

Mikrobielle Empfindlichkeit von Bau-Strohballen

Eine Experise Hansjörg Wieland



FASBA

Inhalt

- 1. Einleitung
- 2. Schimmel
- 3. Untersuchungen zum Wachstum von Schimmelpilzen auf Baustoffen
- 4. Rechtliche Situation
- 5. Zusammenfassung
- 6. Literatur

Impressum

- 3 **Herausgeber:**
- 3 Fachverband Strohballenbau
Deutschland e.V.
- 5 Ansprechpartner:
- 6 Ökodorf Siebenlinden
D- 38486 Poppau
- 6
- 6 Telefon +49 4131 2278 649
Telefax +49 4131 2278 648
Email: info@fasba.de

Fotonachweis:

Diagramme IBO GmbH siehe S.6
andere: Fachverband Strohballenbau
Deutschland e.V.

Verfasser:

Dipl.-Biol. Hansjörg Wieland

Layout:

Manuel Rex, Jan Reinschmidt

Strand:

Mai 2004

Die Erstellung dieser Expertise wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft gefördert.
Die Verantwortung für den Inhalt dieser Broschüre liegt beim Autor.
Region Aktiv Projekt: „Strohballenbau-technik und Herstellung in der Altmark“



Hinweis:

Alle Rechte durch Verbreitung, auch durch Funk, Fernsehen, fotomechanische Wiedergabe, Einspeicherung in EDV-Anlagen, Tonträger jeder Art und auszugsweisen Nachdruck sowie Rechte der Übersetzung sind vorbehalten.

Haftungsausschluss:

Für die Richtigkeit der in dieser Schrift gemachten Aussagen kann keine Gewähr übernommen werden. Im Fall einer, im Zusammenhang mit den hier getroffenen Angaben, stehenden Schädigung einer Person oder Sachen, besteht kein Haftungsanspruch gegen die Autoren oder den Herausgeber.

1. Einleitung

Im Zuge des zunehmenden Umweltbewußtseins der Bevölkerung hat sich auch ein umweltbewußtes Wohnen verbreitet. Viele legen mehr Wert auf ein gesundes Raumklima da sie begreifen, dass sie einen Großteil ihres Leben in ihren Wohnungen zubringen. Zudem hat es in der letzten Zeit eine Reihe von Umweltskandalen gegeben die zu einem Umdenken geführt haben. Die Folge war eine Hinwendung zu Bauprodukten die sowohl gesundheits- als auch umweltschonend sind. Diese Entwicklung wurde und wird auch von der Bundesregierung gefördert (Gütesiegel Natureplus). Zu diesen Produkten gehören vor allem auch Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen. In diesem Bereich wurde in den letzten 10 Jahren viel Forschungsarbeit geleistet um diese Materialien konkurrenzfähig gegenüber konventionellen Dämmstoffen zu machen. Der Marktanteil dieser Dämmstoffe konnte so auf ca. 7 % des Gesamtdämmstoffmarktes gesteigert werden. Zu den wichtigsten Punkten für diese „neuen“ Dämm- und Baustoffe gehören ihre nachgewiesene Nachhaltigkeit und ihre Recycelfähigkeit sowie ihr positiver Einfluß auf ein ausgeglichenes Raumklima. Dies ist in erster Linie ihrer Fähigkeit Feuchtigkeit zu speichern und langsam wieder abzugeben zu verdanken, ihrer Feuchtigkeitspufferfähigkeit. Sie verhindern zu trockene Raumluft und damit ein Ansteigen von Atemwegserkrankungen. Viele Untersuchungen zeigen, dass die gute Feuchte-speicherfähigkeit nicht zur Entstehung von Schimmelpilzen in den Materialien führt, da sie bei ordnungsgemäßem Einbau diese Feuchtigkeit schnell genug wieder abgeben können. Diese Materialien müssen diffusionsoffen eingebaut werden. Zu den Dämm- und Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen gehört auch Stroh bzw. Strohballen. Es handelt sich hierbei um einen sehr alten Baustoff. Eine besondere Stellung nehmen die Strohballen ein. Seit der Entwicklung der Strohballenpresse vor ca. 100 Jahren werden Strohballen als Wandmaterial verwendet, sowohl als Füllmaterial für eine Holzständerkonstruktion als auch in lasttragender, d. h. statischer Funktion. Mit diesem Material liegen deshalb eine Vielzahl von Erfahrungen, was sein

Verhalten als Baustoff betrifft, vor. Diese Erfahrungen haben gezeigt, dass es bei richtiger Konstruktion des Gebäudes keine Probleme mit dem Baustoff Stroh gibt. Dies läßt sich daran zeigen, dass Gebäude aus diesem Material 50 Jahre und älter werden können.

In Deutschland ist der Strohballenbau noch relativ jung. Die ersten Gebäude stammen aus dem Beginn der 90iger Jahre. Hierbei konnte auf die lange Erfahrung des Strohballenbaus zurück gegriffen werden und neue Techniken mit einfließen. Leider konnten diese Gebäude aufgrund der bestehenden Rechtslage nur mit einer Genehmigung für den Einzelfall errichtet werden. Diese Bauten haben eine Reihe von wissenschaftlichen Arbeiten angestoßen, die diese Bauweise untersuchten. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigten, dass sich Stroh als Baustoff eignet. Das Feuchte- und Temperaturverhalten von Wänden aus diesem Material konnte als positiv bewertet werden.

In der letzten Zeit sind nun verstärkte Bemühungen unternommen worden, dass Strohballen als Baustoff bauaufsichtlich zugelassen werden, um so die Verwendung dieses Materials besser verbreiten zu können. Für diese allgemeine Zulassung sind jedoch eine Reihe von gesetzlichen Voraussetzungen zu erfüllen. Eine davon ist der Nachweis der Resistenz gegenüber Schimmelbefall. Hieraus ergeben sich aufgrund der z. Zt. geltenden rechtlichen Grundlagen eine Vielzahl von Problemen. Diese Expertise soll einen Einblick in die Problematik des Schimmels bei Stroh geben sowie Hinweise auf die daraus resultierende weitere Vorgehensweise zu Erlangung der Zulassung von Stroh als Baumaterial.

2. Schimmel

Bei dem im allgemeinen Sprachgebrauch verwendeten Begriff „Schimmel“ handelt es sich im Ursprung um ein alt-hochdeutsches Wort mit der Bedeutung „Schimmer“.

Schimmel beinhaltet Pilze verschiedener Gattungen. Schimmelpilze zeichnen sich durch das Wachstum eines meist weissen watteartigen Mycels aus, d. h. der Pilz wächst als ein feines dünnes Geflecht auf oder in porösen Oberflächen. Die Nährstoffe für das Wachstum, vor allem die Energie, gewinnen Pilze durch die Zersetzung von abgestorbener organischer Substanz. Hierdurch spielen sie eine wichtige Rolle im Nährstoffkreislauf der Natur. Besonders hervorzuheben sind ihre Fähigkeiten der Zersetzung von Zellulose und Lignin, den Hauptbestandteilen von Pflanzen. Neben den Pilzen gibt es nur sehr wenige andere Organismen (Bakterien) die hierzu in der Lage sind. Durch diese Fähigkeiten sind Schimmelpilze so gut wie überall (ubiquitär) vorhanden, da sie überall Nährstoffe finden. Schimmelpilze sorgen insbesondere für die Zersetzung von Pflanzenmaterial im Boden.

Jedoch reicht allein die Anwesenheit von Nährstoffen für ein Wachstum von Schimmelpilzen nicht aus. Die Umweltbedingungen müssen in einem bestimmten Bereich liegen. Wichtig sind hierbei die Faktoren Feuchte und Temperatur sowie die Versorgung mit Sauerstoff, da die meisten Pilze Sauerstoff zum Wachstum benötigen. Ein weiterer Faktor ist der pH-Wert, d. h. ob die Bedingungen sauer oder alkalisch ist. Bevorzugt werden von Pilzen eher die alkalischen Bedingungen.

Getreide auf dem Feld ist über sein gesamtes Wachstum dem Befall mit Schimmelpilzen ausgesetzt. Je nach Gesundheit der Pflanze führt dieser Befall zu Schäden oder nicht. Gesundes Getreide wird kaum von Pilzen befallen. Verhindert wird ein Befall auch durch das Einsetzen von sogenannten Fungiziden, also pilzabtötenden Pestizide.

Die eigentliche Aktivität der Schimmelpilze setzt erst mit dem Tod des Getreide durch die Ernte ein. Die Pflanze setzt dem Pilz kein Widerstand mehr entgegen. Nun können die Pilze das pflanzliche Gewebe zersetzen in dem sie die Strukturverbindungen wie Lignin und Zellulose aufbrechen. Dies versetzt die Schimmelpilze in die Lage zu wachsen. Sie beginnen die Strohhalme mit ihrem Mycel zu überziehen und dringen in die Öffnungen des Halmes ein.

Dieses Wachstum setzt allerdings voraus, dass die Umweltbedingungen dieses Wachstum nicht behindern.

Besonders wichtig ist die Feuchte des Materials und der Umgebung (Luftfeuchte). Für Pilze und andere Mikroorganismen ist in der Mikrobiologie der Begriff der Wasseraktivität (aW) eingeführt worden. Er stellt einen direkten Zusammenhang mit der relativen Feuchte im Material oder an dessen Oberfläche her:

$$\varphi = aW * 100$$

mit:

φ	[%]	relative Feuchte
aW	[-]	Wasseraktivität

Schimmelpilze benötigen im allgemeinen einen aW-Wert von mindestens 0,7, das heißt es wird eine relative Feuchte von ca. 70 % benötigt. Diese beinhaltet sowohl das Mycelwachstum als auch die Sporenkeimung.

Schimmelpilze vermehren sich im allgemeinen über die Bildung von sogenannten Sporen. Die Sporenbildung erfolgt immer dann, wenn der Organismus in Bedrängung gerät, das heißt wenn sein Überleben gefährdet ist. Mögliche Faktoren sind Nährstoffmangel oder sich verschlechternde Umweltbedingungen, z. B. Trockenheit, zu hohe Temperaturen oder zu starke Sonneneinstrahlung. Bei Sporen handelt es sich um sogenannte Dauerformen. Die Sporen sind sehr klein und leicht und können dadurch gut mit dem Wind verbreitet werden. Sie können sehr schlechte Bedingungen eine sehr lange Zeit überstehen, um dann unter günstigen Bedingungen wieder zu keimen und zu wachsen. Man kann also davon ausgehen, dass allen Getreidehalmen Sporen anhaften, die bei günstigen Konditionen auskeimen und wachsen können.

Als weiterer wichtiger Faktor für das Wachstum und die Vermehrung von Schimmelpilzen ist die Temperatur zu nennen. Wie alle Organismen haben auch Schimmelpilze ein sogenanntes Optimum für ihr Wachstum. Die meisten Pilze sind wärmeliebend, d. h. ihr Temperaturoptimum liegt bei 30 °C und höher. Dies liegt daran, dass unter diesen Bedingungen der Stoffwechsel schneller arbeitet. Bekannt ist für Schimmel ein Temperaturbereich von 0 bis 50 °C. Das Pilze auch bei niedrigen Temperaturen gut wachsen können, kann man gut an den schimmelnden Nahrungsmitteln im Kühlschrank sehen. Meist liegen die Temperaturbereiche für das Wachstum und die Sporenkeimung dicht beieinander.

Der Einfluß des pH-Wertes (d. h. ob das Substrat sauer oder alkalisch ist) ist nicht von so großer Bedeutung, da sich die Schimmelpilze aufgrund ihrer Stoffwechsellasscheidungen meist ein besseres Milieu erzeugen. Da sie in ihren Stoffwechsel nur wenige Säuren ausscheiden, wird die Umgebung meist leicht alkalisch. Eine Versauerung tritt meistens dann auf, wenn die Umgebung unter Sauerstoffmangel gerät und säurebildende anaerobe Bakterien die Oberhand gewinnen (Silierung). Unter diesen Bedingungen neigen dann die Schimmelpilze zum Sporulieren.

Zusammenfassend läßt sich zum Auftreten von Schimmelpilzen im Stroh folgendes sagen:

- Schimmelpilze, bzw. deren Sporen sind in der Natur (d. h. in Getreidebeständen) immer vorhanden.
- Die Stärke des Befalles hängt von der Gesundheit der Bestände und der Witterung ab.
- Die Qualität des zu erntenden Strohs hängt vom Zustand des Bestandes zum Zeitpunkt der Ernte ab.
- Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass das Stroh trocken geerntet wird. Dies verhindert ein weiteres Wachstum von vorhandenen Schimmelpilzen, sowie die Keimung von vorhandenen Sporen. Außerdem ist dies wichtig bei einer möglicherweise notwendigen Lagerung.

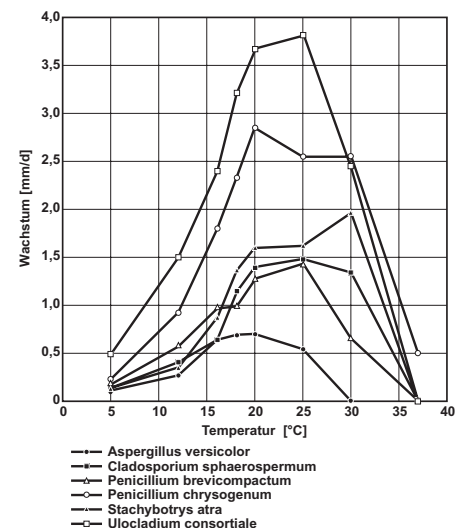


Abb.1: Wachstumsraten verschiedener Schimmelpilze in Abhängigkeit von der Temperatur

3. Untersuchungen zum Wachstum von Schimmelpilzen auf Baustoffen

Schimmelpilze sind ein allgemeines Problem im Bauwesen, sowohl in den Baustoffen selber als auch als Folgeerscheinung von Bauschäden oder Fehlern der Architekten. Gerade Bau- und Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen stehen aufgrund ihrer natürlichen stofflichen Zusammensetzung im Focus des Interesse im Zusammenhang mit der Schimmelbildung. Es handelt sich ja hierbei um das natürliche Substrat der Pilze.

Um hier neue Grundlagen zur Beurteilung der Anfälligkeit von Konstruktionen aus nachwachsenden Rohstoffen auf Schimmelpilzfall zu schaffen, gibt es zur Zeit Untersuchungen die die notwendigen Wachstumsbedingungen von Schimmelpilzen mit berücksichtigen. Führend auf diesem Gebiet ist das Fraunhofer Institut für Bauphysik. Hier entwickelte man ein sogenanntes Isolethenmodell und ein biohygrothermisches Modell um Vorhersagen über eine mögliche Schimmelpilzbildung treffen zu können.

- **Isolethenmodell:** Ermittlung der Sporenauskeimzeiten und des Mycelwachstums auf Basis sogenannter Isolethensysteme, die für verschiedene Gefährdungsklassen sowie einzelne Substratgruppen gelten und somit eine Berücksichtigung des Substratflusses bei der Vorhersage der Schimmelpilzbildung ermöglicht. Ein Isolethensystem benennt dabei die Sporenauskeimungszeiten oder das zu erwartende Mycelwachstum in Abhängigkeit von der Temperatur und der relativen Feuchte (Sedlbauer 2001).

- **Biohygrothermisches Modell:** Berechnung des Feuchtehaushaltes (Wasseraufnahme und -abgabe) einer Spore mit Hilfe eines instationären biohygrothermischen Rechenverfahrens. Damit kann ermittelt werden, bei welchen klimatischen Randbedingungen es zur Sporenauskeimung kommt. Um die dafür erforderlichen physikalischen Kennwerte anzupassen und den Einfluß des Substrats berücksichtigen zu können, wird auf die Isolethensysteme für die einzelnen Substratgruppen, die im Isolethenmodell festgelegt werden, zurückgegriffen (Sedlbauer 2001).

Bei Isolethensystemen handelt es sich um Systeme, die die Sporenauskeimzeiten bzw. das Mycelwachstum in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Feuchte beschreiben. So lassen sich die hygrothermischen Wachstumsvoraussetzungen für Schimmelpilze beschrei-

ben. Als Basis hierfür dienten sowohl Literaturdaten als auch neue Messungen. Da es aufgrund der großen Anzahl an Baustoffen auch eine großen Anzahl von Substraten gibt, wird als Ausgangspunkt das Wachstum auf einem „optimalen“ Substrat verwendet. Es wird angenommen, dass die für optimale Nährböden geltenden Systeme immer die geringsten Feuchten, die temperaturabhängig zur Pilzbildung erforderlich sind, berücksichtigen. Deshalb wird, bei schlechterem Substrat, einfach zu einer höheren notwendigen Feuchte verschoben.

Mit diesem System können Simulationen erstellt werden, die Aussagen über ein mögliches Schimmelpilzwachstum innerhalb einer Konstruktion oder auf einer Oberfläche treffen können. Nach Aussagen des Autors sind allerdings noch Arbeiten an der Datenbasis zu leisten. Erste Berechnungen zeigen allerdings, dass dieser Ansatz richtig ist. Er berücksichtigt die Komplexität des Wachstumsverhalten von Schimmelpilzen.

Basierend auf diesem System sind in Österreich schon Untersuchungen an Stroh unternommen worden. Es wurde die Anwendbarkeit auf Stroh untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass Stroh in die Gruppe der guten Substrate einzuordnen ist. Schimmelpilzwachstum trat bei 10 °C und 100 % rel. Luftfeuchte nach ca. 2 Wochen, bei 23 °C und 100 % rel. Luftfeuchte zeigte sich bei 23 °C erst nach 8 Wochen sichtbares Wachstum. Es konnte hier ein Isolethenmodell für Stroh entwickelt werden.

Basierend auf diesem Modell wurde das hygrothermische Verhalten einer Strohwand verwendet, um das mögliche Schimmelpilzwachstum in diesem Bauteil zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigen zwar ein gewisses Gefährdungspotential, dass jedoch nicht zum Tragen kommt, da die Dauer der günstigen Bedingungen für eine Sporenauskeimung, bzw. des Mycelwachstums nicht ausreichend lang ist.

Diese Untersuchungen zeigen, dass hier ein gutes Instrument für die Bestimmung der Schimmelpilzgefährdung von Strohballenkonstruktionen vorliegt.

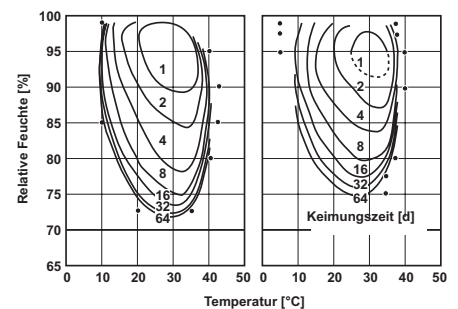


Abb.2: Isolethensysteme für Sporenauskeimung der Schimmelpilze *Aspergillus restrictus* (links) und *Aspergillus versicolor* (rechts). Die Isolinien geben in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Feuchte die Keimungszeiten in Tagen an (eingetragene Zahlenwerte). Die Punkte zeigen Bedingungen, bei denen nach 95 Tagen noch keine Keimung stattgefunden hatte.

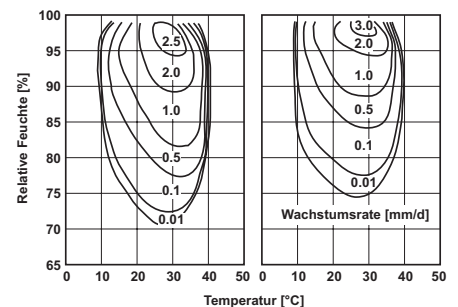


Abb.3: Isolethensysteme für Mycelwachstum der Schimmelpilze *Aspergillus restrictus* (links) und *Aspergillus versicolor* (rechts) in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Feuchte. Die Zahlen an den Isolinien kennzeichnen die Wachstumsraten in mm/d.

4. Rechtliche Situation

In Deutschland ist die rechtliche Lage zur Zeit wie folgt:

ausschlaggebend für die Zulassung als Baustoff ist die DIN IEC 68 Teil 2 - 10 „Grundlegende Umweltprüfverfahren - Prüfung J und Leitfaden: Schimmelpilzwachstum“. Diese Norm stammt aus dem Elektrotechnikbereich und findet, bisher ohne Veränderung, im Bauwesen Anwendung. Da bis vor wenigen Jahren der Dämmstoffmarkt zu fast 100 % aus künstlichen Materialien (Glas- und Mineralwolle, PU-Schäume etc.) bestand, gab es hier keine Probleme, da diese Materialien kein Substrat für Schimmelpilze darstellen. Mittlerweile ist jedoch der Anteil an Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen deutlich gestiegen. Für diese Materialien bildet diese Norm eine sehr hohe Hürde, zumal wenn man ein möglichst natürliches und unverfälschtes Produkt verwenden will.

Das Problem mit dieser Norm liegt vor allem in der Verwendung von Schimmelpilzen als Animpfung, d. h. das Produkt wird mit Schimmelsporen besprüht und unter für Schimmelpilze optimalen Bedingungen gelagert.

- verwendete Schimmelpilze (Aspergillus niger; Aspergillus terreus; Aureobasidium pulluans; Paecilomyces variotii, Penicillium funiculosum; Penicillium ochrochloron; Scopulariopsis brevicaulis; trichoderma viride);
- Lagerbedingungen: Temperatur 28 - 30 °C; rel. Luftfeuchtigkeit > 90 %
- Lagerdauer: je nach Schärfegrad 28 und 84 Tage

Anschließend erfolgt eine Kontrolle des Ausmaßes des Schimmelpilzwachstums. Die Beurteilung erfolgt in 4 Klassen, von kein Schimmelpilzwachstum (auch bei Verwendung einer Stereolupe mit 50 facher Vergrößerung) bis hin zu deutlichem Wachstum (erkennbar mit bloßem Auge; mehr als 25 % der Oberfläche des Prüflings).

Diese Art der Untersuchung wird auf jeden Fall zu einem Scheitern von Stroh in diesem Test führen, da Stroh ein natürliches Substrat für Schimmelpilze bildet, zumal wenn sie noch massiv hinzugegeben werden.

Der Test, so wie er ist, trägt nicht den Eigenschaften dieses Baumaterials Stroh Rechnung, ebenso wie vielen anderen Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen. Viele erreichen eine Zulassung nur durch die Verwendung von Zusatzstoffen, die eine fungizide Wirkung haben. Meist handelt es sich um Salze (z. B. Brandsalze) die die Verfügbarkeit von

Wasser für die Pilz herabsetzen und damit den aW-Wert für diese Umweltbedingungen erhöhen.

Sinnvoll wäre hier, wie in anderen Staaten (z. B. Österreich : ÖN EN ISO 846 und ÖN B 6010) üblich, einen Test ohne das Animpfen mit Schimmelpilzsporen durchzuführen, oder den Test auf das gesamte Bauteil zu beziehen, was sicherlich eher der Realität entsprechen würde. Ein guter Ansatz hierfür sind die am Fraunhofer Institut für Bauphysik entwickelten Isoplethenmodell. Mit Hilfe dieser Modelle und unter Verwendung des am selben Institut entwickelten Bauphysik-Simulationsprogramm WUFI (Wärme und Feuchte Instationär) könnte die Schimmelsicherheit von Bauteilen untersucht werden. Es wäre so möglich, Konstruktionen zu bestimmen, die unbedenklich sind gegenüber Schimmelbefall. Diese Vorgehensweise käme auch anderen Baustoffen zu Gute.

Die zunehmenden Bestrebungen der Bundesregierung für den vermehrten Einsatz von Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen bzw. ökologischen Dämmstoffen (Bezuschussung beim Kauf von ausgewiesenen Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen) findet sich auch wieder in einer Initiative zur Überarbeitung der DIN IEC 68. Über die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe in Gülzow sollen Projekte initiiert werden, die diesen allgemein bekannten Missstand verändern sollen (Fraunhofer Institut für Bauphysik und Institut für Holzforschung Dresden). Diese Projekte wären auch für den Strohballenbau hilfreich, wenn es möglich wäre, hier Stroh als Untersuchungsmaterial mit unterzubringen.

5. Zusammenfassung

Die Situation für Strohballen in Bezug auf ihre mikrobielle Empfindlichkeit, d. h. auf ihre Zulassung als Dämmstoff oder Baustoff sieht wie folgt aus:

- Alle die sich mit diesem Thema beschäftigen meinen, dass Stroh (unbehandelt) den geforderten Test nicht bestehen wird.
- Als sinnvoll wird eine Verlagerung zur Bauteil-Zulassung angesehen.
- Die laufenden Bemühungen (Projekte über die FNR) im Bereich der Veränderung des Schimmeltestes sollten weiter verfolgt und unterstützt werden.
- Wichtig ist eine Zusammenarbeit aller in diesem Bereich Tätigen Wissenschaftler, Institutionen, Architekten und Bauherren sowie die Einbeziehung der gesetzgebenden Seite

6. Literatur

ÖNORM B 6010 „Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz im Hochbau – Prüfmethode“ (2001)

DIN EN ISO 846 „Bestimmung der Einwirkung von Mikroorganismen auf Kunststoffe“ (1997)

DIN IEC 68-2-10 „Elektrotechnik – Grundlegende Umweltprüfverfahren – Prüfung J und Leitfaden: Schimmelpilzwachstum“ (1988)

Verwendung der Diagramme aus: Wachstum von Schimmelpilzen auf Stroh und Strowänden, IBO GmbH, Wien