

Schimmelpilze und Bakterien in baubiologischen Produkten

Dieter Küsters

Einführung

Schimmelpilze sind nach Meinung vieler Experten Krankheitsverursacher Nr. 1 in unseren Häusern. Schimmelpilze und die meistens gemeinsam mit vorkommenden Bakterien können direkt oder über mikrobiell erzeugte Substanzen auf den Menschen wirken. Sie können beispielsweise allergische Reaktionen auslösen und verursachen. Sie sind Erreger von Pilzkrankungen und produzieren spezielle Gifte wie z.B. Aflatoxine. Bei Menschen mit geschwächtem Immunsystem können Schimmelpilze Endomykosen hervorrufen. Schimmelpilzbestandteile, beispielsweise bestimmte Eiweißkomplexe, sind häufig für allergische Reaktionen wie Rhinitis, Asthma bronchiale oder Alveolitis verantwortlich. Genaue Zusammenhänge sind meist noch nicht aufgeklärt, da viele sensibilisierende Bestandteile der Pilze bislang noch nicht identifiziert sind. Mykotoxine (Pilzgifte) und Endotoxine (Bakteriengifte) sind wahrscheinlich die Ursache für unspezifische gesundheitliche Probleme wie Kopf- und Gliederschmerzen oder Müdigkeit. Es lassen sich aber auch Schleimhautreizungen und eine erhöhte Infektanfälligkeit beobachten (3) (7) (10) (11) (8).

In der Natur und in vielen Prozessen der menschlichen Zivilisation spielen Mikroorganismen eine wichtige Rolle. Sie treten vor allem als Recycler auf und führen organische Stoffe wieder in den ökologischen Kreislauf zurück. Schimmelpilze und Bakterien kommen fast überall vor. Sie sind nicht wählerisch: Jedes organische Substrat ist eine potenzielle Nahrungsquelle. Um wachsen zu können, benötigen sie lediglich Feuchtigkeit und Nährstoffe. Darüber hinaus spielt noch der pH-Wert eine Rolle. Die meisten Schimmelpilze z.B. bevorzugen ein leicht saures Milieu zwischen pH 4,5-6,5. Allerdings ist ohne Feuchtigkeit kein mikrobielles Wachstum möglich. Somit ist die verfügbare Menge an Feuchtigkeit (Wasseraktivität: a_w -Wert) der entscheidende Faktor für die Entstehung eines mikrobiellen Befalls an Baumaterialien (1) (10) (12).

Ursachen für erhöhte Feuchtigkeit in Gebäuden bzw. in Gebäudekonstruktionen sind z.B. Wasserschäden, Baufehler aufgrund der Verletzung der anerkannten und bewährten Regeln der Technik oder auch eine mangelhafte Bauaustrocknung. Vor allem die nach dem Ende der Ölkrise in den 1970er Jahren eingeschlagene Energiepolitik ist für die überhöhte Luftfeuchtigkeit im Wohnraum verantwortlich. Neue Wärmedämm- und Bauverordnungen, beispielsweise für dichtschießende Fenster mit Lippendichtungen, verhindern seither einen kontinuierlichen Luftaustausch (1) (12).

Befindet sich die Wasseraktivität eines Baustoffes über einen längeren Zeitraum in einem Bereich oberhalb von ca. $a_w=0,80$ (Schimmelpilze) bis $a_w=>0,99$ (Bakterien), dann ist mikrobielles Wachstum an bzw. in fast allen Baumaterialien möglich (1). Der Fachmann spricht dann von einem mikrobiellen Schaden, der eine Sanierung erforderlich macht.

Gerade die Hersteller baubiologischer Produkte werben oftmals damit, dass ihre Werkstoffe „gesünder“ sind als die konventioneller Mitbewerber. So heißt es z.B. in den Werbeaussagen der Hersteller, dass Ihre Produkte sich positiv auf das Raumklima auswirken, dass sie „naturngesund“ oder auch resistent gegen Schimmelbefall sind (19).

Der Hauserbauer, der diese baubiologischen Produkte verwendet, hat in der Regel eine klare Vorstellung davon, was sie leisten sollen. An erster Stelle steht meist die Gesundheit, die durch die Verwendung dieser Baumaterialien langfristig sicher gestellt werden soll. An zweiter Stelle steht der ökologische Gedanke. Es geht um Energieeinsparung und um die Frage, wieviel Primärenergie zur Herstellung dieser Produkte aufzuwenden ist. Ist das Produkt recyclingfähig? Nicht zuletzt spielen auch die staatlichen Zuschüsse, die beim Einbau nachwachsender Rohstoffe beantragt werden können, eine Rolle (20).

Problemstellung

Insbesondere die gute Recyclingfähigkeit spiegelt eine besondere Eigenschaft der aus Naturstoffen hergestellten Baumaterialien wieder: sie sind ein idealer Nährboden für Mikroorganismen.

Es stellte sich die Frage, ob mikrobielles Wachstum an bzw. in baubiologischen Produkten sich wesentlich von dem mikrobiellen Befall an konventionellen Baumaterialien unterscheidet. Als baubiologische Produkte sei in diesem Zusammenhang ein Baustoff definiert, der aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt wurde. Hierzu zählen Holz, Kokos, Kork, Pflanzenfasern wie Flachs, Hanf, Stroh und Schilf, Zellulose und Schafwolle. Als konventionelle Bauprodukte werden Styropor, Mineralwolle, Gipskarton, Kunststoffe und ähnliches bezeichnet.

Wie oben bereits ausgeführt können Mikroorganismen bei ausreichender Feuchtigkeit und Temperatur sowie ausreichendem Nährstoffangebot sehr unterschiedliche Materialien besiedeln. Die praktischen Erfahrungen des Autors bestätigen dies, sodass die Möglichkeit des grundsätzlichen Befalls an baubiologischen wie an konventionellen Produkten nicht angezweifelt wird.

Relevante Unterschiede wurden in der Zeitdauer vom Feuchteanfall bis zum mikrobiellen Wachstum sowie bei der Organismenzusammensetzung der befallenen Produkte erwartet.

Methoden

Die Bewertung der gesundheitlichen Relevanz eines aktiven mikrobiellen Befalls mit Schimmelpilzen und Bakterien ist abhängig von der Ausdehnung des Befalls in der Fläche und in der Tiefe des Materials sowie von der Organismenzusammensetzung (8) (11). Zur Lösung der Problemstellung war daher die Bewertung von Materialanalysen sinnvoll.

Die Auswahl der zu untersuchenden Materialien erfolgte anhand verschiedener Kriterien. Es wurden sowohl neue, unverbaute Materialien mikrobiologisch untersucht als auch Baumaterialien aus Gebäuden. Diese wurden aus dem Bestand entnommen, sofern sie aufgrund von erhöhter Materialfeuchtigkeit, ihrer Zusammensetzung und ihrer Farbe auffällig waren und/oder muffig rochen. Die Bestimmung der Materialfeuchte erfolgte teilweise mit zerstörungsfreien Messungen nach dem Hochfrequenzmessprinzip oder auch mit Hilfe von Darr-Proben. Die verschiedenen zur Analytik ausgewählten Materialien wurden nach der Probenahme steril verpackt und innerhalb von 48 Stunden im Labor zur Analytik vorbereitet.

Bei der dann angewandten Pegasus-Methode (15) (16) zur mikrobiellen Untersuchung von Materialproben wurden die Proben zuerst in einer Lupe betrachtet, dann mit einer Waschflüssigkeit (Peptonwasser 0,1% + 0,01 Tween 80) ausgewaschen und schließlich in drei Teile geteilt.

Nach der Verdünnung und Separation erfolgte die Anzüchtung der Mikroorganismen auf verschiedenen Medien. Für Schimmelpilze wurde DG18 und Malzextrakt-Agar, jeweils mit Chloramphenicol; für Bakterien wurde TGA mit Cycloheximid verwendet. Die Inkubation erfolgte bei 24°C und die Auswertung nach 7 und 14 Tagen.

Mit dem zweiten Probenanteil wurde die Aktivität der Mikroorganismen mit einer biochemischen Fluoreszenzfarbstoff-Methode (FITC) untersucht. Der Grund für diese Analyse ist, dass sich viele Mikroorganismen die in/an Baumaterialien wachsen, sich so sehr an die verschiedenen Materialien adaptieren, dass sie nachher nicht an üblicherweise eingesetzten Nährmedien gezüchtet werden können.

Beim dritten Probenanteil wurden die Mikroorganismen mit einem weiteren Fluoreszenzfarbstoff (Acridinorange) gefärbt, um eine Aussage über die Gesamtzellzahl (Biomasse) zu erhalten. Die Gesamtzahl umfasst die Menge der lebenden, also anzüchtbaren Mikroorganismen und auch die Menge der abgestorbenen oder aus anderen Gründen nicht kultivierbaren Schimmelpilze und Bakterien.

Die nachgewiesenen Mengen wurden in Anzahl/g oder Anzahl/cm² angegeben. Zu jeder Probenauswertung wurde eine Beurteilung, ob die Anzahlen „normal“ sind oder ob ein mikrobieller Schaden vorliegt, abgegeben. Diese Bewertung orientiert sich an interne Kriterien des Untersuchungslabors und ist abhängig von den verwendeten Labormethoden und den Charakteristika der unterschiedlichen Materialien. Zusätzlich erfolgte eine Auflistung der Arten, sofern eine genaue Spezifikation möglich ist.

Untersuchung von Baumaterialien nach Schadensfällen - Gruppeneinteilung

Es wurden folgende baubiologische Materialien einer näheren Betrachtung unterzogen: Zellulosedämmstoff, Holzweichfaserplatten, Stroh-Lehmputz, Flachs. Die Materialien wurden in 3 Gruppen eingeteilt. In Gruppe 1 befinden sich Baustoffe, die aufgrund eines akuten Wasserschadens feucht geworden waren. Es wurden in dieser Gruppe nur Materialien untersucht, die messbar erhöhte Materialfeuchtwerte aufwiesen. In Gruppe 2 sind die Baustoffe aufgeführt, an denen ein sichtbarer mikrobieller Befall aufgrund von bauphysikalischen Schwächen der Konstruktion entstanden war bzw. ein mikrobieller Befall aufgrund dessen vermutet worden war. An diesen Baumaterialien war keine bzw. nur gering erhöhte Baufeuchtigkeit zum Zeitpunkt der Probenahme messbar.

Neuwertige Baustoffe, die direkt aus der Verpackung bzw. von der Palette entnommen wurden, bilden die Gruppe 3.

Ergebnisse

Die mikrobiologischen Analysen aller Materialien der Gruppe 1 ergaben durchweg erhöhte bis stark erhöhte Mengen an Mikroorganismen. In allen drei Baustoffen war sowohl die Anzahl der anzüchtbaren Mikroorganismen als auch die Gesamtzahl erhöht bis stark erhöht. Auch die biochemische Aktivität war in allen Proben erhöht. Zurückzuführen sind diese Zahlen eindeutig auf die vorhandene erhöhte und für die Mikroorganismen zugängliche Feuchtigkeit.

Auffällig war in den Zellulosedämmstoff-Proben der häufige Nachweis von *Stachybotrys chartarum* (4), der als potenzieller Toxinbildner eingestuft wird (Safratoxin). Auch weitere potenzielle Toxinbildner wie *Aspergillus versicolor*, *Acremonium* spp. und *Penicillium* spp. wurden in den Materialien nachgewiesen (8). Auffällig war der Nachweis von Actinomyceten (2) (6) in fast allen Proben. Zu diesen Bakterien zählen auch

fakultativ pathogene Arten wie z.B. *Nocardia* spp., die aus gesundheitlicher Sicht als besonders kritisch anzusehen sind.

Auch in den Lehmputzen wurden nach einem Wasserschaden stark erhöhte Mengen an Mikroorganismen nachgewiesen. Insgesamt waren die Befunde ähnlich denen im Zellulosedämmstoff. Die nachgewiesenen Arten waren als weniger problematisch anzusehen. Bis auf den Nachweis geringer Mengen der Art *Aspergillus versicolor* kamen keine potenziellen Toxinbildner im Lehm-Strohputz vor. Auch Actinomyceten wurden nur in vergleichsweise geringen Mengen nachgewiesen.

Tab 1: Ergebnisse der Materialanalysen der Gruppe 1 (stark erhöhte Materialfeuchte)

Materialien	Organismenzusammensetzung	Konzentration	Bewertung
Zellulose-dämmstoffe Lehmputze Flachsdämmung Weichfaserdämmplatten <i>Mineralwolle</i> <i>Styropor</i> <i>Gipskarton</i> <i>PVC-Folie</i> Arten wie in den baubiologischen Materialien sowie zusätzliche in kursiv	Schimmelpilze, Gesamtzahl Auf Nährböden anzüchtbar (= KBE) Im Probenmaterial aktiv: Arten: <i>Acremonium</i> spp., <i>Aspergillus versicolor</i> , <i>Aureobasidium</i> sp., <i>Cladosporium</i> spp., <i>Eurotium</i> spp., Hefe, <i>Penicillium</i> spp., <i>Stachybotrys chartarum</i> , Steriles Myzel, <i>Wallemia sebi</i> , <i>Trichoderma</i> sp., <i>Scopulariopsis</i> spp., <i>Chrysosporium</i> sp., <i>Mucor</i> sp., <i>Chaetomium</i> spp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Aspergillus niger</i> , <i>Geotrichum</i> sp., <i>Verticillium</i> spp.	100.000-200.000.000 /g 10.000 – 100.000.000 /g 5.000 - 3.000.000 /g	erhöht bis stark erhöht erhöht bis stark erhöht stark erhöht
	Bakterien, Gesamtzahl Auf Nährböden anzüchtbar (= KBE) Im Probenmaterial aktiv: Arten: Actinomyceten, <i>Bacillus</i> spp. <i>Bacillus mycoides</i> , Normalflora	995.000-400.000.000 /g 10.000 – 100.000.000 /g 15.000 - 5.000.000 /g	erhöht bis stark erhöht erhöht bis stark erhöht stark erhöht

In den Baustoffproben der Gruppe 2 konnte keine erhöhte bzw. nur geringe Feuchtigkeit gemessen werden. An Holzweichfaserplatten, die zu Dämmzwecken im Dachbereich verbaut waren, konnte teilweise ein weißer oder schwarzgrauer, fleckiger Belag beobachtet werden. Analysen bestätigten, dass es sich eindeutig um einen mikrobiellen Befall handelte. Die Probenahme für die vorliegende Untersuchung erfolgte an nicht sichtbar befallenen Stellen. In den untersuchten Proben konnten meist erhöhte Gehalte an anzüchtbaren Mikroorganismen und stark erhöhte Gesamtgehalte ermittelt werden. Das Artenspektrum war eher unauffällig. Die biochemische Aktivität der Mikroorganismen war je nach dem Zeitpunkt der Probenahme stark unterschiedlich. Wurde die Probe im Sommer bzw. Herbst entnommen, so war stets eine geringe Aktivität vorhanden. Die Befunde waren dabei unabhängig vom Alter des Gebäudes. Die Mikroorganismen in Proben, die aus einem Neubau oder auch aus einem Altbau in den Wintermonaten entnommen wurden, wiesen eine hohe bis sehr hohe Aktivität auf.

Ähnliche Verhältnisse bzgl. der Aktivität konnten in den Zellulosedämmstoffen nachgewiesen werden, wobei die Mengen an Mikroorganismen insgesamt wesentlich geringer waren.

In den Lehmputzen der Gruppe 2 war die Gesamtanzahl stets deutlich höher als die Zahl der anzüchtbaren Mikroorganismen. Signifikante Unterschiede in der Aktivität konnten nicht festgestellt werden.

Tab 2: Ergebnisse der Materialanalysen der Gruppe 2 (keine oder nur gering erhöhte Materialfeuchte)

Materialien	Organismenzusammensetzung	Konzentration	Bewertung
Zellulosedämmstoffe	Schimmelpilze, Gesamtzahl Auf Nährböden anzüchtbar (= KBE)	1.000 - 15.000.000 /g	unauffällig bis stark erhöht
Flachsdämmung	Im Probenmaterial aktiv:	500 – 12.000.000 /g	unauffällig bis stark erhöht
Weichfaserdämmplatten	Arten: <i>Aspergillus versicolor</i> , <i>Cladosporium</i> spp., <i>Eurotium</i> spp., <i>Penicillium</i> spp., Steriles Myzel, <i>Wallemia sebi</i> ,	100 - 1.000.000 /g	unauffällig bis stark erhöht
Mineralwolle	<i>Scopulariopsis</i> spp., <i>Mucor</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Aspergillus</i> spp., <i>Geotrichum</i> sp.,		
Gipskarton	<i>Verticillium</i> spp.		
PVC-Folie			
Arten wie in den baubiologischen Materialien sowie zusätzliche in kursiv	Bakterien, Gesamtzahl Auf Nährböden anzüchtbar (= KBE) Im Probenmaterial aktiv: Arten: <i>Bacillus</i> spp., Normalflora	10.000 - 110.000.000 /g 1.000 – 150.000.000 /g 1.000 - 5.000.000 /g	unauffällig bis stark erhöht unauffällig bis stark erhöht unauffällig bis stark erhöht

Die Materialien der Gruppe 3 wurden nicht systematisch ausgewählt. Immer dann, wenn zur gutachterlichen Bewertung eines konkreten Schadensfalles der Baustoff im unverbauten Zustand zur Verfügung stand, erfolgte auch dessen mikrobiologische Analyse.

Die Untersuchungen zeigten, dass insbesondere baubiologische Produkte die Pflanzenfasern wie Stroh und Flachs enthielten, in erheblichen Mengen mikrobiell belastet waren.

Auch Produkte aus Holzfasern (Weichfaserplatten) wiesen bereits beim Verkauf teilweise erhebliche Mengen sowohl an anzüchtbaren Mikroorganismen als auch an Gesamtanzahlen auf.

In allen diesen Produkten war trotz der teilweise hohen Gehalte an anzüchtbaren Mikroorganismen das Artenspektrum beschränkt auf wenige Arten (hauptsächlich *Cladosporium* spp., *Penicillium* spp., Hefen, *Wallemia sebi*).

In Zellulosedämmstoffen waren zwar kaum anzüchtbare Mikroorganismen nachweisbar, doch die etwas erhöhten Gesamtgehalte sowie das Artenspektrum zeigten, dass diese Materialien mikrobiell besiedelt waren. In einer Probe wurde sogar *Stachybotrys chartarum* nachgewiesen.

Tab 3: Ergebnisse der Materialanalysen der Gruppe 3 (neue baubiologische Produkte)

Materialien	Organismenzusammensetzung	Konzentration	Bewertung
Zellulosedämmstoffe Lehmputze Flachsdämmung Weichfaserdämmplatten	Schimmelpilze, Gesamtzahl Auf Nährböden anzüchtbar (= KBE) Im Probenmaterial aktiv: Arten: Cladosporium spp., Eurotium spp., Penicillium spp., Steriles Myzel, Wallemia sebi, Hefe, Aureobasidium spp., Acremonium spp., Wallemia sebi, Stachybotrys chartarum	110.000 - 19.000.000 /g 920 – 12.000.000 /g 10.000 - 1.300.000 /g	etwas bis stark erhöht unauffällig bis stark erhöht unauffällig bis stark erhöht
	Bakterien, Gesamtzahl Auf Nährböden anzüchtbar (= KBE) Im Probenmaterial aktiv: Arten: Bacillus spp., Normalflora	10.000 - 110.000.000 /g 21.000 – 380.000.000 / g 1.000 - 5.000.000 /g	unauffällig bis stark erhöht etwas bis stark erhöht unauffällig bis stark erhöht

Zum Vergleich: mikrobieller Befall an/in konventionellen Bauprodukten

Es wurden Baustoffe ausgewählt, die einen vergleichbaren Einsatzzweck verfolgen, wie die oben dargestellten baubiologischen Produkte. Dies waren Mineralwolle, Styropor, Gipskarton und PVC-Folie. Auch aus diesen Produkten wurden exemplarisch Ergebnisse von Materialproben ausgewählt, die den o.g. drei Gruppen zugeordnet werden konnten.

Die Ergebnisse zu der Gruppe 1 sind nicht weiter überraschend. Es wurden in allen Materialien erhöhte bis stark erhöhte Gehalte an Mikroorganismen nachgewiesen. Das Artenspektrum war jeweils recht vielfältig. Es wurden mehr oder weniger hohe Mengen an als kritisch zu bezeichnenden Mikroorganismen ermittelt.

Aus der Gruppe 2 liegen besonders viele Ergebnisse von der Analyse von Mineralwolle aus dem Dachbereich vor. Auch hier konnten meist hohe Mengen an Mikroorganismen nachgewiesen werden. Die Aktivität der Mikroorganismen war in diesem Material noch deutlicher abhängig von der Jahreszeit, in der die Proben entnommen wurden. Im Sommer und Herbst herrschte meist eine sehr geringe Aktivität vor, während im Winter und im beginnenden Frühjahr die mikrobielle Aktivität deutlich größer war.

Eigene Untersuchungen von konventionellen Bauprodukten der Gruppe 3 (neue Produkte aus dem Baumarkt) erfolgten nicht. Hier sei auf die Untersuchungen von Virnich, Lorenz und Trautmann (13) verwiesen: bei stichprobenartigen Untersuchungen von neuen Baustoffen aus einem zufällig ausgesuchten Baumarkt wurden mit Hilfe mikroskopischer Untersuchungen sowie von Anzuchtungen deutliche Mengen an Bakterien in den untersuchten Materialien festgestellt. Die Baustoffe waren bereits beim Verkauf „in nicht unerheblichen Mengen mikrobiell belastet“.

Diskussion

Die mikrobiologischen Analysen von feuchten Baumaterialien in Folge eines Bau- bzw. Wasserschadens (Gruppe 1) haben gezeigt, dass der mikrobielle Befall von baubiologischen Produkten nicht wesentlich in Menge und in ihrer Organismenzusammensetzung von einem Befall an konventionellen Produkten abweicht. Es bestätigte sich in vollem Umfang die eingangs erstellte Behauptung, dass bei genügend hohem a_w-Wert mikro-

bielles Wachstum auf nahezu jedem Material möglich ist. Mikrobielle Schäden können dann an konventionellen Bauprodukten ebenso wie an Baumaterialien die einen ökologischen Anspruch haben, auftreten.

Es konnte in mehreren Fällen nachgewiesen werden, dass Zellulosedämmstoffe trotz ihrer Ausrüstung mit Boraten ein hervorragender Nährboden für Schimmelpilze und Bakterien sind. Wahrscheinlich aufgrund des hohen Anteils an Papier (ca. 92 %) wachsen innerhalb der Dämmschicht potenziell toxinbildende Schimmelpilze (*Stachybotrys chartarum*) und Bakterien (u.a. Actinomyceten).

Auf der Internetseite eines Zellulosedämmstoffherstellers heißt es zu dieser Problematik: "Sind geringe Mengen Wasser eingedrungen muss die Möglichkeit vorhanden sein, dass es in einem vertretbarem Zeitraum wieder austrocknen kann. [...] Sind große Mengen Wasser durch den Dämmstoff hindurchgelaufen kommt es in aller Regel zu einer Ungleichverteilung der Borsalzimprägnierung im Dämmstoff. Der Dämmstoff muss ausgebaut werden, da er, auch wenn er abgetrocknet sein sollte, stellenweise nicht mehr den Qualitätsvorgaben (Schimmel- und/oder Brandschutz) entspricht." (17).

Die Analysen haben gezeigt, dass auch Zellulose-Dämmstoffen mit einem hohen Boratanteil nach einem Wasserschaden schnell getrocknet oder ausgetauscht werden müssen – abhängig davon, ob nun kleine oder große Mengen an Feuchtigkeit eingedrungen sind. Eine Trocknung sollte genauso wie bei konventionellen Dämmstoffen unmittelbar zeitnah nach Eintritt des Schadens beginnen.

Weitere Erfahrungen konnten bei Begutachtungen von Schimmelbefall auf Holzweichfaserdämmplatten gesammelt werden (Gruppe 2). Insbesondere bei Gebäuden, die im Winter bzw. Herbst/Frühjahr erstellt werden, kann es im Dachbereich zur Kondensation von Innenraumfeuchte kommen, sodass sich oberflächlich an der Dämmplatte ein mikrobieller Befall ausbildet. Länger andauernder Feuchteinfluss führt zu einem mikrobiellen Befall auch in tieferen Schichten der Weichfaserdämmplatte. Herstellern von Holzfaserdämmplatten für den Dachbereich ist dieses Problem durchaus bewusst. In ihren Beipackzetteln weisen sie darauf hin, dass nach dem Einbau besonderes Augenmerk auf eine gute Belüftung und Trocknung des Neubaus gelegt werden sollte. Nach dem Einbringen von Estrich, Putz etc. wird viel Feuchtigkeit frei, die sich aufgrund der Temperaturgegensätze im Dachbereich bei entsprechend kalter Außenwitterung niederschlagen und hier zu dem beschriebenen mikrobiellen Befall führen kann. Derartige Bauausführungsfehler sind allerdings nicht typisch für eine baubiologische Bauweise. Sie treten auch in Bauten mit konventionellen Produkten auf, z.B. an Rigipsausbauten im Dachgeschoss. Im AGÖF-Tagungsband zum 5. Fachkongress (1999) sind diese Schäden ausführlich beschrieben (S. 227-241), daher sei an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen.

Die weiteren Untersuchungen an baubiologischen wie auch an konventionellen Dämmstoffen aus dem Dachbereich zeigten, dass es aufgrund von Dampfkonvektion im Steildach zur Tauwasserbildung bei kalter Außenwitterung kommt. Ein aufgrund dieses erhöhten Feuchteanfalls entstandener mikrobieller Befall „schläft“ im Frühjahr und Sommer aufgrund fehlenden Feuchtenachschubs ein (Absterbephase, vgl. Abb. 1). Entsprechend gering waren die Mengen der anzüchtbaren Schimmelpilze und Bakterien in den im Sommer und Herbst untersuchten Proben. Im Winter fällt nun wieder Tauwasser an und nach einer kurzen Anlaufphase findet nun wiederum vermehrtes Wachstum statt.

Insgesamt kann auch ein mikrobieller Befall, der den Kriterien der Gruppe 2 entspricht, nicht als typisch für baubiologische Produkte bezeichnet werden. Die mikrobiellen Schäden entstanden nicht aufgrund der Verwendung von biologischen Baumaterialien,

sondern durch Missachtung der Anforderungen von DIN, Verstöße gegen die Regeln der Baukunst, Planungsmängel, schlechte handwerkliche Ausführung und fehlende Qualitätskontrolle.

Nahezu alle untersuchten neuen baubiologischen Produkte (Gruppe 3) wiesen erhebliche Gehalte an Mikroorganismen auf. Teilweise wurden auch erhöhte Mengen an lebenden, aktiven Mikroorganismen nachgewiesen. Insgesamt war der Bakteriengehalt (KBE und Gesamtzahl) meist deutlich höher als der Gehalt an Schimmelpilzen.

Hier wird ein deutlicher Unterschied zu den Untersuchungen an konventionellen Produkten deutlich, in denen kaum anzüchtbare dafür jedoch signifikant erhöhte Gesamtzahlen besonders von Bakterien festgestellt wurden (13).

Aufgrund der auffällig hohen Mengen an lebenden Mikroorganismen in neuen baubiologischen Produkten muss davon ausgegangen werden, dass der Startzeitpunkt für weiteres Wachstum der Schimmelpilze und Bakterien gegenüber einem konventionellen Produkt wesentlich früher liegt.

Sofern also in einem Baustoff die Wasseraktivität aufgrund eines Bau- oder Verarbeitungsfehlers auf für Mikroorganismen verwertbare Größen steigt, so kann die explosionsartige Vermehrung der lebenden Mikroorganismen unmittelbar innerhalb weniger Stunden und Tage beginnen. In konventionellen Baustoffen muss zunächst die sogenannte Anlaufphase überwunden werden, ehe in der logarithmischen Phase das mikrobielle Wachstum problematische Größenordnungen erreicht (15) (16).

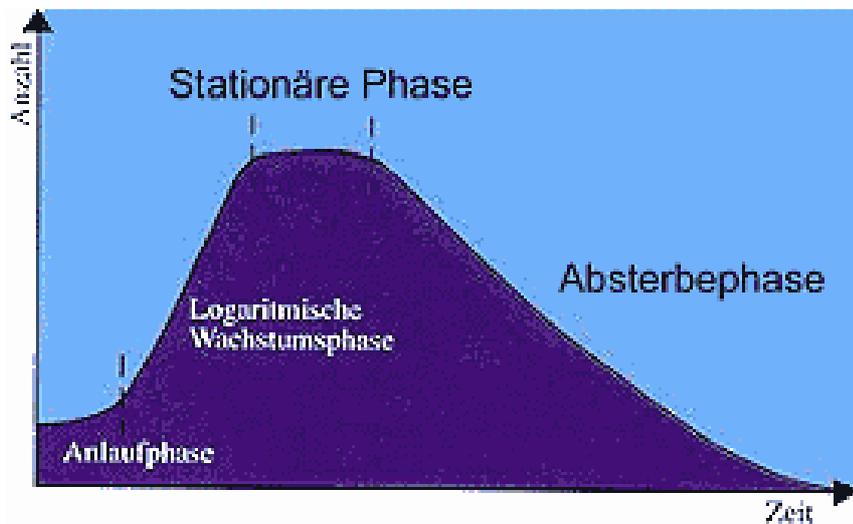


Abb. 1: Die Zuwachskurve des Wachstums von Bakterien und Schimmelpilzen.

Anzunehmen ist daher, dass ein Feuchtigkeitsproblem in einem mit baubiologischen Materialien erstellten Gebäude wesentlich schneller zu einem mikrobiellen Schaden führt als in einem Gebäude, das mit konventionellen Produkten gebaut wurde.

Ausblick

Die vergleichenden mikrobiologischen Untersuchungen von baubiologischen und konventionellen Baustoffen sollten fortgesetzt werden. Es sollte zukünftig in baubiologisch erstellten Gebäuden untersucht werden, ob durch die eingebauten Materialien mit ihren

erhöhten Mengen an Schimmelpilzen und Bakterien eine gesundheitlich relevante Belastung verursacht wird, auch ohne dass es aufgrund erhöhter Wasseraktivität zu einem erneuten mikrobiologischen Wachstum gekommen ist.

Interessant wäre auch zu klären, ob es bei ähnlicher Organismenzusammensetzung in Materialproben (Gruppen 1-3) zu unterschiedlich starken Emissionen von Toxinen (Endotoxine und Mykotoxinen) und MVOC (mikrobiell erzeugte flüchtige organische Verbindungen) gegenüber konventionellen Produkten kommt. Auch die qualitative Analyse der materialspezifischen Zusammensetzung der durch die Mikroorganismen produzierten Toxine und MVOC hinsichtlich einer gesundheitlich relevanten Bewertung gäbe interessante Erkenntnisse.

Ein großes Problem bei der Herstellung baubiologischer Produkte dürfte es sein, die Menge der natürlich vorkommenden Mengen an Mikroorganismen in den Rohstoffen zu kontrollieren. Zurückzuführen sind die auffällig hohen Mengen an Mikroorganismen in baubiologischen Produkten zum Teil auf den natürlichen Ursprung des Materials: Zum Beispiel zeigen mikrobiologische Untersuchungen an Futtermitteln wie Heu und Stroh, dass Mengen an Schimmelpilzen von > 100.000 KBE/g nicht selten sind (18).

Es gilt in Zukunft eine hohe Qualität der baubiologischen Produkte auch hinsichtlich der Mikrobiologie sicher zu stellen. Beginnend bei der Auswahl qualitativ hochwertiger Rohstoffe sollte danach zunächst das weitere mikrobielle Wachstum gestoppt werden. Dazu muss die weitere Produktaufbereitung bzw. der Herstellungsprozess und die Lagerung hinsichtlich des mikrobiellen Status optimiert werden. Die weitere Verarbeitung der Produkte durch den Handwerker erfordert dann wie bei allen Produkten auch eine besondere Sorgfalt und Fachkenntnis.

Literatur

- (1) AGÖF: Fachartikel in verschiedenen Tagungsbänden der Jahre 1998-2000.
- (2) Andersson M.A., Mikkola R., Kroppenstedt R.M., The Mitochondrial Toxin Produced by *Streptomyces griseus* Strains isolated from an Indoor Environment is Valinomycin. *Applied and Environmental Microbiology*, p.4767-4773, 1998.
- (3) Hankammer, G., Lorenz, W.. Schimmelpilze und Bakterien in Gebäuden. Köln 2003.
- (4) Johanning, E., Yang, S.Y. (Herausgeber), *Fungi and Bacteria in Indoor Air Environments*, (1994), Proc. of Int. Conference Saratoga Springs N.Y.
- (5) Lorenz W.: MVOC-Bestimmungen zur Erkennung mikrobieller Schäden in Gebäuden. *Handbuch für Bioklima und Lüftungshygiene* (Hrsg. Moriske, Turowski), Kap. III-4.4.5.
- (6) McMurray, David N., *Mycobacteria and Nocardia*, Internet : gsbs.utmb.edu/microbook/ch033.htm
- (7) Samson et. al.: *Introduction to Food-Borne Fungi*, Wageningen 1996.
- (8) *Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement*, Hrs.: Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, Dezember 2001.
- (9) Ström, G., West, J., Wessén, B. & Palmgren, U. Quantitative analysis of microbial volatiles in damp swedish houses. In: *Health Implications of Fungi in Indoor*

Environments (ed. Samson, R. A., Flannigan, B., Flannigan, M. E., Verhoeff, A. P., Adan, O. C. G. & Hoekstra, E. S., 251 - 279, 1994.

- (10) Tagungsband zur 4. Pilztagung des VDB in Düren 2000.
- (11) Umweltbundesamt: Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen. Berlin 2002.
- (12) Verband der Bausachverständigen Norddeutschlands e.V.: Topthema Schimmelpilze. VBN-Info Sonderheft Schimmelpilz 2001.
- (13) Virnich, L., Lorenz, W., Trautmann, C.: MVOC aus neuen Materialien. In: Zeitschrift für Umweltmedizin 4/2003, S. 180-183.
- (14) Wessén, B., Ström, G., Palmgren, U.: Microbial problem Buildings: Analysis and Verification. In: INDOOR AIR, Vol. 4, 875, 1999.
- (15) persönliche Mitteilung von Dr. Urban Palmgren vom Pegasus Labor 2003.
- (16) www.pegasus-labor
- (17) www.isofloc.de
- (18) www.lk-wl.de: Heu und Stroh in der Pferdehaltung (Futterwert/Futterhygiene). Hrsg: Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe und Landwirtschaftskammer Rheinland. 2001.
- (19) Internetrecherche bei verschiedenen Herstellern baubiologischer Produkte
- (20) Emnid-Umfrage im Auftrag der BHW, 2003.