



Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bauwesen (MFPA) Leipzig mbH

Geschäftsbereich IV Bauphysik
Hans-Weigel-Str. 2 b, 04319 Leipzig

www.mfpa-leipzig.de



Technische Universität (TU) München

Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
Arcisstraße 21, 80333 München

www.hb.bv.tum.de



Deutsche Gesellschaft für Holzforschung (DGfH) e.V.

Bayerstraße 57-59/V
80335 München

www.dgfh.de

Kurzbericht

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 zukunftsgerichteter Konstruktionen

Diese Arbeit wurde gefördert durch die Deutsche Gesellschaft für Holzforschung (DGfH) e.V. aus Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR).

Projektnummer: Z 6 - 10.08.18.7-07.18

Projektzeitraum: September 2007 - April 2009

Autoren:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter (TU München)

Dipl.-Ing. Claudia Fülle (MFPA Leipzig)

Dipl.-Ing. Norman Werther (TU München)

Industriepartner:



Leipzig, Mai 2009

1 Forschungsvorhaben

1.1 Einführung

Flachdachkonstruktionen werden aktuell verstärkt im Industrie- und Verwaltungsbau, aber auch im privaten Sektor nachgefragt.

Belüftete Flachdachkonstruktionen bergen dabei die Gefahr, dass aufgrund der geringen Neigung die Durchlüftung nicht gewährleistet ist. Außerdem sind sie durch ihre Bauhöhe architektonisch uninteressant.

Für unbelüftete Flachdachaufbauten wird in der gültigen Norm (DIN 4108-3) entweder eine Aufdachdämmung oder eine raumseitige Dampfsperre ($s_d \geq 100$ m) gefordert, um als nachweisfrei zu gelten. Viele gebaute Flachdächer haben jedoch gezeigt, dass ein raumseitig zu diffusionsdichter Flachdachaufbau leicht zu Schäden führen kann: Durch die Dampfsperre kann Einbaufeuchte oder konvektiv eingetragene Feuchte im Sommer nicht austrocknen. Eine feuchtevariable diffusionshemmende Schicht kann sich hier vorteilhaft auswirken.

Ziel der Untersuchungen im vorliegenden Forschungsvorhaben war deshalb, anhand von systematischen Freilandversuchen Daten zu den hygrothermischen Verhältnissen in unbelüfteten, einschaligen, hochgedämmten Flachdachkonstruktionen mit oberseitiger Abdichtung für verschiedene konstruktive Aufbauten zu gewinnen. Anhand dieser experimentellen Untersuchungen erfolgte die Validierung weiterführender instationärer numerischer Bauteilsimulationen, über die Aussagen zum hygrothermischen Verhalten der Konstruktion bei abweichenden Aufbauten und Randbedingungen getroffen werden können.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden folgende Punkte diskutiert :

- inwieweit durch den Einsatz von feuchtevariablen Dampfbremsen und Holzwerkstoffplatten sowie diffusionshemmenden Abdichtungsbahnen das Gefährdungsrisiko für die Konstruktion gesenkt werden kann,
- welche Kriterien zum Einsatz von ökologischen Gefachdämmstoffen wie Zellulose- oder Holzweichfasern zu erfüllen sind,
- welchen Einfluss die Ausbildung der Deckschichten (Farbe der Abdichtungsbahn, Gründach, bekiest oder verschattet) auf das Feuchteverhalten im Gefach hat,
- welche mit CE-Kennzeichnung versehenen Holzwerkstoffe zukünftig in diesem Einsatzbereich Anwendung finden können.

Aufgrund dieser Daten wurden dauerhafte und robuste Konstruktionsaufbauten mit ausreichendem Sicherheitsniveau abgeleitet. Zukünftige Schadensfälle infolge fehlender Erfahrungen und veralteter normativer Grundsätze sowie betriebswirtschaftliche Einbußen für Unternehmen lassen sich darüber vermeiden.

Ein Vergleich mit der aktuellen baulichen Situation an bestehenden Objekten erweitert die Datenbasis der Untersuchungen am Versuchsstand in Leipzig und die zugehörigen hygrothermischen Simulationen.

1.2 Experimentelle Untersuchungen

1.2.1 Versuchsgebäude in Leipzig

Die Untersuchungen wurden in einem Freilandversuchsgebäude der MFPA Leipzig GmbH an einer einschaligen Flachdachkonstruktion mit praxisrelevanten Aufbauten durchgeführt (Abbildung 1). Hierbei wurde in der Art der raumseitigen diffusionshemmenden Schicht, der Art der Gefachdämmung und zwischen verschiedenen Deckschichten unterschieden (Abbildung 2).

Das genutzte Flachdach des Gebäudes besaß eine Fläche von 8 x 5,5 m. Das mit 2° geneigte Dach wurde umlaufend von einer Attika umschlossen. Um Verschattung auszuschließen, wurde der Messbereich immer im Abstand von 0,5 m zur Attika gewählt. Es entstanden 8 Messfelder (4 mit Schwarzer Bahn, 4 mit Gründach) mit jeweils 3 m² Fläche, die hygrisch durch Abschottungen voneinander getrennt wurden. Außerdem gab es 3 Messfelder mit heller Bahn, Kiesschicht und Verschattung zur Untersuchung des Einflusses der Deckschicht.



Abbildung 1 Versuchsgebäude in Leipzig

Der Innenraum wurde zur Herstellung üblicher Nutzungsbedingungen klimatisiert.

Folgende 11 Varianten des Flachdachaufbaus wurden errichtet:

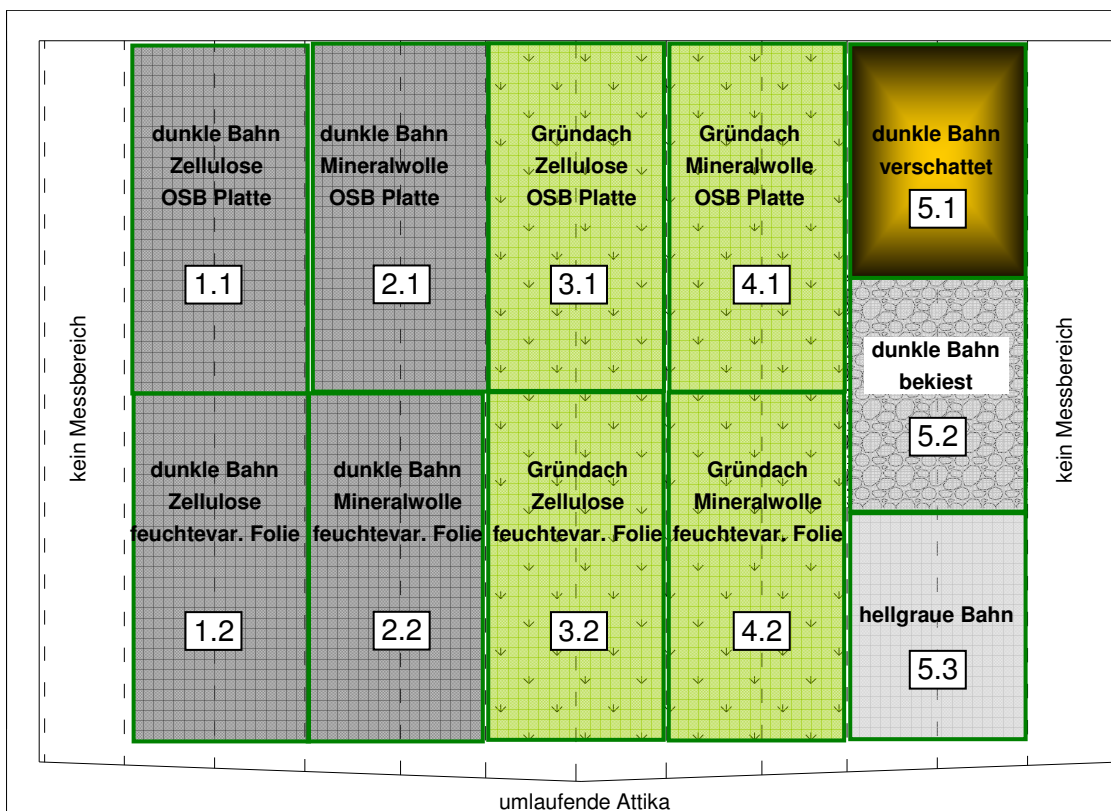


Abbildung 2 Versuchsgebäude in Leipzig, Schematischer Aufbau



1.2.2 Messtechnische Erfassung

Am Versuchsgebäude in Leipzig wurden folgende Messgrößen bestimmt:

- Außenklima und Raumklima
 - Temperatur und Relative Luftfeuchte der Außenluft
 - Windgeschwindigkeit und Windrichtung
 - Niederschlagsmenge
 - Globalstrahlung
 - Temperatur und Relative Luftfeuchte der Innenluft
- klimatische Verhältnisse im Dachaufbau
 - Temperatur unter den Deckschichten
 - Temperatur und Relative Luftfeuchte in der kritischen Ebene, auf der äußeren (und im Winter kalten) Seite des Gefachdämmstoffs
- Materialfeuchten
 - Holzfeuchten der Tragkonstruktion und oberseitigen Beplankung

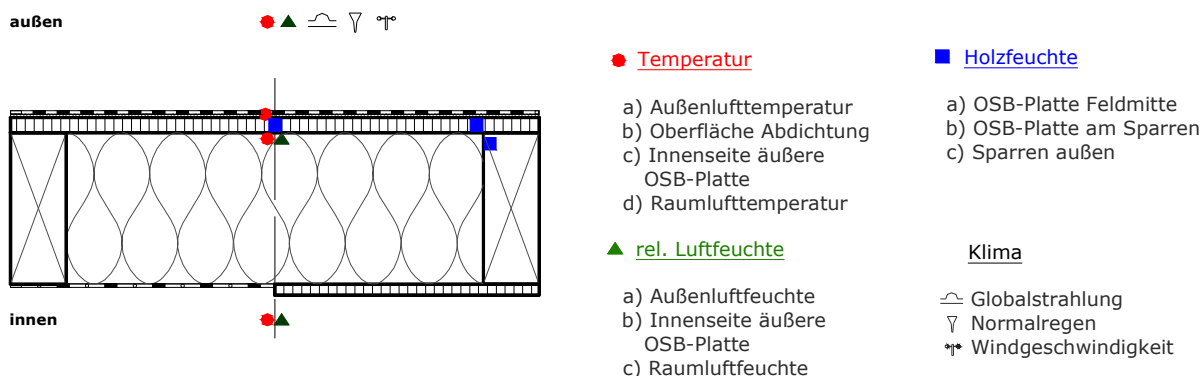


Abbildung 3 Anordnung und Aufbau der Messstellen in den untersuchten Feldbereichen

1.2.3 Beurteilungskriterien

Schadhafte Dachaufbauten sind dort zu erwarten, wo hohe Materialfeuchten über längere Zeiträume auftreten und das sommerliche Austrocknungsvermögen nicht ausreicht, die im Winter entstehende Feuchte abzuführen. Aufgrund der Ausführung als normativ nicht geregelter Konstruktionsaufbau werden die Anforderungen und Beurteilungsgrundlagen aus den Anwendungsbereichen der eingesetzten Bauprodukte und den Anforderungen für die Verhinderung von Schimmelpilzwachstum abgeleitet.

Für die obere OSB-Platte (Beplankung), welche in den vorliegenden Aufbauten neben den Deckenbalken kritisches Bauteil ist, wird somit gefordert, dass die Materialfeuchte nicht den Grenzwert von 18 M-% über einen längeren Zeitraum überschreiten darf. Für die Deckenbalken gilt, dass die Holzfeuchte nicht über einen längeren Zeitraum den Grenzwert von 20 M-% überschreiten darf.

Hinsichtlich der Verhinderung von Schimmelpilzwachstum wird gefordert, dass an den Oberflächen der relevanten Bauteile (OSB-Platten, Holz) die Relative Luftfeuchte nicht über einen längeren Zeitraum den Wert von 80 % überschreiten darf.

2 Ergebnisse der Messungen im Versuchsstand

2.1 Flachdach-Aufbauten mit Schwarzer PVC-Bahn

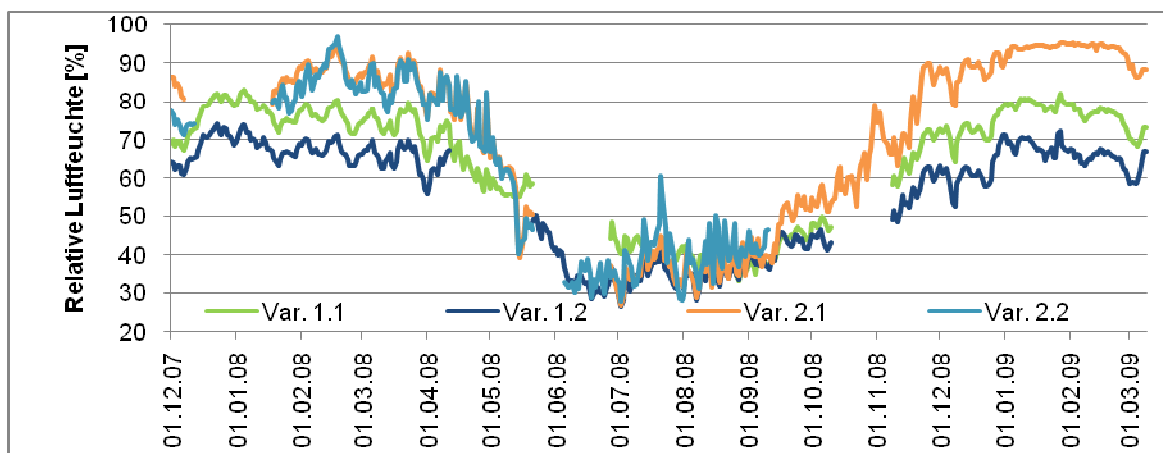


Abbildung 4 Relative Luftfeuchte in der kritischen Ebene (zw. Dämmung und Beplankung), gemessene Tagesmittel für Var. 1.1 bis 2.2

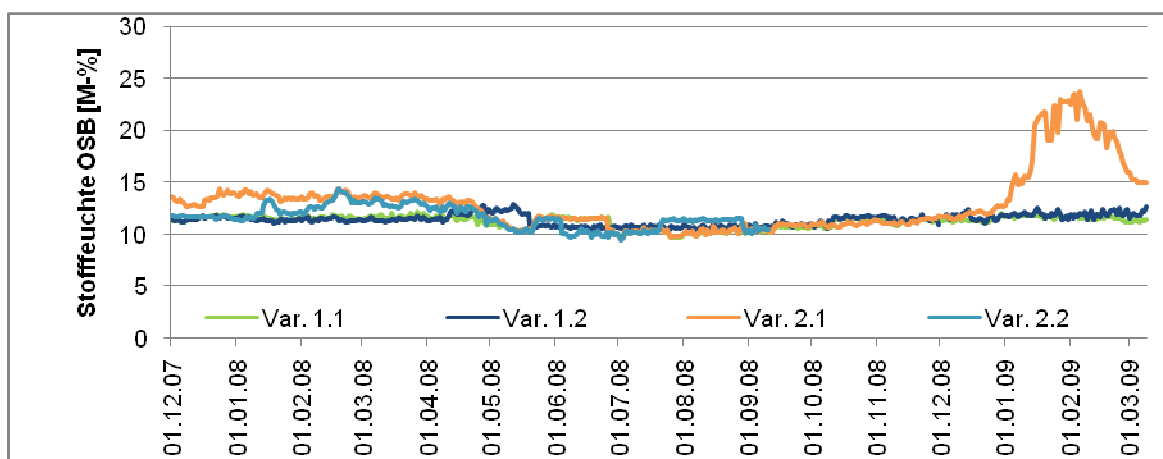


Abbildung 5 Stofffeuchte in der oberen OSB-Platte, gemessene Tagesmittel für Var. 1.1 bis 2.2

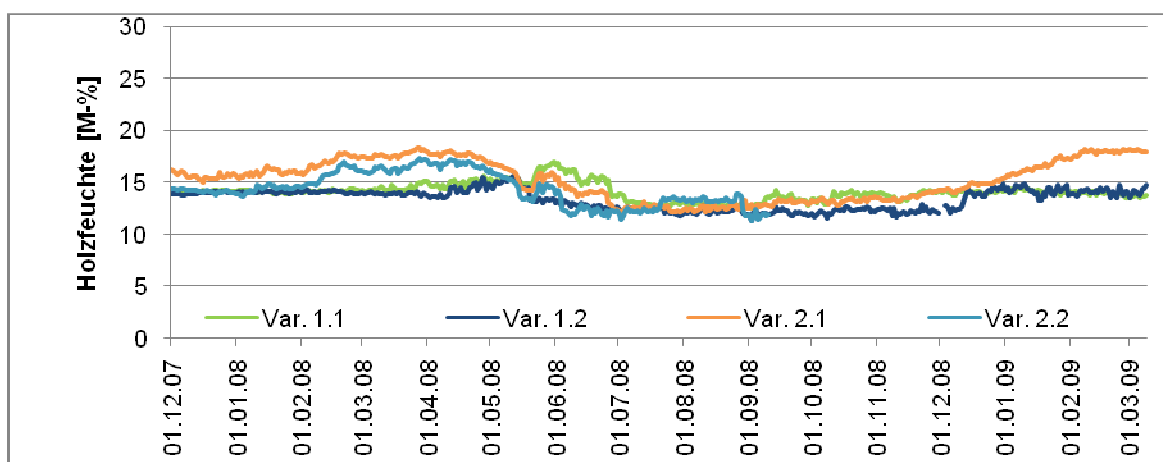


Abbildung 6 Holzfeuchte im Deckenbalken, gemessene Tagesmittel für Var. 1.1 bis 2.2

2.2 Flachdach-Aufbauten mit Gründach

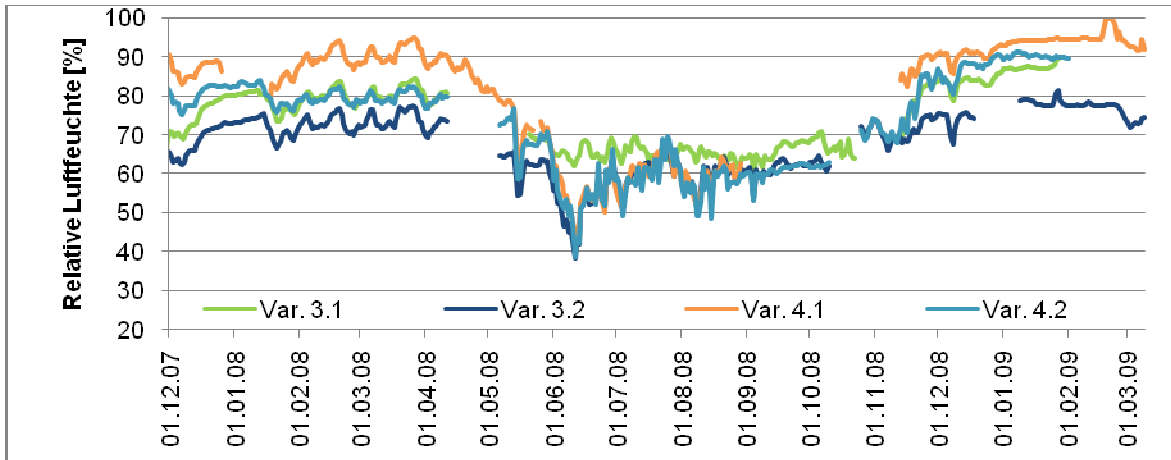


Abbildung 7 Relative Luftfeuchte in der kritischen Ebene (zw. Dämmung und Beplankung), gemessene Tagesmittel für Var. 3.1 bis 4.2

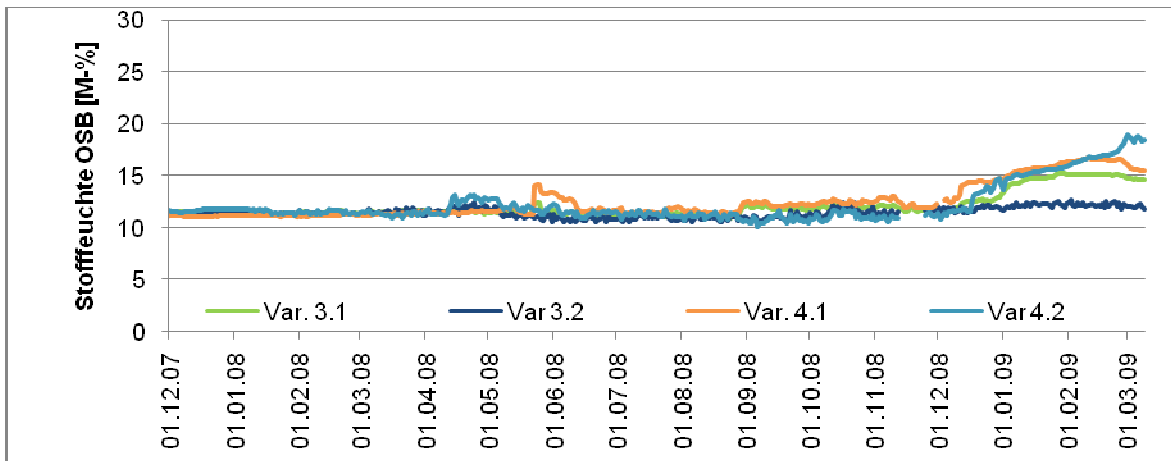


Abbildung 8 Stofffeuchte in der oberen OSB-Platte, gemessene Tagesmittel für Var. 3.1 bis 4.2

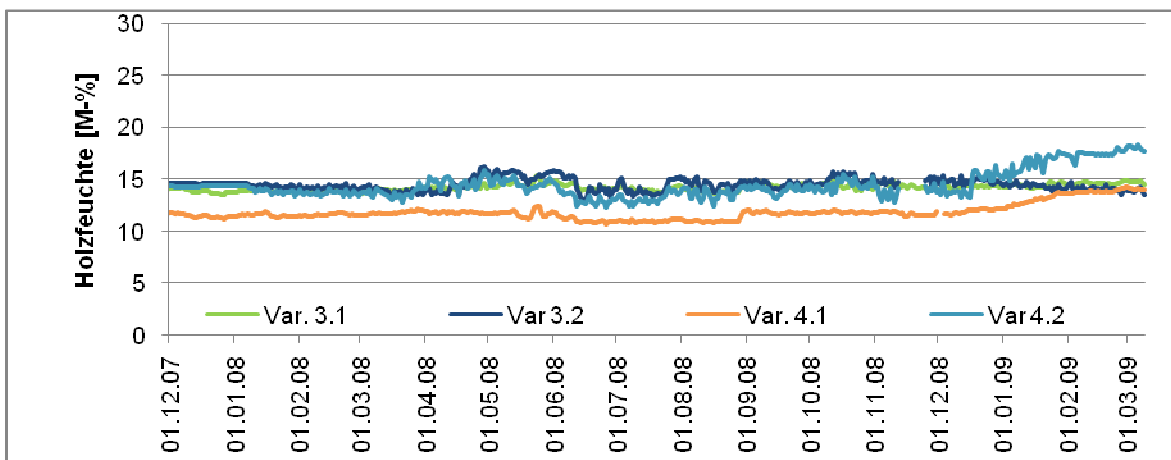


Abbildung 9 Holzfeuchte im Deckenbalken, gemessene Tagesmittel für Var. 3.1 bis 4.2

3 Hygrothermische Simulationen

Für alle Varianten wurde mithilfe eines Simulationsprogramms zum gekoppelten Wärme- und Feuchtetransport (WUFI) das hygrothermische Verhalten in der Dachkonstruktion berechnet. Dazu wurden die gemessenen Außen- und Innenklimabedingungen verwendet.

Beispielhaft zeigen folgende Abbildungen die sehr gute Übereinstimmung zwischen Messwerten und Ergebnissen der hygrothermischen Simulation für Variante 1.2 (Schwarze PVC-Bahn - OSB - Zellulose - feuchtevariable Dampfbremse):

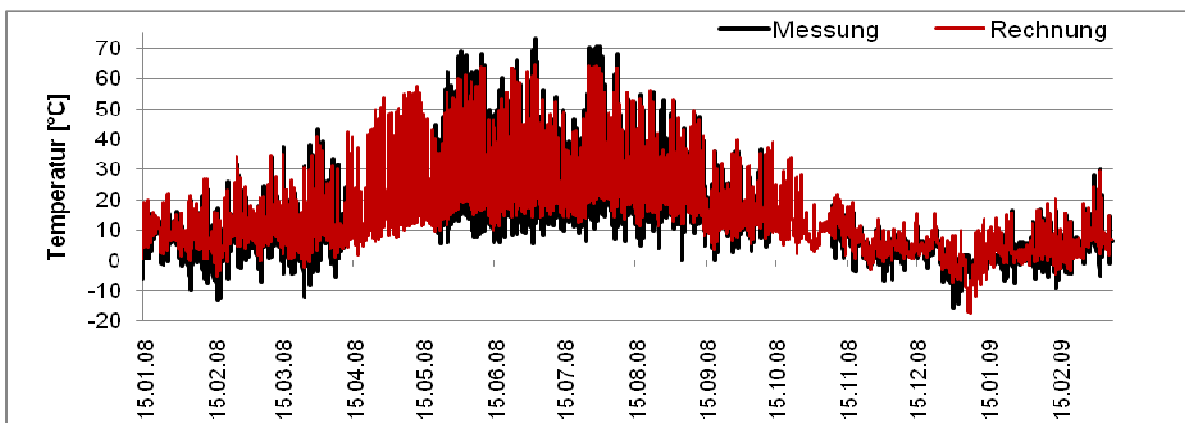


Abbildung 10 Temperatur in der krit. Ebene (zw. Dämmung und Beplankung) in Var. 1.2

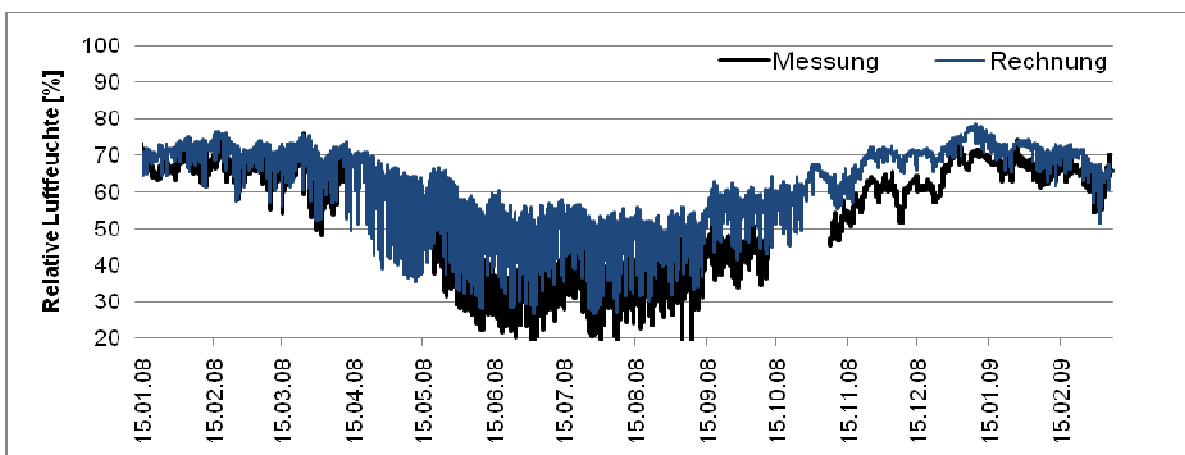


Abbildung 11 Relative Luftfeuchte in der krit. Ebene (zw. Dämmung und Beplankung) in Var. 1.2

Auf den validierten Materialkennwerten aufbauend wurden mittels hygrothermischer Simulationen **Parameterstudien** durchgeführt. Dabei wurde untersucht:

- Variation Außenklima (Berechnung für Klimadatensatz „Holzkirchen 1991“)
- Variation Innenklima (Simulation von erhöhter Innenraumfeuchte durch z.B. Estrich-Einbau)
- Berücksichtigung eines konvektiven Feuchteintrags von 250 g/(m²-Winter)
- Variation der Dachabdichtung (Berechnung für helle PVC-Bahn und dampfdichte Abdichtung wie z.B. Bitumen)
- Simulation von Verschattung durch umliegende Gebäude
- Simulation von Dach-Überbauten durch z.B. Photovoltaik

4 Zusammenfassung

Die Untersuchungen im Versuchsgebäude in Leipzig haben gezeigt, dass unbelüftete einschalige Flachdachkonstruktionen in Holzbauweise unter bestimmten konstruktiven Randbedingungen feuchtetechnisch einwandfrei funktionsfähig sind. Zusätzliche Erkenntnisse zu den Grenzen und Einsatzbedingungen der Dachaufbauten sowie Aussagen zur Dauerhaftigkeit wurden durch die umfangreichen hygrothermischen Simulationen (Parameterstudien) erzielt. Untersuchungen an bestehenden Gebäuden ergänzten die Messungen am Versuchsgebäude und die Parameterstudien.

Die acht am Versuchsstand untersuchten Varianten unterschieden sich in ihrer hygrischen Unbedenklichkeit erheblich.

Folgende Aufbauten verhielten sich hygrisch unbedenklich und können somit empfohlen werden:

- Variante 1.2 Schwarze PVC-Bahn - OSB - Zellulose - feuchtevar. Dampfbremse
- Variante 1.1 Schwarze PVC-Bahn - OSB - Zellulose - OSB
- Variante 2.2 Schwarze PVC-Bahn - OSB - Mineralwolle - feuchtevar. Dampfbremse
- Variante 3.2 Gründach - OSB - Zellulose - feuchtevar. Dampfbremse

Einer detaillierten Untersuchung ist im Einzelfall zu unterziehen:

- Variante 2.1 Schwarze PVC-Bahn - OSB - Mineralwolle - OSB

Nicht empfohlen werden können folgende Varianten:

- Variante 3.1 Gründach - OSB - Zellulose - OSB
- Variante 4.1 Gründach - OSB - Mineralwolle - OSB
- Variante 4.2 Gründach - OSB - Mineralwolle - feuchtevar. Dampfbremse

Folgende Kernaussagen sind zu treffen:

- Ein sorptiver Dämmstoff wie Zellulose ist in weitaus höherem Maße als z.B. Mineralwolle in der Lage, in der Kondensationsperiode anfallendes Tauwasser, aber auch Baufeuchte, zu speichern und verzögert in der Trocknungsperiode wieder abzugeben.
- Eine feuchtevariable Dampfbremse bildet mit ihrer größeren Spreizung des Wasserdampfdiffusionswiderstands zwischen Trocken - und Feuchtebereich eine gegenüber der OSB-Platte eindeutig vorzuziehende Variante der inneren diffusionshemmenden Schicht.
- Die Verwendung einer schwarzen, relativ diffusionsoffenen ($s_d \sim 20$ m) PVC-Bahn ist anderen Varianten wie heller PVC-Bahn oder diffusionsdichter Bahn (z.B. Bitumen, $s_d \sim 300$ m) klar vorzuziehen.

Es wird darauf hingewiesen, dass unbelüftete Flachdächer in Holzbauweise in jedem Fall sensible Konstruktionen bleiben und hier von der Planung bis zur Errichtung eine erhöhte Sorgfalt und Qualitätssicherung an den Tag zu legen ist. Bei korrekter, luftdichter Ausführung, funktionsfähiger Dachabdichtung, bei Wahl von geeigneten Materialien für Dämmstoff und raumseitiger diffusionshemmender Schicht und bei Beachtung grundsätzlicher einfacher Randbedingungen funktionieren sie jedoch hygrisch unbedenklich und bleiben dauerhaft schadensfrei.