63	75
09	Einhangfalz maschinell gekantet ohne	14	18	21
10	Klick-Leistendeckung maschinell rollgeformt ohne	8	10	12

Insbesondere Dachkonstruktionen in Holzbauweise können in Bezug auf den Feuchtegehalt der Bauteilschichten aus Holz auf Tauglichkeit der Konstruktionsaufbauten überprüft werden. Neben dem Gesamtwassergehalt des Bauteils und dem Wassergehalt jeder Materialschicht können auch nur Teilbereiche einer Bauteilschicht untersucht werden. Auch dies ist insbesondere bei Holzbauteilen wichtig, da Schäden aufgrund von Feuchteakkumulation auftreten können, wenn nur wenige Millimeter Materialschicht erhöhter Feuchtigkeit ausgesetzt sind.

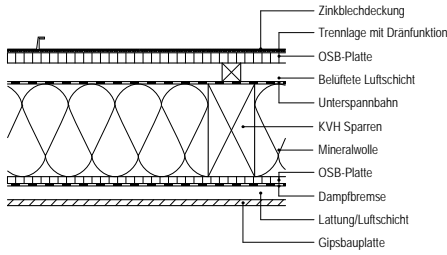


Bild 1.1 Nicht belüftetes Dach mit nicht belüfteter Dachdeckung und darunter liegender belüfteter Luftschicht (Konstruktion 1)

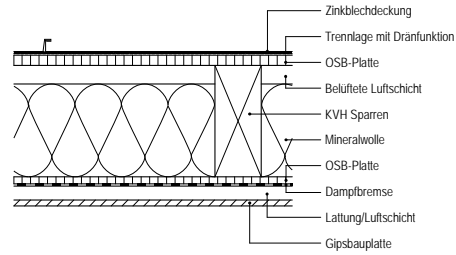


Bild 1.2 Belüftetes Dach mit nicht belüfteter Dachdeckung (Konstruktion 2)

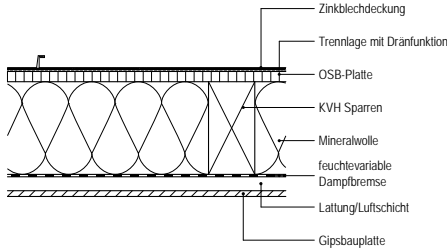


Bild 1.3 Nicht belüftetes Dach mit nicht belüfteter Dachdeckung, Zwischensparrendämmung (Konstruktion 3)

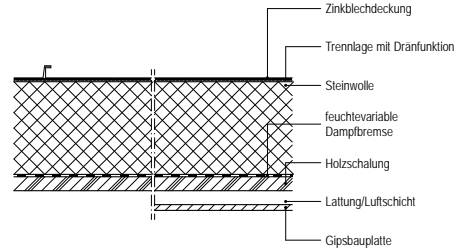


Bild 1.4 Nicht belüftetes Dach mit nicht belüfteter Dachdeckung, Aufsparrendämmung (Konstruktion 4)

Als Bewertungskriterien für die Dachkonstruktionen sind folgende Punkte herangezogen worden:

- Feuchteakkumulation der Gesamtkonstruktion
- Feuchteakkumulation einzelner Bauteilschichten, insbesondere Holzwerkstoffe (Grenzwert 18 M-% bzw. kurzzeitig 20 M-% [5,6])
- Feuchteakkumulation einer 5 mm Schicht der Holzwerkstoffe (Grenzwert < 18 M-% [7])
- Feuchteakkumulation der Dämmschicht (Grenzwert < 200 g/m² [8])

Bild 2 zeigt den Feuchtegehalt im Querschnitt der maßgebenden Holzwerkstoffplatte der Konstruktion 1 mit Trennlage/Dränfunktion unterhalb der Zinkdeckung und ohne Trennlage/Dränfunktion. In dieser Betrachtung sind alle s_d -Wert-Variationen bei beiden Konstruktionsvarianten unbedenklich. Bild 3 zeigt den Feuchtegehalt der inneren 5 mm Schicht der maßgebenden Holzwerkstoffplatte von Konstruktion 1. Es ist zu erkennen, dass der Feuchtegehalt bei der Variante ohne Trennlage/Dränfunktion die Grenzwerte deutlich und längerfristig wiederkehrend übersteigt. Die Konstruktion ist unter den gewählten Randbedingungen als bedenklich einzustufen. Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der Untersuchungen.

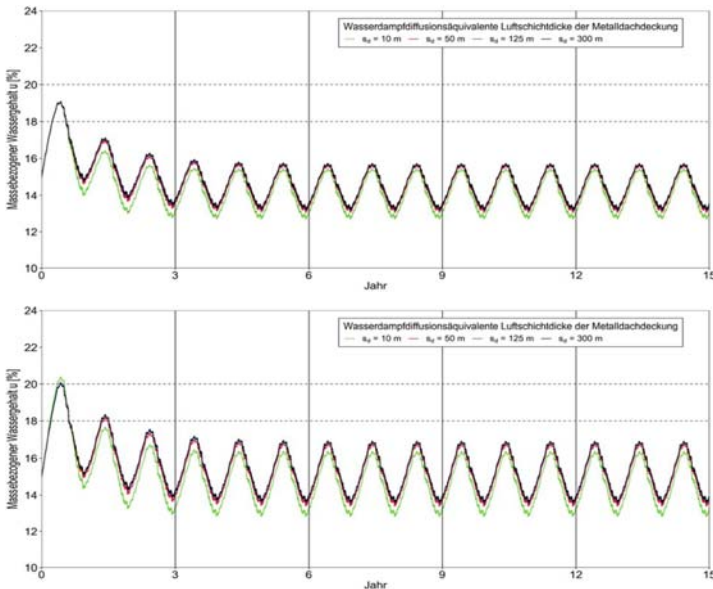


Bild 2 Feuchtegehalt der äußeren Holzwerkstoffplatte (Konstruktion 1), oben: mit strukturierter Trennlage, unten: ohne strukturierte Trennlage

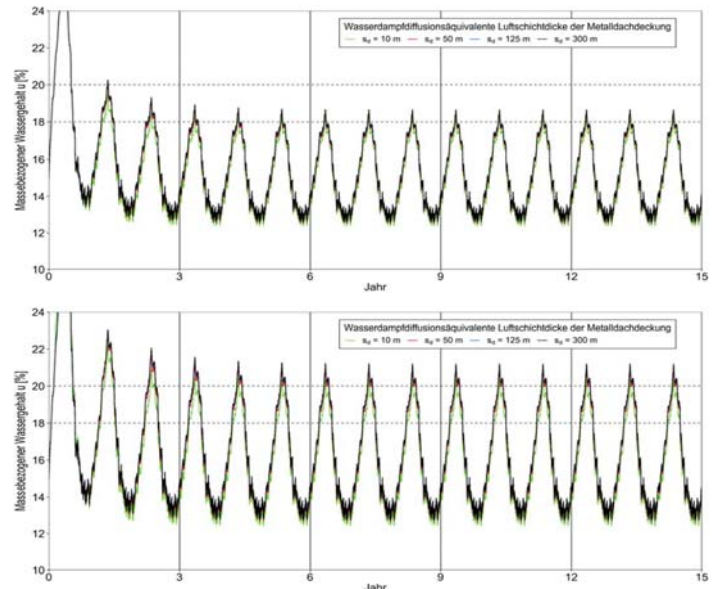


Bild 3 Feuchtegehalt der inneren 5 mm der äußeren Holzwerkstoffplatte (Konstruktion 1), oben: mit strukturierter Trennlage, unten: ohne strukturierte Trennlage

Tabelle 2 Zusammenfassung der Ergebnisse auf Grundlage der berechneten Wassergehalte der äußeren Holzwerkstoffplatte

Konstruktion	Betrachteter Querschnitt der Holzwerkstoffplatte	Mit/ohne Trennlage mit Dränfunktion	s_d [m]			
			10	50	125	300
Nicht belüftetes Dach, nicht belüftete Dachdeckung, darunter liegende belüftete Luftschicht (1)	Gesamt	Mit	✓	✓	✓	✓
		Ohne	✓	✓	✓	✓
	5 mm	Mit	✓	✓	✓	✓
		Ohne	✗	✗	✗	✗
Belüftetes Dach, nicht belüftete Dachdeckung (2)	Gesamt	Mit	✓	✓	✓	✓
		Ohne	✓	✓	✓	✓
	5 mm	Mit	✓	✓	✓	✓
		Ohne	✗	✗	✗	✗
Nicht belüftetes Dach, nicht belüftete Dachdeckung, Zwischensparrendämmung (3)	Gesamt	Mit	✓	✗	✗	✗
		Ohne	✓	✗	✗	✗
	5 mm	Mit	✓	✗	✗	✗
		Ohne	✓	✗	✗	✗
Nicht belüftetes Dach, nicht belüftete Dachdeckung, Aufsparrendämmung (4)	Gesamt	Mit	✓	✓	✓	✓
		Ohne	✓	✓	✓	✓
	5 mm	Mit	✓	✓	✓	✓
		Ohne	✓	✓	✓	✓

✓ = Unbedenklich (Grenzwerte unterschritten) ✗ = Bedenklich (Grenzwerte überschritten)

Zusammenfassung und Ausblick

Die experimentelle Untersuchung des Wasserdampfdiffusionsverhalten von Metalldachdeckungen hat mit bestimmten Randbedingungen unterschiedliche s_d -Werte je nach Falzart hervorgebracht. Die entsprechenden hygrothermischen Berechnungen haben gezeigt, dass für unterschiedliche Dachkonstruktionen verschiedene Faktoren für eine Tauglichkeit der Konstruktion verantwortlich sein können. Zum einen sind die s_d -Werte, also Falzart und Scharenbreite, maßgeblich, zum anderen ist die Trennlage/Dränfunktion ausschlaggebend. Hygrothermische Untersuchungen unterliegen stets einigen Annahmen; weitere Untersuchungen mit modifizierten Randbedingungen werden derzeit durchgeführt. Dieser Kurzbericht beruht auf eine Reihe von Untersuchungen aus den Jahren 2014 bis 2017, die Ergebnisse wurden ausführlicher in der Zeitschrift „Der Bausachverständige“ in der Ausgabe 4 aus dem Jahr 2019 veröffentlicht.

Literatur

- [1] Cammerer, J., Achtziger, J.: Untersuchung des Feuchteverhaltens unbelüfteter Dächer mit Metalldeckung nach dem Stehfalzsystem. Forschungsvorhaben des Forschungsinstituts für Wärmeschutz e.V., Gräfelfing 1994
- [2] Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP (Hrsg.): WUFI Pro 5 Kurzeinführung, Selbstverlag, Holzkirchen
- [3] Künzel, H. M., Großkinsky, T.: Feuchtesicherheit unbelüfteter Blechdächer; aus die Dampfbremse kommt es an! In: wksb – Zeitschrift für Wärmeschutz, Kälteschutz, Schallschutz, Brandschutz, 43. Jahrgang, November 1989, Heft 42, S. 22 bis 27
- [4] DIN EN ISO 12572: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten - Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit. Entwurf 2015-01

- [5] Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.: WTA-Merkblatt E 6-8-15/D: Feuchtetechnische Bewertung von Holzbauteilen – Vereinfachte Nachweise und Simulation – Referat 6 Bauphysik/Bauchemie. Entwurf 2015-09
- [6] DIN 68800-2: Holzschutz-Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau. Ausgabe 2012-02
- [7] Willems, W.M., Schild, K., Stricker, D.: Feuchteschutz - Grundlagen - Berechnungen - Details, 1. Auflage. Springer Vieweg, Wiesbaden 2018
- [8] DIN EN ISO 13788: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren - Berechnungsverfahren. Ausgabe 2013-05

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Martin Homann
Professor für Bauphysik an der Fachhochschule Münster, Architekt, von der AKNW staatlich anerkannter Sachverständiger für Schall- und Wärmeschutz

Kim van der Las BEng MSc
Bis 2017 wissenschaftliche Mitarbeiterin im Labor Bauphysik der Fachhochschule Münster
Seit 2017 Mitarbeiterin im Ingenieurbüro Nees, Münster

Martin Lenting BEng MSc
Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Labor Bauphysik der Fachhochschule Münster