

Integrierter Holzschutz unter Einsatz des Mikrowellenverfahrens am Beispiel einer klassizistischen Stadtvilla mit Befall durch den Echten Hausschwamm

Susann Baumann-Ebert, Jan Körner

Kurzfassung

Die Entwicklungen der letzten Jahrzehnte haben zu einem wachsenden Bewusstsein für Gesundheits- und Umweltschutz geführt. Spätestens nach Erscheinen der neuen DIN 68 800 und den damit verbundenen Publikationen rückt der Umbruch einer Branche hin zur umfänglichen Reduzierung chemischer Holzschutzmittel in den Fokus. Bei ihrer Anwendung sollte der Gedanke der Nachhaltigkeit überwiegen. Sonderverfahren gewinnen bei der Planung von Bekämpfungs- und Instandsetzungsmaßnahmen zunehmend an Bedeutung. Diese in die Maßnahmen der Regelsanierung zu integrieren eröffnet neue Möglichkeiten.

Mit der Mikrowellentechnik steht ein elektrophysikalisches Bekämpfungsverfahren zur Verfügung, dessen Wirkungsweise auf der Erwärmung von Bauteilen basiert, was letztendlich zum Absterben des Zielorganismus führt. Es wurde bei der Überarbeitung der Holzschutznorm kaum berücksichtigt. Bei vielen Sachverständigen und in der Bausanierung tätigen Planern ist demnach noch keine ausreichende Sachkenntnis vorhanden. Teilweise wurden falsche Erwartungen geweckt.

Am Beispiel eines praxisorientierten Versuches wird die Umsetzung einer integrierten Holzschutzmaßnahme im urbanen Wohnungsbau geschildert. Durch die Anwendung des Mikrowellenverfahrens konnten Abschnitte und Rückbau im Befallsbereich des Echten Hausschwamms, sowie Maßnahmen des chemischen Holzschutzes reduziert werden.

1 Einleitung

1.1 Erläuterungen zum Objekt

Im Stadtkern von Chemnitz, damals noch Karl-Marx-Stadt, wurden in den 1970er Jahren umfängliche Umgestaltungen im Sinne des sozialistischen Städtebaus vorgenommen. Vorrang hatte hier der Neubau repräsentativer Gebäude, auf den Erhalt historischer Bauten wurde kein Wert gelegt. Die Dachkonstruktion der um 1870 im spätklassizistischen Stil erbauten Stadtvilla war als flach geneigtes Zeltdach auf kubischem Baukörper ausgebildet.

Zur Erfüllung des erhöhten Platzbedarfes an Wohn- und Arbeitsflächen wurde Baustoffsubstanz abgebrochen und aufgestockt. Die traditionellen Fußbodenaufbauten wurden mit Spanplatten belegt und im Laufe der Nutzungsjahre mit diversen Belägen, meist aus PVC, überdeckt. Nach Öffnung der Fußbodenaufbauten zur Einsichtnahme in die Balkenaufleger im Außenmauerwerk war festzustellen, dass bei den Maßnahmen der 1970er Jahre auf eine konsequente zimmermannsmäßige Instandsetzung biotisch geschädigter Hölzer verzichtet wurde. Eine umfängliche Sanierung nach DIN 68 800 ist notwendig.



Abb. 1: Stadtvilla Bauzeit um 1870 mit Erweiterung durch Aufstockung um 1985



Abb. 2: Erkennbare Anbindung des bauzeitgerechten Zeltdachs an die Aufstockung

Das historische Dachtragwerk wurde zu ca. zwei Dritteln der Gesamtfläche abgebrochen, die rückseitige Walmseite sowie die jeweils ersten Schiftungen der Ost- und Westseite verblieben.

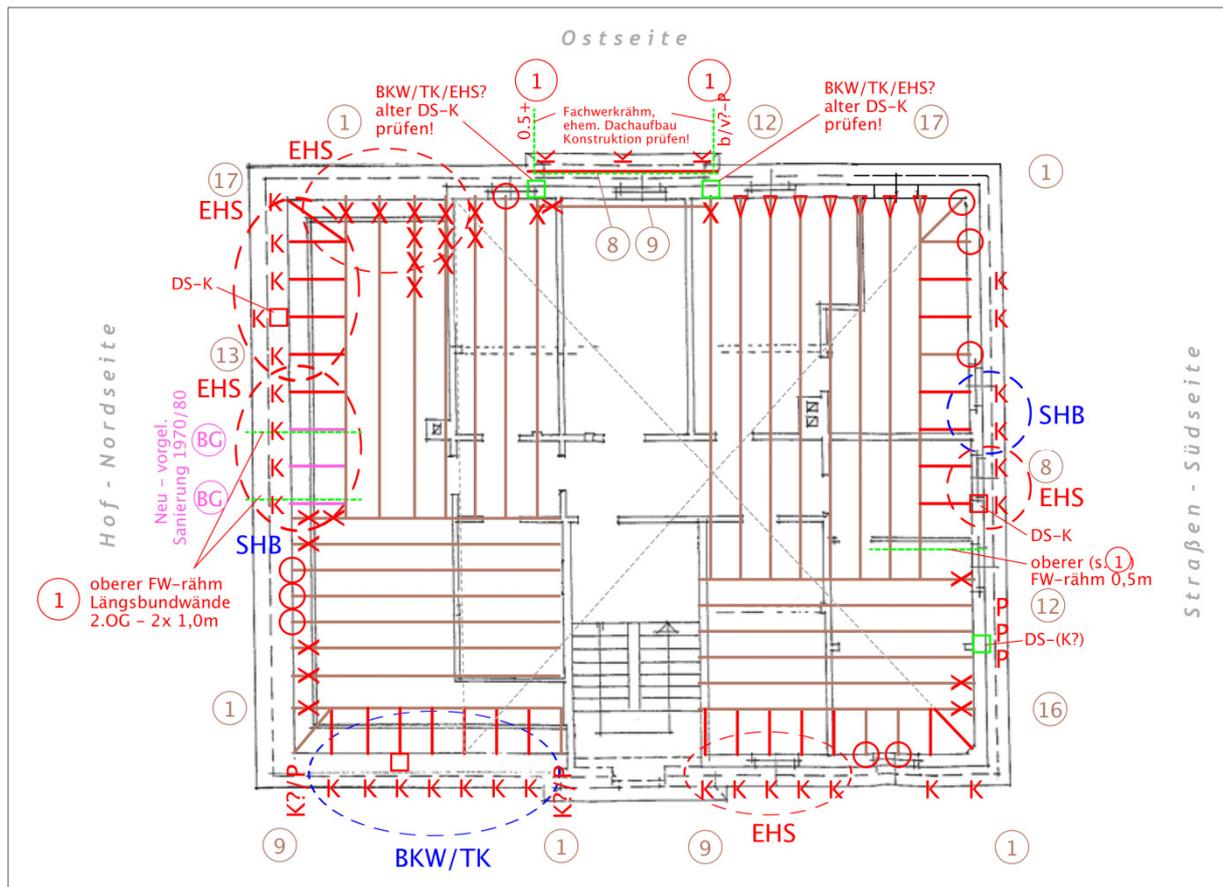


Abb. 3: historischer Dachaufbau



Abb. 4: neu ausgebildete Dachentwässerung

Die sich daraus ergebenden Anschlüsse zu den stehenden Wänden sowie die Trauf-
linien des neu ausgebildeten Flachdaches schützen nicht vor eindringender Niederschlagsfeuchtigkeit.



Legende:	
b	= beibelen
v	= zimmermannsmäßig verstärken
x...xxxx	= 0,5... 2,0m Abschnitt
x...+	= Abschnitt Festlegung Bauphase
K/rot	= Komplettausbau
P	= Prüfen!
○	= freilegen und prüfen!
□ (DS)	= alter Drempestiel
▽	= chem.san./ Bohrlochinjektagen
grün	= Fachwerkrahm (FW-rähm)
SHB	= Sicherheitsbereich
BKW/TK	= Befall Brauner Keller- oder Warzenschwamm/Trotzkopf
EHS	= Befall Echter Hausschwamm
WPS	= Befall Weißer Porenschwamm
braun	= Balkenlage
BC	= Bindergesperre

Abb. 5: Anhand der Schadkartierung der Geschossdecke zum 2. OG ist die Brisanz des festgestellten Befalls ersichtlich.

Aufgrund der umlaufenden Schadeinwirkung in allen Geschossen, ist eine Regelsanierung nach DIN 68 800, in Form einer umfänglichen zimmermannsmäßigen Instandsetzung mit Öffnung der Geschossdecken bis weit in den Innenraum hinein, erforderlich. Begleitend sind im Befallsbereich des Echten Hausschwammes die Deckenunterbauten abzubauen.

Im Bereich der Geschossdecke zum Dachgeschoss ergibt sich daraus die Situation, dass Bauherr und Architekt im Sinne der Wirtschaftlichkeit den Gesamtabbruch der Holzbalkendecke und einen anorganischen Wiederaufbau favorisieren.



Abb. 6: Befall durch den Braunen Keller- oder Warzenschwamm, in Vergesellschaftung mit den Larven des Trotzkopfs



Abb. 7: Befall durch den Echten Hausschwamm

Im Ergebnis dessen war der Gedanke geboren, den Ansatz der integrierten Bekämpfungsmaßnahmen – wie mannigfaltig in Schlössern, Burgen und hochgradig denkmalpflegerisch relevanten Bauwerken umgesetzt – im privaten Wohnungsbau zu erproben, um Bauherren und Investoren diese Sonderverfahren als Alternative zur Regelsanierung anzubieten.

1.2 Erläuterungen zum Mikrowellenverfahren

Eine Mikrowellenanlage besteht aus Steuergerät, Generator und Antenne. Außerdem gehören Messfühler, Infrarotkamera, Stative und ein Strahlungsmessgerät zur technischen Grundausstattung. Es wird mit einem offenen System gearbeitet: Gerichtete elektromagnetische Wellen regen innerhalb des Bauteils Wassermoleküle an. Trockenes Holz lässt sich problemlos erwärmen. Das molekular gebundene Wasser ist ausreichend, um die erwünschte Reaktion hervorzurufen.

Bauteile bis zu einer Stärke von 8 cm können von einer Seite behandelt werden, bei größeren Querschnitten arbeitet man nach Möglichkeit mit zwei Antennen von gegenüberliegenden Seiten aus. Eine einseitige Behandlung von Balkenquerschnitten ist ebenfalls möglich, jedoch ungleich zeitaufwändiger und setzt einen geringen Wärmeabfluss auf der antennenabgewandten Rückseite voraus.

Die trichterförmigen Hornstrahlantennen, über die die Mikrowellen abgegeben werden, sind in zwei verschiedenen Größen verfügbar. Die Antennenöffnungen haben eine Fläche von 33 cm x 40 cm bzw. 23 cm x 29 cm. Die Grundfläche entspricht jedoch nicht der Abstrahlfläche, so dass die Antennen bei der Anwendung teilweise überlappend versetzt werden müssen.

Bei der Behandlung von Holzkonstruktionen ergibt sich eine weitgehende Flexibilität in der Erreichbarkeit der Bauteile, da die Antennen über Kabel von 2,50 m Länge mit den Generatoren verbunden sind. Trotzdem sind dem Verfahren durch die vorgegebene Antennengeometrie Grenzen gesetzt. Besonders bei der Behandlung von Innenecken besteht die Schwierigkeit, die erforderliche Temperatur im entfernten Winkel zu erreichen, ohne dass es in nahegelegenen Bereichen zu einer Überhitzung kommt.

Problematisch ist weiterhin die Behandlung dünner, brettartiger Querschnitte. Technologiebedingt kommt es zu einer ungleichmäßigen Energieauskopplung und Wärmeverteilung. Die Aufdopplung und damit Querschnittserhöhung der Bauteile schafft Abhilfe. Es sollte beachtet werden, dass brettartige Bauteile aufgrund der großen Oberfläche und des kleinen Volumens verhältnismäßig schnell abkühlen. Gegebenenfalls sind Wärmedämmungen einzusetzen. Die Leistung der Generatoren ist in 9 Stufen regelbar. Grundsätzlich ist es daher möglich, hohe Temperaturen im Inneren der Bauteile zu erzeugen, ohne deren Oberfläche übermäßig aufzuheizen. Daher können auch sensible Bauteile mit Farbfassungen oder Kunstgegenstände behandelt werden.

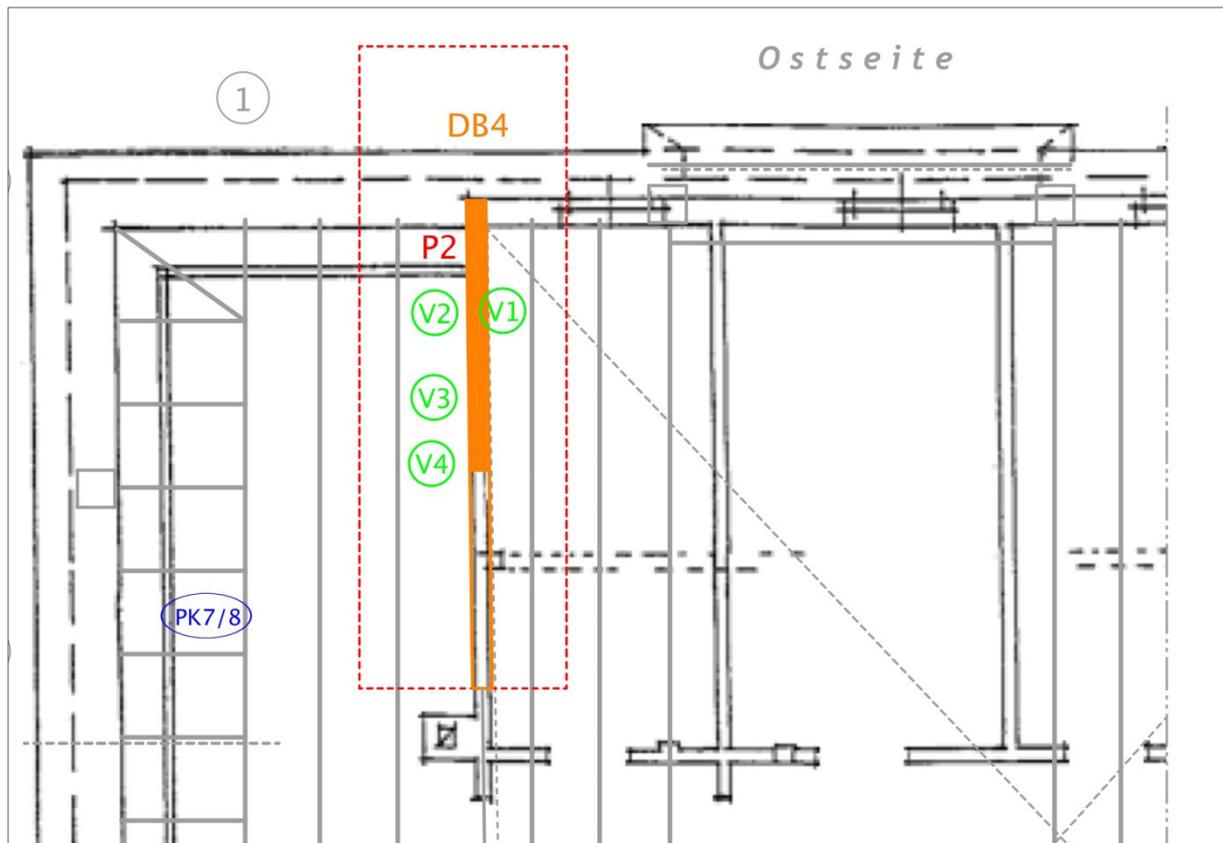
Im Gegensatz zum Holz ist bei der Behandlung von Mauerwerk nicht die Ausgleichsfeuchte ausreichend, um eine nennenswerte Wärmereaktion auszulösen. Die Wellen durchschießen trockenes Mauerwerk, ohne dass es zu einer Energieauskopplung kommt. Andererseits sind Mikrowellen sehr gut zur schnellen Trocknung feuchten Mauerwerks geeignet. Dabei entstehen Temperaturen, die auch für eine Hausschwammbekämpfung vollständig ausreichen. Trocknungs- und Bekämpfungsmaßnahmen lassen sich demnach kombinieren. Je nach Befallsausmaß und Mauerstärke ist allerdings ein hoher technischer Aufwand nötig.

Die Berechtigung für den Betrieb einer Mikrowellenanlage wird durch eine Schulung erworben. Für den Einsatz im Rahmen der Bekämpfung von Holzschädlingen muss der Anwender über fundierte Kenntnisse in den Bereichen Holz und Holzschutz verfügen. Es sind Anforderungen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes zu erfüllen. Der Betrieb der Anlage wird durch einen ständig anwesenden Techniker überwacht. Dieser schützt sich in erster Linie durch einen ausreichenden Abstand zu den Antennen. Ein Strahlungsmonitor wird ständig am Körper getragen. Der Grenzwert für die Arbeiten im Bereich elektromagnetischer Felder wird durch die Berufsgenossenschaft festgesetzt [BGV B11, 2001]. Das von uns verwendete Gerät warnt bei 12,5% des Grenzwertes optisch und ab 50% akustisch. Der Expositionsbereich wird während der Behandlung für den Zutritt gesperrt und gekennzeichnet. Tiere, Pflanzen, medizinische und sensible technische Geräte sind zu entfernen. Außerdem sind Abschirmungen durch reflektierende Folien möglich.

2 Mit Mikrowellen gegen den Echten Hausschwamm – ein Praxisversuch

2.1 Beschreibung des Versuchsfeldes

Wir erinnern uns an die eingangs geschilderte Fallkonstellation und verlassen das sichere Fahrwasser der Norm: Die Aufgabenstellung sieht vor, beim Gesundschnitt den Sicherheitsbereich am Deckenbalken zu reduzieren und die Deckenunterseite (Sparschalung, Rohrputzträger, Putz) zu erhalten. Das Versuchsfeld wurde auf das Außenauflager des Deckenbalken 4 der Längsseite Ost und das Balkenfeld 3 begrenzt (Abb. 8).



Legende:

- DB = Deckenbalken
- P2 = Vitalitätstest ihd Dresden
- PK = Prüfkörper ihd Dresden
- V = Versuch
- = Versuchsfeld

Abb. 8: Kartierung des Versuchsfeldes

Aufgrund der Befallsintensität wäre nach Regelsanierung ein Rückschnitt von ca. 1,50 m ab Innenkante Mauerwerk (IkM) notwendig. Nach Freilegung des Balkenkopfes durch Abbruch des Mauerwerkes erfolgte der Rückschnitt des Deckenbalkens stattdessen lediglich im visuell erkennbaren Schadbereich und wurde auf ca. 0,10 m ab IkM reduziert. In Vorbereitung der Mikrowellenbehandlung wurden alle erforderlichen Abbrucharbeiten abgeschlossen. Die Deckengefache (Fehlboden, Schüttung) wurden ausgeräumt, die geschädigte Mauerschwelle entfernt. Abschließend wurde der Behandlungsbereich mit dem Staubsauger gereinigt.



Abb. 9: Balkenfeld zwischen DB 3 + 4 geschädigte Mauerschwelle



Abb. 10: aus dem Befallsbereich herausgeschnittener Balkenkopf und entfernte Mauerschwelle



Abb. 11: Schnittstelle des Deckenbalkens



Abb. 12: vorbereitetes Versuchsfeld

2.2 Skizzierung des praktischen Bauablaufs

Die Sanierungsmaßnahmen sind im zeitlichen Bauablauf unter den beteiligten Handwerkern, in Abstimmung mit der Bauleitung zu koordinieren.

1. Befallsbegrenzung und Festlegung des Gesamtsanierungsaufwandes. Der Sanierungsbereich ist zu nicht befallenen Gebäudeteilen hin abzugrenzen. Bei den Sanierungsmaßnahmen ist möglichst staubarm zu arbeiten.



Abb. 13

2. Abschlagen des Putzes und Auskratzen der Fugen einschließlich Sicherheitsbereich von 1,5 m in horizontaler und vertikaler Richtung ab dem letzten erkennbaren Myzel oder Holzerstörung. Einzubeziehen sind verdeckte Bauteile aber auch angrenzende Bereiche oder Gebäude.



Abb. 14 und 15

3. Ausbau aller geschädigten Hölzer. Bei Einbeziehung des Mikrowellenverfahrens Reduzierung auf zerstörte, nicht mehr tragfähige Hölzer, einschl. Auflager wie Mauerschwellen etc. Reinigung des Auflagers durch restloses Entfernen aller Holzreste, losem Putz und Mörtel.

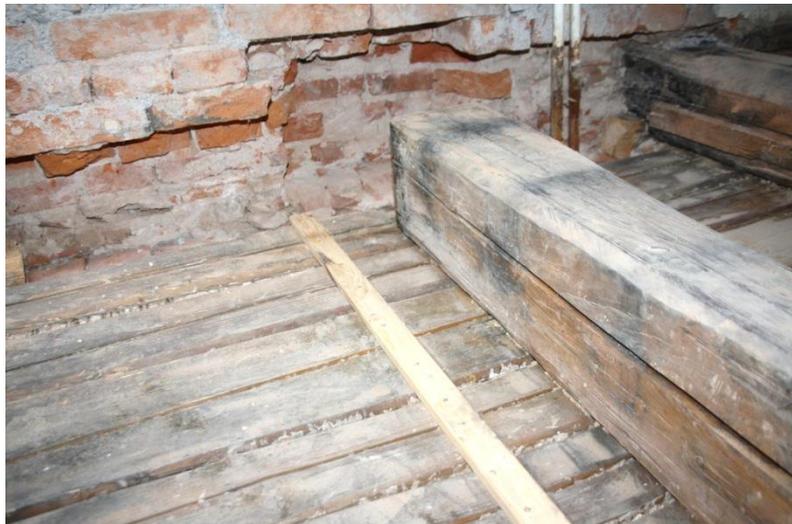


Abb. 16 und 17

<p>5. Anwendung des Mikrowellenverfahrens</p>	 <p><i>Abb. 18 und 19</i></p>
<p>6. Chemische Sanierung des Auflagers und Schnittstellen bzw. Oberflächenbehandlung verbleibender Althölzer</p>	 <p><i>Abb. 20 und 21</i></p>
<p>7. Neueinbau/Anschuhung unter Beachtung der statischen Belange. Holzfeuchte unter 20 %, Schnittstellenbehandlung durch Einstelltränkung</p>	 <p><i>Abb. 22</i></p>

<p>8. Vermauerung des Balkenaufagers – trocken gestoßen z. B. durch aufgeschlagene Langlochziegel, Sicherung des Konstruktionsbereichs Holz vor Beginn der Mauerwerkssanierung</p>	 <p><i>Abb. 23</i></p>
<p>9. Chemische Sanierung des verbleibenden Mauerwerkes durch Bohrlochinjektionen als 3-reihige Sperre und Fluten (Sprühen mit geringem Druck) einschließlich der notwendigen Sicherheitsbereiche. Nach Abtrocknung des Sanierungsbereiches und Einstellung der Holzfeuchte unter 20% – Einbau von Fehlboden und Dämmung – schließen des Sanierungsfeldes</p>	 <p><i>Abb. 24 und 25</i></p>

2.3 Mikrowellenbehandlung des Deckenbalkens – Versuch 1

Der zu behandelnde Sicherheitsbereich am Deckenbalken (Querschnitt: 18 cm x 22 cm) wurde mit 30 mm Styropor gedämmt, um die Abkühlung der oberflächennahen Bereiche zu verzögern. Unterhalb der Decke wurde keine Dämmung angeordnet.

Drei Plastikröhrchen mit Prüfkörpern wurden in den zweiten Behandlungsabschnitt eingesetzt (1 x Holzmitte in Bohrung 12 mm, 1 x oberflächennah in Trocknungsriß im Flankenbereich, 1 x Deckenbalkenunterseite in eine Fuge zwischen zwei Brettern der Deckenschalung).



Abb. 26: Deckenbalken im Behandlungsabschnitt 1.1 mit eingesetzten Messfühlern



Abb. 27: Einsetzen der Messfühler in den bereits gedämmten Deckenbalken

Die Antennen wurden seitlich, sich gegenüberstehend angeordnet. Mithilfe von drei Messfühlern wurde die Temperaturentwicklung im oberflächennahen Bereich, in der Holzmitte und zwischen Deckenbalkenunterseite und Schalung überwacht. Diese wurden in Bohrungen von 4 mm Durchmesser eingesteckt. In unmittelbarer Nähe zu den Prüfkörpern wurde kein Messfühler platziert.

Einer ungleichmäßigen Wärmeentwicklung wurde durch Anpassung der Generatorleistung begegnet, um ein möglichst homogenes Temperaturprofil zu erzielen. Nach Erreichen der Zieltemperatur von 80–100 °C wurde die Anlage abgeschaltet und nach Versetzen der Antennen der folgende Abschnitt behandelt.

Die Wärmedämmung wurde nach dem ersten Behandlungsabschnitt kurzzeitig entfernt, um eine Aufnahme mit der Infrarotkamera zu ermöglichen. Im weiteren Verlauf wurde die Dämmung erst nach Abschluss der Behandlung des 4. Abschnittes abgenommen.



Abb. 28: Deckenbalken im Behandlungsabschnitt 1.1 mit seitlich angeordneten Hornstrahlantennen und dreiseitiger Wärmedämmung

2.4 Mikrowellenbehandlung der Decke – Versuche 2 bis 4

In Versuch 2 wurden zwei Antennen nebeneinander direkt auf die Deckenschalung aufgesetzt. Weder ober- noch unterseitig ordnete man eine Wärmedämmung an. Ein Plastikröhrchen mit Prüfkörper wurde in einer Fuge zwischen zwei Brettern der Deckenschalung platziert.

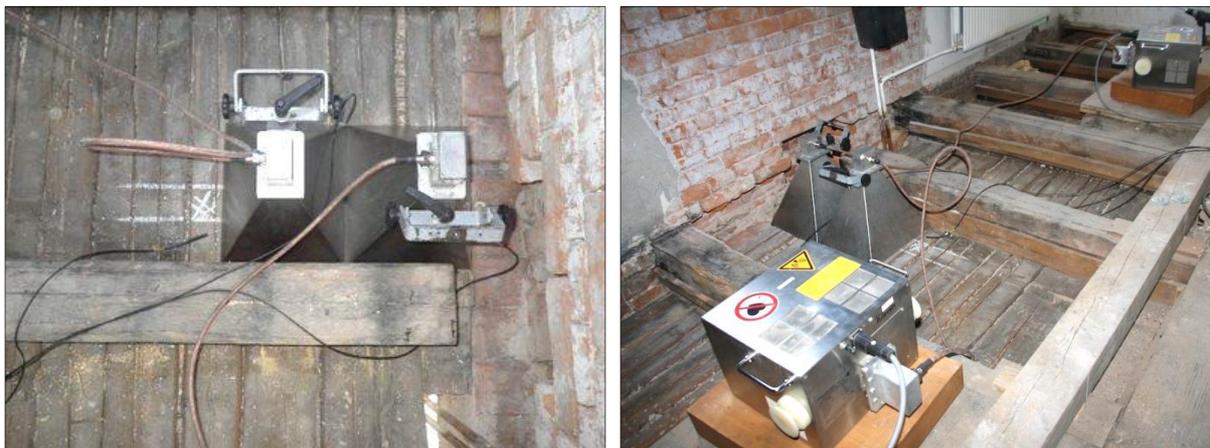


Abb. 29 und 30: Deckenoberseite in Versuch 2 mit aufgesetzten Hornstrahlantennen, Messfühler in Sparschalung eingesetzt – Behandlung der Schalung ohne zusätzliche Dämmung (Foto: Körner)



Abb. 31: eingesetzter Messfühler für die Überwachung der Temperaturentwicklung

Für Versuch 3 wurde die Deckenschalung mit Hobelspänen abgestreut, um die Fugen zwischen den Brettern aufzufüllen. Danach deckte man den Behandlungsbereich mit einer Holzweichfaserplatte in 35 mm Stärke ab und setzte die beiden Antennen nebeneinander auf. Die Unterseite erhielt keine Wärmedämmung. Ein Plastikröhrchen mit Prüfkörper wurde in die Hobelspäne zwischen zwei Brettern der Deckenschalung eingebettet.



Abb. 32: Deckenoberseite in Versuch 3 während der Vorbereitung für die Behandlung, Fugen mit Hobelspänen aufgefüllt, Messfühler in Sparschalung eingesetzt, Abdeckung mit Holzweichfaserplatte



Abb. 33: Deckenoberseite in Versuch 3 mit aufgesetzten Hornstrahlantennen, Messfühler in Sparschalung eingesetzt, Abdeckung mit Holzweichfaserplatte

In Versuch 4 wurde auf der Unterseite der Decke ebenfalls eine Wärmedämmung aus Holzweichfaserplatte in 35 mm Stärke angeordnet. Ein Plastikröhrchen mit Prüfkörper wurde zuvor von unten innerhalb der Deckenputzebene angeordnet. Hierzu hatte man mit einem kleinen Meißel eine Aussparung im Putz hergestellt.



Abb. 34: vorbereitetes Versuchsfeld Versuch 4



Abb. 35: Deckenunterseite in Versuch 4 mit Wärmedämmung durch Holzweichfaserplatte (Foto: Baumann-Ebert)

Während der Versuchsdurchführung überwachte der Techniker die Temperaturentwicklung in den Brettern der Deckenschalung bzw. im Übergang zum Deckenputz und in der Wärmedämmung. Die abgeschirmten Messfühler wurden dafür in Bohrungen von 4 mm Durchmesser eingesetzt. In unmittelbarer Nähe zu den Prüfkörpern wurde kein Messfühler platziert. Nach Erreichen der Zieltemperatur von 80–100 °C wurde die Anlage abgeschaltet.

2.5 Erfolgskontrolle durch Prüfkörper

Durch das Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH – Frau Dipl.-Ing. Kordula Jacobs, Ressort Biologie Holzschutz, wurden pilzdurchwachsene Holzproben mit Echtem Hausschwamm (*Serpula lacrymans*) bereitgestellt, die für die Kontrolle einer bekämpfenden Behandlung mittels Mikrowelle eingesetzt wurden. Nach der Schwammbekämpfung war die Pilzvitalität der behandelten Proben im Vergleich zu unbehandelten Kontrollproben zu testen, ca. 24 h nach der Behandlung wurde im Labor des Instituts für Holztechnologie Dresden mit den Anzuchtversuchen begonnen. [Zitat: Untersuchungsbericht: Erfolgskontrolle Schwammsanierung mittels Mikrowelle vom 10. 10. 2013]:

- gesamt 10 Stück Prüfkörper
- Nummer 9+10 verblieben im Labor
- Nummer 7+8 wurden während der Versuchsreihe außerhalb des Behandlungsfeldes im Baukörper gelagert und zusätzlich mit alukaschierter Folie gegen Mikrowellenstrahlung abgeschirmt.



Abb. 36: Einsetzen eines Prüfkörpers aus Versuch 1 in die Fuge zwischen Deckenbalkenunterseite und Schalung (Foto: Baumann-Ebert)

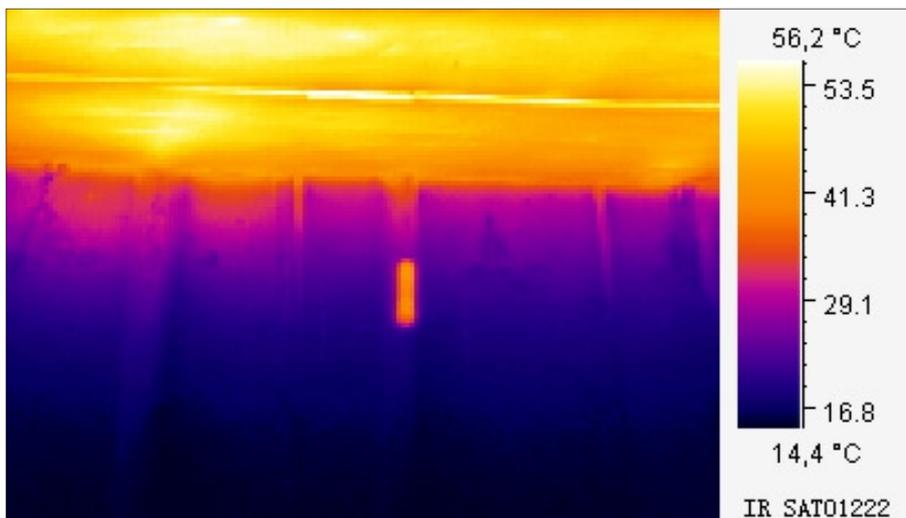


Abb. 37: Infrarotaufnahme aus Versuch 1 bei der Entnahme des Prüfkörpers aus der Fuge zwischen Deckenbalkenunterseite und Schalung (Foto: Körner)



Abb. 38, 39, 40: Prüfkörper Nummer 7 und 8 verbleiben unter Baustellenbedingungen im Laufe der Versuchsreihe außerhalb des Behandlungsfeldes

Versuch 1

Platzierung der Prüfkörper (PK) 1 – in der Balkenmitte, 2 – Rand in einem Trockenriss und 3 – zwischen Unterkante Deckenbalken 4 und Sparschalung der Deckenunterkonstruktion



Abb. 41: PK1



Abb. 42: PK2



Abb. 43: PK 3



Abb. 44: Platzierung PK 3

Versuch 2

Platzierung Prüfkörper 4 zwischen den Schalbrettern des Deckenunterbaues



Abb. 45: PK 4



Abb. 46: Platzierung PK 4

Versuch 3

Platzierung Prüfkörper 5 zwischen den Schalbrettern nach Einstreu von Holzspänen



Abb. 47: PK 5



Abb. 48: Platzierung PK 5

Versuch 4

Platzierung Prüfkörper 6 im Deckenputz vor dem Anbringen der Holzweichfaserplatte



Abb. 49: PK 5



Abb. 50: Platzierung PK 5

Ergebnisse des Prüfberichtes – ihd

Zitat: „Prüfbericht ihd – Frau Dipl.-Ing. K. Jacobs – Ergebnisse des Anzuchtversuches nach 7 Tagen Inkubation:

Proben-Nr.	Probenort	Visuelle Bewertung des Pilzwachstums nach 7 Tagen Inkubation
1	DB4/P2, Deckenbalken mittig	-
2	DB4/P2, Oberfläche Bereich Trockenriss	-
3	DB4/P2, DB-Unterkante	-
4	Balkenfeld 3, Schlackewand	-
5	Balkenfeld 3, mittig	-
6	Balkenfeld 3, 55 cm vom DB4	-
7	Mitgeführte unbehandelte Kontrolle, Stichbalkenfeld 4 / Nord	+++

Proben-Nr.	Probenort	Visuelle Bewertung des Pilzwachstums nach 7 Tagen Inkubation
8	Mitgeführte unbehandelte Kontrolle, Stichbalkenfeld 4 / Nord	+++
9	Kontrolle (verbleibt bei 20°C im IHD)	+++
10	Kontrolle (verbleibt bei 20°C im IHD)	+++

*** Bewertungsschlüssel**

- keine Auskeimung von *S. lacrymans* erkennbar
- + schwache Auskeimung von *S. lacrymans* am Holz
- ++ deutliche Auskeimung am Holz und Wachstum von *S. lacrymans* auf dem Agar
- +++ starke Auskeimung und kräftiges Wachstum von *S. lacrymans* (Petrischale vollständig bewachsen)
- S Schimmelpilzbefall

Tabelle 1: Zusammenfassung der Ergebnisse nach dem Auskeimversuch

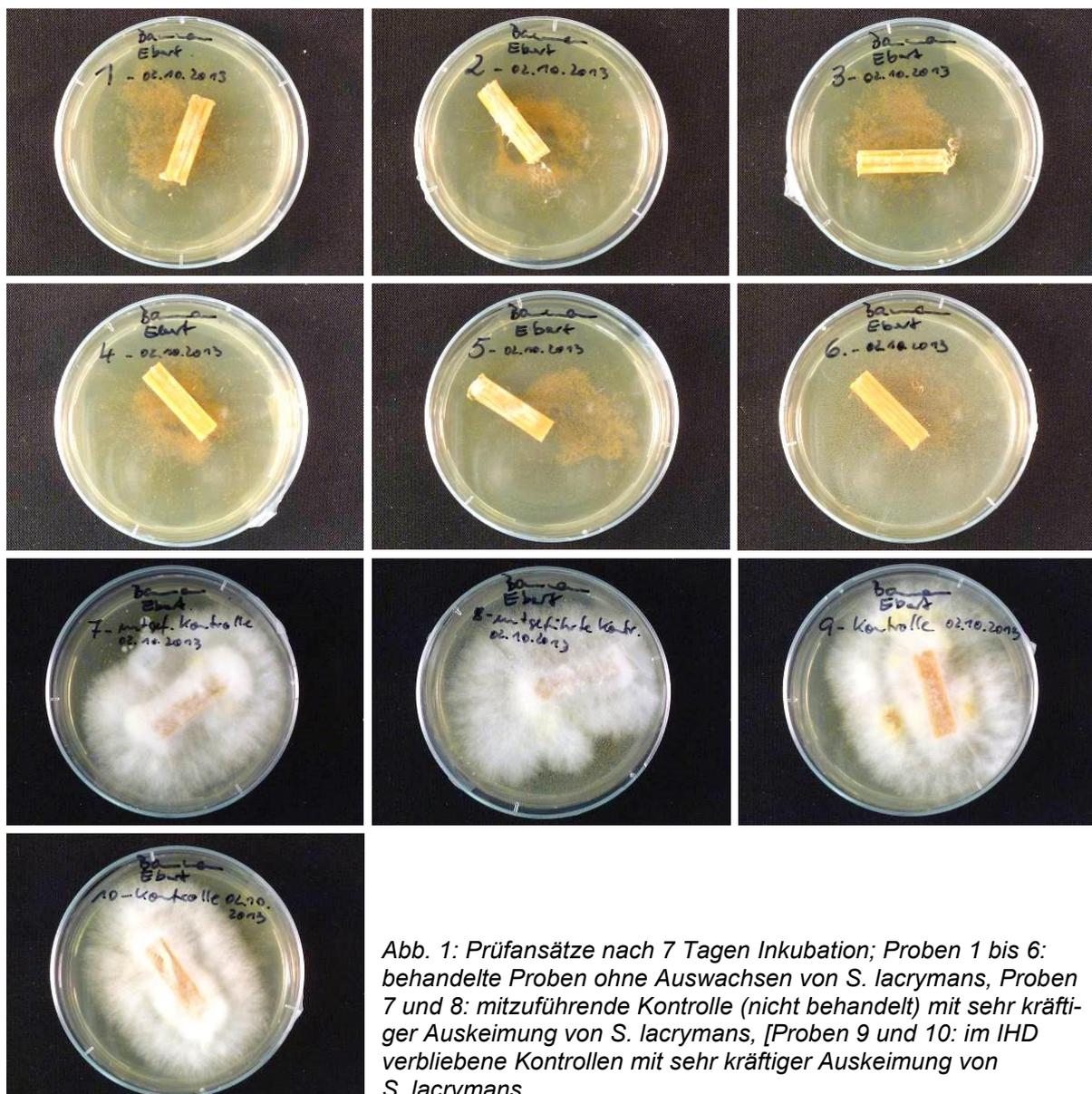


Abb. 1: Prüfansätze nach 7 Tagen Inkubation; Proben 1 bis 6: behandelte Proben ohne Auswachsen von *S. lacrymans*, Proben 7 und 8: mitzuführende Kontrolle (nicht behandelt) mit sehr kräftiger Auskeimung von *S. lacrymans*, [Proben 9 und 10: im IHD verbliebene Kontrollen mit sehr kräftiger Auskeimung von *S. lacrymans*

Nach 14 Tagen Inkubation hat sich der Befund bestätigt. Alle Kontrollen sind ausgekeimt, die behandelten Proben hingegen nicht. ...]“

2.6 Ergebnisse der messtechnischen Überwachung

Die Messwerte wurden in regelmäßigen Abständen (ca. 5 min) am Steuergerät der Anlage abgelesen und tabellarisch dokumentiert. Die Temperatur der Holzoberfläche wurde durch eine Infrarotkamera erfasst. Grundsätzlich belegt ein gleichmäßiges Wärmebild die weitgehend homogene Temperaturverteilung im Inneren des Bauteils. Aussagekräftige Wärmebilder wurden abgespeichert.

Bei Betrachtung der Messwerte aus Versuch 1 (Deckenbalken) wird deutlich, dass nach dem Erreichen einer Temperatur von 95 °C im oberflächennahen Bereich (vgl. Abb. 51, Messfühler 1) ein Konstanthalten dieser Temperatur durch die Anpassung der Generatorenleistung möglich war. Bei niedriger Stufe wurde weiterbehandelt, bis sich auch in der Holzmitte (vgl. Abb. 51, Messfühler 2) das geplante Temperaturniveau einstellte.

Auffällig war, dass zwischen Deckenbalkenunterseite und Schalung nicht die Zieltemperatur von mindestens 80 °C erreicht wurde (vgl. Abb. 51, Messfühler 3). In diesem Bereich fiel die Temperatur mit Verringerung der Generatorenleistung umgehend stark ab. Auch ein Nachheizen bei hoher Leistungsstufe unter Billigung von kurzfristigen Temperaturspitzen von bis zu 110 °C in anderen Bereichen brachte nicht den erwünschten Erfolg. Zum Teil ist der starke Unterschied im Temperaturniveau dadurch erklärbar, dass der Wärmeübergang zwischen den unterschiedlichen Bauteilebenen zu gering war, wobei es gleichzeitig zu verstärkten Abkühlungseffekten kam. Dem hätte bei Bedarf durch die Platzierung einer Antenne auf der Deckenunterseite effektiv begegnet werden können. Im Rahmen der Beprobung verzichtete man darauf. Ein Teil der Prüfkörper wurde absichtlich in kritischen Grenzbereichen platziert. Der Beweis, dass frisches Mycel bei Temperaturen über 90 °C abgetötet werden kann, brauchte nach Meinung der Autoren nicht mehr erbracht zu werden.

Das Diagramm (Abb. 51) zeigt einen typischen Temperaturanstieg während des Aufheizvorgangs. Gleichzeitig wird der langsame Temperaturabfall nach dem Behandlungsende deutlich. Aufgrund der Wärmespeicherkapazität des Holzes und unterstützt durch die dreiseitige Wärmedämmung war nach 2,5 Stunden noch eine Kerntemperatur von 77 °C messbar. Die Infrarotaufnahme (Abb. 52) zeigt die gleichmäßige Wärmeabstrahlung der Holzoberfläche kurz nach dem Abnehmen der Wärmedämmung.

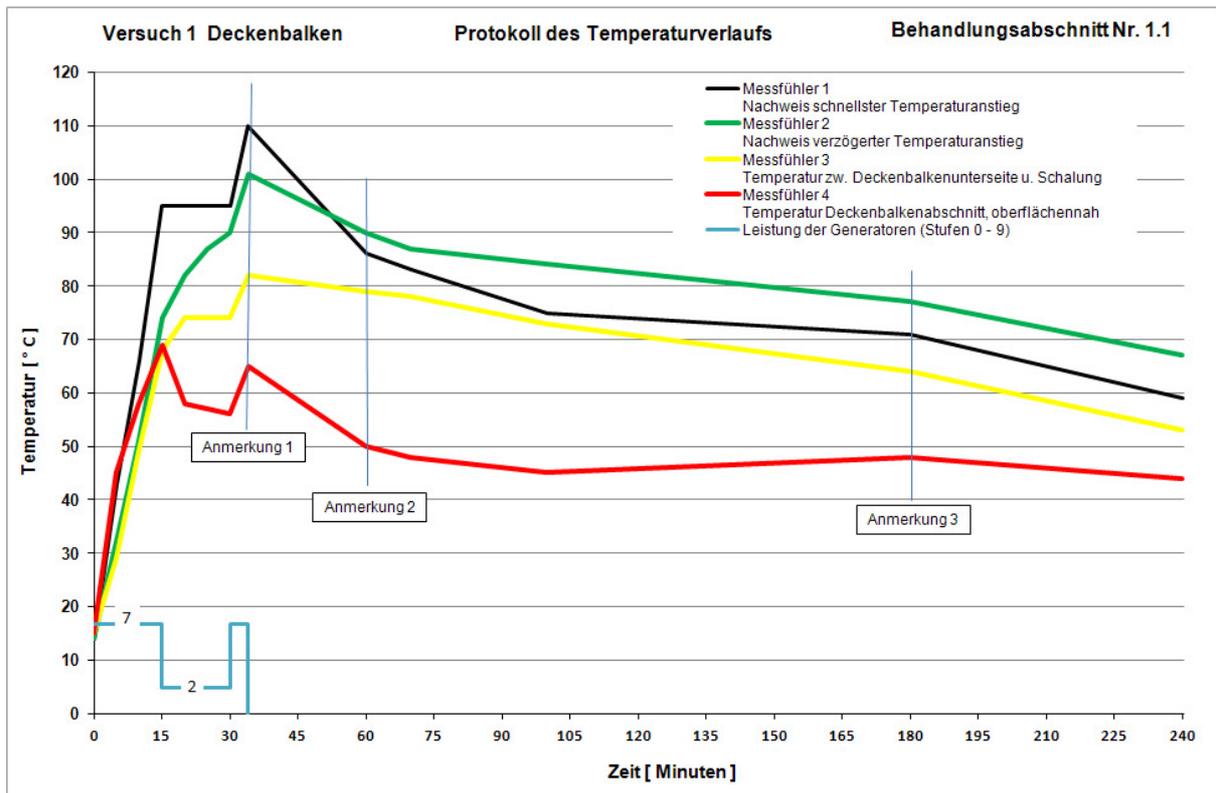


Abb. 51: Temperaturverlauf innerhalb des Deckenbalkens in Versuch 1, Behandlungsabschnitt 1.1

Anmerkung 1: Abschalten der Generatoren in Abschnitt 1.1

Anmerkung 2: Fortführung der Behandlung in den Abschnitten 1.2–1.4

Anmerkung 3: Abschluss der Maßnahmen und Entfernung der Wärmedämmung

(Grafik: Körner)

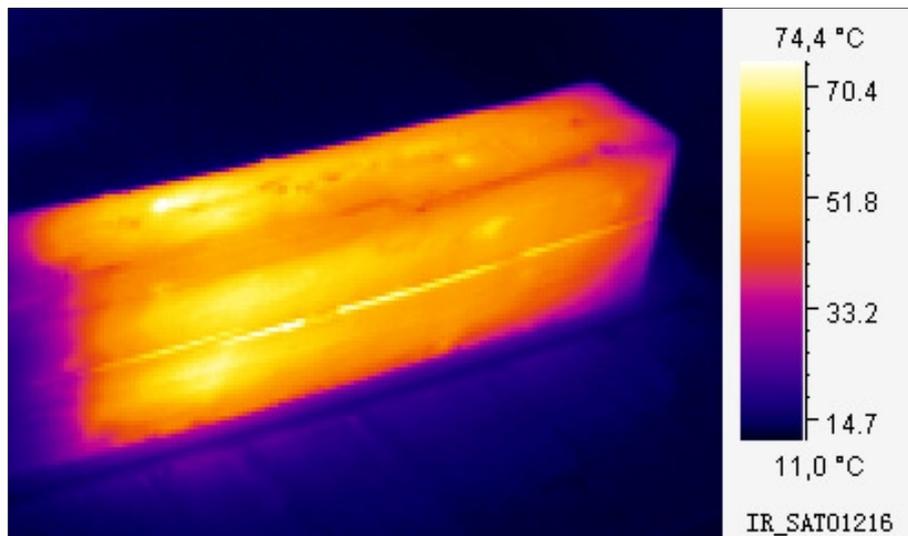


Abb. 52: Infrarotaufnahme des Deckenbalkens nach Abschluss der Behandlung (Foto: Körner)

Im Vergleich der Temperaturverläufe aus den Versuchen 2 bis 4 wird deutlich, dass die Wärmedämmung keinen wesentlichen Einfluss auf die Aufheizzeiten hatte (vgl. Abb. 53, 55 und 57). Darüber hinaus unterschied sich die Heizdauer mit 25–28 Minuten nicht wesentlich von den am Deckenbalken benötigten Aufheizzeiten. Dies ist dadurch erklärbar, dass ein großer Teil der Mikrowellen das dünne Bauteil durch-

drungen hatte, ohne dass es zu einer Energieauskopplung kam. Dieser Effekt wurde durch die Länge der Behandlungszeit kompensiert. Der Deckenputz zeigt im Wärmebild hohe Oberflächentemperaturen, obwohl er trocken und deshalb nicht direkt durch Mikrowelleneinwirkung zu erhitzen war (vgl. Abb. 58). Hier spielte vor allem die Wärmeübertragung aus Deckenschalung und Rohrputzträger eine Rolle.

Auf den Infrarotaufnahmen ist zu erkennen, dass die Dämmung die Homogenisierung der Wärmeverteilung unterstützt hat. Darüber hinaus beugte sie einer beschleunigten Abkühlung über die im Verhältnis zum beheizten Volumen große Bauteiloberfläche vor. In der praktischen Anwendung würde man die Dämmung nach dem Behandlungsende auf der Schalung belassen. Hier wurde sie entfernt, um die Aufnahmen mit der Infrarotkamera zu ermöglichen.

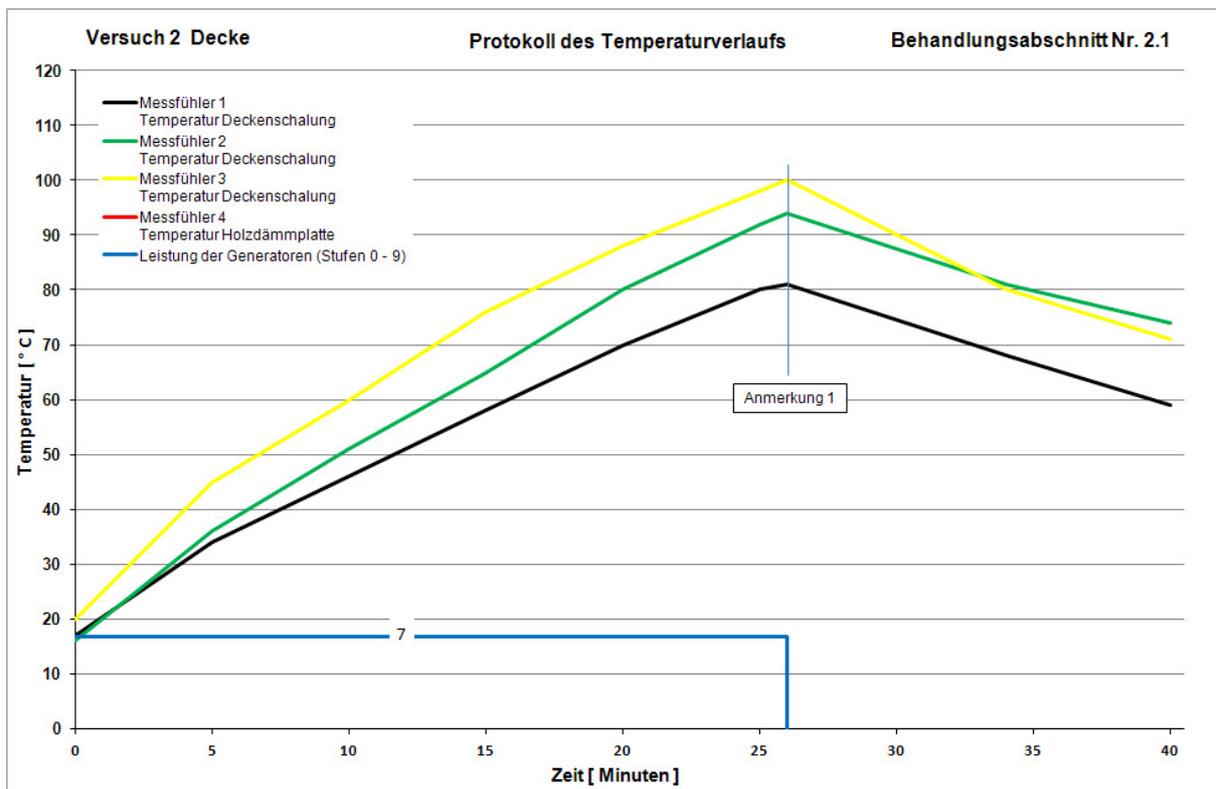


Abb. 53: Temperaturverlauf innerhalb des Deckenaufbaus in Versuch 2, Behandlungsabschnitt 2.1
Anmerkung 1: Abschluss der Maßnahme und Entfernung der Wärmedämmung (Grafik: Körner)

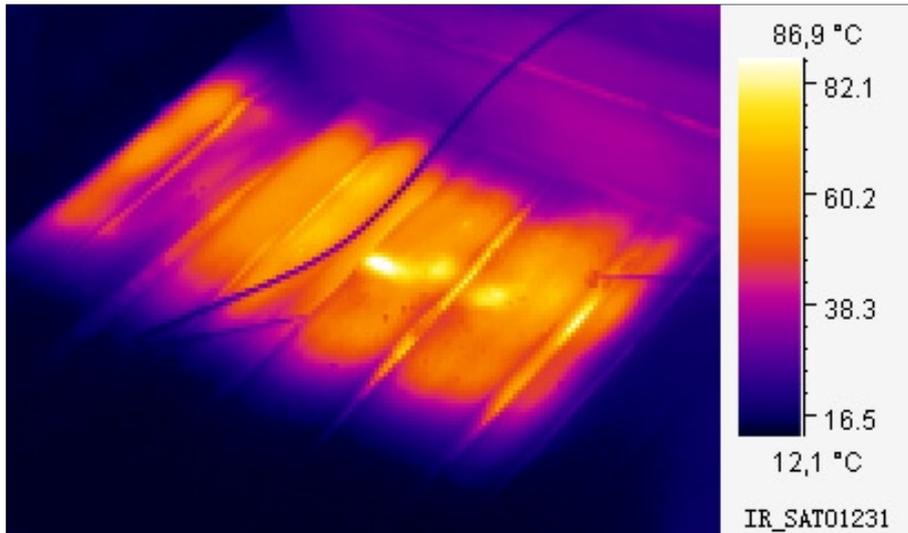


Abb. 54: Infrarotaufnahme der Deckenoberseite in Versuch 2 nach Abschluss der Behandlung (Foto: Körner)

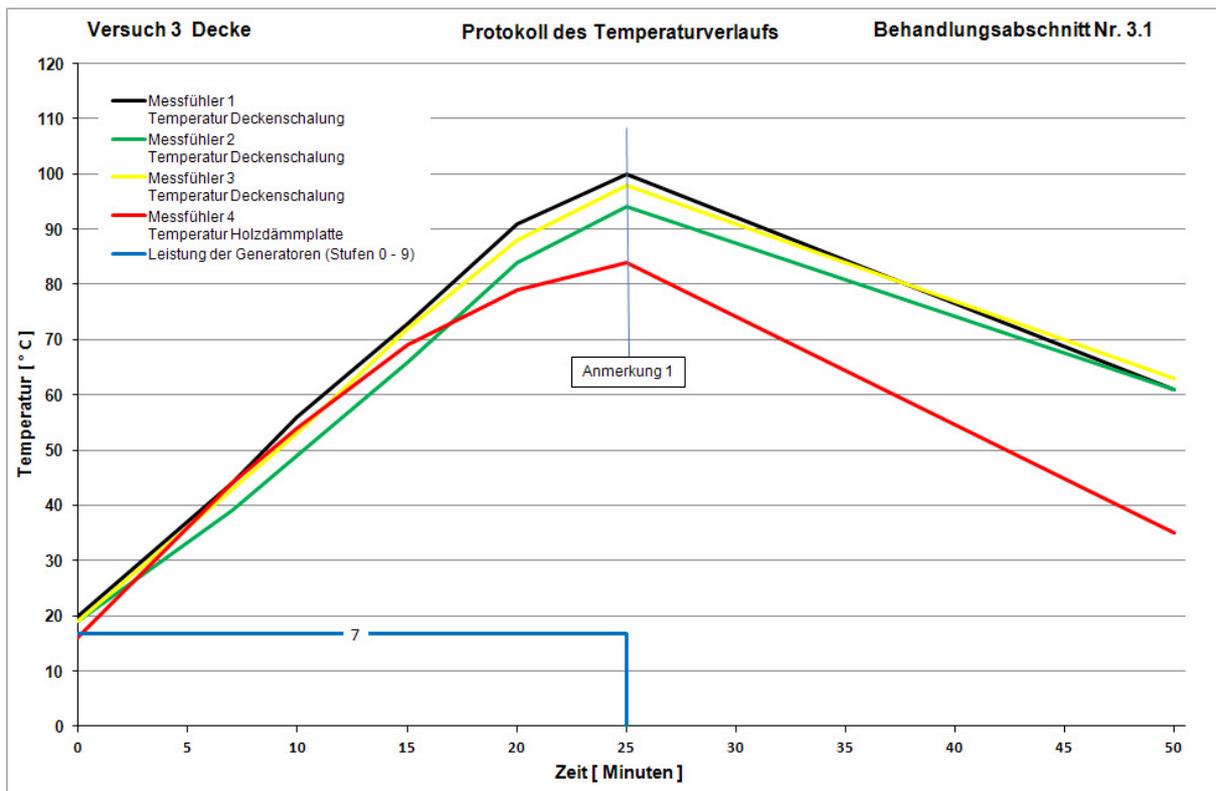


Abb. 55: Temperaturverlauf innerhalb des Deckenaufbaus in Versuch 3, Behandlungsabschnitt 3.1
Anmerkung 1: Abschluss der Maßnahmen und Entfernung der Wärmedämmung (Grafik: Körner)

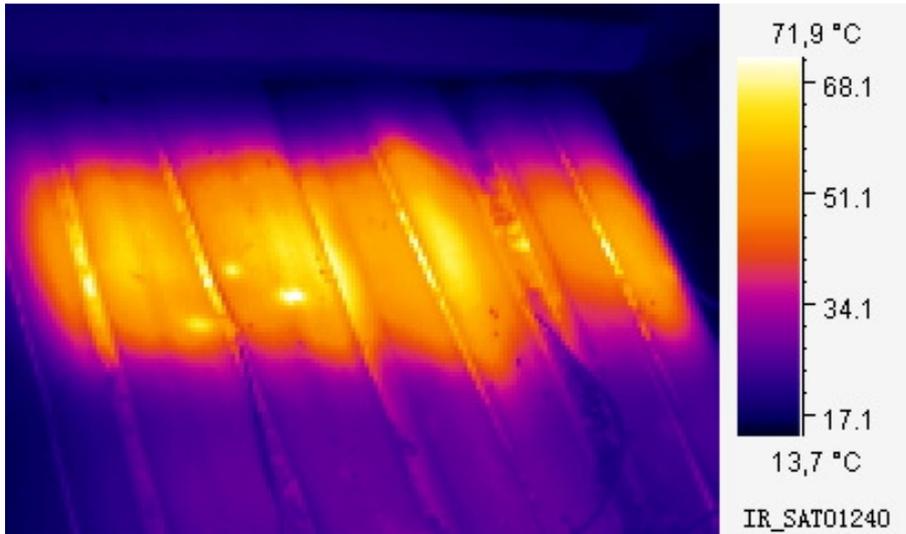


Abb. 56: Infrarotaufnahme der Deckenoberseite in Versuch 3 nach Abschluss der Behandlung (Foto: Körner)

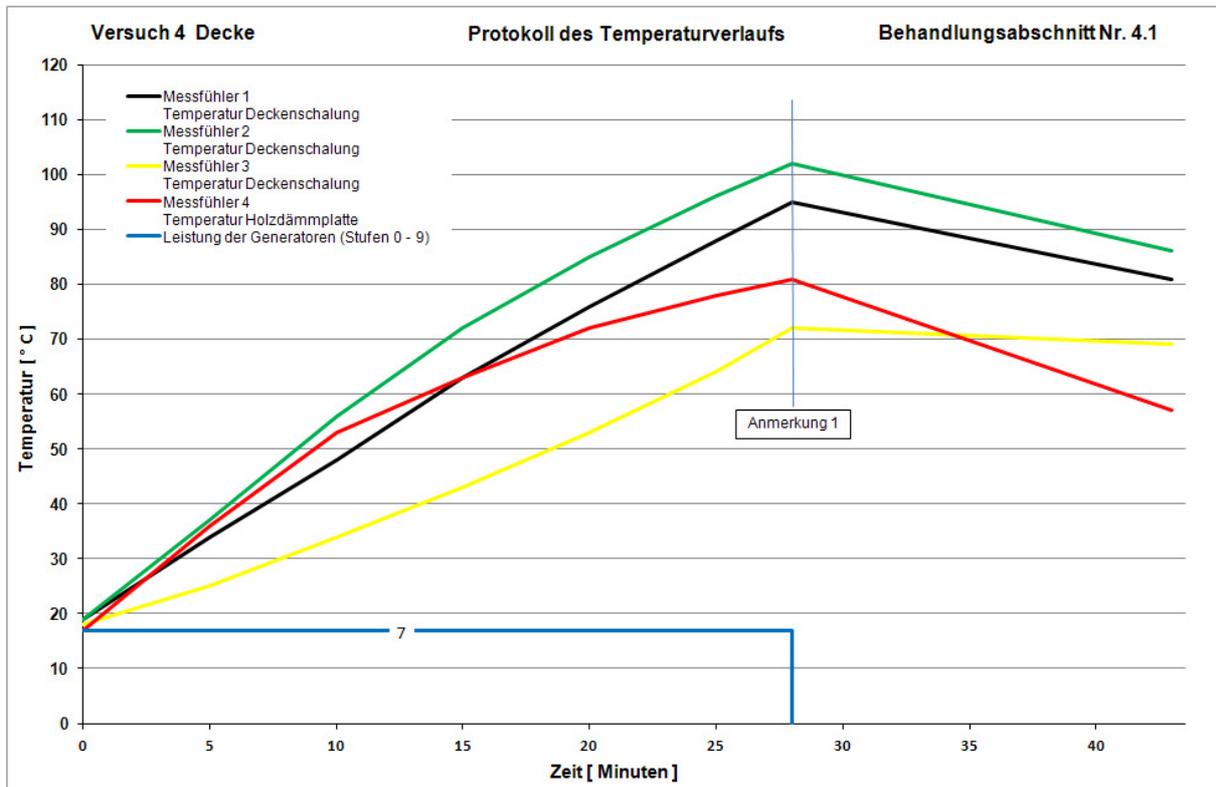


Abb. 57: Temperaturverlauf innerhalb des Deckenaufbaus in Versuch 4, Behandlungsabschnitt 4.1
Anmerkung 1: Abschluss der Maßnahmen und Entfernung der Wärmedämmung (Grafik: Körner)

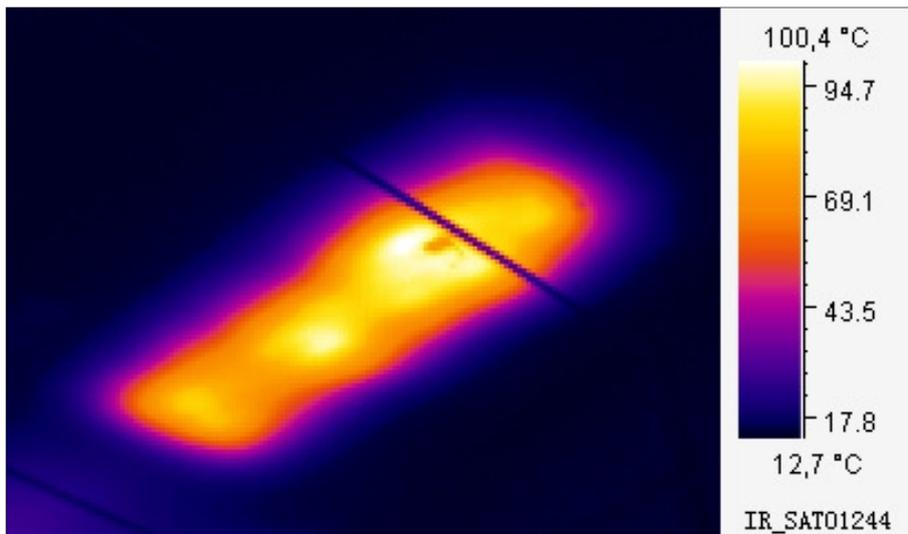


Abb. 58: Infrarotaufnahme des Deckenputzes in Versuch 4 nach Abschluss der Behandlung (Foto: Körner)

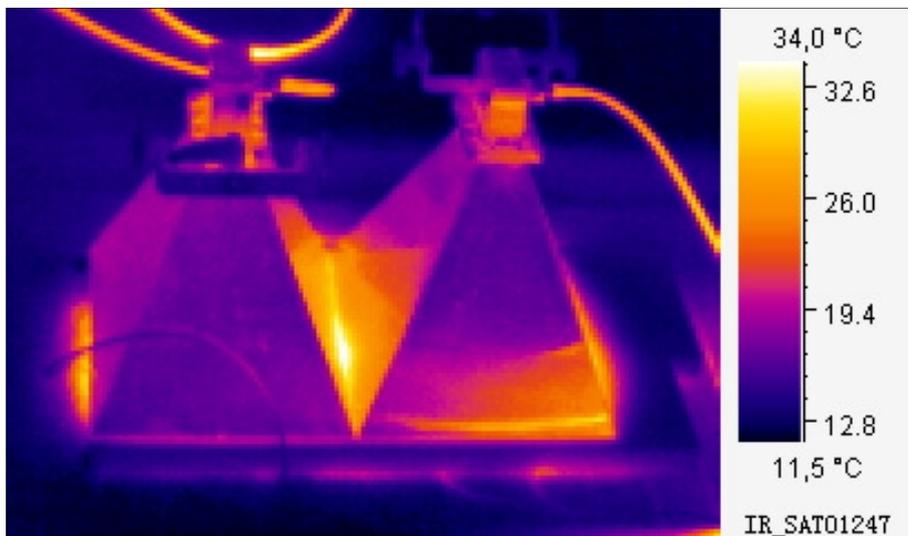


Abb.59: Infrarotaufnahme der Deckenoberseite in Versuch 4 vor dem Abnehmen der Hornstrahlantennen (Foto: Körner)

3 Fragestellungen und fachliche Hintergründe

3.1 Letaltemperaturen und Einwirkzeiten – wann stirbt der Pilz?

Die grundsätzliche Frage nach der Wirksamkeit eines thermischen Verfahrens kann nur auf Basis praxistauglicher Erkenntnisse zu den erforderlichen Letaltemperaturen und Einwirkzeiten diskutiert werden. Hierzu gibt es jedoch widersprüchliche Ansichten:

- Das WTA-Merkblatt „Der Echte Hausschwamm“ aus dem Jahr 2005 gibt in Tabelle 1 grundsätzliche Hinweise zu den Temperaturansprüchen des Echten Hausschwamms. Dieser entwickelt sich im Temperaturbereich von 18 °C–23 °C optimal, aber schon zwischen 26 °C und 28 °C tritt die Wachstumshemmung ein. Unter Punkt 3.3 Temperatur steht fett gedruckt: „Aktuelle Praxisversuche haben

gezeigt, dass mindestens 60 °C über mindestens 1 Stunde zur Abtötung des Myzels erforderlich sind“ [WTA-Merkblatt 1-2-05/D 2005].

- Im Anhang E der Anfang 2012 neu erschienenen DIN 68800-4 werden Temperatur-Zeit-Verhältnisse für die letale Wärmedosis zur Abtötung des Myzels festgelegt: 16 h bei 50 °C oder 8 h bei 55 °C oder 2 h bei 60 °C [DIN 68800-4:2012-02].
- Die Wirksamkeit des Mikrowellenverfahrens wurde zwischen 2004 und 2012 durch mehrere Versuchsreihen an der Bundesanstalt für Materialforschung Berlin und der Materialprüfanstalt Eberswalde nachgewiesen. Dabei hat sich die Hitzeempfindlichkeit des Echten Hausschwamms grundsätzlich bestätigt. In weiteren Versuchen ging man im März 2012 dazu über, die unteren Grenzwerte der Temperatur-Zeit-Verhältnisse zu ermitteln. Es wurde deutlich, dass der letale Effekt bereits bei Temperaturen über 53 °C und Einwirkzeiten über 2 Minuten eintritt [BAM Berlin 2012].

Die Werte aus der DIN 68800-4:2012-02 werden aufgrund ihrer zeitlichen Aktualität und der allgemeinen Bedeutung der Holzschutznorm momentan vermutlich als allgemeinverbindlich anerkannt. Der Einfluss der Temperaturhöhe auf die erforderliche Haltezeit wird deutlich.

In diesem Punkt manifestieren sich die wesentlichen Unterschiede zwischen Heißluft- und Mikrowellenverfahren: Beim Heißluftverfahren wird durch die fortwährende Beaufschlagung der Bauteiloberfläche mit erwärmter Luft die Zieltemperatur von 50–60 °C als Kerntemperatur erst nach Stunden oder Tagen erreicht, kann danach jedoch relativ unproblematisch über eine längere Zeitdauer gehalten werden. Eine Erhöhung der Einblastemperatur hätte negative Auswirkungen auf angrenzende Bauteile oder Einrichtungsgegenstände. Vor diesem Hintergrund sind die Temperatur-Zeit-Verhältnisse aus Anhang E der DIN 68800-4 zu verstehen. Beim Mikrowellenverfahren bestehen jedoch andere Voraussetzungen: Erstens wird deutlich kleinflächiger gearbeitet (Abstrahlfläche einer Hornstrahlantenne 20 cm x 33 cm). Zweitens entsteht die Wärme durch Anregung der Wassermoleküle innerhalb des Holzquerschnitts und wird nicht von außen über die Holzoberfläche zugeführt. Drittens können hohe Temperaturen in verhältnismäßig kurzer Zeitdauer erreicht werden. Die Einhausung der Bauteile ist dabei nicht erforderlich. Es besteht also Bedarf an verbindlichen Temperatur-Zeit-Verhältnissen für Behandlungstemperaturen jenseits von 60 °C.

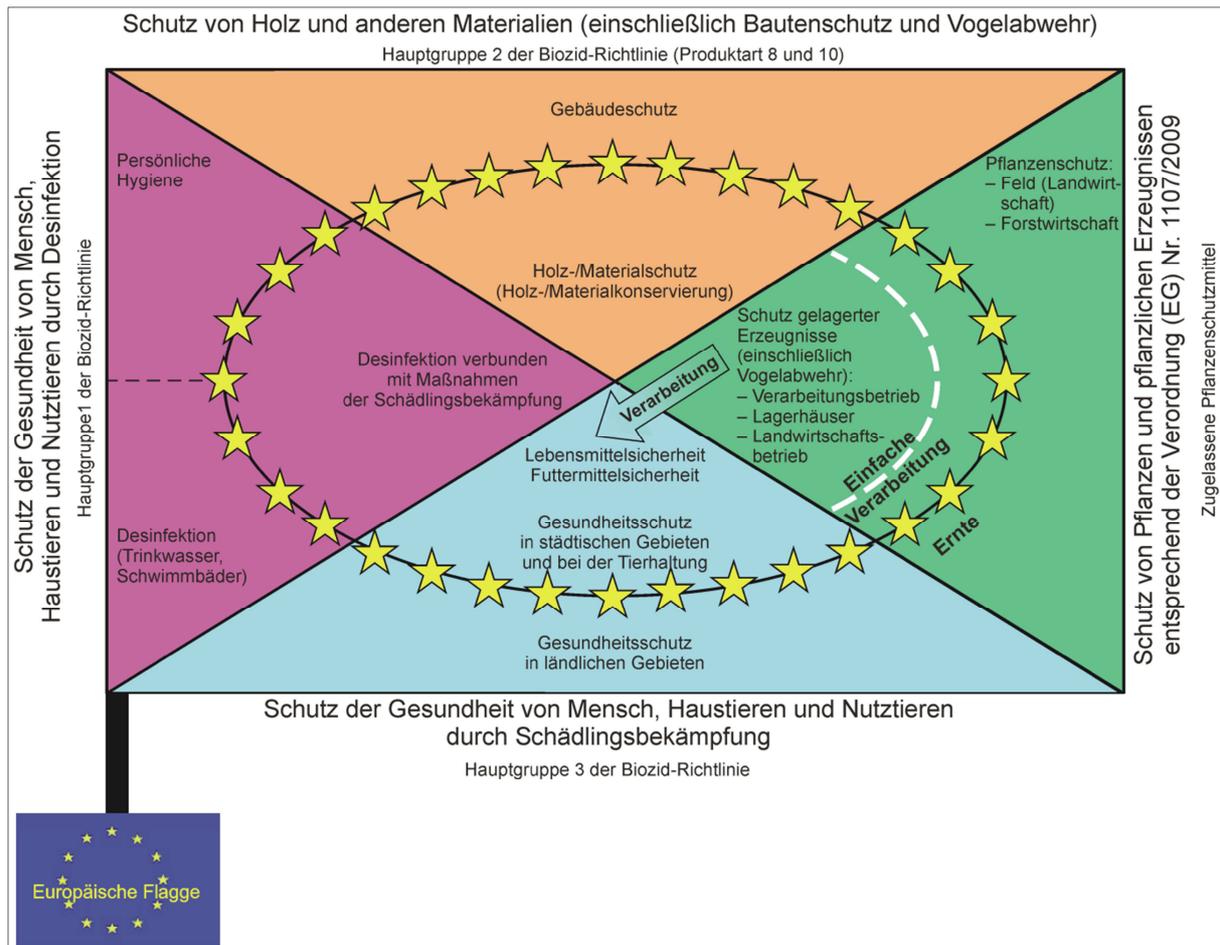
Es besteht also Bedarf an verbindlichen Temperatur-Zeit-Verhältnissen für Behandlungstemperaturen jenseits von 60 °C. Unter Berücksichtigung des derzeitigen Erkenntnisstandes gehen die Anwender des Mikrowellenverfahrens in der Praxis davon aus, dass bei weitgehend homogenen Bauteiltemperaturen von 80–100 °C der letale Effekt erreicht ist. Durch die Ausnutzung der hohen Wärmespeicherkapazität des Holzes und einer Wärmedämmung von Bauteiloberflächen ergeben sich zusätzliche Sicherheiten.

3.2 Integrierter Holzschutz

Integrierter Holzschutz als organisatorischer Holzschutz verstanden, ist im Neubau möglich, bei der Rekonstruktion im Altbau ungleich schwerer umsetzbar. Deutlicher ist die Definition der Integrierten Schädlingsbekämpfung, welche bei minimaler Exposition die Reduzierung chemischer Bekämpfungsmittel unter Einbeziehung aller bio-

logischen, physikalischen und mechanischen Verfahren versteht. Am 27.09.2013 endete die Einspruchsfrist zur DIN 16636 / Schädlingsbekämpfungsdienstleistungen – Anforderungen, Empfehlungen und Grundkenntnisse, Deutsche Fassung prEN 16636: 2013, welche neben vielen bürokratischen Hürden in einem Klarheit bringt:

Holzschutz ist Schädlingsbekämpfung und unterliegt den Anforderungen der gültigen Gefahrstoffverordnung (Stand Juli 2013) beim Einsatz und Inverkehrbringen von Biozidprodukten [Quelle: Verordnung (EU) Nr. 528/2012]. Der Umgang mit Holzschutzmitteln und die Anwendung am Gebäude unterliegt zwingend der jeweiligen Ausbildungsverordnungen und es bedarf der besonderen Sachkunde.



Quelle Entwurf DIN 16636:

Text-Auszug DIN 16636 Anhang C (informativ)

„Die integrierte Schädlingsbekämpfung (IPM, en: integrated pest management) ist ein Ansatz zur Schädlingsbekämpfung, der gestaltet wurde, um die ökologische Auswirkung zum Schutz der Bürger vor schädlichen Beeinträchtigungen, die Risiken der öffentlichen Gesundheit darstellen (Gesundheit, sowohl Wohnbauten als auch kommerzielle und kommunale Umgebungen), besser zu verwalten.

Hauptziel des IPM ist das Managen der Schädlingspopulationen, so dass deren Niveau für den Auftraggeber annehmbar ist (die Berücksichtigung der geltenden

Rechtsvorschriften ist Voraussetzung), dabei wird auf die Anwendung von Chemikalien nur dann zurückgegriffen, wenn es keine Alternative gibt.

[...]

Unter Berücksichtigung des geeignetsten Interventionsverfahrens muss der professionelle Dienstleistungsanbieter sicherstellen, dass dieses Verfahren dem, mit der erkannten Gefahr (dem bestimmten Schädling) verbundenen Risiko und der unmittelbaren Wahrscheinlichkeit von nachteiligen Einwirkungen auf die Gesundheit und das Eigentum der Öffentlichkeit entspricht.“

4 Fazit

Gerade die Forderungen der Denkmalpflege zum Erhalt historischer Bausubstanz führt in der Praxis immer wieder zur Reduzierung von Rückschnitten, getragen durch die „Denkmalpflegeklausel“ in der DIN 68 800/4. In Sachsen bietet hier das Sächsische Denkmalschutzgesetz – SächsDSchG Rechtssicherheit. Dadurch wird in der Praxis der Einsatz alternativer Sonderverfahren (auch ohne Fixierung in normativen Verweisen/Anhängen bzw. nach Anerkennung als a.a.R.d.T. – allgemein anerkannte Regel der Technik) abgedeckt.

Wie ist aber die Nutzung von Sonderverfahren im Rahmen eines integrierten Holzschutzes an Wohn- und Nutzbauten zu werten? Dürfen substanzschonende Lösungsmöglichkeiten angeboten werden? Nicht immer wird die Motivation der Denkmalschutz sein, auch wirtschaftliche Erwägungen sind denkbar. Was ist zulässig? Was funktioniert? Durch fehlende Rechtssicherheit werden den Fachplanern Holzschutz und vor allem den ausführenden Holzschutzbetrieben immense Bürden bei der Übernahme der Verantwortlichkeiten (auch im Sinne einer Gewährleistungspflicht) beim Einsatz alternativer Verfahren auferlegt.

Schnell wird klar, dass alle, in den letzten Jahren überarbeiteten, neu aufgelegten und kommentierten Normen und Verordnungen ein fundiertes Fachwissen und reichen Erfahrungsschatz voraussetzen. Normenzitate helfen hier nicht weiter, objektbezogene Sonderlösungen sind gefragt.

Es ist unstrittig, dass der Echte Hausschwamm durch Hitze abgetötet werden kann und erwiesen, dass sich dieser Effekt durch Mikrowellenverfahren erzielen lässt. Als Vorteil ist herauszustellen, dass die gezielte Behandlung des Befallsbereichs möglich ist. Die Erwärmung der Umgebung wird vermieden, eine Einhausung ist nicht erforderlich. Skeptiker sollten berücksichtigen, dass mit Mikrowellen vergleichsweise kleinflächig gearbeitet wird. Gleichzeitig sind die Maßnahmen zur Erfolgskontrolle, (Messfühler, Infrarotkamera) im Verhältnis zur behandelten Fläche, sehr viel umfangreicher und effizienter als bei anderen Verfahren einsetzbar.

Bewährt bleibt, Bekämpfungs- und Instandsetzungsmaßnahmen auf Grundlage der Regelwerke des Holzschutzes zu planen. Nur so lassen sich Abweichungen begründen und Sonderverfahren integrieren. Den fixierten Forderungen zur Reduzierung von Biozidprodukten sollten jetzt durch zielorientierte Forschungen in Zusammenarbeit aller Institutionen, Behörden, Forschungsanstalten, Industrie, sowie der praxisnahen Anwender, etc. wieder ein Mindestmaß an rechtssicherer Substanz verschafft werden.

Quellen/Literatur

Literaturangaben

DIN 68800-1 (2011): Holzschutz, Teil 1: Allgemeines.

DIN 68800-2 (2012): Holzschutz, Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau.

DIN 68800-3 (2012): Holzschutz, Teil 3: Vorbeugender Schutz von Holz mit Holzschutzmitteln.

DIN 68800-4 (2012): Holzschutz, Teil 4: Bekämpfungs- und Sanierungsmaßnahmen gegen Holz zerstörende Pilze und Insekten.

Praxiskommentar Holzschutz zu DIN 68800 Teile 1 bis 4 (2013), Beuth Verlag GmbH, Berlin.

WTA-Merkblatt 1-2-05/D: Der Echte Hausschwamm (2005), WTA Publications, München.

MPA Prüfbericht Nr. 3.2/04/8676/01: Prüfung der Wirksamkeit des Mikrowellenverfahrens zur Bekämpfung von Holz zerstörenden Organismen (2004), Materialprüfungsamt des Landes Brandenburg, Eberswalde, unveröffentlicht.

BAM Untersuchungsbericht Az 4.1/8454: Einsatz von Mikrowellen gegen Proben von *Serpula lacrymans* (junges Myzel), *Anobium punctatum* (Larven), *Hylotrupes bajulus* (Larven) (2011), Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, unveröffentlicht.

BAM Untersuchungsbericht Az 4.1/8497: Einsatz von Mikrowellen gegen Proben von *Serpula lacrimans* (junges Mycel), *Anobium punctatum* (Larven), *Hylotrupes bajulus* (Larven) (2012), Bundesanstalt für Materialforschung – und prüfung, Berlin, unveröffentlicht.

Dipl.-Ing. S. Steinbach, Dr. habil. R. Plarre u. a. (2012): Untersuchung zur Wirksamkeit von Mikrowellen zur Abtötung von Echtem Hausschwamm (*Serpula lacrymans*), Gemeinem Nagekäfer (*Anobium punctatum*) und Hausbockkäfer (*Hylotrupes bajulus*). In: Schützen & Erhalten, September 2012, S. 29–31.

E.-M. Fennert u. a. (2013): Bekämpfung des Hausbocks *Hylotrupes bajulus* (L.) durch Hitze – neue Randbedingungen. In: Holztechnologie 54 (2013) 1, S. 16–20.

DIN 16636 – Entwurf/Schädlingsbekämpfungsdienstleistungen – Anforderungen, Empfehlungen und Grundkenntnisse, Deutsche Fassung prEN 16636 : 2013.

Verordnung (EU) Nr. 528/2012 – über die Bereitstellung auf dem Markt und die Verwendung von Biozidprodukten.

Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) Vom 26. November 2010 (BGBl. I S 1643) geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 28. Juli 2011 (BGBl. I S 1622), durch Artikel 2 der Verordnung vom 24. April 2013 (BGBl. I S 944) und Artikel 2 der Verordnung vom 15. Juli 2013 (BGBl. I S. 2514).



Baumann-Ebert, Susann

- 1991: Ausbildung zur Schädlingsbekämpferin (HWK Potsdam)
1992: Prüfung zum Holzschutzfachmann
seit 1999: Gutachterbüro/Holzschutzgutachten
2012: Sachverständige für Holzschutz (EIPOS / IHK Bildungszentrum Dresden)



Körner, Jan

- seit 1998: Zimmerer (selbständig), Tätigkeitsschwerpunkt: Handwerkliche Instandsetzung denkmalgeschützter Bausubstanz
seit 2000: Sachkundiger für Holzschutz am Bau
seit 2006: Sachverständiger für Holzschutz (EIPOS / IHK Bildungszentrum Dresden)
seit 2010: Fachbetrieb für das Mikrowellenverfahren im Holzschutz
Mitglied im Sächsischen Holzschutzverband e. V.
-