

28 (2001) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

K. Sedlbauer, M. Krus, W. Zillig

## Schimmelpilzbildung in dampfdichten Steildächern – ein biohygrothermisches Modell

### 1. Einleitung

Bei Dächern mit Blecheindeckung kann aufgrund ihres hohen Dampfdiffusionswiderstands so gut wie keine Feuchte nach außen entweichen. Dies bedeutet, daß mittels diffusionsoffener Dampfbremsen auf der Innenseite die Austrocknung eines Daches vor allem in den warmen Sommermonaten nach innen - also zum Raum hin! - erfolgen muß. Aufgrund von Einstrahlungen auf der Südseite und damit erhöhter Temperaturen im Bereich der Blecheindeckung kommt es zur sogenannten "Umkehrdiffusion". Dies bedeutet, daß in Richtung des Temperaturgradienten Feuchte von der Außenseite nach innen diffundiert und es so an den Dampfbremsen vorübergehend zu einer erhöhten Feuchtelast kommen kann. Eine Vergleichsuntersuchung zur Funktionsweise verschiedener Dampfbremsen in einem Steildach wurde in Freilanduntersuchungen im Gelände des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik durchgeführt. Die Aufbauten, Untersuchungsvarianten und hygrothermischen Ergebnisse sowie deren bauphysikalische Interpretation wurden in [1] dargelegt. **Bild 1** zeigt dazu den grundsätzlichen Aufbau der Versuchsdachflächen mit Angabe der wichtigsten geometrischen Daten.

Die Ergebnisse zeigen, daß bei der Folie aus Polyamid die geringsten Holzfeuchten auftraten. Bei der Untersuchungsvariante mit Natronkraftpapier wurde bei Versuchsende festgestellt, daß neben Modergeruch auch Stockflecken, d.h. eine intensive Schimmelpilzbildung, im Dachaufbau aufgetreten sind. Diese Schäden waren Anlaß, gründlicher darüber nachzudenken, welche Randbedingungen

und Wachstumsvoraussetzungen gegeben sein müssen, damit Schimmelpilze wachsen können.

### 2. Wachstumsvoraussetzungen für Schimmelpilze

Über Wachstumsvoraussetzungen für Schimmelpilze findet man meist Angaben, die temperaturunabhängig eine relative Feuchte an Bauteiloberflächen von 80 % als wesentliches Kriterium für Schimmelpilzbildung benennen. Es wird zwar bisweilen darauf hingewiesen, daß gegebenenfalls auch bei niedrigeren Feuchten einzelne Pilze gedeihen können, quantitative Angaben fehlen aber. Bereits in den 60-iger und 70-iger Jahren wurden von Biologen, im wesentlichen aus Großbritannien, Untersuchungen durchgeführt, die die Wachstumsvoraussetzungen für Schimmelpilze in der Form von sogenannten Isoplethen darstellen, wie **Bild 2** beispielhaft für die Sporenauskeimung (links) und das Myzelwachstum (rechts) des Pilzes *Aspergillus restrictus* zeigt [2]. Diese Isoplethen unterscheiden sich je nach Pilzart und beschreiben die Sporenauskeimungszeiten bzw. Wachstumsraten. Die unterste Linie stellt jeweils die Grenze jeglicher Pilzaktivität dar. Diese Isoplethen werden bei stationären Randbedingungen - also konstanter Temperatur und relativer Feuchte - ermittelt. Da Nährboden oder Verunreinigungen als weiteres Kriterium für Schimmelpilzbildung erforderlich sind, wurden von Gertis und Erhorn [3] umfangreiche Untersuchungen mit variablem Klima durchgeführt. Damit stehen Versuchsergebnisse zur Verfügung, die den Einfluß unterschiedlicher Materialien auf das Schimmelpilzwachstum zeigen.

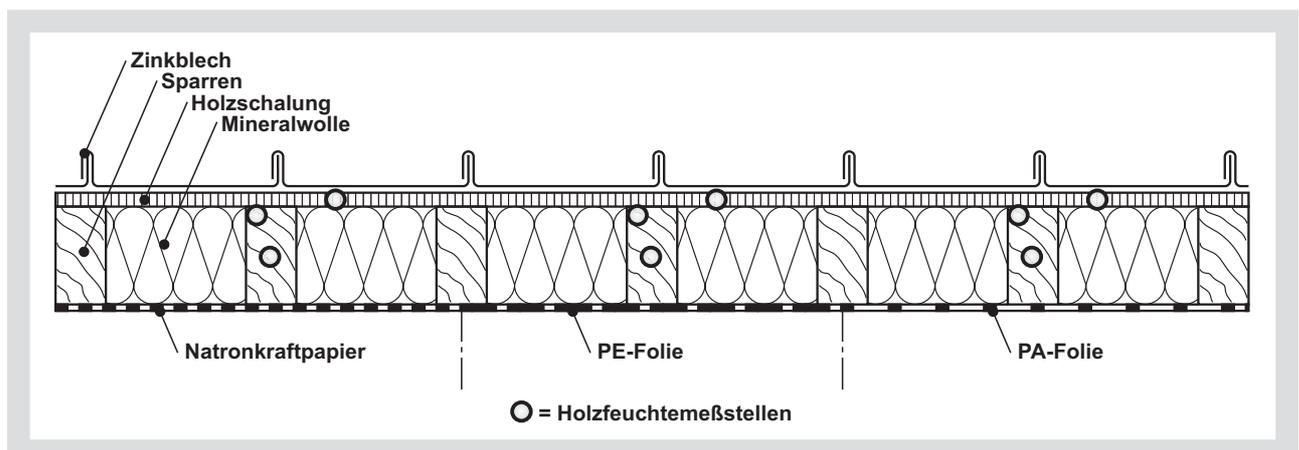


Bild 1: Versuchsvarianten zum Austrocknungsverhalten von unbelüfteten Dächern. Der Aufbau mit Natronkraftpapier zeigte starke Schimmelpilzbildung.

Eine Aufstellung und Bewertung aller das Wachstum von Schimmelpilzen beeinflussenden Faktoren ergibt, daß sowohl Temperatur und Feuchte als auch die Nährstoffverfügbarkeit des Substrates die entscheidendsten Einflüsse auf das Pilzwachstum darstellen. Die drei für das Wachstum wesentlichen Voraussetzungen Nährstoff, Temperatur und Feuchte, müssen gleichzeitig für eine bestimmte Zeitdauer vorhanden sein; Zeit ist deshalb eine der wichtigsten Einflußgrößen auf das Wachstum, zumal alle hygrothermischen Vorgänge in Gebäuden instationär ablaufen.

### 3. Neue Methode zur Vorhersage der Schimmelpilzbildung

Zur Vorhersage der Schimmelpilzbildung ist eine Methode erforderlich, die, ausgehend von diesen Feuchte- und Temperaturverläufen, eine instationäre Betrachtung der biologischen Vorgänge von Schimmelpilzen erlaubt. Moderne hygrothermische Rechenverfahren (z.B. WUFI [4]) bieten die Möglichkeit, für unterschiedliche Geometrien relativ genau die instationären Verläufe von Temperatur und relativer Feuchte an Bauteiloberflächen sowie im Inneren von Konstruktionen zu ermitteln. Am IBP wurde ein neuartiges Verfahren entwickelt. Dabei wird für keimende Schimmelpilzsporen nicht nur der Vorgang der Feuchteaufnahme, sondern - ganz wesentlich - auch eine Austrocknung bei sich verschlechternden Umgebungsbedingungen berücksichtigt. Dieses biohygrothermische Modell wurde angewendet, um nachzuvollziehen, warum im oben beschriebenen Blechdach am Natronkraftpapier im Gegensatz zur Polyamidfolie Schimmelpilzbildung auftrat. Dazu werden die Verläufe der relativen Luftfeuchte auf der raumseitigen Oberfläche des Natronkraftpapiers und der feuchteadaptiven Dampfbremse aus Polyamid für den Beobachtungszeitraum von 180 Tagen gemessen [1] bzw. berechnet. Diese Verläufe dienen dann als Randbedingungen zur Berechnung des Feuchtehaushalts der Sporen und damit zur Risikoabschätzung bezüglich Schimmelpilzwachstum.

### 4. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Bild 3 dargestellt. Die beiden relativ konstant verlaufenden Kurven stellen Grenzwassergehalte in einer "Modellspore" dar, d.h. bei längerer Überschreitung dieses Wertes muß von Schimmelpilzbildung ausgegangen werden. Der gestrichelte Verlauf gilt für die Dampfbremse aus Natronkraftpapier, die durchgezogene für Polyamid. Die sich in den auf den Dampfbremsen sich befindenden Modellsporen einstellenden Wassergehalte sind mit diesen Grenzwassergehalten zu vergleichen. Auf dem Natronkraftpapier ergeben sich im Vergleich zur

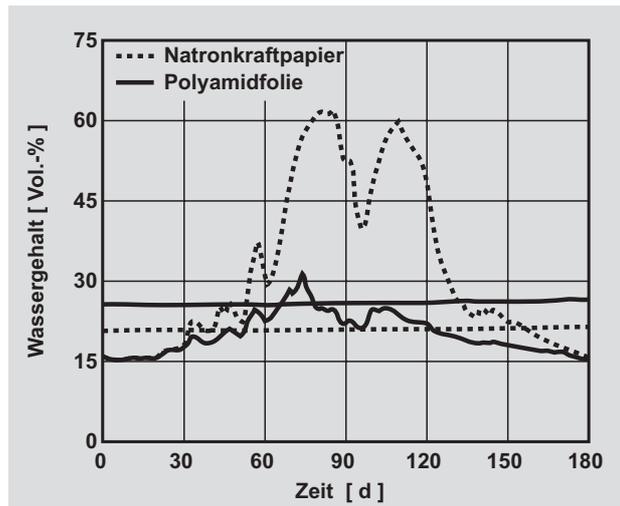


Bild 3: Zeitliche Verläufe des Wassergehaltes in der Spore für den Dachaufbau mit Natronkraftpapier und Polyamidfolie. Die Verläufe des Grenzwassergehaltes, ab dem die Keimung eintritt, sind durch horizontale Linien gekennzeichnet.

feuchteadaptiven Dampfbremse aus Polyamid höhere Wassergehalte. Man erkennt ferner, daß der Feuchtegehalt der Spore auf dem Natronkraftpapier über einen langen Zeitraum deutlich über seinem Grenzwassergehalt liegt. Nach rund 60 Tagen kommt es zu Schimmelpilzwachstum, was in mit den Beobachtungen während der Messung im Freigelände ganz gut übereinstimmt. Bei der Polyamidfolie ist nur eine kurzfristige Überschreitung zu beobachten; ein Schimmelpilzwachstum ist nicht zu erwarten und wurde auch nicht beobachtet.

### 5. Zusammenfassung und Ausblick

Das biohygrothermische Modell ermöglicht erstmals die Berücksichtigung von instationären Temperatur- und Feuchteverhältnissen bei der Vorhersage von Schimmelpilzbildung. Die vorgestellten Ergebnisse belegen die im Vergleich zu stationären Vorhersagemodellen verbesserten Möglichkeiten der Risikoabschätzung. Eine exakte Beurteilung verschiedener Konstruktionsaufbauten mit dieser Methode erfordert weitere Messungen (z.B. nach der in [3] genannten Untersuchungsmethode) zur Quantifizierung des Einflusses unterschiedlicher Materialien und Beschichtungen auf die biologischen Wachstumsvoraussetzungen. Dieser noch zu betreibende Forschungsaufwand erscheint aber aufgrund der sich mit diesem Modell bietenden neuen Möglichkeiten gerechtfertigt.

### 6. Literatur

- [1] Künzel, H. M.; Großkinsky, T.: Feuchtesicherheit unbelüfteter Blechdächer; auf die Dampfbremse kommt es an!. wksb 43 (1998), H. 42, S. 22-27.
- [2] Smith, S. L.; Hill, S. T.: Influence of temperature and water activity on germination and growth of aspergillus restrictus and aspergillus versicolor. Trans. Br. Mycol. Soc. 79 (1982), H. 3, S. 558-560.
- [3] Gertis, K.; Erhorn, H.; Reiß, J.: Klimawirkungen und Schimmelpilzbildung bei sanierten Gebäuden. Proceedings Bauphysik-Kongreß (1999), S. 241- 253.
- [4] Künzel, H. M.: Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Feuchte- und Wärmetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten. Diss. Universität Stuttgart (1994).

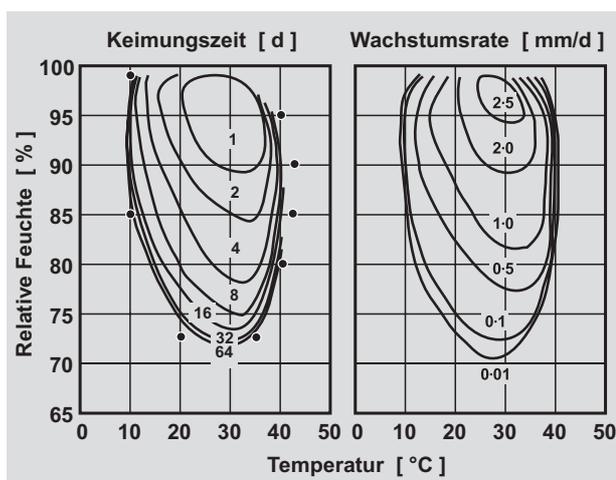


Bild 2: Isoplethen für den Schimmelpilz Aspergillus restrictus.



**Fraunhofer** Institut  
Bauphysik

**FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK (IBP)**

Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Dr. E.h. mult. Karl Gertis

D-70569 Stuttgart, Nobelstr. 12 (Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart), Tel. 07 11/9 70-00

D-83626 Valley, Fraunhoferstr. 10 (Postfach 11 52, 83601 Holzkirchen), Tel. 0 80 24/6 43-0