



TAGUNGSBAND

des
EIPOS-Sachverständigentages

Holzschutz

2013

Beiträge aus Praxis, Forschung
und Weiterbildung

EIPOS

Tagungsband des EIPOS-Sachverständigentages

Holzschutz

2013

EIPOS

Tagungsband

des EIPOS-Sachverständigentages

Holzschutz

2013

Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung

Autoren:

RA Dr. jur. Richard Althoff, RA Alexander Schurz

Susann Baumann-Ebert, Jan Körner

Dipl.-Ing. Kordula Jacobs, Dipl.-Biol. Katharina Plaschkies

Dr. rer. nat. Eckhard Melcher, Dr. rer. nat. Christian Brischke,

Prof. Dr. rer. nat. Andreas O. Rapp, Dr. rer. nat. Christian R. Welzbacher

Prof. Dr.-Ing. Antje Simon

PD Dr. habil. Rudy Plarre

Dr. rer. silv. Wolfram Scheiding

Herausgeber:

EIPOS GmbH

Dr. Uwe Reese, Dr. Reinhard Kretzschmar

Geschäftsführer EIPOS GmbH

Dipl.-Geogr. Anja Mai, M.Sc.

Produktmanagerin Bauwesen und Immobilienwirtschaft

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8167-9132-4
ISBN (E-Book): 978-3-8167-9133-1

Einband und DTP-Satz: EIPOS GmbH

Bei der Erstellung des Buches wurde mit großer Sorgfalt vorgegangen; trotzdem lassen sich Fehler nie vollständig ausschließen. Verlag und Autoren können für fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen. Für Verbesserungsvorschläge und Hinweise auf Fehler sind Verlag und Autoren dankbar.

EIPOS Europäisches Institut für postgraduale Bildung GmbH
Ein Unternehmen der TUDAG Technische Universität Dresden AG

Anschrift: Goetheallee 24, D-01309 Dresden
Telefon: (03 51) 44072-10
Telefax: (03 51) 44072-20
E-Mail: eipos@eipos.de
Internet: www.eipos.de
Geschäftsführer: Dr. Uwe Reese, Dr. Reinhard Kretschmar
Dezember 2013

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des jeweiligen Autors unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© Fraunhofer IRB Verlag, 2013

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Anschrift: Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart
Telefon: (07 11) 970-25 00
Telefax: (07 11) 970-25 99
E-Mail: irb@irb.fraunhofer.de
Internet: www.baufachinformation.de

Vorwort des Herausgebers

Die neu bearbeitete Normenreihe DIN 68800 hat seit ihrem Erscheinen für zahlreiche Diskussionen und Vorträge in diversen Weiterbildungsveranstaltungen gesorgt. Mittlerweile wurden viele Fragen zur überarbeiteten Norm beantwortet und neuen Themen wird wieder mehr Interesse entgegengebracht.

Daher laden wir mit dem 17. Sachverständigentag Holzschutz unsere Teilnehmer und Dozenten sowie weitere interessierte Fachleute ein, sich über interessante und aktuelle Themen zu informieren und zu diskutieren. Die Fachvorträge sind angereichert mit informativen, praxiserprobten Anregungen und wegweisenden Hilfestellungen für alle am Holzschutz Beteiligten. Der Sachverständigentag ist damit sowohl ein wichtiges Fachforum für den aktiven Erfahrungsaustausch, als auch eine Alumni-Plattform für EIPOS-Absolventen. Die bereits mehrjährige Durchführung und die zunehmende Zahl von Zuhörern zeigen, dass der Sachverständigentag sowohl für EIPOS als auch unsere Teilnehmer eine „Institution“ geworden ist.

Der vorliegende Tagungsband dokumentiert die Fachbeiträge des 17. Sachverständigentages Holzschutz 2013. Die Vielfalt der Themen reicht von

- Zweck und Aufbau von Holz-Beton-Verbundkonstruktionen sowie Holzschutz bei hybriden Tragwerken über
- Aktuelle Rechtsfälle und Urheberrecht für Sachverständige,
- Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen zum Verhalten von mit Paraffin behandelten Hölzern in Gebrauchsklasse 3 bis hin zu
- Integrierter Holzschutz am Beispiel einer klassizistischen Stadtvilla mit Befall durch den Echten Hausschwamm ergänzt durch den Bericht zum Einsatz des Mikrowellenverfahrens sowie
- Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit und Pilzbefall von im Freiland verbauten Holz.

Mit zwei Beiträgen zu den Themen Holzvergütung durch Modifizierung und Thermische Bekämpfungsverfahren im Holzschutz mit elektromagnetischen Wellen von der diesjährigen Fachtagung des Sächsischen Holzschutzverbandes e. V. wird der Tagungsband komplettiert.

Danken möchten wir an dieser Stelle sehr herzlich unseren Referenten und Dozenten, welche durch ihren Einsatz den Erfolg unserer Weiterbildungen überhaupt erst möglich machen. Ebenso bedanken wir uns bei unseren Teilnehmern und Absolventen für das langjährig entgegengebrachte Vertrauen. Es wird weiterhin unser Ziel sein, Sie in Ihrer beruflichen Tätigkeit durch entsprechende Weiterbildungsangebote zu unterstützen und den Wissenszuwachs zu erweitern.

Dresden, 4. Dezember 2013

Dr. paed. Uwe Reese
Dr.-Ing. Reinhard Kretzschmar
Geschäftsführer EIPOS GmbH

Dipl.-Geogr. Anja Mai, M.Sc.
Produktmanagerin

Inhaltsverzeichnis

Beiträge vom 17. EIPOS-Sachverständigentag Holzschutz am 4. Dezember 2013

Aktuelle Rechtsfälle und Urheberrecht für Sachverständige <i>Richard Althoff, Alexander Schurz</i>	3
Integrierter Holzschutz unter Einsatz des Mikrowellenverfahrens am Beispiel einer klassizistischen Stadtvilla mit Befall durch den Echten Hausschwamm <i>Susann Baumann-Ebert, Jan Körner</i>	28
Untersuchungen zu Art und Intensität des Pilzbefalls an frei bewitterten Hölzern <i>Kordula Jacobs, Katharina Plaschkies</i>	58
Untersuchungen zum Verhalten von mit Paraffin behandelten Hölzern in Gebrauchsklasse 3 <i>Eckhard Melcher, Christian Brischke, Andreas O. Rapp, Christian R. Welzbacher</i>	73
Baustoffe sinnvoll kombinieren – hybride Tragwerke aus Holz und Beton <i>Antje Simon</i>	90

Beiträge von der 22. Tagung des Sächsischen Holzschutzverbandes e. V. am 16. März 2013

Thermische Bekämpfungsverfahren im Holzschutz mit elektromagnetischen Wellen <i>Rudy Plarre, Steffen Steinbach, Ulf Roland, Ulf Trommler, Christian Hoyer</i>	107
Holzvergütung durch Modifizierung: Verfahren und Produkte <i>Wolfram Scheiding</i>	116
Autorenverzeichnis	125
Publikationsverzeichnis	126

Beiträge

17. EIPOS-Sachverständigentag Holzschutz

4. Dezember 2013

Aktuelle Rechtsfälle und Urheberrecht für Sachverständige

Richard Althoff, Alexander Schurz

Kurzfassung

Der *erste Teil* des nachfolgenden Beitrages stellt ausgewählte Gerichtsentscheidungen im Wesentlichen des letzten Jahres vor (Bearbeitungsstand: September 2013), unter anderem aus dem Bereich der **öffentlichen Bestellung**, insbesondere auch zur Frage der Rechtmäßigkeit einer **Höchstaltersgrenze**, sodann zu Fragen der **Vergütung**, wobei hierbei auf die Neuerungen im JVEG hinzuweisen ist, und des Weiteren auch zu immer wiederkehrenden Themen wie z. B. **Befangenheit** und **Haftung**.

Im *zweiten Teil* soll aufgezeigt werden, unter welchen Voraussetzungen und ggf. in welchem Umfang der Sachverständige Urheberrechte an einem Gutachten bzw. an Teilen eines Gutachtens geltend machen kann. Im Ergebnis ist dabei bereits an dieser Stelle festzuhalten, dass der weitaus größte Teil der Tätigkeit des Sachverständigen, insbesondere auch das **Gutachten** als Ganzes, **meist keinen Schutz nach dem Urheberrechtsgesetz** (UrhG) genießt. Mithin sind auch Plagiatsvorwürfe, wie sie sich kürzlich ein Sachverständiger wegen eines von ihm erstellten Gutachtens ausgesetzt sah, ggf. nur in geringem Umfang berechtigt – sofern man als Plagiat wegen der rechtlichen Relevanz allein die Verletzung eines Urheberrechts sieht. Im Übrigen ist zu berücksichtigen, dass selbst dann, wenn der Urheberrechtsschutz greift, gewisse Beschränkungen hinzunehmen sind.

1 Aktuelle Rechtsfälle

1.1 Höchstaltersgrenze

Als Ausgangspunkt dient die Entscheidung des **BVerwG vom 01. 02. 2012 – 8 C 24.11**. Das Gericht hatte im Ergebnis festgestellt, dass eine generelle Altersgrenze bei der Bestellung zum öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen unwirksam sei. Eine solche führe zu einer Diskriminierung wegen des Alters im Sinne des Allgemeinen Gleichbehandlungsgesetzes und sei insbesondere nicht nach § 10 S.1 AGG gerechtfertigt. Denn darunter fielen aufgrund der gebotenen richtlinienkonformen Auslegung nur sozialpolitische Ziele, welche die Höchstaltersgrenze jedoch gerade nicht verfolge. Die Rechtfertigung einer generellen Höchstaltersgrenze durch den Sicherheitsvorbehalt nach Art. 2 Abs. 5 der RL 2000/78/EG lehnt das BVerwG ab.

Gerade aufgrund des letztgenannten Umstandes hat in diesem Jahr allerdings der **VGH Hessen mit Beschluss vom 26. 02. 2013 – 7 A 1644/12** – nunmehr entschieden, dass die Altersgrenze von 70 Jahren für Prüfberechtigte und Prüfsachverständige

ge nach § 7 Abs. 1 Nr. 2 der Hessischen Prüfberechtigten- und Prüfsachverständigenordnung mit höherrangigem Recht vereinbar sei.

Sachverhalt: Ein polnischer Staatsangehöriger wollte neben der Beantragung einer Gleichwertigkeitsbescheinigung als Prüfberechtigter und Prüfsachverständiger festgestellt haben, dass er über die in der Verordnung geregelte Altersgrenze von 70 Jahren hinaus berechtigt sei, seine Tätigkeit als Prüfberechtigter und Prüfsachverständiger auszuüben.

Der VGH Hessen kommt auch vor dem Hintergrund des oben genannten Urteils des BVerwG zu dem Ergebnis, dass die strikte Altersgrenze aus Gründen der Sicherheit von Bauten, der am Bau Beteiligten, der Gebäudenutzer sowie der Allgemeinheit geeignet, erforderlich und angemessen sei.

Hingegen entschied das **VG Düsseldorf mit Urteil vom 10. 04. 2013 – 20 K 44/12**, dass die Höchstaltersgrenze in § 5 Abs. 1 B SV-VONW mit den Regelungen des Allgemeinen Gleichbehandlungsgesetzes und der Richtlinie 2000/78/EG gerade nicht vereinbar, insbesondere nicht erforderlich sei.

Sachverhalt: Der Kläger war in Bayern und Hessen als prüfberechtigte und prüfsachverständige Person für Standsicherheit in den Fachrichtungen Massivbau, Metallbau und Holzbau anerkannt. Später bemühte sich der Kläger dann auch um staatliche Anerkennung als Sachverständiger für die Prüfung der Standsicherheit in Nordrhein-Westfalen. Ein entsprechender Antrag wurde mit der Begründung abgelehnt, dass bereits das 68. Lebensjahr vollendet sei und daher eine Bestellung wegen der in Nordrhein-Westfalen geltenden Höchstaltersgrenze von 68 Jahren nicht in Betracht käme. Der Kläger war indes der Auffassung, dass er aufgrund seiner Bestellung im Land Hessen bis zum 70. Lebensjahr auch in Nordrhein-Westfalen bis zum 70. Lebensjahr anerkannt werden müsse. Unabhängig davon verstoße die Altersgrenze gegen höherrangiges Recht.

Das Gericht stellt fest, dass Zweck der Altersgrenze bei staatlich anerkannten Sachverständigen im Bereich der Standsicherheit darin liege, den Gefahren für die Standsicherheit von Gebäuden zu begegnen, die aus fehlerhafter Prüfung infolge von abnehmender Leistungsfähigkeit im höheren Alter resultierten. Der EuGH habe in einer vergleichbaren Fallkonstellation einen solchen Zweck ausdrücklich als illegitim bezeichnet. Dem schließt sich das Gericht an. Auch der Zweck, aufwändige Nachforschungen durch Auftraggeber hinsichtlich abnehmender Leistungsfähigkeit zu vermeiden, könne eine Höchstaltersgrenze nicht begründen. Ebenso wenig rechtfertige die Schaffung und Förderung einer ausgewogenen Altersstruktur bei den anerkannten Sachverständigen die Grenze, da die staatliche Anerkennung von Sachverständigen gerade ohne Stellenbegrenzung und ohne Bedarfsprüfung erfolge. Voraussetzung seien allein die fachlichen und persönlichen Voraussetzungen. Die besondere Fachkompetenz sei allerdings altersunabhängig. Ob darüber hinaus die persönlichen Anerkennungsvoraussetzungen vorliegen, zu denen auch die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit gehören, hat die Anerkennungsbehörde nach Maßgabe der dafür einschlägigen Rechtsvorschriften jeweils im Einzelfall zu prüfen und zu entscheiden. Entgegen der Auffassung des VGH Hessen hält das VG Düsseldorf die Festlegung einer generellen Höchstaltersgrenze auch nicht notwendig im Hinblick auf den Sicherheitsvorbehalt in Art. 2 Abs. 5 RL 2000/78/EG. Vielmehr seien gegenüber der strikten Altersgrenze weniger einschneidende Beschränkungen und damit mildere Mittel vorhanden, mit denen dem Sicherheitsvorbehalt in ebenso effektiver Art und Weise Rechnung getragen werden könne. Das VG Düsseldorf nennt insoweit beispielhaft regelmäßige ärztliche Untersuchungen ab einem bestimmten Alter. Der diesbezügliche Gestaltungsspielraum zwingt die Behörde nicht zur Beibehaltung der

typisierenden Regelung unter dem Gesichtspunkt der Verwaltungsvereinfachung. Insbesondere sei ein erhöhter Verwaltungsaufwand auch nicht ohne weiteres erkennbar.

Anmerkung: Die beiden Urteile zeigen, dass trotz des oben genannten Urteils des BVerwG eine erhebliche Divergenz bei der Handhabung von Höchstaltersgrenzen in den einzelnen Bundesländern durch die jeweils zuständigen Gerichte besteht. Ob die starren Höchstaltersgrenzen auf lange Dauer einer flexiblen Lösung weichen werden, bleibt daher abzuwarten.

1.2 Öffentliche Bestellung und Vereidigung als Sachverständiger

Das **Sächsische Obergerverwaltungsgericht** hat sich mit **Urteil vom 07. 05. 2013 – 3 a 834/11** (nicht rechtskräftig) – umfassend mit den Voraussetzungen einer öffentlichen Bestellung und Vereidigung nach § 36 Abs. 1 GewO auseinandergesetzt.

Sachverhalt: Der Kläger beantragte im Jahr 2005 die öffentliche Bestellung und Vereidigung als Sachverständiger des Bauwesens für die Bewertung von bebauten und unbebauten Grundstücken. Er beruft sich unter anderem darauf, dass er befugt sei, die Bezeichnung „von WF-Zert zertifizierter Sachverständiger für die Bewertung von bebauten und unbebauten Grundstücken“ zu führen. Als zertifizierter Sachverständiger für die Bewertung von bebauten und unbebauten Grundstücken nach DIN EN ISO/IEC 17024 sei er ohne Absolvierung einer weiteren schriftlichen oder mündlichen Prüfung öffentlich als Sachverständiger zu bestellen und zu vereidigen. Das Fachgremium lehnte das ab. Der Prüfungsgang durch die Zertifizierungsstelle könne zwar, was den Nachweis der „besonderen Sachkunde“ anbetreffe, als gleichwertig gegenüber den Anforderungen des Fachgremiums angesehen werden. Indes komme der Qualität der vom öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen zu erstellenden Gutachten besondere Bedeutung zu. Die dahingehend vom Kläger vorgelegten Gutachten entsprächen jedoch nicht den Anforderungen.

Das Gericht kommt zunächst zu dem Ergebnis, dass § 36 GewO in Verbindung mit der Sachverständigenordnung hinreichend bestimmt sei. Die Konkretisierung der „Sachkunde“ i. S. v. § 36 Abs. 1 Satz 1 GewO sei zwar ein unbestimmter Rechtsbegriff, bereite jedoch keine ungewöhnlichen Schwierigkeiten. Nach Auffassung des Gerichts fehlt es insbesondere nicht an Regelungen über die Anforderungen an die mit der Begutachtung betrauten Sachverständigen, zum „Prüfungsstoff“, zur Ausgestaltung der „Prüfung“ durch den Vorprüfungsausschuss oder das Fachgremium, zu den Grundsätzen und Maßstäben der Bewertung und Benotung oder an Regelungen zur Ermittlung des „Prüfungsergebnisses“, zum Bestehen der „Prüfung“ oder zu einem verwaltungsinternen Kontrollverfahren. Das Gericht könne, da es sich bei der besonderen Sachkunde um einen unbestimmten Rechtsbegriff handele, die Voraussetzungen selbst überprüfen. Es kommt hier im Ergebnis dazu, dass der Kläger die erforderliche Sachkunde nicht habe. Dabei spricht sich das Gericht aufgrund der aktuellen Gesetzeslage gegen die von dem Kläger vertretene Auffassung aus, eine Zertifizierung als Sachverständiger für die Bewertung von bebauten und unbebauten Grundstücken mit der öffentlichen Bestellung und Vereidigung nach § 36 GewO gleichzustellen. Der Gesetzgeber habe in Kenntnis des europäischen Systems der Akkreditierung und Zertifizierung bei der Neufassung des § 36 GewO dieses gleichwohl nicht übernommen, weshalb davon auszugehen sei, dass nach dem aktuellen Willen des Gesetzgebers eine Zertifizierung allein nicht genüge, um hieraus gleichsam automatisch einen Anspruch auf öffentliche Bestellung abzuleiten. Etwas ande-

res gelte auch nicht, weil der Gesetzgeber bestimmte Zertifikate anerkannt oder sie der öffentlichen Bestellung und Vereidigung nach § 36 Abs. 1 GewO gleichstellt (z.B. § 6 Satz 1 BelWertV). Eine generelle Gleichstellung wollte der Gesetzgeber nicht, vielmehr gelte das nur für die ausdrücklich geregelten Fälle.

Anmerkung: In der weiteren Urteilsbegründung finden sich dann letztlich auch die Erwägungen, aus denen das Gericht auf die fehlende Sachkunde schließt. Das kann als Anhaltspunkt für vergleichbare Verfahren dienen.

Die Entscheidung des **VGH Mannheim (Beschluss vom 09. 01. 2013 – 6 S 1630/12)** dürfte möglicherweise auf vergleichbare Fälle übertragbar sein.

Sachverhalt: Die Antragstellerin hatte, noch zum Zeitpunkt der Geltung einer Sachverständigenordnung ohne regelmäßige Befristung der Erstbestellung, ihre öffentliche Bestellung beantragt. Im Rahmen des Antragsverfahrens wurde sie mit formlosen Schreiben darauf hingewiesen, dass sie für fünf Jahre bestellt werden solle. Im Jahr 2002 erhielt die Antragstellerin dann allerdings gleichwohl eine Bestellsurkunde ohne Befristung. Im Jahr 2006 wurde die Antragstellerin darauf hingewiesen, dass die Erstbestellung demnächst auslaufe und eine weitere Bestellung beantragt werden könne. Auf einen entsprechenden Antrag hin wurde die Antragstellerin erneut – ohne Aushändigung einer Bestellsurkunde – für weitere fünf Jahre öffentlich bestellt. Im Jahr 2011 wurde sie dann erneut darauf hingewiesen, dass ihre öffentliche Bestellung als Sachverständige demnächst ende und auf Antrag um weitere fünf Jahre verlängert werden könne. Über ihren entsprechenden Antrag war bislang nicht entschieden worden. Im Jahr 2012 forderte man die Antragstellerin dann allerdings auf, ihren Sachverständigenausweis, die Bestellsurkunde und den Sachverständigen-Rundstempel herauszugeben, da ihre Bestellung abgelaufen sei. Hiergegen wendet sich die Antragstellerin.

Das Gericht gibt ihr Recht und stellt dahingehend fest, dass die erstmals erteilte Bestellung unbefristet erteilt wurde, bestandskräftig und damit weiterhin wirksam ist. Weder aus dem (formlosen) Begleitschreiben noch aus der „Verlängerung der Bestellung“ ergebe sich etwas anderes. Eine neue Bestellsurkunde wurde nicht ausgegeben. Die „Verlängerung“ sei auch nicht als nachträgliche Befristung aufzufassen.

Anmerkung: Die Entscheidung des VGH Mannheim gibt für Sachverständige in ähnlicher Lage Anlass, sich trotz möglicherweise zwischenzeitlich erfolgter Befristungen und drohender Ablehnung einer Verlängerung auf die erstmalige, wenn auch ggf. rechtswidrig unbefristet erteilte Bestellung zu berufen.

1.3 Vergütung

Im Hinblick auf die Vergütung des gerichtlich tätigen Sachverständigen ist angesichts der neuen Regelungen im JVEG insbesondere auf § 8a JVEG hinzuweisen. Dieser betrifft den Wegfall bzw. die Kürzung des Vergütungsanspruchs und normiert neben weiteren Konstellationen auch die von der Rechtsprechung anerkannten Fälle.

§ 8a Wegfall oder Beschränkung des Vergütungsanspruchs

(1) Der Anspruch auf Vergütung entfällt, wenn der Berechtigte es unterlässt, der heranziehenden Stelle unverzüglich solche **Umstände anzuzeigen**, die zu **seiner Ablehnung** durch einen Beteiligten berechtigen, es sei denn, er hat die Unterlassung nicht zu vertreten.

(2) Der Berechtigte erhält eine **Vergütung nur** insoweit, als **seine Leistung bestimmungsgemäß verwertbar** ist, wenn er

1. gegen die Verpflichtung aus § 407a Absatz 1 bis 3 Satz 1 der Zivilprozessordnung verstoßen hat, es sei denn, er hat den Verstoß nicht zu vertreten;
2. eine mangelhafte Leistung erbracht hat;
3. im Rahmen der Leistungserbringung grob fahrlässig oder vorsätzlich Gründe geschaffen hat, die einen Beteiligten zur Ablehnung wegen der Besorgnis der Befangenheit berechtigen; oder
4. trotz Festsetzung eines weiteren Ordnungsgeldes seine Leistung nicht vollständig erbracht hat.

Soweit das Gericht die **Leistung berücksichtigt**, gilt sie als **verwertbar**.

(3) Steht die geltend gemachte **Vergütung erheblich außer Verhältnis zum Wert des Streitgegenstands** und hat der Berechtigte nicht rechtzeitig nach § 407a Absatz 3 Satz 2 der Zivilprozessordnung auf diesen Umstand hingewiesen, bestimmt das Gericht nach Anhörung der Beteiligten nach billigem Ermessen eine Vergütung, die in einem angemessenen Verhältnis zum Wert des Streitgegenstands steht.

(4) Übersteigt die Vergütung den angeforderten Auslagenvorschuss erheblich und hat der Berechtigte nicht rechtzeitig nach § 407a Absatz 3 Satz 2 der Zivilprozessordnung auf diesen Umstand hingewiesen, erhält er die **Vergütung nur in Höhe des Auslagenvorschusses**.

(5) Die **Absätze 3 und 4** sind **nicht** anzuwenden, **wenn** der Berechtigte die Verletzung der ihm obliegenden Hinweispflicht **nicht zu vertreten** hat.

Zu dem neuen § 8a Abs. 2 Nr. 3 JVEG hatte das **OLG Rostock (Beschluss vom 03. 09. 2013 – 7 W 6/13)** folgenden Sachverhalt zu entscheiden:

Sachverhalt: Ein Sachverständiger hatte im Rahmen eines Werklohnprozesses ein Gutachten zur Akte gereicht. In der Akte hatte er auf den klägerischen Schriftsätzen Randbemerkungen eingetragen wie „Nein“, „Stimmt nicht“, „Blödsinn“, „Völliger Blödsinn“, auf einen Schriftsatz der Beklagten hingegen „gut“. Nachdem die Klägerseite hiervon Kenntnis erhalten hatte, lehnte sie den Sachverständigen erfolgreich wegen Besorgnis der Befangenheit ab.

Das Gericht hat dem Sachverständigen auf Antrag der Klägerseite und des Bezirksrevisors eine Entschädigung verwehrt, da dieser den Ablehnungsgrund vorsätzlich bzw. grob fahrlässig selbst herbeigeführt hatte und dadurch sein Gutachten nicht mehr verwertbar gewesen sei.

In dem von dem **OLG Koblenz** entschiedenen Fall (**Beschluss vom 08. 07. 2013 – 11 W 372/13**) war dem Sachverständigen nach Auffassung des Gerichts nur eine Ungeschicklichkeit, nicht jedoch ein grobes Fehlverhalten anzulasten gewesen. Der Sachverständige hatte zur Vorbereitung eines Ergänzungsgutachtens Schriftproben von der Klägerin und deren Angehörigen eingeholt, ohne dazu die Gegenseite zu laden. Das hat das Gericht nicht als schweren Verschuldensvorwurf gesehen.

In § 8a Abs. 2 S. 2 JVEG ist nunmehr auch festgehalten, dass der Vergütungsanspruch des Sachverständigen bestehen bleibt, wenn seine gutachterlichen Feststellungen später doch noch Grundlage des Verfahrens – also verwertet – werden. In diesem Sinne hatte auch das **OLG Naumburg, Beschluss vom 21. 02. 2013 – 10 W 12/12** – entschieden. Dort war das Gutachten vom Berufungsgericht zwar für ungeeignet gehalten worden, das Ausgangsgericht hingegen hatte es im Rahmen seiner Entscheidung verwertet. Der Vergütungsanspruch war mithin berechtigt.

Das entspricht auch der verwaltungsgerichtlichen Rechtsprechung. Der **VGH Mannheim** lehnt mit **Beschluss vom 27. 08. 2012 – 2 S 1538/12** – den Vergütungsanspruch des gerichtlich bestellten Sachverständigen ausnahmsweise nur dann ab, wenn das Gutachten wegen objektiv feststellbarer Mängel unverwertbar ist und der Sachverständige darüber hinaus die Unverwertbarkeit zumindest grob Fahrlässigkeit verschuldet hat. Die Unverwertbarkeit wiederum setze voraus, dass auch Nachbesserungen und Ergänzungen den Mangel der Verwertbarkeit nicht beheben können.

Das **OLG Naumburg** hat mit **Beschluss vom 19. 06. 2012 – 1 W 30/12** – festgestellt, dass die Verletzung der Hinweispflicht des Sachverständigen nach § 407a Abs. 3 ZPO im Einzelfall zu einer Kürzung des Vergütungsanspruchs führt. Das allerdings dann nicht, wenn davon ausgegangen werden kann, dass auch bei erfolgter Anzeige die Tätigkeit des Sachverständigen nicht eingeschränkt oder ihre Fortsetzung nicht unterbunden worden wäre.

Sachverhalt: Zur Begründung der Kürzung der Vergütung des Sachverständigen hatte das Ausgangsgericht darauf verwiesen, dass es der Sachverständige versäumt habe, rechtzeitig gemäß § 407 a Abs. 3 ZPO auf eine Überschreitung des zuvor eingezahlten Kostenvorschusses hinzuweisen. In diesem Fall sei eine Überschreitung des Vorschusses um mehr als 25% nur zulässig, wenn die Begutachtung auch im Fall der Anzeige durchgeführt worden wäre. Noch vor Erlass der angefochtenen Entscheidung hat dann eine Beteiligte die Fortsetzung der Begutachtung im Wege eines Ergänzungsgutachtens durch denselben Sachverständigen beantragt und hierfür einen weiteren Kostenvorschuss in Höhe von 2.000 Euro bei Gericht eingezahlt.

Das Beschwerdegericht hält die Kürzung des Vergütungsanspruchs im Ergebnis nicht für gerechtfertigt. Zunächst einmal berühre ein Überziehen des Auslagenvorschusses den Entschädigungsanspruch grundsätzlich dann nicht, wenn die Mehrleistung – so wie hier – für ein sachgerechtes Gutachten nötig war. Die in § 407 a Abs. 3 ZPO normierte Pflicht des Sachverständigen, frühzeitig auf höhere Kosten hinzuweisen, soll den Parteien Gelegenheit geben, die Fortführung des Verfahrens zu überdenken. Die Hinweispflicht dient der möglichen Reduzierung der Verfahrenskosten und der wirtschaftlichen Risiken der Parteien. Hat der Sachverständige gegen diese Hinweispflicht verstoßen, so kann dies im Einzelfall eine Kürzung seiner Vergütungsansprüche zur Folge haben. Hier hatte das Ausgangsgericht jedoch unberücksichtigt gelassen, dass später dann die Fortsetzung der Beweisaufnahme beantragt und auch die Einzahlung eines weiteren Kostenvorschusses von 2.000,00 Euro nachgewiesen worden war. Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass die Antragstellerin auch schon zuvor die Fortsetzung der von ihr beantragten Beweisaufnahme nicht unterbunden, sondern den weiteren Vorschuss gezahlt hätte, wenn der Sachverständige auf die höheren Kosten rechtzeitig aufmerksam gemacht hätte.

Das **OLG Schleswig** hat mit **Beschluss vom 29. 04. 2013 – 9 W 34/13** – noch einmal klargestellt, dass der Vergütungsanspruch dem Grunde und der Höhe nach innerhalb der Dreimonatsfrist des § 2 Abs. 1 JVEG geltend gemacht werden muss. Eine Nachforderung nach Ablauf der Frist ist ausgeschlossen.

Anmerkung: Es ist dringend darauf zu achten, dass für die unter § 2 Abs. 1 JVEG genannten Fälle eine entsprechend gesonderte Geltendmachung innerhalb der Frist erfolgen muss. In § 2 Abs. 1 JVEG ist durch die Änderung es JVEG nunmehr auch eine Hinweispflicht der beauftragenden Stellen aufgenommen.

Zur Höhe der Vergütung des Sachverständigen hat das **OLG Koblenz** mit **Beschluss vom 13. 11. 2012 – 14 W 620/12** – festgestellt, dass ein gerichtlich bestellter Gutachter den Parteivortrag zu den maßgeblichen Beweisfragen vollständig zur Kenntnis zu nehmen und umfassend zu prüfen und zu berücksichtigen hat. Die Zeit, welche ein Richter für die Sichtung und Erfassung des Prozessstoffs benötigt, sei kein geeigneter Vergleichsmaßstab, weil der vom Anwalt aufbereitete Sachvortrag sich einem Wissenschaftler einer anderen Fachrichtung nicht derart schnell erschließen muss wie einem Juristen. Grundsätzlich könne man in diesem Zusammenhang davon ausgehen, dass die Angaben zu der für die Gutachtenerstellung benötigten Zeit richtig sind. Anlass zur Nachprüfung bestehe lediglich dann, wenn der Zeitaufwand im Verhältnis zur erbrachten Leistung aufgrund einer Plausibilitätsprüfung ungewöhnlich hoch erscheint.

Die Entscheidung des **OLG Koblenz (Beschluss vom 10. 07. 2013 – 14 W 380/13)** betrifft nicht unmittelbar die Vergütung des Sachverständigen. Das Gericht hatte vielmehr darüber zu entscheiden, ob einem Sachverständigen die Rechtsanwaltskosten zu erstatten sind, die ihm im Zusammenhang mit der Durchsetzung seines Vergütungsanspruchs gegenüber der Staatskasse entstanden waren.

Sachverhalt: Der Sachverständige war mit dem Gutachtenauftrag darüber belehrt worden, dass ein Vorschuss von 2.500 Euro gezahlt sei und er darauf hinweisen müsse, wenn seine Kosten diesen Vorschuss voraussichtlich erheblich überstiegen. Seinen Vergütungsantrag über 3.994,70 Euro reichte er zusammen mit dem schriftlichen Gutachten ein. Der Antrag blieb zunächst unbearbeitet, weil der Kostenbeamte sich in Umsetzung einer entsprechenden Anordnung des Richters veranlasst sah, beim Kläger einen weiteren Kostenvorschuss von 1.494,70 Euro anzufordern. Dieser wurde auch gezahlt. Anschließend geriet die Honorarnote des Sachverständigen aus dem Blick, da der Richter die Akten benötigte. Im März 2013 meldeten sich für den Sachverständigen Rechtsanwälte, die nicht nur die Zahlung der Vergütung anmahnten, sondern daneben um Erstattung einer 1,3 Geschäftsgebühr aus einem Gegenstandswert von 3.994,70 Euro nebst Auslagen baten.

Das Gericht lehnt einen Anspruch auf Erstattung der Rechtsanwaltsgebühren im Ergebnis ab. Gleichzeitig stellt es aber fest, dass Anwaltskosten eines Gerichtssachverständigen grundsätzlich erstattungsfähige Auslagen im Sinne von § 7 Abs. 1 Satz 1 JVEG sein können. Hier hat das Gericht das für den konkreten Fall aber nicht entschieden, da jedenfalls die Hinzuziehung eines Anwaltes nicht notwendig war. Ergänzend weist das Gericht darauf hin, dass § 7 Abs. 2 Satz 2 JVEG bereits deshalb nicht einschlägig sei, weil mit den dort genannten „Kosten notwendiger Vertretung“ nur der Aufwand gemeint wäre, der einem Sachverständigen dadurch entstehe, dass dieser sich wegen des zu erledigenden Gutachtenauftrags, also in seiner gewöhnlichen beruflichen Tätigkeit, vertreten lassen muss.

Das **OLG Koblenz** hatte mit **Beschluss vom 14. 11. 2012 – 14 W 621/12** – über die Frage zu entscheiden, ob ein nicht vom Gericht beauftragter Dritter, der für den beauftragten Gutachter tätig wird, für das von ihm erstellte Gutachten eine Vergütung verlangen könne.

Das Gericht stellt in seiner Entscheidung klar, dass mit der Erstellung des Gutachtens durch Beschluss der Sachverständige beauftragt worden war. Dieser Beschluss war bindend (§ 404 Abs. 1 ZPO). Die eigenmächtige Weiterleitung des Gutachterauftrags an eine andere Person kam grundsätzlich nicht in Betracht (§ 407a Abs. 2 Satz

1 ZPO). Gleichwohl ist das Gutachten ohne Rücksprache mit dem Gericht von einem Dritten erstellt und unterschriftlich verantwortet worden. Damit fehlt ihm die verfahrensrechtliche Autorisierung, so dass es prozessual unverwertbar ist. Die angekündigte Bereitschaft des Sachverständigen, das Vorgehen des Dritten zu genehmigen und dessen gutachterliche Ausführungen mitzutragen, ist nicht geeignet, den vorhandenen Mangel zu heilen. Die Unverwertbarkeit des Gutachtens lässt keinen Raum für eine Vergütung, weil sie in einer groben Fahrlässigkeit begründet ist. Das gerichtliche Auftragsschreiben zur Gutachtenerstellung enthielt den ausdrücklichen Hinweis, dass die Weitergabe des Auftrags an einen anderen Sachverständigen nicht zulässig sei.

Der **BGH** hat mit **Beschluss vom 28. 05. 2013 – X ZR 137/09** – zu den Anforderungen an eine abweichende Vergütung nach § 13 Abs. 1 und 2 JVEG Stellung genommen.

Sachverhalt: Der gerichtliche Sachverständige hatte sein schriftliches Gutachten zunächst pauschal mit ca. 26.000 Euro brutto abgerechnet und dies später dahin spezifiziert, dass er hierfür 165 Stunden aufgewendet habe und diese mit 130 Euro ansetze. Für die Vorbereitung des wegen Klagerücknahme kurzfristig aufgehobenen Verhandlungstermins hat der gerichtliche Sachverständige 26 Stunden angesetzt und dafür 4.165 Euro einschließlich weiterer Aufwendungen und Mehrwertsteuer abgerechnet. Die Klägerin hatte, im Gegensatz zur Beklagten, den Vergütungsvorschlägen des Sachverständigen zugestimmt. Die Beklagte hatte Auslagenvorschüsse in Höhe von 27.500 Euro an die Staatskasse gezahlt, die Klägerin hat nach Klagerücknahme und Erklärung ihrer Zustimmung zu den Vergütungsvorschlägen des Sachverständigen weitere 2.815 Euro überwiesen.

Der BGH kommt zu dem Ergebnis, dass der gegenüber dem gesetzlichen Stundensatz erhöhte Stundensatz berechtigt sei. Dem stehe nicht entgegen, dass das Einverständnis der Partei und die Zustimmung des Gerichts erst nach Heranziehung des Sachverständigen erfolgt sind. Zwar soll nach dem Wortlaut des § 13 Abs. 1 JVEG die Heranziehung des gerichtlichen Sachverständigen unter Gewährung einer bestimmten oder abweichend von der gesetzlichen Regelung zu bemessenden Vergütung erst erfolgen, wenn zuvor ein entsprechender Betrag an die Staatskasse gezahlt worden ist. Das mit dieser Regelung geschützte fiskalische Interesse der Staatskasse bleibe aber auch bei einem späteren Einverständnis der Parteien gewahrt, wenn die besondere Vergütung durch zuvor erfolgte Zahlung an die Staatskasse gedeckt ist. Diese Erwägungen gelten entsprechend für den in § 13 Abs. 2 JVEG geregelten Fall, dass nur eine Partei ihr Einverständnis zu einer besonderen Vergütung des Sachverständigen erklärt und das Gericht zustimmt.

Das **OLG Koblenz** hatte sich in seinem **Beschluss vom 20. 11. 2012 – 14 W 622/12** – mit folgender Konstellation auseinander zu setzen:

Sachverhalt: Der gerichtlich beauftragte Sachverständige erstellte ein Gutachten und ein erstes Ergänzungsgutachten. Seine Aufwendungen wurden ihm vergütet. Im Rahmen eines zweiten Ergänzungsgutachtens wurde der Sachverständige mit Beschluss vom 23.12.2008 für befangen erklärt. Die Zahlung der für dieses Gutachten entstandenen, gemäß einer dritten Rechnung beanspruchten weiteren Kosten wurde mit Beschluss des Landgerichts vom 04.02.2010 verweigert, weil der Sachverständige seine Ablehnung grob fahrlässig verschuldet habe. Die bereits ausgezahlten Beträge wurden allerdings nicht zurückgefordert. Die Parteien beendeten das Verfahren durch Vergleich mit Kostenaufhebung. Auf Antrag der Klägerin und der Bezirksrevisorin beim Landgericht, ordnete die Einzelrichterin des Landgerichts mit Beschluss an, dass der Sachverständigen die

erhaltene Vergütung zurück zu zahlen habe. Zugleich stellte sie fest, dass die von ihm erhobene Verjährungseinrede begründet sei und lehnte den Antrag der Klägerin, die Kosten des Sachverständigen niederzuschlagen, ab. Der Beschwerde der Klägerin half das Landgericht nicht ab, da die unterlassene Rückforderung nur ein „leichter Verfahrensverstoß“ sei, der keine Niederschlagung rechtfertige. Angesichts der Vielzahl der täglich anfallenden Geschäfte könne eine Rückforderung schon einmal in Vergessenheit geraten.

Das OLG als Beschwerdegericht sieht das anders. Alle vom Sachverständigen vorgelegten Gutachten hätten ihren prozessualen Nutzen verloren. Das Übersehen der Rückforderungsmöglichkeit durch das Gericht könne auch nicht als „Petitesse“ abgetan werden, zumal der Klägervertreter deutlich darauf hingewiesen hatte, dass der Sachverständige seinen gesamten Vergütungsanspruch verwirkt habe und dass die eingezahlten Vorschüsse für die neue Begutachtung zu verwenden seien. In der (unverständlich) unterlassenen Rückforderung der Vergütung liege ein Verstoß gegen eine eindeutige gesetzliche Norm (§ 2 Abs.4 JVEG), der nach dem anwaltlichen Hinweis vom 22. 06. 2009 offen zu Tage trat. Einen „leichten Verfahrensverstoß“, der nicht ausreichen würde, um von der Erhebung von Kosten abzusehen, hat das Landgericht zu Unrecht mit einem Übersehen bei der alltäglich zu bewältigenden Arbeitslast begründet und dabei völlig unberücksichtigt gelassen, dass das Landgericht zuvor deutliche und wiederholte Interventionen der Parteien entweder nicht erwogen oder nicht zur Kenntnis genommen hat.

Der letzte hier zur Vergütung dargestellte Fall betrifft an sich nicht die Vergütung, vielmehr ein Ordnungsgeld. Das **LSG Bayern** hatte sich mit der Festsetzung eines Ordnungsgeldes gegen einen Sachverständigen wegen Überschreitung der vom Gericht gesetzten Frist zu befassen (**Beschluss vom 02. 01. 2013 – L 2 SB 87/12 B**).

Sachverhalt: Das Sekretariat eines Sachverständigen hatte bei Gericht um Fristverlängerung bis Ende März 2012 gebeten, dann allerdings nach Gewährung nicht den 31. 03. 2012 in den Kalender eingetragen, sondern den 30.04.2013. Das Gutachten ging daraufhin auch erst am 30. 04. 2013 bei Gericht ein.

Das Gericht stellt fest, dass, soweit sich der Sachverständige zur Erledigung seines Gutachtauftrages im Rahmen seiner Organisation Hilfspersonal bediene, ihn das nicht von seinen Pflichten als Sachverständiger dem Gericht gegenüber entbinde. Er muss sein Personal insofern kontrollieren und zumindest stichprobenartig Fristenkontrollen durchführen. Die Festsetzung erfolgte, jedenfalls dem Grunde nach, mithin zu Recht.

1.4 Befangenheit

Das **OLG Zweibrücken** hat mit **Beschluss vom 02. 08. 2013 – 4 W 53/13** – noch einmal klargestellt, dass sich ein Sachverständiger gegen Angriffe eines Rechtsanwalts oder einer Partei auch mit deutlichen Worten zur Wehr setzen kann.

Sachverhalt: Der Sachverständige hatte den Komplementär der Klägerin mehrfach geduzt und mit „euch“ angeredet. Daraus ergab sich eine verbale Auseinandersetzung des Sachverständigen mit dem Prozessbevollmächtigten der Beklagten, weil der Sachverständige der Meinung war, die Frage nach seinen Beziehungen zur Klägerin bereits mit seinen Angaben, dass er mit den Parteien nicht verwandt oder verschwägert sei, beantwortet zu haben. Auf die Frage des Prozessbevollmächtigten der Beklagten, ob er die Fragen nach seinen Beziehungen zur Klägerseite als „anmaßend“ empfinde, antwortete der Sachverständige mit „ja“.

Aus Sicht des Gerichts ergaben sich daraus allerdings keine Zweifel an der Unvoreingenommenheit des Sachverständigen. Eine Besorgnis der Befangenheit käme nur in Betracht, wenn die Äußerung des Sachverständigen über eine offensiv kritische Auseinandersetzung des Sachverständigen mit den gegen ihn gerichteten Zweifeln hinausgegangen wäre, also eine Entgleisung vorgelegen hätte, die einem gerichtlich bestellten Sachverständigen nicht passieren darf. Ansonsten darf sich nämlich ein Sachverständiger auch mit deutlichen Worten gegen (massive) Angriffe zur Wehr setzen, denn ein Ablehnungsgrund darf nicht provoziert werden. Die ja-Antwort des Sachverständigen auf die Frage des Prozessbevollmächtigten der Beklagten, ob er dessen Fragen als „anmaßend“ empfinde, mag die Verärgerung des Sachverständigen über die vorangegangene Auseinandersetzung mit dem Rechtsanwalt zum Ausdruck gebracht haben. Eine unangemessene Überreaktion des Sachverständigen kann darin nicht gesehen werden.

Das **OLG Saarbrücken** hat mit **Beschluss vom 08. 07. 2013 – 5 W 64/13** – entschieden, dass der Sachverständige einen Ortstermin dann nicht allein mit einer Partei durchführen darf, wenn der anderen Partei das Recht, persönlich an der Beweisaufnahme teilzunehmen, verweigert wird. Hält sich der Sachverständige nicht daran, besteht eine begründete Besorgnis der Befangenheit.

Sachverhalt: In einem anberaumten Ortstermin weigerte sich die Beklagte, der Klägerin zu 1) Zutritt zu dem Hausgrundstück zu gewähren. Sie berief sich darauf, dass zwei Mieter (einer ist der Sohn der Beklagten), die einzelnen Wohnungen in dem Anwesen gemietet hätten, nicht mit dem Zutritt durch die Klägerinnen einverstanden seien. Die Prozessbevollmächtigte der Klägerinnen verließ den Ortstermin unter Protest, nachdem ihrer Partei der Zutritt zu dem Anwesen verwehrt wurde. Der Sachverständige führte den Ortstermin trotzdem in Anwesenheit der Beklagtenseite durch. Er verwies darauf, dass er nach Diskussion mit der Klägervertreterin trotz angekündigten Befangenheitsantrages für den Fall, dass er den Ortstermin einseitig durchführe, diesen durchgeführt habe, um im Nachhinein nach Weisung des Gerichts zu entscheiden, ob ein weiterer Ortstermin nötig sei und wie in diesem zu verfahren sei. Er teilte mit, dass aus seiner Sicht ein weiterer Ortstermin nicht notwendig sei.

Die Folgen dieses Vorgehens sind oben im Eingangssatz dargestellt. Auf keinen Fall sollte also der Sachverständige erst einmal „vorsichtshalber“ den Ortstermin durchführen und anschließend das Gericht fragen. Richtig ist es vielmehr, erst das Gericht zu fragen und dann entsprechend dessen Anleitung zu verfahren.

Das **OLG Hamburg** hat mit **Beschluss vom 11. 04. 2013 – 6 B 73/12** – festgestellt, dass Bedenken gegen die Unparteilichkeit eines Sachverständigen dann nicht bestehen, wenn er die Parteien über den Termin zur Ortsbesichtigung verständigen wollte, allerdings ein Schreiben der Partei nicht zugegangen ist und diese daher nicht erscheinen konnte. Anders wäre das nur dann, wenn eine Partei tatsächlich nicht geladen worden wäre.

Sachverhalt: Der Sachverständige hatte erklärt, dass das Schreiben zur Bestimmung des Ortstermins per Post an alle Beteiligten versandt worden war. Konkrete Anhaltspunkte, dass diese Angaben des Sachverständigen unzutreffend seien, waren nicht vorgetragen.

Das Gericht stellt fest, dass das bloße Bestreiten des Vortrages des Sachverständigen nicht ausreiche, da Ablehnungsgründe glaubhaft zu machen seien, mithin eine „überwiegende Wahrscheinlichkeit“ bestehe. Das sei hier nicht der Fall. Zwar gehe das Gericht davon aus, dass das Schreiben den Prozessbevollmächtigten der Be-

klagen tatsächlich nicht erreicht habe. Das kann aber verschiedene Gründe haben, die etwa auch im Bereich der Postbeförderung zu sehen sein können. Allein aus dem Umstand, dass das Schreiben nicht angekommen ist, kann deshalb nicht mit überwiegender Wahrscheinlichkeit geschlossen werden, dass es gar nicht erst abgesendet worden war.

Der **BGH** hatte mit **Beschluss vom 11. 04. 2013 – VII ZB 32/12** – entschieden, dass die Überschreitung eines konkreten Gutachterauftrages durch den gerichtlichen Sachverständigen nur dann die Befürchtung fehlender Unparteilichkeit begründen würde, wenn daraus Belastungstendenzen einseitig zu Lasten einer Partei erkennbar wären.

Sachverhalt: Der Sachverständige war hier zur Vorbereitung einer Anhörung zu seinem Gutachten noch einmal, ohne die Parteien zu informieren, unbefugt auf das Grundstück des Beklagten gegangen und hatte dort Fotos gefertigt. Die gewonnenen Erkenntnisse gingen in die mündliche Anhörung ein.

Der BGH hat insofern unter Verweis auf die hierzu ergangene Rechtsprechung zur der Frage eines Überschreitens des Gutachterauftrags Stellung genommen und dabei festgestellt, dass die Besorgnis der Befangenheit bei Überschreitung eines Gutachterauftrags immer eine Einzelfallentscheidung bleibe. Solange der Sachverständige die Fotos hier nicht gefertigt habe, um bestimmte Tatsachen außerhalb seines Gutachterauftrags zu Lasten einer Partei festzuhalten, kann regelmäßig keine Partei den Schluss ziehen, der Sachverständige trete ihr nicht unvoreingenommen gegenüber. Bedenklich kann es allerdings sein, wenn der Sachverständige solche Fotos ohne Kenntnis der Parteien macht und dabei das Anwesen einer Partei ohne deren Einwilligung betritt. Allerdings bedeutet dieses Verhalten auch aus der Sicht des verständigen nicht informierten Besitzers des Anwesens nicht ohne weiteres, dass es sich tendenziell gegen ihn richtet. Auch insoweit kommt es auf die Umstände des Einzelfalls an. Das Verhalten des Sachverständigen zeige lediglich ein besonderes Interesse des Sachverständigen an dem Gutachterauftrag, das parteineutral eine überschießende Ermittlungstendenz zur Folge hatte. Der besondere Eifer eines Sachverständigen rechtfertigt für sich gesehen auch dann noch nicht die Besorgnis der Befangenheit, wenn er – so wie hier – Fotos ohne Kenntnis und ohne grobe Verletzung der Privatsphäre oder des Eigentums einer der Parteien macht.

Kurz vor der gerade genannten Entscheidung des BGH hatte das **OLG Koblenz** mit **Beschluss vom 24. 01. 2013 – 4 W 645/12** – gerade in diesem Sinne entschieden und festgestellt, dass Zweifel an der Neutralitätspflicht des Sachverständigen dann bestehen, wenn dessen Feststellungen über die durch den Beweisbeschluss vorgegebenen Beweisfragen hinausgehen und dem Gericht quasi den Weg für die aus seiner Sicht richtige Entscheidung weisen. Auch Darstellungen auf der Homepage des Sachverständigen können durchaus geeignet sein, Zweifel an der Unvoreingenommenheit zu begründen.

Sachverhalt: In einem Prozess auf Schadensersatz und Schmerzensgeld nach einer Operation war der Sachverständige wegen Besorgnis der Befangenheit abgelehnt worden. Die Beklagten hatten vorgetragen, die Besorgnis der Parteilichkeit folge bereits aus dem Internetauftritt des Sachverständigen. Mittelpunkt seiner Homepage seien nahezu ausschließlich geschädigte Patienten. Er verweise darauf, „aus der Sicht des patientennahen Arztes“ zu sprechen. Es werde weiter auf einen Artikel in „F. Online“ verwiesen, nach dessen Inhalt der Sachverständige bei zwei Kunstfehlerprozessen hoffe, dass die

Richter nicht nur den behandelnden Arzt, sondern die dahinter stehende Geschäftsführung zur Verantwortung ziehen. Auf der Homepage finde sich darüber hinaus eine Verlinkung zur Medienberichterstattung im vorliegenden Verfahren, obwohl das Verfahren noch nicht abgeschlossen sei. Des Weiteren hatte der Sachverständige über den Beweisbeschluss hinaus Aufklärungspflichten der Beklagten bewertet und insgesamt gegenüber dem Vorgehen der Beklagten eine scharfe Wortwahl gewählt.

Ergänzend zu den oben im Eingangssatz bereits genannten Gesichtspunkten zur Frage der Befangenheit weist das Gericht darauf hin, dass die Frist zur Ablehnung des Sachverständigen mit der Frist zur Stellungnahme zu dem Gutachten gleich läuft, wenn sich die Partei hierzu mit dem Gutachten auseinandersetzen muss (vgl. bereits BGH, Beschluss vom 15. 03. 2005 – VI ZB 74/04 – sowie **OLG Düsseldorf mit Beschluss vom 26. 03. 2013 – 21 W 57/12**, wonach anderenfalls die Parteien gehalten wären, ein Gutachten „zweigleisig“ zu prüfen, einerseits hinsichtlich der Befangenheitsgründe, andererseits hinsichtlich inhaltlicher Fragen). Im Übrigen ist das Ablehnungsgesuch allerdings zwingend innerhalb der Frist von zwei Wochen nach Bekanntwerden (§ 406 Abs. 2 ZPO) geltend zu machen – so noch einmal ausdrücklich das **OLG Hamm mit Beschluss vom 28. 02. 2013 – 32 W 1/13**.

Das **OLG Hamm** hat mit **Beschluss vom 08. 11. 2012 – 32 B 24/12** – entschieden, dass die Besorgnis der Befangenheit eines Sachverständigen dann besteht, wenn dieser in einer engen persönlichen oder fachlichen Beziehung zu einem Berufskollegen steht, welcher wiederum eng mit einer Partei zusammenarbeitet.

Sachverhalt: Der Sachverständige und der Berufskollege arbeiteten beide im Bereich der Forschung seit einem Jahr im Rahmen eines Projekts zur Nachhaltigkeit von Bestandsgebäuden zusammen. Hierbei handelte es sich um eine gemeinsame Forschungsarbeit, wobei einer der beiden eine Leitungsfunktion innehatte.

Das Gericht stellte im Rahmen seiner Entscheidung allerdings klar, dass nicht jede persönliche und/oder berufliche Beziehung eines Sachverständigen zu einem Berufskollegen, der für eine Partei tätig geworden ist oder nach wie vor für sie tätig ist, die Besorgnis seiner Befangenheit begründet. Es sei schon vom Grundsatz her nicht zu beanstanden, dass sich Experten und Wissenschaftler derselben Fachrichtung auf Fachtagungen und in Veröffentlichungen gegenseitig austauschen. Ein solcher Informationsaustausch ist im Bereich der Wissenschaft unerlässlich und trägt auch zu einem möglichst hohen Standard von gerichtlich beauftragten Sachverständigen-gutachten bei. Es ist auch nicht unüblich und nicht selten sogar unvermeidlich, dass sich Experten und Wissenschaftler, die in demselben Fachgebiet tätig sind, persönlich kennen, beispielsweise von Fachtagungen her, und auch in denselben Fachzeitschriften eigene Beiträge veröffentlichen. Ebenso ist üblich, dass Experten der gleichen Fachrichtung auf Kongressen, in denen ein fachlicher Austausch stattfindet, zusammenwirken. Diese Gesichtspunkte müssen auch die Parteien eines Rechtsstreits beachten. Deshalb können bloße berufliche Kontakte und ein beruflich bedingter wissenschaftlicher und fachlicher Erfahrungsaustausch von Experten und Wissenschaftlern bei der gebotenen vernünftigen Betrachtung die Besorgnis der Befangenheit eines Sachverständigen noch nicht begründen.

Der **BGH** hat mit **Beschluss vom 23. 10. 2012 – X ZR 137/09** – festgestellt, dass der Anschein nicht vollständiger Unvoreingenommenheit begründet sein kann, wenn der Sachverständige in einer wirtschaftlichen Verbindung zu einer der Parteien stehe. Nimmt der Sachverständige demgegenüber einen Gutachtenauftrag von einem Drit-

ten an, der seinerseits in einem Beratungsverhältnis zu einer der Parteien stehe, komme dies nur unter engen Voraussetzungen in Betracht, die im zu entscheidenden Fall nicht gegeben waren.

Sachverhalt: Im zu entscheidenden Fall hatte der Sachverständige außerhalb des Gerichtsverfahrens ein Unternehmen beraten, welches – was der Sachverständige nicht wusste – für die Klägerin gegenüber der Beklagten tätig geworden war. Der BGH sah keine Besorgnis der Befangenheit, da dem Sachverständigen die Verbindung zunächst nicht bekannt war und die Tätigkeit nach seinen Angaben auch nicht im Zusammenhang mit dem Gerichtsverfahren stand.

Durch § 8 a Abs. 1 JVEG ist nunmehr klargestellt, dass ein Sachverständiger gegenüber dem Gericht unverzüglich anzuzeigen hat, wenn aus seiner Sicht ein Befangenheitsgrund vorliegt.

1.5 Bauteilöffnungen / Ortstermine

Der **BGH** hat mit **Beschluss vom 16. 05. 2013 – VII ZB 61/12** – entschieden, dass ein Gericht einem am selbständigen Beweisverfahren nicht beteiligten Dritten nicht aufgeben kann, eine Bauteilöffnung in seiner Wohnung zum Zwecke der Beweissicherung zu dulden, wozu auch eine im Gemeinschaftseigentum stehende Außentreppe, ein Fahrradkeller und eine Tiefgarage gehören.

Sachverhalt: Der BGH hatte sich mit einem Zwischenurteil des Landgerichts zu befassen, wonach sämtlichen Eigentümern bzw. der Eigentümergemeinschaft die Duldung von fachmännisch durchgeführten Bauteilöffnungen an der Außentreppe, dem Flachdachanschluss einer Wohnung, im Eingangselement, der Decke des Fahrradkellers und der Tiefgaragendecke aufgegeben worden war. Die nicht am Beweisverfahren beteiligten Wohnungseigentümer legten Beschwerde ein, woraufhin das Beschwerdegericht das Zwischenurteil aufhob und den Antrag auf Duldung ablehnte.

Der BGH legt in diesem Zusammenhang den Begriff der Wohnung im Sinne des § 144 Abs. 1 Satz 3 ZPO entsprechend dem Wohnungsbegriff des Art. 13 GG aus und kommt zu dem Ergebnis, dass dazu auch Keller, Speicher, Treppen, Garagen, nicht allgemein zugängliche Geschäfts- und Büroräume und ähnliche Räume sowie umzäunte oder in anderer Weise der öffentlichen Zugänglichkeit entzogene Bereiche wie Gärten oder Vorgärten gehören. Dabei käme es auch nicht darauf an, ob der Sachverständige ausschließlich von außen Bauteilöffnungen vornehmen muss. Denn der Außenbereich sei gerade so wie der Innenbereich über Art. 13. GG geschützt.

Das **OLG Koblenz** hat mit **Beschluss vom 18. 02. 2013 – 3 U 775/12** – entschieden, dass sich der Auftraggeber einer Beweisvereitelung „schuldig“ macht, wenn er dem Werkunternehmer die Teilnahme an der Ortsbesichtigung mit dem Sachverständigen verwehrt.

Sachverhalt: Der Sachverständige hatte nach der Verweigerung den Vorsitzenden Richter hierüber unverzüglich telefonisch informiert. Dieser teilte daraufhin seine Bedenken im Hinblick auf die Verwertbarkeit des Gutachtens bei Aufrechterhaltung des Zugangsverbotes zum Hausgrundstück mit. Nachdem der Sachverständige die Parteien über den Inhalt des Gesprächs informiert hatte, wurde gleichwohl an dem Zutrittsverbot festgehalten.

Insoweit ist noch einmal auf den oben genannten **Beschluss des OLG Saarbrücken vom 08. 07. 2013 – 5 W 64/13** – hinzuweisen. Der Sachverständige im Fall des OLG Koblenz hatte sich insofern korrekt verhalten, als dass er den Richter informierte und den Ortstermin nicht durchgeführt hat.

Das **OLG Saarbrücken** hat mit **Beschluss vom 18. 12. 2012 – 5 W 430/12** – zu „in-offiziellen“ Terminen entschieden, dass auch hierfür § 357 ZPO gelte, mithin beide Parteien entweder auszuschließen oder einzubeziehen seien.

Sachverhalt: Das Gericht hatte dem Sachverständigen zur Erläuterung des Gutachtens in der mündlichen Verhandlung aufgegeben, die Fliesen im Vorfeld nochmals beim Kläger in Augenschein zu nehmen, nachdem zwischenzeitlich Reinigungsversuche durchgeführt worden waren. Im Termin erklärte der Sachverständige dann, dass er sich die Fliesen im Haus des Klägers vor dem Termin angesehen habe. Davon hatte der Sachverständige weder die Beklagte noch die Prozessbevollmächtigten beider Parteien unterrichtet. Die Beklagte lehnte daraufhin noch im Termin den Sachverständigen wegen Besorgnis der Befangenheit ab. Der Sachverständige war der Auffassung, es habe sich bei der Inaugenscheinnahme gemäß der Verfügung des Gerichts nicht um einen „offiziellen“ Ortstermin gehandelt.

Das Beschwerdegericht entscheidet unter Zugrundelegung der hierzu ergangenen Rechtsprechung, dass ein Sachverständiger dann als befangen erscheint, wenn er zur Vorbereitung seines Gutachtens eine Orts- und Sachbesichtigung in Anwesenheit nur einer der Parteien durchführt, ohne die andere zu benachrichtigen und ihr Gelegenheit zur Teilnahme zu geben. Dies rechtfertigt sich aus dem Verstoß gegen das Gebot der Waffengleichheit, weil sich der Sachverständige der einseitigen Einflussnahme einer Partei aussetzt. Eine verständige Partei darf in der Folge mutmaßen, dass hierbei auch ein – für sie nach Inhalt und Umfang nicht zu überblickender – Informations- und Meinungsaustausch über das streitige Rechtsverhältnis stattgefunden hat. Deshalb ist es grundsätzlich unerheblich, ob die fehlende Unterrichtung der abwesenden Partei über den Ortstermin auf einem Versehen beruhte und ob es zu einer Einflussnahme der anwesenden Partei tatsächlich gekommen ist. Vielmehr müssen sich die Parteien darauf verlassen können, dass der Sachverständige in seinem Ergebnis noch nicht festgelegt ist, solange die Parteien ihr Fragerecht noch nicht ausgeübt haben und die Begutachtung nicht abgeschlossen ist. Auch die Möglichkeit, die anlässlich des Ortstermins getroffenen Feststellungen zu wiederholen, vermag das dann begründete Misstrauen der benachteiligten Partei nicht auszuräumen. Das gilt selbst dann, wenn der Sachverständige das beanstandete Geschehen nachträglich aus freien Stücken anlässlich der Erläuterung seines Gutachtens offen gelegt hat. Aus diesen Gründen ist es nicht entscheidend, dass objektiv lediglich eine Fehleinschätzung des Sachverständigen vorgelegen haben mag und es zu keiner Einflussnahme des Klägers gekommen sein mag. Entscheidend ist, dass es nach § 357 ZPO keinen Unterschied zwischen einem „offiziellen“ und einem „inoffiziellen“ Ortstermin gibt, und auch lediglich vorbereitende Feststellungen des Sachverständigen zu seiner Information entweder unter Ausschluss beider Parteien oder unter Einbeziehung beider Parteien hätten stattfinden müssen. Mag ein solches Missverständnis des Sachverständigen aufgrund der richterlichen Anordnung in der Ladungsverfügung seiner Vergütungspflicht mangels groben Verschuldens nicht entgegenstehen, ändert dies nichts an der Besorgnis der Befangenheit aus Sicht der Beklagten.

1.6 Haftung

Das **OLG Köln** hat mit **Urteil vom 12. 03. 2013 – 24 U 142/12** – entschieden, dass ein Gutachter, der ein fehlerhaftes Gutachten erstattet, auch gegenüber einem von seinem Auftraggeber verschiedenen Dritten zum Schadenersatz verpflichtet sein kann. Voraussetzung für eine solche Haftung ist jedoch, dass der Dritte in den Schutzbereich des Gutachtens einbezogen ist, ein fehlerhaftes Gutachten vorliegt und der vom Dritten geltend gemachte Schaden hierauf beruht. Die Einbeziehung des Dritten in den Schutzbereich des Gutachtens liege unter anderem dann vor, wenn ein öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger nach dem Inhalt des Auftrages damit rechnen muss, dass sein Gutachten gegenüber dem Dritten verwendet und von diesem zur Grundlage einer Entscheidung über Vermögensdispositionen gemacht werden würde. Das hat das Gericht in diesem Fall so gesehen, da der Nachunternehmer mit den von dem Gutachter untersuchten Leistungen beauftragt war.

Sachverhalt: Der Beklagte erstattete als öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Flachdächer und Dachabdichtungen im Auftrag der L AG ein Gutachten zum Zweck der Beurteilung der Dachbekiesung. Die Klägerin war von der L AG damit betraut worden, auf den Dachflächen eine Kiesschüttung auszuführen. Der Beklagte kam, wie ein weiteres Gutachterunternehmen, zu dem Ergebnis, die Grenzwerte eines Kiesel 16/32 seien deutlich überschritten, so dass eine Einstufung des Kiesel in die Kornfraktion 8/32 mm möglich sei. Zur Beseitigung des Mangels schlug er den Austausch der vorhandenen Kiesschüttung vor. Ein weiterer Gutachter kam zu dem Ergebnis, dass aufgrund der von dem Kieselhersteller durchzuführenden werkseigenen, vorliegend dokumentierten Produktionskontrolle davon auszugehen sei, dass die Gesteinsgröße zum Zeitpunkt der Auslieferung den Anforderungen der DIN EN 12620 – 16/32 entsprochen habe, dass aufgrund der vorliegend vorgesehenen pneumatischen Förderung der Kiesel-Schüttung allerdings mit einem erhöhten Bruchanteil zu rechnen war, gleichwohl die Anforderungen der Richtlinie für die Planung und Ausführung von Dächern mit Abdichtungen (FLR-Flachdachrichtlinie) erfüllt seien. In einer Stellungnahme hierzu legte der Beklagte dar, dass es für den Endkunden unwesentlich sei, dass die Gesteinsgröße des Kiesel zum Zeitpunkt der Auslieferung am Kieselwerk der DIN EN 12620 entspreche, für diesen sei nur relevant, dass die aufgebrachte Kiesel-Schüttung gemäß der Leistungsbeschreibung aus gewaschenem Rollkiesel der Körnung 16/32 mm bestehe; wenn sich die Beschaffenheit des Kiesel durch den Transport und die pneumatische Förderung auf die Dachfläche verändere, dann müssten die entsprechenden Maßnahmen getroffen werden, so dass das Endprodukt trotzdem der gemäß Leistungsbeschreibung vertraglich geschuldeten Beschaffenheit entspreche.

Die Klägerin nun meint, die von dem hier beklagten Gutachter abgegebenen gutachterlichen Stellungnahmen seien unzutreffend. Ohne diese hätte sie sich weder auf die später abgeschlossene Vereinbarung mit der L AG eingelassen noch hätte sie sich von ihrer Subunternehmerin auf Zahlung restlichen Werklohns verklagen lassen.

Das Gericht kommt zu dem Ergebnis, dass etwaige Fehler der gutachterlichen Feststellungen des Beklagten jedenfalls nicht ursächlich für die Entscheidung der Klägerin waren, die streitgegenständliche Vereinbarung mit der L AG zu treffen und sich von ihrer Subunternehmerin verklagen zu lassen. Einer Zurechnung steht dabei jedoch nicht entgegen, dass der Ursachenzusammenhang zwischen dem Gutachten des Beklagten und den als Schaden geltend gemachten Kosten durch den Entschluss der Klägerin, sich mit der L AG zu einigen und Subunternehmerin den Auftrag zu entziehen, vermittelt wird. Allerdings scheitert der Ursachenzusammenhang daran, dass das Verhalten der Klägerin nicht als durch das Gutachten herausgefordert angesehen werden kann. Nach dem eigenen Vortrag der Klägerin kam es für das Vertragsverhältnis zwischen ihr und der L AG allein auf die Einhaltung der

Flachdachrichtlinie an. Damit ist es ausgeschlossen, dass die Vereinbarung auf einer etwaigen fehlerhaften Begutachtung durch den Beklagten beruht. Denn dass der vorhandene Kies den Anforderungen dieser Richtlinie entspricht, hatte der Beklagte ausdrücklich bejaht. Für die Entscheidung, den Vertrag mit der Subunternehmerin zu kündigen, war das Gutachten des Beklagten ebenfalls ohne Bedeutung, denn die Subunternehmerin hatte sich unstreitig nur zur Einhaltung der gültigen Flachdachrichtlinie verpflichtet.

Das **OLG Köln** hat mit Urteil vom **20. 12. 2012 – 10 U 12/12** – entschieden, dass ein Gutachten für die Bewertung eines Hausgrundstückes Schutzwirkung zugunsten des Käufers haben kann. Sofern also das Gutachten fehlerhaft erstellt wurde, kann es zu einer Haftung kommen. In diesem Fall konnte das Gericht allerdings nicht feststellen, das unzutreffende Tatsachen zu Grunde gelegt und/oder anerkannte Bewertungsgrundsätze nicht beachtet wurden.

Das **OLG Jena** stellt mit Urteil vom **07. 11. 2012 – 2 U 135/12** – fest, dass der gerichtliche Sachverständige, der im selbständigen Beweisverfahren ein unrichtiges Gutachten erstattet und im anschließenden Hauptsacheverfahren bei seiner Anhörung unzutreffende Angaben macht, grob fahrlässig im Sinne des § 839a BGB handelt.

Sachverhalt: Der Sachverständige, welcher hier auf Schadensersatz wegen eines fehlerhaften Gerichtsgutachtens in Anspruch genommen wird, erstattete im Rahmen eines selbständigen Beweisverfahrens ein Gutachten sowie ein Ergänzungsgutachten. Aufgrund dieser Gutachten, in denen der Sachverständige Werkmängel bei der Estrichverlegung festgestellt hatte, wurde Klage erhoben. Nach mündlicher Anhörung des Sachverständigen wurde der jetzige Kläger zur Zahlung eines Vorschusses für die Durchführung von Mängelbeseitigungsarbeiten an Garagenfußböden verurteilt. Gegen diese Entscheidung legte der Kläger Berufung ein und beauftragte einen Privatgutachter, das vom Kläger erstellte Sachverständigengutachten zu überprüfen. Dieser stellte fest, dass dem Sachverständigen bei der Erstellung des Gerichtsgutachtens erhebliche methodische Fehler sowie Fehler hinsichtlich der Anwendung von DIN-Normen unterlaufen seien. Wegen verspäteten Vorbringens wurde das Privatgutachten allerdings nicht berücksichtigt und die Berufung zurückgewiesen. In seiner auf § 839a BGB gestützten Schadensersatzklage hat sich der Kläger auf das Privatgutachten berufen und vorgetragen, aufgrund der fehlerhaften Bewertungen des Beklagten im selbständigen Beweisverfahren und seiner unzutreffenden Angaben bei seiner ergänzenden Anhörung habe das Landgericht ihn zur Vorschusszahlung verurteilt. Der Beklagte habe grob fahrlässig gehandelt, weil er zum einen spätere Verformungen nicht berücksichtigt und zum anderen einen unzutreffenden Maßstab zur Ermittlung der zulässigen Unebenheitstoleranzen angenommen habe.

Das Gericht stellt im Hinblick auf die grobe Fahrlässigkeit fest, dass von jedem Gerichtssachverständigen, der von einem Gericht mit der Prüfung beauftragt wird, ob ein Estrich ordnungsgemäß verlegt worden ist, erwartet werden muss, dass er die einschlägigen DIN-Vorgaben kennt und die erforderlichen Messungen fehlerfrei vornimmt. Die korrekte Vornahme von Toleranzmessungen stellt das Grundhandwerkszeug eines Sachverständigen dar. Vorliegend habe der Sachverständige nicht aufgrund eines Versehens einen Messfehler vorgenommen, sondern methodisch falsch gearbeitet. Dass er dasjenige außer Acht gelassen hat, was jedem Sachverständigen in der betreffenden Situation hätte einleuchten müssen, wird auch dadurch dokumentiert, dass er unberücksichtigt ließ, dass zwischen der Fertigstellung des Estrichs und der Begutachtung bereits einige Jahre vergangen waren, von daher die Frage im Raum stand, ob Verformungen nicht nutzungsbedingt waren. Es ist auch nicht nach-

vollziehbar, weshalb der Sachverständige weder im selbständigen Beweisverfahren noch bei seiner Anhörung im Termin von sich aus darauf hingewiesen hat, dass die Pfützenbildungen auch dann verbleiben würden, wenn die Unebenheiten im Estrich beseitigt wären, weil der Unterbau des Fußbodens – vom Kläger nicht zu verantworten – waagerecht ausgeführt war.

Das **OLG Köln** hat mit **Beschluss vom 29. 08. 2012 – 5 U 104/12** – noch einmal klargestellt, dass unmittelbare Folgen eines unrichtigen Gutachtens nicht von der Haftung nach § 839a BGB umfasst sind. Das meint, ersatzfähig sind tatsächlich nur die Schäden, welche durch eine gerichtliche Entscheidung entstanden sind, die ihrerseits auf einem fehlerhaften Gutachten beruht.

1.7 Erstattungsfähigkeit von Sachverständigenkosten

Das **LG Saarbrücken** hat mit **Urteil vom 22. 06. 2012 – 13 S 37/12** - entschieden, dass die Kosten für ein (außergerichtlich) eingeholtes Ergänzungsgutachten, welches aufgrund eines abweichenden Gegengutachtens beauftragt wurde, dann nicht erstattungsfähig seien, wenn damit zu rechnen ist, dass sich eine gerichtliche Klärung anschließt und das Gericht ein weiteres Gutachten einholen wird.

Das **AG Heinsberg** hat mit **Urteil vom 11. 07. 2012 – 18 C 84/12** – genau entgegengesetzt entschieden. Hier war ein außergerichtlich tätig gewordener Sachverständiger nach einem entgegengesetzten Gegengutachten der Haftpflichtversicherung noch einmal tätig geworden. Anschließend hatte die Versicherung (außergerichtlich) den ursprünglich ermittelten Schaden vollständig ausgeglichen, sich allerdings geweigert, die für das Ergänzungsgutachten angefallenen Kosten zu übernehmen. Diese wurden dem Geschädigten in diesem Fall allerdings zugesprochen. Denn nur, wenn der regelmäßig nicht sachkundig Geschädigte das Gegengutachten seinem Gutachter erneut vorlegt, sei es ihm überhaupt möglich, etwaige Ansprüche sachgerecht geltend zu machen bzw. weiterzuverfolgen. Ergibt sich im Rahmen der eingeholten zweiten Stellungnahme des ursprünglichen Gutachters, dass dessen Schadensfeststellung zutreffend war, ist der Schädiger bzw. dessen Versicherer dann auch verpflichtet, die notwendigen Kosten der zweiten Stellungnahme zu tragen.

Der **BGH** hat mit **Beschluss vom 26. 02. 2013 – VI ZB 59/12** – entschieden, dass die Kosten eines unmittelbar prozessbezogenen Sachverständigengutachtens auch dann erstattungsfähig sein können, wenn das Privatgutachten im Prozess letztlich nicht vorgelegt wird. Ebenso wenig müsse es im Kostenfestsetzungsverfahren vorgelegt werden. Für letzteres sei ausreichend, dass die Rechnung des Gutachtens eingereicht und die Entstehung der Kosten anwaltlich versichert wird. Hinsichtlich der Frage einer Vorlage des Gutachtens im Rechtsstreit stellt der zuständige Senat des BGH noch einmal ausdrücklich klar, dass er dies entgegen der teilweise in der Rechtsprechung anders gehandhabten Praxis nicht für notwendig erachte.

1.8 Weitere Themenbereiche

Das **LG Aschaffenburg** hat mit **Urteil vom 19. 08. 2011 – 2 HK O 54/11** – festgestellt, dass eine „Impressumpflicht“ auch für Nutzer von sozialen Netzwerken (hier: Facebook) besteht, wenn der Auftritt zu Marketingzwecken und nicht nur rein privat genutzt wird.

Der **BGH** hat mit **Urteil vom 19. 02. 2013 – VI ZR 69/12** – zur (fiktiven) Schadensabrechnung nach § 839 Abs. 2 Satz 1 BGB entschieden, dass erforderliche Reparaturkosten auch allgemeine Kostenfaktoren wie Sozialabgaben und Lohnnebenkosten umfassen.

Sachverhalt: Ein Haftpflichtversicherer hatte im Rahmen der Schadensregulierung eines Verkehrsunfalls den für die Reparatur angesetzten Arbeitslohn um 10 % (entsprach 15,50 EUR) wegen nicht angefallener Sozialabgaben und Lohnnebenkosten gekürzt. Das Amtsgericht hatte der Klage auf Zahlung dieses Betrages nebst Zinsen stattgegeben. Die zugelassene Berufung des Haftpflichtversicherers hatte das Landgericht zurückgewiesen. Mit der vom Berufungsgericht zugelassenen Revision verfolgt der Haftpflichtversicherer sein Klageabweisungsbegehren weiter.

Der BGH stellt zunächst noch einmal fest, dass der Gläubiger, wenn wegen Beschädigung einer Sache Schadensersatz zu leisten ist, statt der Herstellung den dazu erforderlichen Geldbetrag verlangen kann. Dabei darf der Geschädigte seiner (fiktiven) Schadensberechnung grundsätzlich die üblichen Stundenverrechnungssätze einer markengebundenen Fachwerkstatt zugrunde legen, die ein von ihm eingeschalteter Sachverständiger auf dem allgemeinen regionalen Markt ermittelt hat. Dabei widerspreche die Berücksichtigung fiktiver Sozialabgaben und Lohnnebenkosten bei der Berechnung der erstattungsfähigen Reparaturkosten weder dem Wirtschaftlichkeitsgebot noch dem Bereicherungsverbot. Das Vermögen des durch einen Verkehrsunfall Geschädigten ist um denjenigen Betrag gemindert, der aufgewendet werden muss, um die beschädigte Sache fachgerecht zu reparieren. Zu den erforderlichen Wiederherstellungskosten gehören grundsätzlich auch allgemeine Kostenfaktoren wie Umsatzsteuer, Sozialabgaben und Lohnnebenkosten. Soweit der Gesetzgeber durch das Zweite Schadensrechtsänderungsgesetz in § 249 Abs. 2 Satz 2 BGB die Erstattung nicht angefallener Umsatzsteuer bei fiktiver Schadensabrechnung ausdrücklich vom Schadensersatzanspruch ausgenommen hat, habe er hiermit lediglich einen - systemwidrigen - Ausnahmetatbestand geschaffen, der nicht analogiefähig ist. Der Gesetzgeber habe sich gerade gegen einen Entwurf zum Zweiten Schadensrechtsänderungsgesetz aus der 13. Legislaturperiode entschieden, wonach bei einer fiktiven Abrechnung von Sachschäden die öffentlichen Abgaben außer Ansatz bleiben sollten. Er hat damit auf einen Abzug sämtlicher öffentlicher Abgaben bewusst verzichtet und sich auf die Umsatzsteuer als größten Faktor unter den „durchlaufenden Posten“ beschränkt. Fehlt es mithin an einer Regelungslücke, kommt eine entsprechende Anwendung des § 249 Abs. 2 Satz 2 BGB auf andere öffentliche Abgaben nicht in Betracht.

2 Urheberrecht für Sachverständige

Wie bereits in der Kurzfassung angedeutet, dürfte für den weitaus größten Teil der Tätigkeit des Sachverständigen der Urheberrechtsschutz nicht greifen.

2.1 Schutzbereich des Urheberrechtsgesetzes

Zur Klarstellung ist festzuhalten, dass der Urheberrechtsschutz nicht vom Willen des Urhebers abhängt. Mithin kommt es auch nicht darauf an, ob das Gutachten als urheberrechtlich geschützt gekennzeichnet wird. Das mag allenfalls für Dritte ein Hinweis auf die Urheberschaft sein. Entscheidend für den Schutz nach dem Urheberrechtsschutzgesetz ist, ob dessen Voraussetzungen erfüllt sind.

2.1.1 „Werke“ im Sinne des § 2 Abs. 1 UrhG

In § 2 Abs. 1 UrhG sind (neben weiteren) insbesondere folgende für die Tätigkeit der Sachverständigen relevanten Werke grundsätzlich unter Schutz gestellt:

- **Sprachwerke**, wie Schriftwerke, Reden und Computerprogramme,
- **Lichtbildwerke** einschließlich der Werke, die ähnlich wie Lichtbildwerke geschaffen werden.
- **Darstellungen wissenschaftlicher oder technischer Art**, wie Zeichnungen, Pläne, Karten, Skizzen, Tabellen und plastische Darstellungen.

Dabei ist bereits dem Werkbegriff in § 2 Abs. 1 UrhG zu entnehmen, dass sich der Schutz des Urheberrechtsgesetzes **nicht** auf die **Tätigkeit des Sachverständigen** an sich – allerdings ggf. auch nicht allein erst auf die abschließende Form (und schon gar nicht auf das inhaltliche Ergebnis) der Arbeit – bezieht. Es ist **vielmehr** erforderlich, dass „... das **Werk in seiner konkreten Gestalt** der sinnlichen Wahrnehmung zugänglich ist.“ (vgl. *BGH mit Urteil vom 09. 05. 1985 – I ZR 52/83 – „Inkasso-Programm“*). Das kann selbstverständlich auch bereits vor abschließender Vollen- dung hinsichtlich einzelner Entwicklungsstadien der Fall sein, was dann im Einzelfall zu prüfen ist (vgl. *BGH, a.a.O.*).

Nicht erfasst sind aufgrund des vorgenannten Umstandes auch „nur“ **abstrakte Gedanken oder Ideen**, ohne dass diese ihre Ausformung in einem konkreten Werk gefunden hätten. Sie sollen im Interesse der Allgemeinheit – insbesondere auch für die wissenschaftliche und geistige Diskussion (hierzu *BGH, Urteil vom 09. 05. 1985 – I ZR 52/83 – „Inkasso-Programm“*) – nicht durch das Urheberrecht monopolisiert werden (vgl. *BGH, Urteil vom 12. 03. 1987 – I ZR 71/85 – „Warenzeichenlexika“; Urteil vom 19. 10. 1994 – I ZR 156/92 – „Rosaroter Elefant“*). Ein ggf. möglicher „technischer“ Schutz nach anderen Gesetzen (z. B. Patentgesetz) bleibt hiervon unberührt. Der BGH hatte insoweit bereits mit *Urteil vom 21. 11. 1980 (Az.: I ZR 106/78 – „Staatsexamensarbeit“)* klargestellt, dass **bei wissenschaftlichen „Werken“** eine strikte **Trennung des wissenschaftlichen Ergebnisses und der Darstellung** desselben vorzunehmen sei. Denn die wissenschaftliche Lehre an sich sei – wegen der Wissenschaftsfreiheit – nicht urheberrechtsfähig. Selbst wissenschaftliche Werke, welche als solche (allein) wegen der konkreten Gestaltung und Darstellung im Sinne

des § 2 Abs. 2 UrhG grundsätzlich dem Urheberrechtsschutz unterfielen, sind dabei wegen der Wissenschaftsfreiheit wiederum gewissen Beschränkungen im Hinblick auf den Umfang des Urheberrechtsschutzes unterworfen. Denn anderenfalls sei eine erneute wissenschaftliche Darstellung des Themas nur in engen Grenzen möglich und damit unzumutbar erschwert (vgl. *BGH, a.a.O.*).

2.1.2 Einschränkung nach § 2 Abs. 2 UrhG

Da selbst bei Anwendung der oben dargestellten Grundsätze allerdings gleichwohl aufgrund des weiten Werkbegriffes nach § 2 Abs. 1 UrhG noch nahezu sämtliche Werke der aufgezählten und weiterer Arten (vgl. § 2 Abs. 1 S.1 UrhG: „... insbesondere ...“) dem Urheberrechtsschutz unterfallen würden, fordert § 2 Abs. 2 UrhG, dass es sich bei dem Werk im Sinne des Absatzes 1 um eine **persönliche geistige Schöpfung** handeln muss. Das ist aufgrund der hierzu ergangenen Rechtsprechung dahin zu verstehen, dass das Werk einen gewissen **Grad an schöpferischer Eigentümlichkeit** aufweisen muss (vgl. *BGH, Urteil vom 30. 05. 1958 – I ZR 21/57 „Inkasso-Programm“*).

Daran **fehlt** es unter anderem, **wenn** die **Darstellung aus wissenschaftlichen Gründen erforderlich** bzw. auf dem jeweils technischen Gebiet **üblich** ist (vgl. *BGH, a.a.O.*). Ebenso wenig ist von einer eigenen schöpferischen Prägung auszugehen, wenn sich das Werk als Ergebnis eines rein **handwerksmäßigen, mechanisch-technischen Aneinanderreihens oder Zusammenfügens von Material darstellt**. Der Grad an schöpferischer Eigentümlichkeit, also die unterste Grenze der Urheberrechtsschutzfähigkeit, liegt erheblich höher. **Erforderlich** ist insofern ein **deutliches Übertreffen** der Gestaltungstätigkeit in Auswahl, Sammlung, Anordnung und Einteilung des Stoffes **gegenüber** dem allgemeinen **Durchschnittskönnen**. Das bemisst sich **aufgrund eines Vergleichs gegenüber vorbestehenden Gestaltungen nach dem geistig-schöpferischen Gesamteindruck** (vgl. *BGH, a.a.O.*). Dabei kommt es – siehe bereits oben zur Wissenschaftsfreiheit – nicht auf die Neuheit, vielmehr auf hinreichend individuelle Eigenheiten gegenüber dem Vorbekannten an. Diese können auch allein durch die Be-, Um- und Einarbeitung vorbekannter Elemente und Formen erzielt werden, unerheblich hingegen ist der Aufwand für die Erstellung des Werkes (vgl. *BGH, a.a.O.*).

2.1.3 Sachverständigengutachten

Hinsichtlich der Schutzfähigkeit eines Sachverständigengutachtens ist zu unterscheiden zwischen der Schutzfähigkeit des Gutachtens im Gesamten und der Schutzfähigkeit von Teilen des Werkes.

Das **Sachverständigengutachten** im Gesamten kann **als „Sprachwerk“** geschützt sein (§ 2 Abs. 1 Nr. 1 UrhG), was ggf. auch mündliche Gutachten einschließt.

Für die im Einzelfall dann zu entscheidende Frage, ob das Gutachten als persönlich geistige Schöpfung im Sinne des § 2 Abs. 2 UrhG anzusehen ist, kann vergleichend auf das Urteil des *BGH vom 17. 04. 1986 – I ZR 213/83* – zurückgegriffen werden, im Rahmen dessen sich der BGH mit der Schutzfähigkeit eine Anwaltsschriftsatzes auseinander zu setzen hatte.

Der BGH ordnet den Anwaltsschriftsatz dabei grundsätzlich nicht dem „literarischen“, vielmehr dem „(rechts-) wissenschaftlichen“ Bereich zu; Gleiches dürfte ohne weiteres auch auf Sachverständigengutachten zutreffen (vgl. insoweit auch *Kammergericht, Beschluss vom 11. 05. 2011 – 24 U 28/11*). Dabei gilt, dass **im Rahmen wissenschaftlicher Werke** der erforderliche **geistig-schöpferische Gehalt** seinen Niederschlag und Ausdruck in erster Linie in der **Form und Art der Sammlung, Einteilung und Anordnung des dargebotenen Stoffs** finde und **nicht ohne weiteres auch** – wie meist bei literarischen Werken – **in der Gedankenformung und -ausführung des dargebotenen Inhalts** (vgl. BGH, a.a.O.).

Wie bereits oben unter II.1. b dargestellt, ist hierfür ein **Gesamtvergleich mit bereits bestehenden Gestaltungen** hinsichtlich des **schöpferischen Eigentümlichkeitsgrades** anzustellen. Soweit danach ein schöpferischer Eigentümlichkeitsgrad festzustellen ist, bleibt weitergehend zu prüfen, ob dieses den Durchschnitt – das Alltägliche, das handwerksmäßige, rein mechanisch-technische Aneinanderreihen des Materials – **deutlich überragt** (vgl. BGH, a.a.O.).

Daraus ergibt sich ohne weiteres, dass sich Gutachten nicht allein hinsichtlich bestimmter Fachbereiche oder sonstiger Einteilungen als schutzfähig im Sinne des Urheberrechts einstufen lassen. Vielmehr ist jedes Gutachten im **Einzelfall** zu untersuchen. Ebenso folgt aus dem Vorgenannten, dass ein Gutachten **überhaupt erst** dann dem Schutz des Urheberrechts (als Sprachwerk im Gesamten) unterfallen kann, **wenn ein Spielraum für die individuelle Gestaltung** hinsichtlich Form und Art der Sammlung, Einteilung und Anordnung des dargebotenen Stoffs besteht – was z. B. dann nicht der Fall wäre, wenn Aufbau und Einordnung aus Sachgründen zwingend geboten ist (vgl. BGH, a.a.O.). Sofern sich Gerichtsgutachten auf die Beantwortung konkreter Fragen beschränken, dürfte für eine individuelle Gestaltung wenig Raum sein. Allerdings kann – so der BGH in der Entscheidung „Anwaltsschriftsatz“ – der geistig-schöpferische Gehalt aber auch dann gegeben sein, wenn der Schriftsatz (bzw. dann hier das Gutachten) eine tiefe Durchdringung des Tatsachen- und Rechtsstoffes sowie eine souveräne Beherrschung der Sprach- und Stilmittel erkennen lasse und es gelinge, einen vielschichtigen Sachverhalt einfach und leicht verständlich zu beschreiben.

Für **Teile des Sachverständigengutachtens** besteht ggf. aufgrund der weiteren Regelungen des UrhG ein Rechtsschutz, auch wenn die Voraussetzungen des § 2 Abs. 2 UrhG im Einzelfall nicht vorliegen sollten.

Im Hinblick auf den **Schutz von Fotografien in einem Gutachten** ist insofern auf die Entscheidung des BGH vom 29. 04. 2010 (I ZR 68/08 – „Lichtbilder“) zu verweisen.

Sachverhalt: Ein Sachverständiger für Kraftfahrzeuge hatte im Auftrag der Eigentümerin eines Unfallwagens ein Gutachten zu den Reparaturkosten sowie dem Wiederbeschaffungs- und Restwert des Fahrzeugs erstellt und dieses entsprechend der Vereinbarung mit der Eigentümerin bei der Haftpflichtversicherung des Unfallgegners eingereicht. Hinsichtlich der in dem Gutachten enthaltenen Fotografien des Unfallwagens hatte sich der Sachverständige die Nutzungsrechte einräumen lassen. Die Haftpflichtversicherung scannte die Bilder und stellte sie in die Restwertbörse ein, um die Angaben des Sachverständigen zum Restwert nachzuprüfen. Der Sachverständige als Kläger nahm die Haftpflichtversicherung im Wesentlichen auf **Unterlassung, Schadensersatz und Auskunft** in Anspruch.

Das Gericht gab dem Kläger letztlich Recht, lediglich der geltend gemachte Schadensersatzanspruch wurde der Höhe nach – im Wege der Schätzung – nur zu einem geringen Teil zugesprochen. Ausgangspunkt der Entscheidung des Gerichts war die Feststellung, dass Lichtbilder als Teil des Gutachtens den Schutz des § 72 UrhG genießen. Der Gutachter konnte sich als Rechteinhaber mithin dagegen wehren, dass die Haftpflichtversicherung die Bilder durch das Einstellen in die Restwertbörse öffentlich zugänglich gemacht hatte. Ergänzend sei darauf hingewiesen, dass die sich anschließende Praxis einiger Haftpflichtversicherer, die von Sachverständigen eingereichten Gutachten nur dann als verwertbar zu bezeichnen, wenn die Sachverständigen sich mit einer Veröffentlichung der Bilder in Restwertbörsen einverstanden erklärten, von den Gerichten nicht akzeptiert wird (vgl. *OLG Celle, Urteil vom 06. 09. 2012 – 13 U 188/11*).

Im Hinblick auf den Schutz von **Darstellungen wissenschaftlicher oder technischer Art innerhalb eines Gutachtens**, wie Zeichnungen, Pläne, Karten, Skizzen, Tabellen nach § 2 Abs. 1 Nr. 1 UrhG gilt – nur für diesen Teil und sofern die oben dargestellte Schöpfungshöhe des § 2 Abs. 2 UrhG erreicht wird – der volle Schutz des UrhG. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Anforderungen an die „Höhe“ der persönlichen geistigen Schöpfung hinsichtlich der verschiedenen Tatbestände des § 2 Abs. 1 UrhG unterschiedlich ist. Darstellungen wissenschaftlicher oder technischer Art fallen daher in der Regel eher unter den Schutz des UrhG als ein Gutachten im Gesamten.

2.2 Folgen der Anwendbarkeit des UrhG

Sollte das Gutachten bzw. ein Teil davon als Werk im Sinne des UrhG gelten oder greifen die besonderen Tatbestände des UrhG (z. B. hinsichtlich Lichtbildern), ist der Urheber entsprechend den §§ 7 ff., 28 ff. UrhG geschützt

- in seinen **geistigen und persönlichen Beziehungen zum Werk**,
- in der **Nutzung des Werkes** sowie
- hinsichtlich der Sicherung einer **angemessenen Vergütung** für die Nutzung des Werkes.

Davon umfasst sind

- das **Veröffentlichungsrecht** (§ 12 UrhG),
- das **Recht auf Anerkennung der Urheberschaft** (§ 13),
- das **Recht, Entstellungen oder andere Beeinträchtigungen** nach § 14 zu **verhindern** und
- die in den §§ 16 ff. dargestellten **Verwertungs- und sonstigen Rechte**.

Diese **Rechte** können natürlich auch im Gesamten bzw. zu einem Teil ausdrücklich oder stillschweigend **übertragen** werden. So dürfte, wenn der Sachverständige sein Gutachten an den Auftraggeber ohne Vorbehalt aushändigt, dem Auftraggeber damit gleichzeitig das Recht zur zweckentsprechenden Veröffentlichung eingeräumt worden sein (vgl. hierzu auch ergänzend § 31 Abs. 5 UrhG als Zweifelsregelung hinsichtlich eingeräumter Nutzungsrechte). Sofern ein Gutachten mit dem Zweck der Schadensbeurteilung an die Gegenseite versandt wird, steht dieser ohne Verletzung

des Urheberrechts jedenfalls das Recht zur Durchsicht und internen Prüfung zu. Denn das entspricht gerade dem Zweck des Gutachtens. Bei Übersendung an einen externen Dritten zur Prüfung kann dies allerdings schon zweifelhaft sein (vgl. AG Saarlouis, Urteil vom 09. 12. 2010 – 26 C 1042/10).

Empfehlenswert ist es daher – unabhängig davon, ob das Gutachten unter den Schutz des UrhG fällt – die Rechte am Gutachten vertraglich zu regeln. Damit kann zwar ein Urheberrecht in Sinne des Urhebergesetzes nicht begründet werden. Jedenfalls aber macht sich der Auftraggeber bei Verstoß gegen die Vereinbarung schadensersatzpflichtig.

Auch gewisse **Einschränkungen**, welche das UrhG in den §§ 44a ff. UrhG selbst oder andere Gesetze vorgeben, sind hinzunehmen. Beispielfhaft sei genannt, dass

- nach § 53 UrhG Vervielfältigungen – z. B. **Kopien** für den eigenen Gebrauch – in dem dort geregelten Umfang zulässig sind,
- nach § 45 UrhG das **Vervielfältigen**, die **Verbreitung**, die **öffentliche Ausstellung** und **öffentliche Wiedergabe** der Werke **für Gerichtsverfahren** oder **behördliche Verfahren** zulässig ist (vgl. ergänzend § 411a ZPO, wonach Gerichten die Verwertung von Gutachten aus anderen Verfahren gestattet ist); ob auch der gerichtlich bestellte Sachverständige aufgrund des § 45 UrhG von den Beschränkungen des Urheberrechts für seine gerichtliche Tätigkeit befreit ist, ist – soweit ersichtlich – noch nicht abschließend geklärt,
- nach § 51 UrhG die Wiedergabe fremder (geschützter) Werke oder Stellen von fremden (geschützten) Werken auch in einem eigenen Gutachten zulässig (**Zitate**) ist.

Dabei ist darauf hinzuweisen, dass der zu beanspruchende Schutz mit Einschränkungen natürlich auch in die andere Richtung gilt – meint, dass der (jedenfalls privat beauftragte) Sachverständige das Urheberrecht an von ihm ggf. im Rahmen der Gutachtenerstellung verwendeter Unterlagen zu beachten hat. Allerdings dürfte das hinsichtlich des Gutachtens im Ganzen mangels des in den meisten Fällen zu versagenden Schutzes nach den UrhG nur selten vorkommen. Zu beachten bzw. zuvor zu prüfen aber sind jedenfalls die in den meisten Fällen anzunehmenden Urheberrechte hinsichtlich Fotografien, Zeichnungen, Skizzen, Plänen, Tabellen oder ähnlichem. Derartige Unterlagen können nur dann in das Gutachten aufgenommen werden, wenn die Zustimmung des Berechtigten vorliegt.

Insbesondere ist hinsichtlich einer Einarbeitung in Gutachten auf den Schutz von technischen Regelwerken nach dem UrhG hinzuweisen (vgl. *BGH, Urteil vom 30. 06. 1983 – I ZR 129/81 – „VOB/C“*). Nach § 5 Abs. 1 UrhG sind nur Gesetze, Verordnungen und amtliche Werke von dem Urheberrechtsschutz ausgenommen, nicht hingegen private Normenwerke.

Soweit eine **Rechtsverletzung** vorliegt, stehen dem Rechteinhaber die in den §§ 97 ff. UrhG genannten und ggf. weitere **zivilrechtliche Ansprüche** zu, wie z. B. ein Anspruch auf

- (vorbeugende) **Unterlassung/Beseitigung**,
- **Schadensersatz**,

- **Vernichtung von Vervielfältigungsstücken,**
- **Bekanntmachung des Urteils** oder
- **der Auskunftsanspruch.**

In den §§ 106 ff. sind die **strafrechtlichen Sanktionen** einer Urheberrechtsverletzung geregelt.

2.3 Keine Anwendbarkeit des UrhG

Sofern die Anwendbarkeit des UrhG ausgeschlossen ist (und auch sonstige „technische“ Schutzrechte nicht greifen), kann die Darstellung weitestgehend „übernommen“ und anderweitig genutzt werden. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass in Einzelfällen ggf. auch ein „Schutz“ nach dem Gesetz gegen den unlauteren Wettbewerb (UWG) in Betracht kommt.

Ergänzend ist in diesem Zusammenhang auf **§ 3 Abs. 6 VOB/B** zu verweisen, wonach **Ausführungsunterlagen** nach § 3 Abs. 5 VOB/B nicht ohne Genehmigung des Urhebers veröffentlicht, vervielfältigt, geändert oder für einen anderen als den vereinbarten Zweck verwendet werden dürfen (vgl. hierzu dann auch § 18 UWG). Im Rahmen eines Vergabeverfahrens gilt § 8 Abs. 9 VOB/A.

2.4 Zusammenfassung

Zwei Gesichtspunkte sind zur Thematik Urheberrechtsschutz abschließend festhalten. Zum einen sollte der Sachverständige durch vertragliche Vereinbarungen mit dem Auftraggeber für den (wahrscheinlichen) Fall des fehlenden Schutzes nach dem Urheberrechtsgesetz einer weitestgehend freien Verwendung seines Gutachtens entgegenwirken. Urheberrechte nach dem UrhG kann man damit zwar nicht begründen, jedenfalls aber Pflichten untereinander, deren Verletzung Schadensersatzansprüche nach sich ziehen kann. Zum anderen hat der Sachverständige bei seiner Arbeit dringend selbst den Schutz von ihm ggf. verwendeter „Werke“ zu beachten, auch wenn es sich nur um „fremde“ Fotografien oder technische Vorgaben handelt.



Althoff, Richard

Dr. iur.

1994–1997: Liegenschaftsverwaltung des Bundes in Dresden und Chemnitz

Nov. 1997: Zulassung als Rechtsanwalt in Dresden

2006–09/2013: Gesellschafter bei Alfes & Partner, Büro Dresden

seit 10/2013: Gründungsgesellschafter von ALTHOFF KIERNER & PARTNER – Kanzlei für Immobilien-, Bau- und Planungsrecht

Tätigkeitsschwerpunkte: ziviles und öffentliches Bau- und Planungsrecht, Sachverständigenrecht

Fachanwalt für Bau- und Architektenrecht

Fachanwalt für Verwaltungsrecht



Schurz, Alexander

Juli 2009: Zulassung als Rechtsanwalt in Dresden

bis 09/2013: Rechtsanwalt bei Alfes & Partner, Büro Dresden

seit 10/2013: Rechtsanwalt bei ALTHOFF KIERNER & PARTNER – Kanzlei für Immobilien-, Bau- und Planungsrecht

Tätigkeitsschwerpunkte: ziviles und öffentliches Bau- und Planungsrecht

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 Baustanz 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 Trauflinien des neu ausgebildeten Flachdaches schützen nicht vor eindringender Niederschlagsfeuchtigkeit.

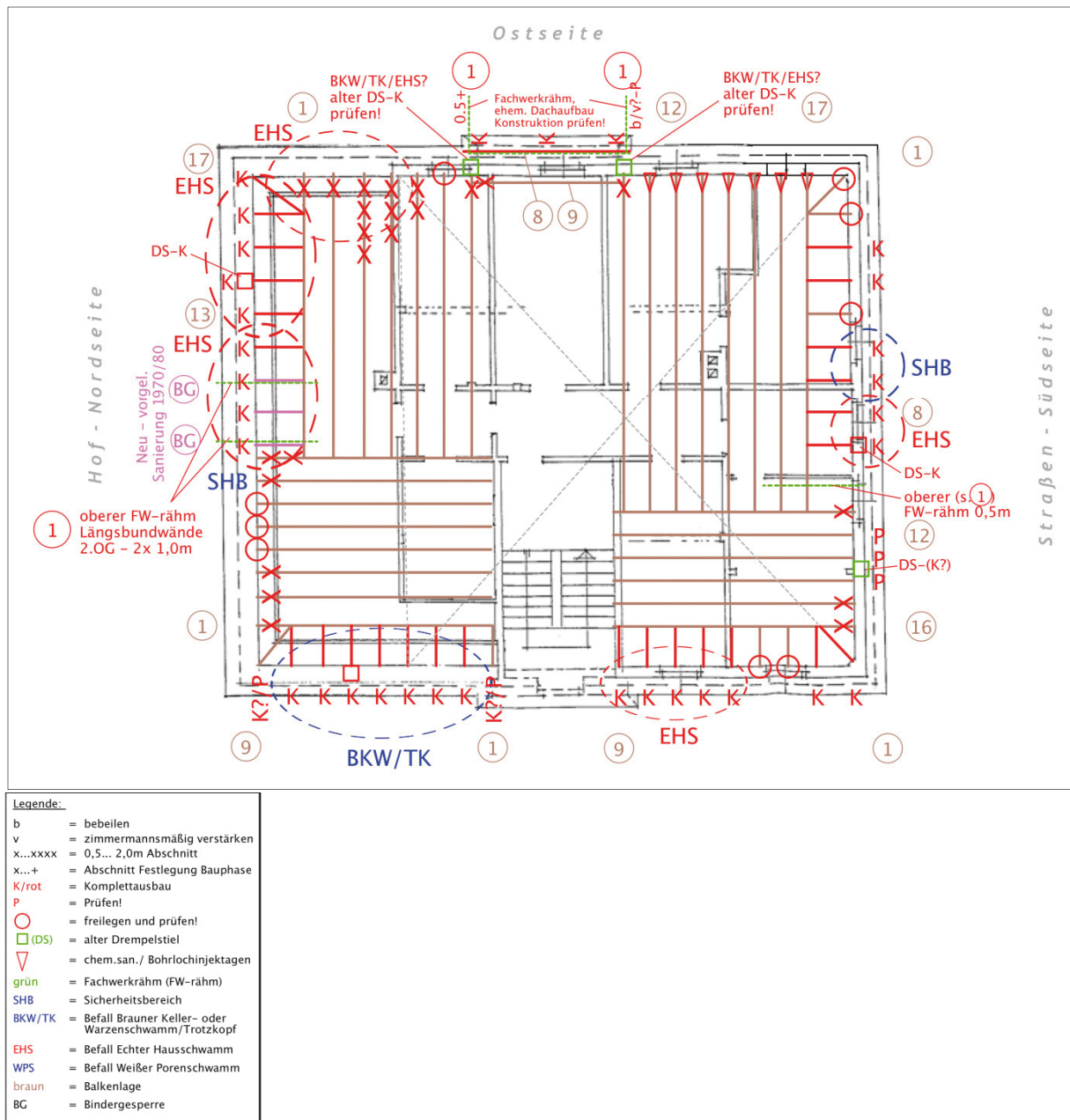


Abb. 5: Anhand der Schadkartierung der Geschossdecke zum 2. OG ist die Brisanz des festgestellten Befalls ersichtlich.

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.

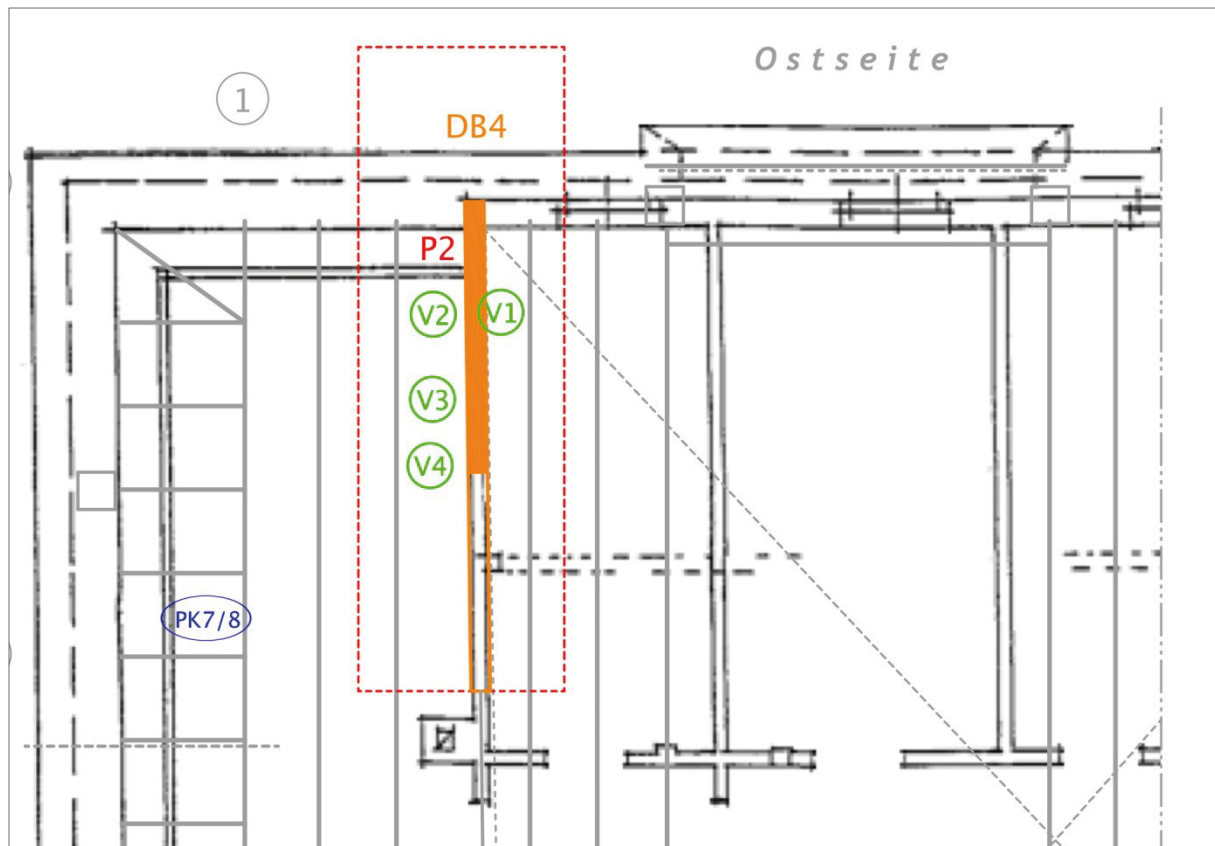
Im Gegensatz zum Holz ist bei der Behandlung von Mauerwerk nicht die Ausgleichsfeuchte ausreichend, um eine nennenswerte Wärmereaktion auszulösen. Die Wellen durchschießen trockenes Mauerwerk, ohne dass es zu einer Energieauskopplung kommt. Andererseits sind Mikrowellen sehr gut zur schnellen Trocknung 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 Außenaufleger 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

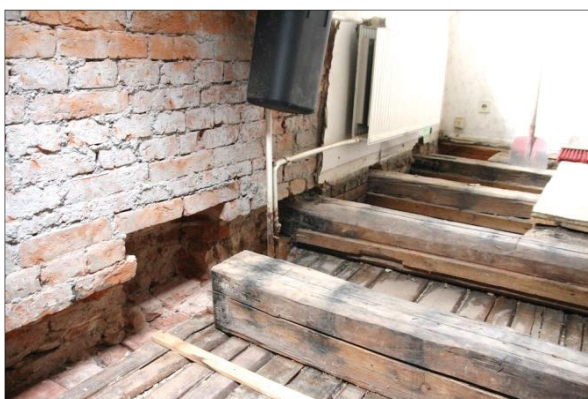


Abb. 12: vorbereitetes Versuchsfeld

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

<p>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.</p>	 <p>Abb. 14 und 15</p>
<p>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.</p>	 <p>Abb. 16 und 17</p>

<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>Abb. 23</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>Abb. 24 und 25</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)

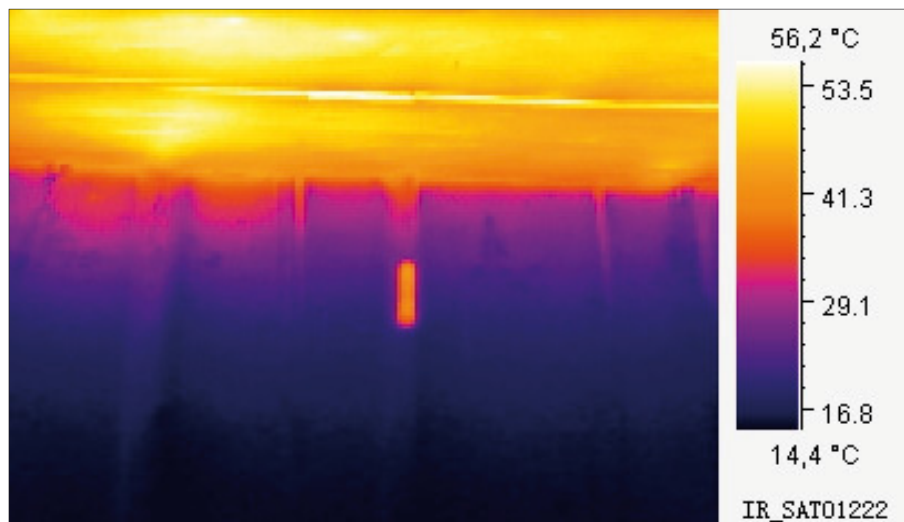


Abb. 37: Infrarotaufnahme aus Versuch 1 bei der Entnahme des Prüfkörpers aus der Fuge zwischen Deckenbalkenunterseite und Schalung (Foto: Körner)



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

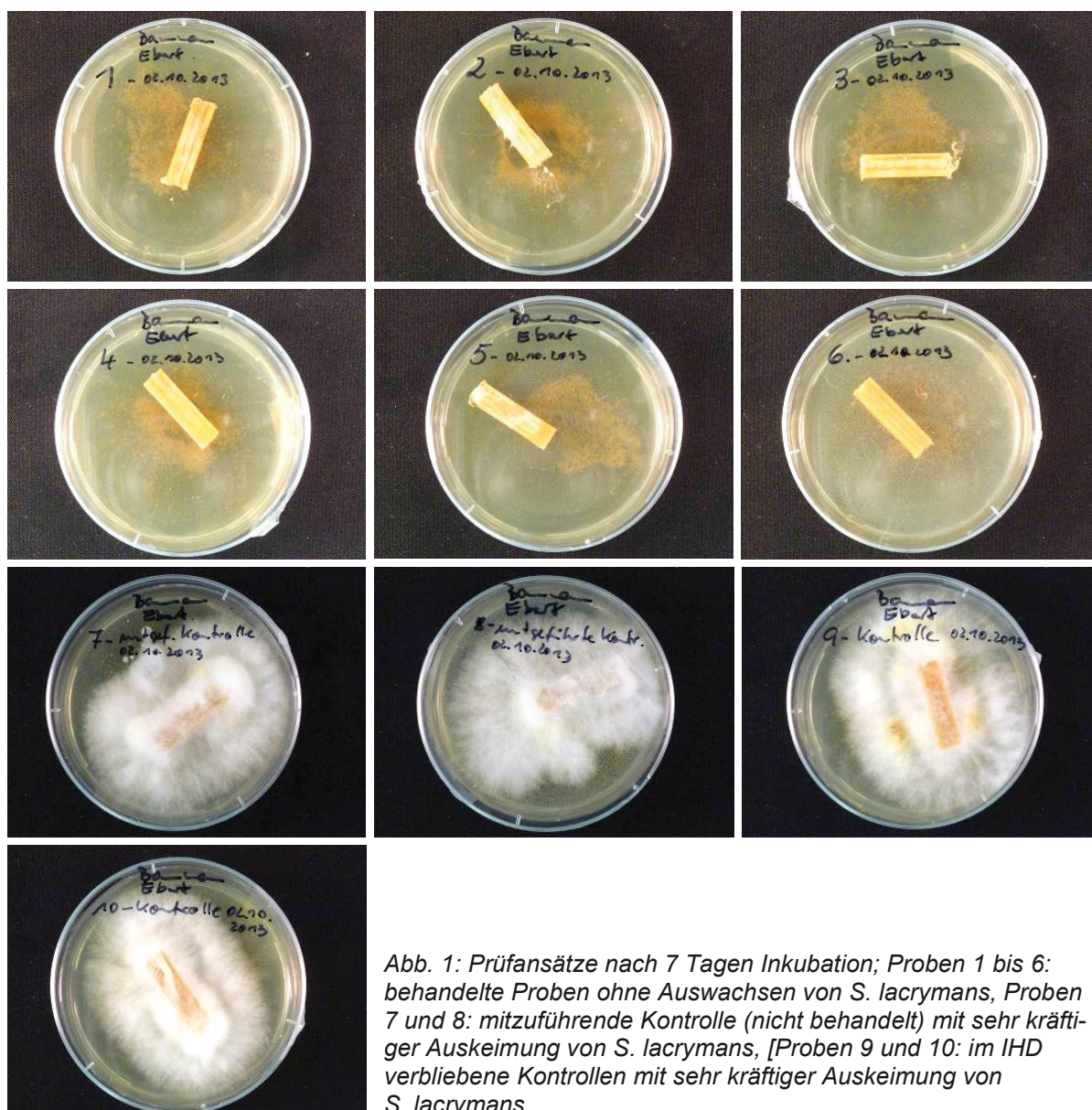


Abb. 1: Prüfansätze nach 7 Tagen Inkubation; Proben 1 bis 6: behandelte Proben ohne Auswachsen von *S. lacrymans*, Proben 7 und 8: mitzuführende Kontrolle (nicht behandelt) mit sehr kräftiger Auskeimung von *S. lacrymans*, [Proben 9 und 10: im IHD verbliebene Kontrollen mit sehr kräftiger Auskeimung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

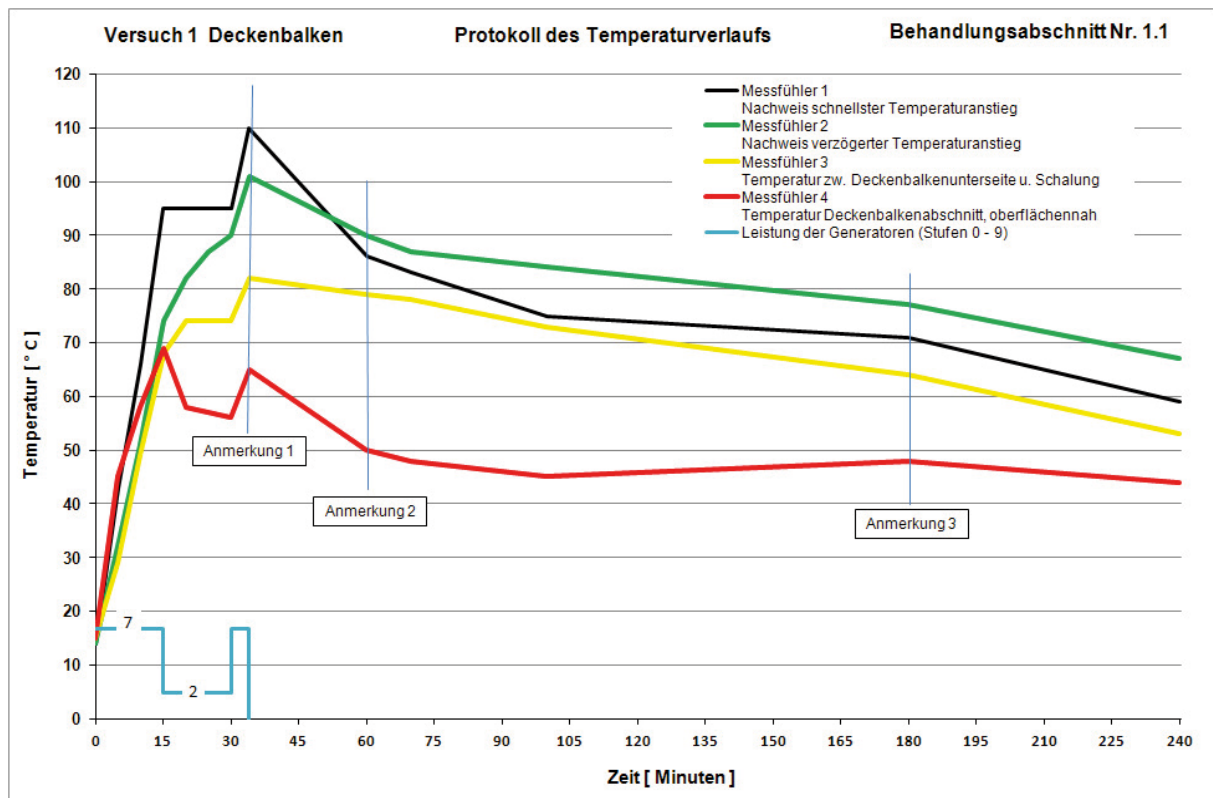


Abb. 51: Temperaturverlauf innerhalb des Deckenbalkens in Versuch 1, Behandlungsabschnitt 1.1

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)

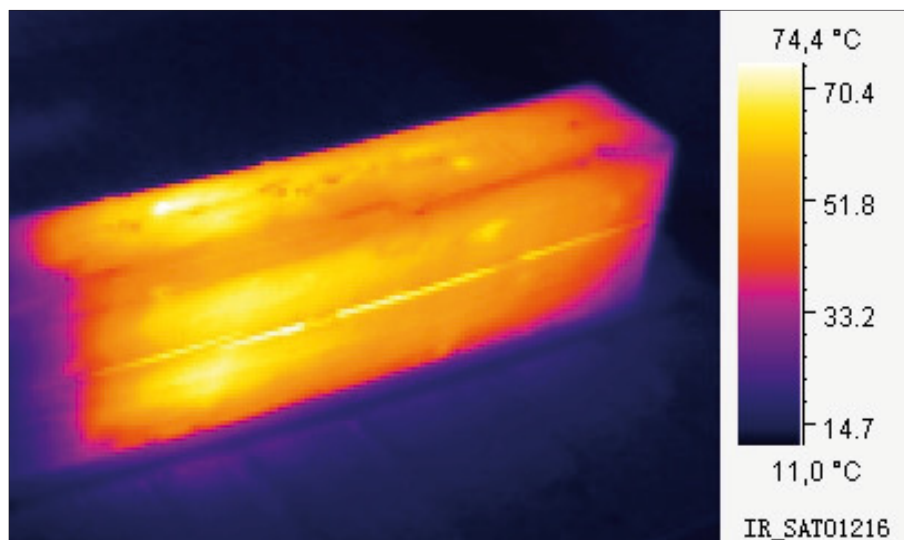


Abb. 52: Infrarotaufnahme des Deckenbalkens nach Abschluss der Behandlung (Foto: Körner)

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.

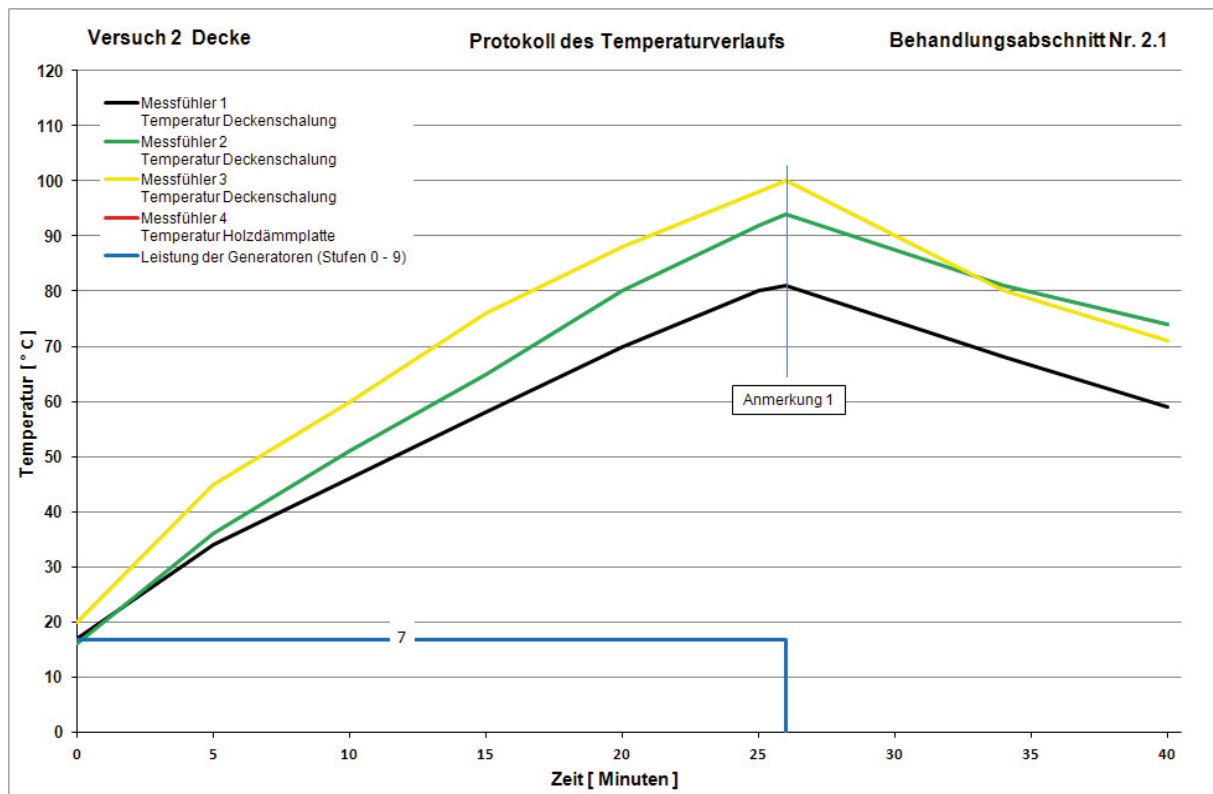


Abb. 53: Temperaturverlauf innerhalb des Deckenaufbaus in Versuch 2, Behandlungsabschnitt 2.1
Anmerkung 1: Abschluss der Maßnahme und Entfernung der Wärmedämmung (Grafik: Körner)

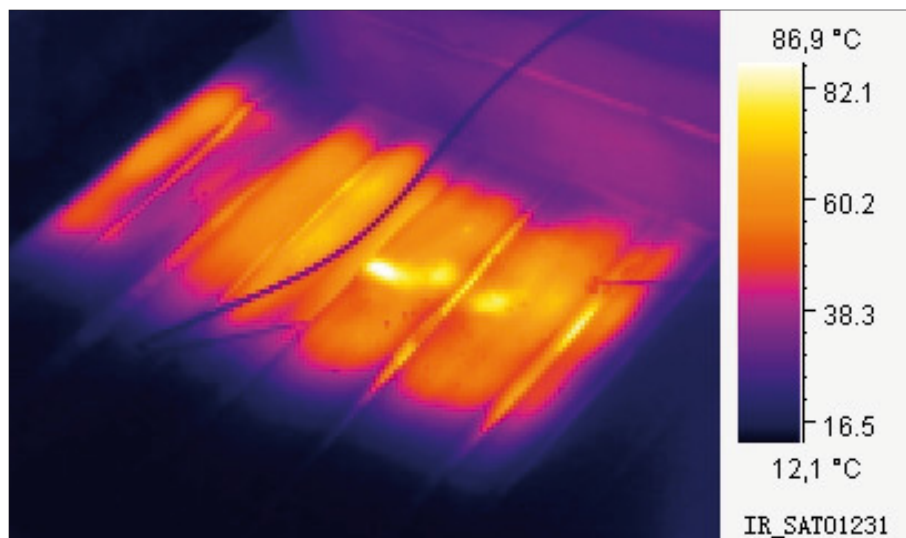


Abb. 54: Infrarotaufnahme der Deckenoberseite in Versuch 2 nach Abschluss der Behandlung (Foto: Körner)

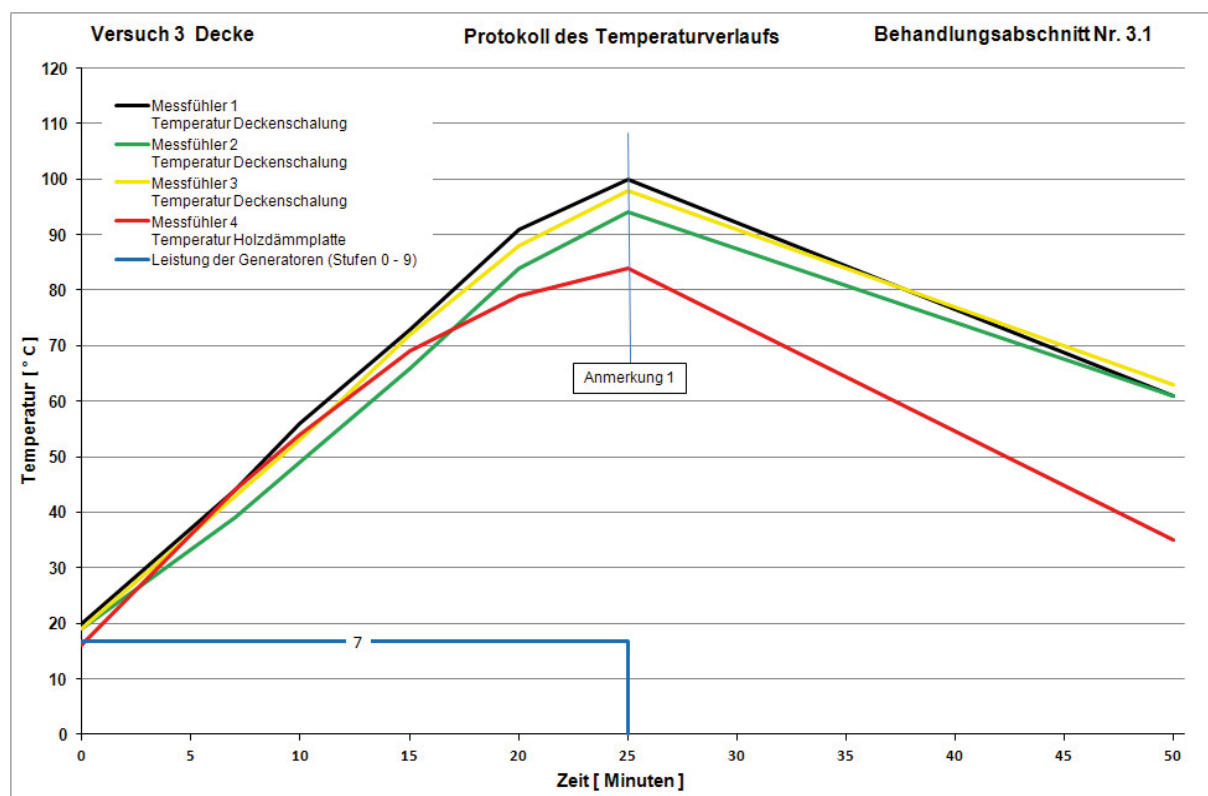


Abb. 55: Temperaturverlauf innerhalb des Deckenaufbaus in Versuch 3, Behandlungsabschnitt 3.1
Anmerkung 1: Abschluss der Maßnahmen und Entfernung der Wärmedämmung (Grafik: Körner)

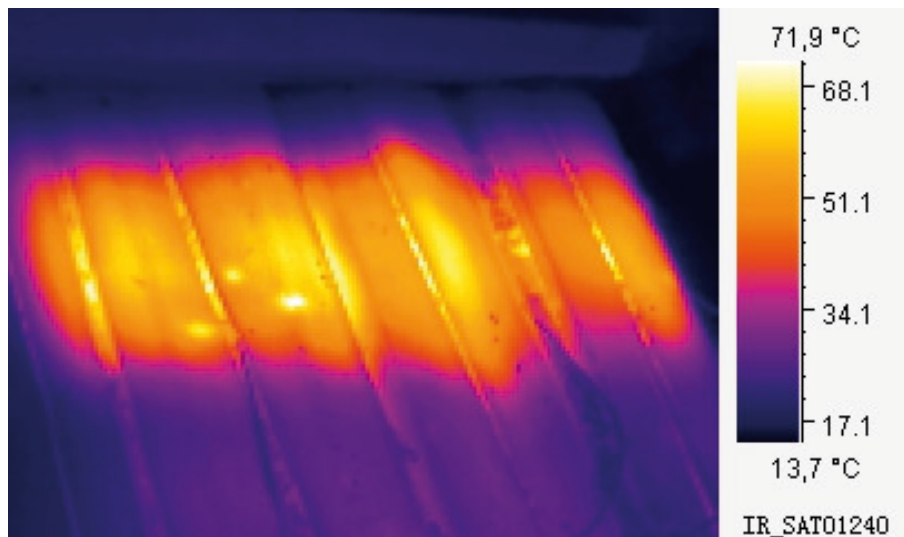


Abb. 56: Infrarotaufnahme der Deckenoberseite in Versuch 3 nach Abschluss der Behandlung (Foto: Körner)

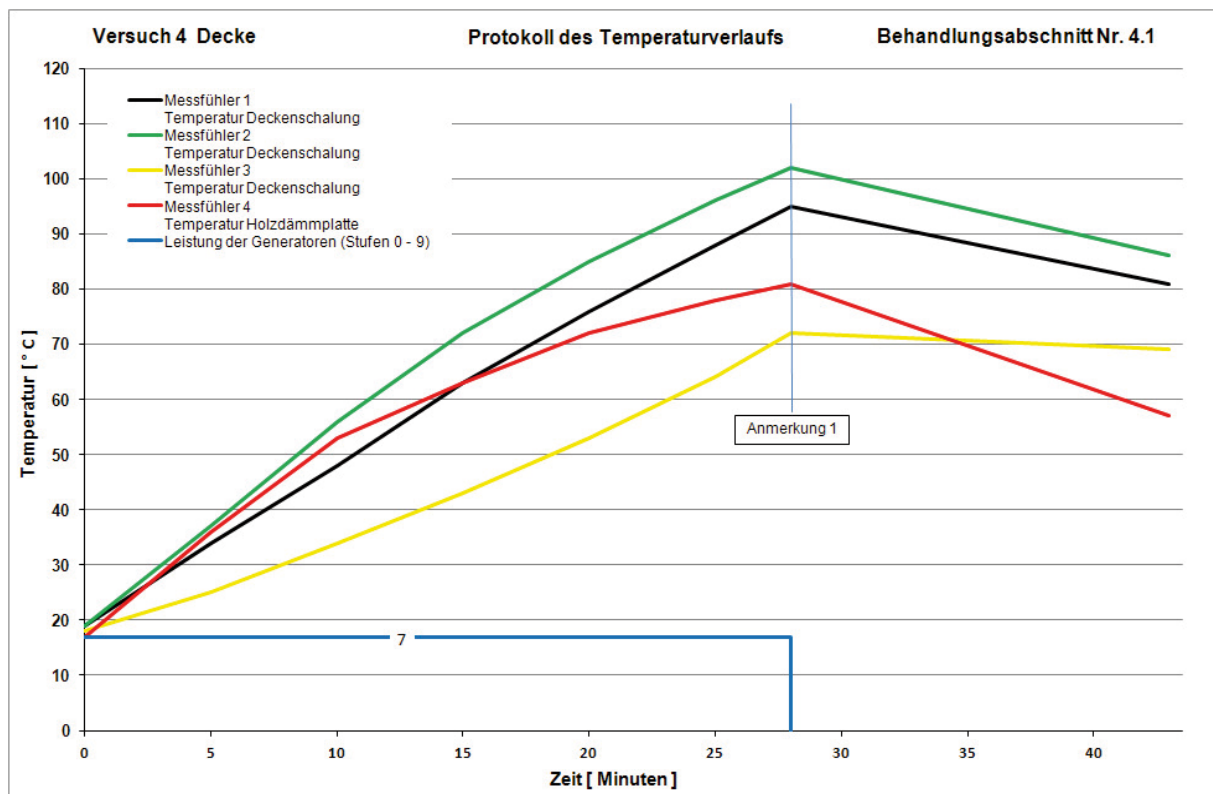


Abb. 57: Temperaturverlauf innerhalb des Deckenaufbaus in Versuch 4, Behandlungsabschnitt 4.1
Anmerkung 1: Abschluss der Maßnahmen und Entfernung der Wärmedämmung (Grafik: Körner)

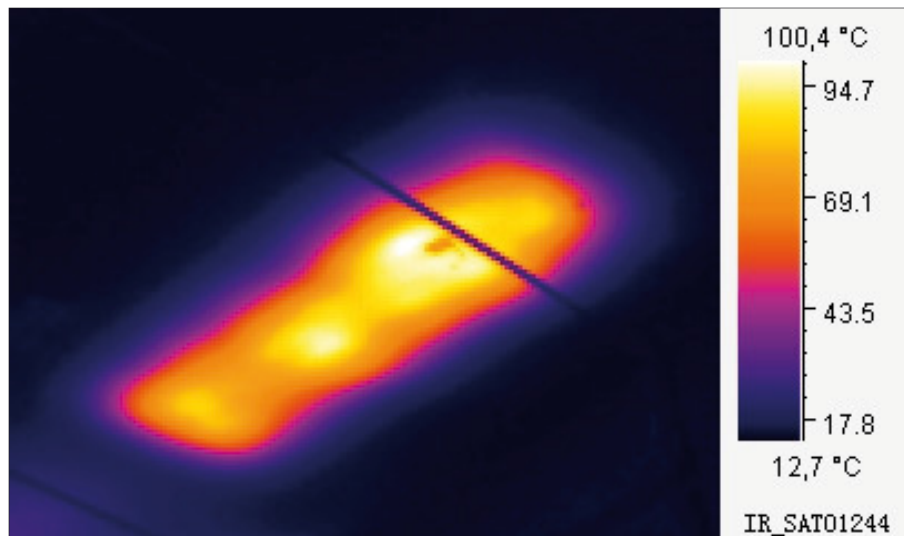


Abb. 58: Infrarotaufnahme des Deckenputzes in Versuch 4 nach Abschluss der Behandlung (Foto: Körner)

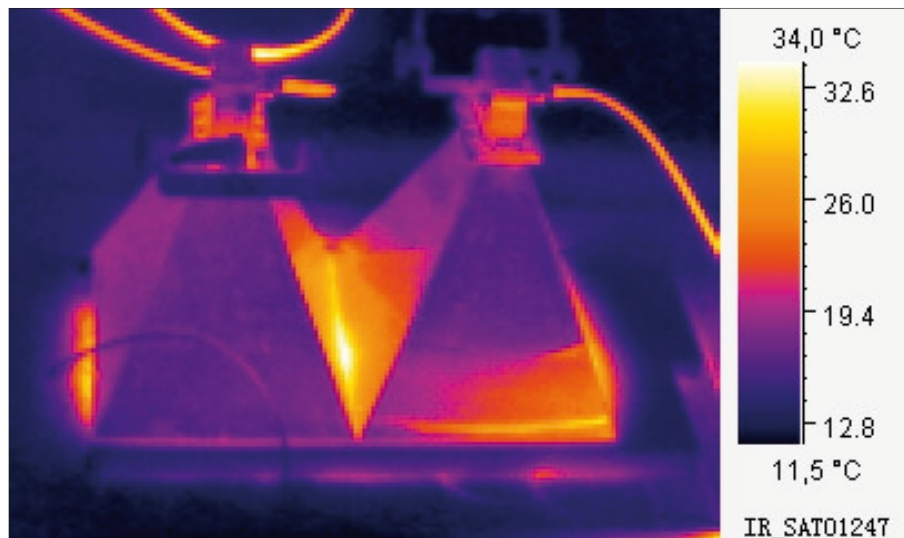


Abb.59: Infrarotaufnahme der Deckenoberseite in Versuch 4 vor dem Abnehmen der Hornstrahlantennen (Foto: Körner)

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.

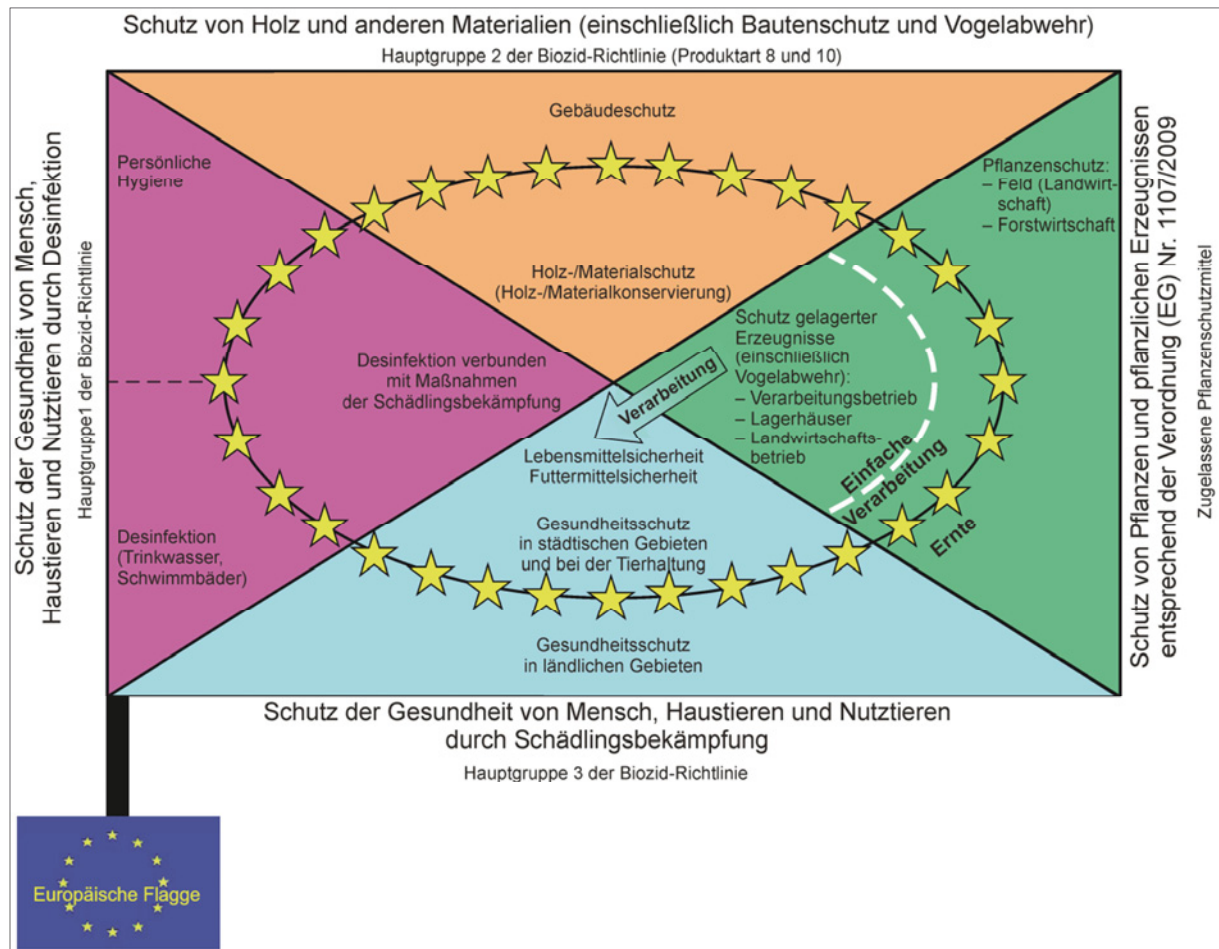
Es besteht also Bedarf an verbindlichen Temperatur-Zeit-Verhältnissen für Behandlungstemperaturen jenseits von 60 °C. Unter Berücksichtigung des derzeitigen Erkenntnisstandes gehen die Anwender des Mikrowellenverfahrens in der Praxis davon aus, dass bei weitgehend homogenen Bauteiltemperaturen von 80–100 °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 einer 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.
-

Untersuchungen zu Art und Intensität des Pilzbefalls an frei bewitterten Hölzern

Kordula Jacobs, Katharina Plaschkies

Kurzfassung

Holzerstörende Weiß- und Braunfäulepilze (Basidiomyceten) sowie Moderfäulepilze (Ascomyceten und Deuteromyceten) können gravierende Schäden an Holzbauteilen und -konstruktionen verursachen. Im Gegensatz zu den umfassend untersuchten Hausfäulepilzen ist die Pilzvielfalt an frei bewitterten Hölzern in der Gesamtheit weniger untersucht. Das IHD initiierte deshalb ein F&E-Vorhaben zur Analyse des Artenspektrums, der Sukzession und der Befallsintensität von Pilzen an im Freien verbauten Hölzern mit konventionellen und molekularbiologischen Methoden. Dazu wurden Versuchshölzer aus Lärchen- und Eichenkernholz mit mittlerer Dauerhaftigkeit sowie aus nicht dauerhaftem Kiefernspint- und Buchenholz an fünf europäischen Standorten (Bordeaux, Hamburg, Udine, Dresden, Poznań) im Erdkontakt nach DIN EN 252 verbaut, was einer Exposition gemäß Gebrauchsklasse 4 entspricht (DIN 68800-1 bzw. DIN EN 335). Anschließend wurden über einen Zeitraum von 3 Jahren der Angriff und die Zerstörung der Hölzer durch Pilze auf den verschiedenen Prüffeldern untersucht.

Die Holzart hatte einen signifikanten Einfluss auf das Artenspektrum. Zudem wurde an jedem Standort eine spezifische Pilzflora nachgewiesen, wobei überwiegend Arten auftraten, die bisher nicht als typische Holzerstörer an verbaute Holz bekannt sind. Insgesamt wurden deutlich mehr Weiß- als Braunfäuleerreger identifiziert. In der Summe wurden 98 verschiedene Pilzarten aus 77 Gattungen bestimmt, dabei wurden je Prüfstandort im Durchschnitt 25 Pilze nachgewiesen. Innerhalb von drei Jahren war eine erwartete generelle Zunahme der Pilzvielfalt an und in den Hölzern mit steigender Expositionszeit nicht nachweisbar. Zudem traten keine gravierenden Änderungen des Pilzspektrums im Hinblick auf die Hauptdestruenten auf. Ein eindeutiger Zusammenhang von standortspezifischer Befallsaktivität und aus Prüffeldparametern (Klima und Bodencharakteristik) abgeleitetem Befallspotenzial war nicht darstellbar, da gegenwärtig keine wissenschaftlichen Grundlagen für eine sinnvolle Wichtung der Einflussparameter vorliegen.

1 Einleitung

Holzerstörende Weiß- und Braunfäulepilze (Basidiomyceten) sowie Moderfäulepilze (Ascomyceten und Deuteromyceten) können große wirtschaftliche Schäden an bewitterten oder nässebeanspruchten Holzbauteilen im Freiland verursachen. Holzverfärbende Bläue- und Schimmelpilze sind dabei oft Vorreiter und begünstigen Befall und Schadfortschritt durch Holzerstörer (WEIß et al. 2000, SCHMIDT 2006). Der Schädigung von Holzbauteilen während der Nutzungsdauer versucht man durch geeignete Schutzmaßnahmen entgegenzutreten (DIN EN 68800 Teil 1-4). Dies erfordert eine grundlegende Kenntnis der Mechanismen und des zeitlichen Verlaufes des Befalls und Holzabbaus sowie der beteiligten Organismen.

Während das Spektrum holzerstörender Pilze in Gebäuden weitestgehend bekannt ist (heute geht man von etwa 30 typischen Hausfäulepilzen aus), wurde die deutlich höhere Pilzvielfalt an frei bewitterten Hölzern in der Gesamtheit noch wenig untersucht. Generell gehören Pilze zu den bisher am wenigsten erforschten Organismen. Von weltweit 1,5 bis 3 Mio. Pilzarten (HAWKSWORTH 2001, 2004) sind bisher lediglich etwa 200.000 beschrieben. Wenige Kenntnisse liegen auch dazu vor, wie Pilze und vergesellschaftete Organismen, insbesondere Bakterien, beim Abbau des Holzes zusammenwirken und welche Abbaumechanismen auftreten.

Die klassische Identifizierung von holzerstörenden Pilzen ist in der Regel an die Ausbildung von Fruchtkörpern oder eine erfolgreiche Pilzisolierung gebunden; eine vollständige Bestimmung des Pilzspektrums ist damit grundsätzlich nicht durchführbar. Die Entwicklung der molekularbiologischen Analytik bietet heute die Möglichkeit, Pilze in allen Entwicklungsstadien zu erfassen und so die gesamte Artenvielfalt eines Habitats zu analysieren. Zudem können verwandtschaftliche Beziehungen der Organismen auf genetischer Ebene analysiert werden. Die heutige Pilzsystematik ist deshalb von einer ständigen Erweiterung und Korrektur der maßgeblich auf phänotypischen Bestimmungsmerkmalen basierenden konventionellen Taxonomie von Pilzgruppen und -arten geprägt.

Ziel eines vom IHD initiierten und vom BMWi geförderten Forschungsprojektes war die Analyse der Besiedelung, des Befalls und der Schädigung von europäischen Nutzhölzern im Freiland durch holzerstörende Pilze. Dazu sollten u.a. Artenspektrum und Sukzession der Pilze an Versuchshölzern mit konventionellen und molekularbiologischen Methoden analysiert werden. Die Versuchshölzer wurden an fünf europäischen Standorten im Erdkontakt verbaut (Exposition in Gebrauchsklasse 4 gemäß DIN EN 252), um den Einfluss von Standortcharakteristika auf den Befallsdruck zu ermitteln.

2 Freilandexposition von Versuchshölzern

Die Untersuchungen erfolgten an ausgewählten europäischen Nutzhölzern. Neben Lärchen- (*Larix decidua* Mill.) und Eichenkernholz (*Quercus petraea* Matt.) mit mittlerer Dauerhaftigkeit wurden nicht dauerhaftes Kiefernspint- (*Pinus sylvestris* L.) und Buchenholz (*Fagus sylvatica* L.) eingesetzt. Versuchshölzer nach DIN EN 252 wurden auf fünf mitteleuropäischen Freilandprüffeldern im Erdkontakt verbaut, was einem Einsatz in Gebrauchsklasse 4 entspricht (DIN EN 335, Abb. 1). Prüfstandorte waren Île d'Oléron bei Bordeaux¹, Udine², Hamburg³, Poznán⁴ sowie Dresden⁵ (Tab. 1).

Für die Standortcharakteristik wurden geografische bzw. klimatische Daten gesammelt und für den Pilzbefall an Holz relevante Bodenparameter erfasst (JACOBS et al. 2013). Um aus der Vielzahl von Parametern einen theoretischen Anhaltspunkt für das Befallspotenzial bzw. mikrobielle Abbauraten an den verschiedenen Standorten zu gewinnen, wurde eine Rangfolge der Prüffelder ermittelt. Dazu wurden einige Parameter, die für einen Pilzbefall besonders relevant erscheinen, anhand einer Punktzahl bewertet (5 Punkte für das höchste und 1 Punkt für das geringste Befalls- und Abbaupotenzial). Aus der Gesamtpunktzahl ergibt sich eine Rangfolge für die Prüffelder (Tab. 1). Da die Schwermetallgehalte an allen Standorten den Anforderungen an Bodensubstrate genügten und keine hemmende oder toxische Wirkung auf die Pilze zu erwarten war, wurde dieser Parameter nicht berücksichtigt. Anhand der ermittelten Rangfolge wurde die höchste Zerstörungsintensität für das Prüffeld in Bordeaux, die geringste am Standort Poznán erwartet.



Abb. 1: Im Erdkontakt exponierte Versuchshölzer am Standort Dresden, während des Einbaus (links) und nach erfolgter Abdeckung des Prüffeldes mit Hackschnitzeln (rechts)

- 1 FCBA (l'Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement).
- 2 CATAS (Italian testing institute for furniture and wood materials).
- 3 Thünen-Institut für Holzforschung.
- 4 ITD (Instytut Technologii Drewna).
- 5 IHD (Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH).

Parameter	Dresden	Hamburg	Bordeaux	Poznań	Udine
Jahresmitteltemperatur [°C]	8,9	8,6	12,5	8,2	13,6
Punktzahl*	3	3	5	3	5
Jahresniederschlag [mm]	680	770	1200	500	1500
Punktzahl*	3	3	5	2	5
Gesamtkohlenstoff organisch	2,3	1,2	2,7	0,5	2,8
Punktzahl*	4	2	5	1	5
C/N-Verhältnis (massebezogen)	17,5	11,0	29,0	12,0	58,5
Punktzahl*	4	5	3	5	1
Biol. Bodenaktivität	4	4	2	3	2
Punktzahl*	5	5	3	4	3
Wasserhaltekapazität	22,5	13,6	21,9	8,1	25,4
Punktzahl*	5	2	4	1	5
Gesamtpunktzahl / Befallspotenzial	24	20	25	16	24

*) Punktvergabe zur Bewertung des Befallspotenzials:

1 – am niedrigsten 2 – niedriger 3 – mäßig 4 – höher 5 – am höchsten

Tab. 1: Rangfolge der Prüffelder anhand befallsrelevanter Parameter

3 Untersuchung der Intensität der Pilzerstörung

Die Hölzer wurde jährlich begutachtet und hinsichtlich ihres Zerstörungsgrades gemäß DIN EN 252 von 0 (keine Zerstörung) bis 4 (Ausfall bzw. Bruch) bewertet. Die entsprechenden Ratings an den verschiedenen Standorten sowie das verwendete Bewertungsschema sind in Tab. 2 zusammengefasst.

Am Standort Dresden erfolgten zusätzliche makroskopische Untersuchungen an jeweils 20 Hölzern. Beim Sortiment Rotbuche (Abb. 2) war hier bereits nach einem Jahr die Mehrzahl der Hölzer (14) ausgefallen. Der stärkste Befall war jeweils in der Erd-Luft-Zone zu beobachten. Makroskopisch wurden Anzeichen von Moderfäule in Form von kleinem Würfelbruch sowie Weißfäule diagnostiziert. Bei KiefernSplint (Abb. 3) war nach einem Jahr ein beginnender Abbau zu verzeichnen, 19 Prüfhölzer wurden mit Rating 2, eines mit 3 bewertet. Im Bereich der Erd-Luft-Zone wurde an einigen Hölzern Pilzmyzel und beginnende Weißfäule gefunden. Die ersten 5 Prüfhölzer fielen nach zwei Jahren aus; nach drei Jahren hatten dann insgesamt 15 Prüfhölzer Rating 4 erreicht. Auffällig war großflächiger Algenbefall, insbesondere auf den nach Norden gerichteten Seiten.



Abb. 2: Buchenhölzer nach einem Jahr Exposition im Erdkontakt am Standort Dresden, Bruch nach Schlagprüfung

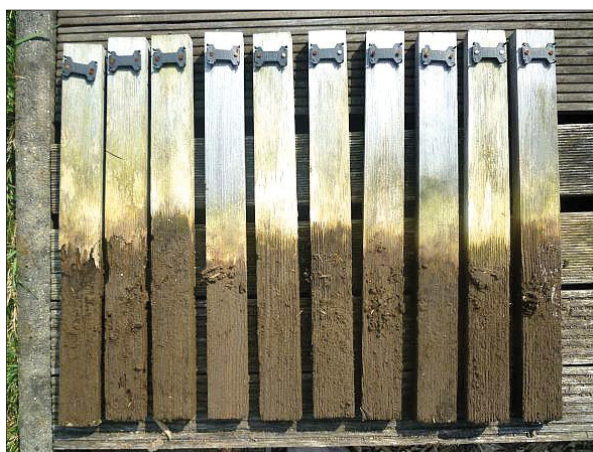


Abb. 3: Kiefern-splinthölzer nach 3 Jahren Exposition im Erdkontakt am Standort Dresden vor der Schlagprüfung



Abb. 4: Lärchenkernhölzer nach 3 Jahren, meist relativ geringe Zerstörungen (Rating 1 bis 2)

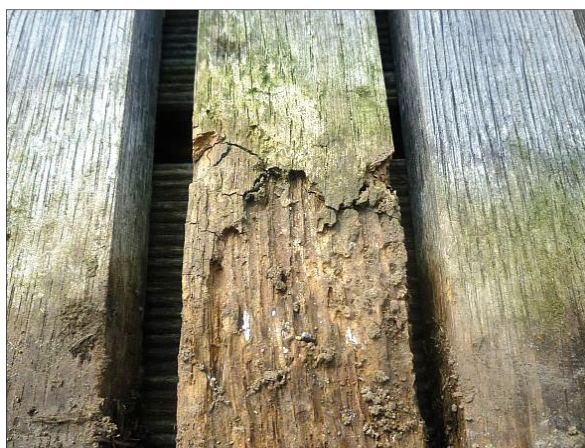


Abb. 5: Eichenkernhölzer nach 3 Jahren, Rating 3 am mittleren Stab tiefegehende Zerstörung im Erde-Luft-Bereich)

Bei Lärchenkernholz (Abb. 4) traten deutliche Zeichen eines pilzlichen Abbaus erst nach zwei (Rating 2–3 an 6 Prüfhölzern) bzw. drei Jahren (Rating 2–3 an 7 Prüfhölzern) auf. Myzel von Basidiomyceten war nur an einzelnen Prüfkörpern vorhanden. Auffällig war nach zwei Jahren ein starker oberflächlicher Befall mit holzverfärbenden Pilzen aus der Gattung *Penicillium*.

An Eichenkernholz (Abb. 5) waren nach einem Jahr keine oder nur sehr oberflächliche Abbauerscheinungen zu verzeichnen, die sich nach zwei Jahren jedoch deutlich verstärkten. So wurden zu diesem Zeitpunkt bereits 14 Hölzer mit Rating 2 oder 3 bewertet. Überraschenderweise war nach drei Jahren kein wesentliches Fortschreiten des Abbaus zu verzeichnen. Ausfälle gab es innerhalb der bisherigen Expositionszeit von drei Jahren nicht. Die Zerstörungen waren erwartungsgemäß im Erd-Luft-Bereich am stärksten und wurden vor allem durch Braun- und Moderfäulepilze hervorgerufen.

Standort		Dresden			Hamburg			Poznán			Udine		
Jahre		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Lärchenkern	Rating	0,9	0,9	1,6	0,4	1,1	2,2	1,1	1,8	2,2	1,1	1,5	2,5
	f_{KIE}	2,3	3,4	2,4	4,1	3,0	1,7	1,0	1,7	1,4	1,4	1,9	1,2
	DHK	3	2	3	2	3	4	5	4	4	3	3	4
Eichenkern	Rating	0,9	1,8	1,9	0,7	1,6	2,3	1,0	1,0	1,0	1,3	2,0	2,4
	f_{BU}	3,9	2,3	2,1	2,1	2,0	1,7	1,0	3,0	3,0	2,1	1,6	1,5
	DHK	2	3	3	3	4	4	5	3	3	3	4	4
Kiefernspint	Rating	2,1	3,1	3,8	1,5	3,3	3,8	1,0	2,2	2,8	1,5	2,8	3,0
Rotbuche	Rating	3,5	4,0	4,0	2,3	3,9	4,0	1,0	3,0	3,0	2,6	3,2	3,6

* Bewertung der Intensität der Pilzzerstörung: 0 – kein Angriff, 1 – leichter Angriff, 2 – mittlerer Angriff, 3 – starker Angriff,

4 – Ausfall (detaillierte Beschreibung der Ratingstufen in DIN EN 252)

** Der Dauerhaftigkeitsfaktor f kennzeichnet die relative Dauerhaftigkeit von Lärchen- und Eichenkernhölzern gegenüber den Referenzhölzern. Dabei ist f_{KIE} der Quotient aus den gemittelten Ratingwerten der Lärchenkernhölzer und dem mittleren Rating der Referenzhölzer aus Kiefernspint, f_{BU} ist der Quotient aus dem gemittelten Ratingwerten der Eichenkernhölzer und dem mittleren Rating der Referenzhölzer aus Rotbuche.

***Vorläufige Dauerhaftigkeitsklasse: 1 – sehr dauerhaft, 2 – dauerhaft, 3 – mäßig dauerhaft, 4 – wenig dauerhaft, 5 – nicht dauerhaft (ermittelt aus dem Dauerhaftigkeitsfaktor nach WELZBACHER und RAPP 2007)

Tab. 2: Bewertung der Pilzzerstörung und vorläufige Berechnung von Dauerhaftigkeitsfaktoren an verschiedenen Standorten (Mittelwerte aus 20 Versuchshölzern je Holzart und Standort)

An allen Standorten war der Abbau der Referenzhölzer erwartungsgemäß deutlich höher als der von Lärchen- und Eichenkern, wobei Kiefernspint auf allen Feldern eine höhere Dauerhaftigkeit als Rotbuche aufwies. Bei Rotbuche waren in Dresden bereits nach einem Jahr mehr als die Hälfte der Hölzer ausgefallen, woraus sich die mittlere Standzeit von nur einem Jahr ergibt. In Hamburg betrug die mittlere Standzeit von Rotbuche zwei, in Poznán und Udine sogar mehr als drei Jahre. Für Kiefernspint ergab sich in Dresden und Hamburg eine mittlere Standzeit von 3 Jahren. Für Poznán und Udine kann bisher noch keine endgültige Standzeit abgeleitet werden. Aufgrund des starken Termitenbefalls an einer Reihe von Prüfkörpern waren die Ergebnisse am Standort Bordeaux nicht auswertbar (vgl. Abb. 8).

Anhand der Standortbewertung wurde die höchste Zerstörungsintensität für das Prüffeld in Bordeaux, die geringste am Standort Poznán erwartet. Zieht man die Ratings der Referenzhölzer heran, so bestätigt sich für Poznán tatsächlich die geringste Befallsaktivität. Es ergibt sich jedoch in der Gesamtheit keine deutliche Differenzierung der Prüffelder, was darauf zurückzuführen ist, dass die Parameter nicht gewichtet sind. Derzeit liegen jedoch keine Erkenntnisse vor, auf deren Basis eine begründbare Wichtung vorgenommen werden könnte, so dass eine Vorhersage des Befallsdruckes anhand von Standort- und Prüffelddaten zunächst nicht gelingt. Dies ist Gegenstand weiterführender Untersuchungen.

4 Pilzspektrum an Versuchshölzern

4.1 Untersuchungsmethoden

Für die Pilzdiagnostik wurde halbjährlich ein Set von jeweils drei Kiefern-splint- und drei Buchenstäben je Standort entnommen. Für die Beprobung wurden drei Prüfkörperbereiche definiert. Probenahmen für die Pilzbestimmung erfolgten an visuell erkennbaren, charakteristischen Befallsstellen, Myzelien oder Fruchtkörpern sowie nach Aufschnitt der Hölzer aus dem Inneren (Abb. 6).

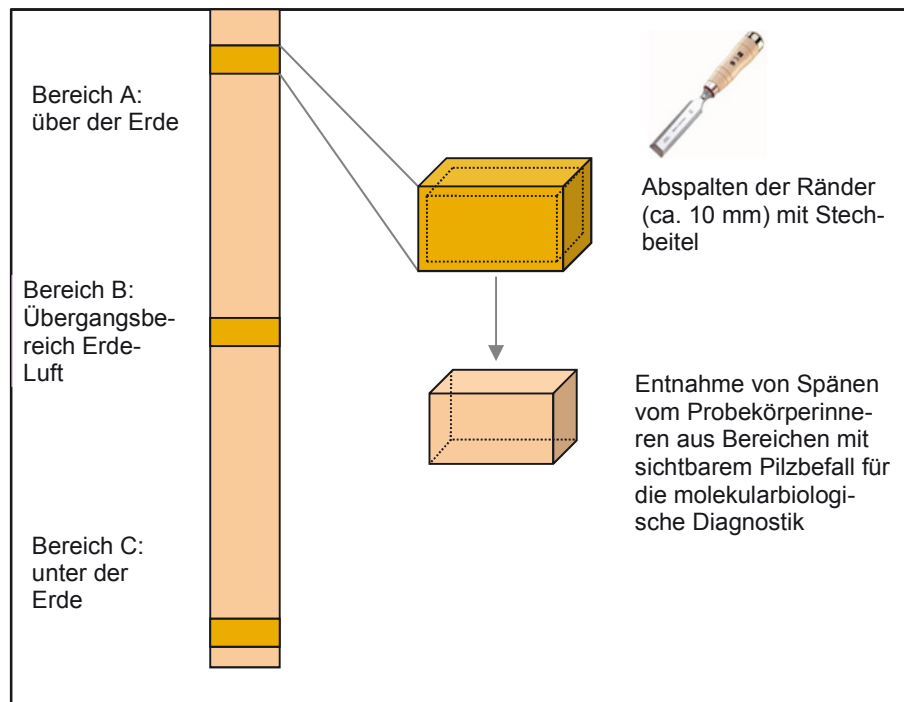


Abb. 6: Schematische Darstellung der Probenahme an den Versuchshölzern

Die Versuchshölzer wurden makroskopisch begutachtet und der Befallsgrad dokumentiert. Anschließend wurden die Probenoberflächen und Myzelien makroskopisch und mikroskopisch im Auf- und Durchlicht, ggf. nach Anfertigung von Dünnschnitten untersucht (Abb. 7 bis 10). Grundlage der DNA-basierten Pilzdiagnostik an Versuchshölzern waren die Sequenzierung spezifischer DNA-Markerregionen sowie Schmelzkurven- und Restriktionsanalysen von PCR-Produkten. Methodische Details werden bei JACOBS et al. 2012 dargestellt.

4.2 Ergebnisse der Pilzuntersuchungen

Insgesamt wurden 150 Versuchshölzer von 5 Standorten begutachtet und im Hinblick auf den Pilzbefall mit konventionellen und molekulardiologischen Methoden analysiert. In der Summe wurden dabei 98 verschiedene Pilze aus 77 Gattungen identifiziert. Dabei wurden je Prüfstandort im Durchschnitt 25 Pilze nachgewiesen. Dies ist unter Berücksichtigung ähnlicher Untersuchungen (u. a. Kim 2005) sehr gering, was jedoch vorrangig auf eine Unterbestimmung von *Ascomycota*, nicht jedoch von Holz zerstörenden *Basidiomyceten* zurückzuführen ist.



Abb. 7: Visuelle Beurteilung des Pilzbefalls an Querschnitten von Prüfhölzern in den verschiedenen Bereichen A (oben), B (Mitte) und C (unten) nach Aufschnitt



Abb. 8: Bereich A (oben), B (Mitte) und C (unten) eines Buchenholzes vom Standort Bordeaux nach 30 Monaten Expositionszeit mit Termitenfraßgängen



Abb. 9: Herstellung von Dünnschnitten mit scharfer Klinge für die Mikroskopie



Abb. 10: Entnahme von Spänen nach Abspalten der Ränder für DNA-Untersuchungen

Bei 43 Pilzen konnte die Art nicht eindeutig zugeordnet werden, da keine hinreichenden Referenzsequenzen vorlagen oder das Differenzierungspotenzial innerhalb der verwendeten Markerregionen zu gering war, um auf Art-Niveau aufzulösen (Jacobs et al. 2013).

Fäuletypen

Eine Übersicht über die auf Basis sichtbarer Zerstörungsmerkmale diagnostizierten Fäulearten am Standort Dresden gibt Tab. 3. Ähnliche Befunde lieferte die Analyse der Hölzer der anderen Standorte. Überraschenderweise wurde in der Gesamtheit vorrangig Weiß- und Moderfäule festgestellt, während Braunfäule (BF) sowohl bei direkter Begutachtung der Hölzer (BF ist an einem charakteristischen Würfelbruch erkennbar) als auch bei Bewertung der Fäuletypen der identifizierten Pilzarten nur in Bordeaux und in etwas geringerem Umfang in Poznań in Erscheinung trat. Die ab 12 Monaten Expositionszeit in Bordeaux an Kiefer (Bereich B und C) auftretende BF wurde vor allem durch *Serpula himantoides* und *Coniophora* sp. verursacht, maßgeblicher BF-Erreger an Kiefer (Bereich B und C) in Poznań ab 24 Monaten Expositionszeit war eine *Postia* sp. Diese Befunde werden gegenwärtig weiter untersucht.

Holzart	Kiefer					Rotbuche				
	6	12	18	24	30	6	12	18	24	30
Expositionszeit (Monate)										
WF	A □□□ B ■■■ C ■■■	A □□□ B ■■■ C ■■■	A □□□ B ■■■ C ■■■	A □□□ B ■■■ C ■■■	A □□□ B ■■■ C ■■■	A □□□ B ■■■ C ■■■	A □□□ B ■■■ C ■■■	A □□□ B ■■■ C ■■■	A □□□ B ■■■ C ■■■	A □□□ B ■■■ C ■■■
BF	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□
MF	A □□□ B ■■■ C ■■■	A □□□ B ■■■ C ■■■	A □□□ B ■■■ C ■■■	A □□□ B ■■■ C ■■■	A □□□ B ■■■ C ■■■	A □□□ B ■■■ C ■■■	A □□□ B ■■■ C ■■■	A □□□ B ■■■ C ■■■	A □□□ B ■■■ C ■■■	A □□□ B ■■■ C ■■■
BP	A ■■■ B ■■■ C □□□	A ■■■ B ■■■ C □□□	A ■■■ B ■■■ C □□□	A ■■■ B ■■■ C □□□	A ■■■ B ■■■ C □□□	A ■■■ B ■■■ C □□□	A ■■■ B ■■■ C □□□	A ■■■ B ■■■ C □□□	A ■■■ B ■■■ C □□□	A ■■■ B ■■■ C □□□

WF ... Weißfäulebefall

BF ... Braunfäulebefall

MF ... Moderfäulebefall

BP ... Bläuepilze / tiefergehende Verfärbungen

A ... Bereich oberhalb Erde

B ... Übergangsbereich Luft/Erde

C ... Bereich in der Erde

■ Befall äußerlich

■ Befall im Inneren des Versuchsholzes nachgewiesen

■ Befall sowohl außen als auch im Inneren nachgewiesen

□ kein sichtbarer Befall

Tab. 3: Identifizierte Fäuletypen an und in Versuchshölzern am Standort Dresden (jeweils 3 Versuchshölzer bewertet) in den Bereichen A, B und C

Pilzbefall im oberen Bereich der Hölzer (Bereich A)

Erwartungsgemäß wurde der obere Bereich A äußerlich in geringerem Umfang durch holzerstörende Pilze besiedelt als die anderen zwei Bereiche (Erde-Luft-Übergangsbereich B sowie unterirdisch exponierter Bereich C). Weiterhin wuchsen diese Pilze nur in geringem Maße in das Innere der Hölzer ein. Jedoch wurden an allen Standorten holzerstörende Pilze identifiziert, die im oberen Bereich der Prüfhölzer in einer Tiefe von mehr als 5 mm präsent waren und zwar sowohl an Buche (15 Arten) als auch an Kiefer (19 Arten).

Bereits nach 6 Monaten Exposition wurden am Standort Hamburg der Rindenpilz *Cylindrobasidium evolvens* (Abb. 12) im Inneren von allen drei untersuchten Kiefernholzern und in Udine eine *Peniophora*-Art an zwei der drei untersuchten Kiefernholzern nachgewiesen. Bei Buche waren nach dieser kurzen Expositionszeit keine holzerstörenden *Basidiomyceten* im oberen Bereich der Hölzer (Bereich A) zu diagnostizieren.

ren. Die über die Expositionszeit am häufigsten im Inneren des Bereiches A gefundenen und sowohl an Buche als auch an Kiefer auftretenden Pilzarten waren *Exidia* spp., vorrangig *Exidia glandulosa* (Abb. 11), *Sistotrema* spp., vorrangig *Sistotrema brinkmanii* sowie *Peniophora* spp. Generell wurden im Inneren maximal vier verschiedene Arten gleichzeitig nachgewiesen.



Abb. 11: Glänzender schwarzer zäher Fruchtkörper von *Exidia glandulosa* mit gelatineartiger Konsistenz an Rotbuchenholz, Bereich A, nach 24 Monaten Exposition am Standort Dresden



Abb. 12: Krustiger beigefarbener Fruchtkörper von *Cyindrobasidium evolvens* mit typischen Rissstrukturen an Kiefernholz, Bereich A, nach 12 Monaten Exposition am Standort Hamburg



Abb. 13: Fruchtkörperbüschel von *Hypholoma fasciculare* an Kiefernholz im Bereich B nach nur 6 Monaten Exposition am Standort Hamburg

Eine intensive Verfärbung durch Bläuepilze war an allen Hölzern und Standorten bereits nach 6 Monaten sichtbar, die nach 12 Monaten auch die gesamten Querschnitte im Bereich A der Hölzer umfasste. Als Verursacher dieser Verfärbungen wurden Vertreter der Ordnung *Helotiales*, *Dothideales* (u. a. *Aureobasidium* spp. und *Sydowia* spp.) sowie *Pleosporales* (u. a. *Alternaria* spp.) identifiziert, wobei letztere nur bei Außenbeprobung gefunden wurden. Vertreter der *Dothideales* sind als Bläueerreger bereits bekannt, während die Ordnungen *Helotiales* und *Pleosporales* bisher keine bekannten, in das Holz einwachsenden Bläueerreger umfassen.

Pilzbefall im Erde-Luft-Übergangsbereich der Hölzer (Bereich B)

Der Erde-Luft-Übergangsbereich wird i. d. R. am intensivsten angegriffen und zerstört. In dieser Region treten bei Ausfall der Prüfhölzer fast immer die Brüche auf. Dies bestätigt sich grundsätzlich auch durch die relativ hohe Anzahl der identifizierten Pilzarten und deren Häufigkeit in diesem Bereich. In der Summe wurden 78 unterschiedliche Pilze nachgewiesen, darunter 43 verschiedenen Arten im Inneren des Holzes, d. h. in einer Tiefe von mehr als 5 mm. Überraschenderweise veränderte sich die Artenanzahl im Holzinneren über den Expositionszeitraum nach einer gewissen Anlaufphase von 6 bis 12 Monaten nur geringfügig.

Die häufigsten im Inneren des Bereiches B gefundenen Pilzarten bei Buchenhölzern waren die WF-Erreger *Bjerkandera adusta*, *Trametes versicolor* sowie *Hypholoma fasciculare* (Abb. 13). In Kiefernholzern dominierten neben den WF-Pilzen *H. fasciculare* und *Cyathus* spp. (Abb. 14 und 15) vor allem *Peniophora*-Arten und Pilze der Gattung der *Coriolaceae* wie *Sistotrema*-, *Oxyporus*- und *Scopuloides* spp. (Abb. 17).

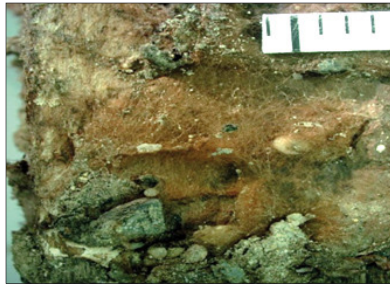


Abb. 14: Rotbraunes dichtes Oberflächenmyzel von *Cyathus striatus* an Buchenholz, Bereich B, nach 6 Monaten Exposition am Standort Dresden

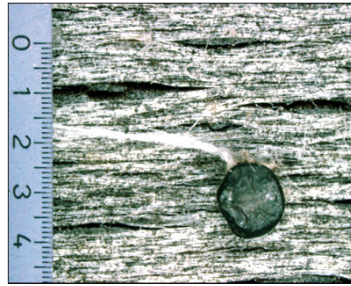


Abb. 15: Peridiole von *Cyathus stercoreus* an Buchenholz, Bereich B, nach 12 Monaten Exposition am Standort Udine

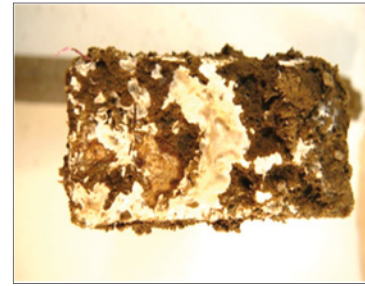


Abb. 16: Kompaktes weißes Oberflächenmyzel von *Bjerkandera adusta* am unteren Querschnitt von Rotbuche nach 24 Monaten Exposition am Standort Dresden

Im Bereich B wurde an allen Hölzern Moderfäule (z. B. Abb. 19) festgestellt, eine Differenzierung einzelner Schaderreger erfolgte jedoch nicht. An drei Standorten wurden an durch Moderfäule zerstörten Bereichen Oberflächenmyzelien mit auffälligen helicalen Sporen gefunden (Abb. 18), die nach DNA-Analyse der Gattung *Helicosporium* zuzuordnen waren. Da DNA dieser Pilze auch im Inneren der Hölzer nachgewiesen wurde, ist zu vermuten, dass es sich um Moderfäuleerreger handelt.



Abb. 17: Mikroskopische Aufnahme von Zystidenbruchstücken aus dem Oberflächenmyzel von *Scopuloides hydroides* auf Kiefersplint, Bereich B, nach 18 Monaten Exposition am Standort Hamburg

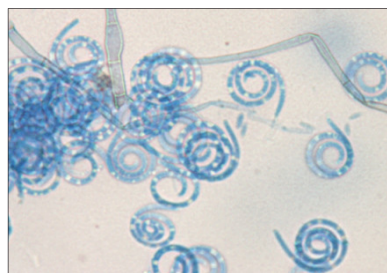


Abb. 18: Helicale Sporen einer *Helicosporium* sp. auf Kiefersplint, Bereich B, nach 24 Monaten Exposition am Standort Dresden

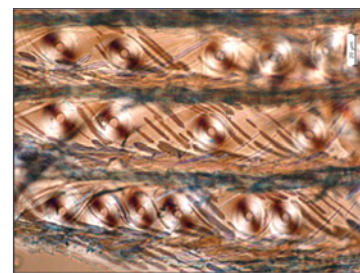


Abb. 19: Zerstörungsbild einer Moderfäule an Kiefersplint, Bereich C, nach 18 Monaten Exposition am Standort Poznań, Mikroskopische Aufnahme eines Längsschnittes

Pilzbefall im unteren Bereich der Hölzer (unterhalb Erdoberfläche, Bereich C)

Der unterhalb der Erde verbaute Bereich des Holzes (Bereich C) wird im Allgemeinen stärker angegriffen als der obere Bereich (Bereich A), jedoch weniger intensiv zerstört als der Erde-Luft-Übergangsbereich (Bereich B). In der Summe wurden im Bereich C aller Hölzer 61 verschiedene Pilzarten (40 an Buche und 32 an Kiefer) identifiziert, im Inneren der Hölzer wurden 43 verschiedene Arten (24 an Buche und 22 an Kiefer) nachgewiesen. Dabei entsprach die Anzahl der für verschiedene Expositionszeiten und Standorte ermittelten unterschiedlichen Pilzarten in etwa der des Bereichs B und es traten keine gravierenden Veränderungen in Bezug auf die Anzahl der Pilze über dem Expositionszeitraum von 12 bis 30 Monaten auf. Die häufigsten im Inneren des Bereiches C gefundenen Pilze waren bei Buche die WF-Erreger *Bjerkandera adusta* (Abb. 16), *H. fasciculare* und *T. versicolor*. Letzterer trat im Be-

reich C etwas weniger häufig auf als im Bereich B. Bei Kiefer wurden häufig die Arten *H. fasciculare*, *Hypochnicium* spp., *Peniophora* spp. sowie verschiedene *Coriolaceae* wie *Sistotrema*-, *Oxyporus*- und *Scopuloides* spp. nachgewiesen. Damit entsprach das Pilzspektrum weitestgehend dem des Bereiches B.

Zeitliche Entwicklung dominanter Pilzarten

Die am häufigsten am Standort Dresden gefundenen Pilzarten und deren Befallsintensität über die Expositionszeit von 6 bis 30 Monaten dokumentiert Tab. 4 (Daten der anderen Freilandprüffelder werden bei Jacobs et al. 2013 aufgeführt). Zunächst zeigen sich bei dieser Art der Darstellung sehr deutliche Präferenzen einzelner Pilze für eine Holzart. So treten *B. adusta*, *E. glandulosa* und *T. versicolor* fast ausschließlich an Buchenholz auf, während *Resinicium bicolor* sowie *Hypochnicium* spp. vorzugsweise bis ausschließlich an Kiefernholzern zu finden sind. An beiden Holzarten wurden hingegen häufig *C. striatus*, und *S. brinkmannii* identifiziert. Im Wesentlichen wurden die für die untersuchten Pilze aus der Literatur bekannten Substratpräferenzen bestätigt.

Auch der zeitliche Verlauf der Entwicklung der einzelnen Pilze wird in Tab. 4 nachvollziehbar. Nach einer unterschiedlich langen Anlaufphase ist die Mehrzahl der Pilze nahezu über die gesamte Expositionszeit präsent. Gravierende Veränderungen der Pilzflora sind bei ausschließlicher Betrachtung der dominierenden Arten eines Standortes nicht erkennbar, so dass zunächst kein spezifischer Sukzessionsverlauf für einzelne Standorte nachgewiesen werden kann. Gegenwärtig werden deshalb die Einzelbefunde der Pilzdiagnostik nochmals nach anderen Prinzipien gewichtet und ausgewertet.

Holzart	Kiefer					Rotbuche				
	6	12	18	24	30	6	12	18	24	30
<i>Bjerkandera adusta</i>	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B ■□□ C ■□□	A □□□ B ■□□ C ■□□	A □□□ B ■□□ C ■□□	A □□□ B ■□□ C ■□□	A □□□ B ■□□ C ■□□
<i>Cyathus striatus</i>	A □□□ B ■□□ C ■□□	A □□□ B ■□□ C ■□□	A □□□ B ■□□ C ■□□	A □□□ B ■□□ C ■□□	A □□□ B ■□□ C ■□□	A □□□ B ■□□ C ■□□	A □□□ B ■□□ C ■□□	A □□□ B ■□□ C ■□□	A □□□ B ■□□ C ■□□	A □□□ B ■□□ C ■□□
<i>Exidia glandulosa</i>	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A ■□□ B ■□□ C □□□	A ■□□ B ■□□ C □□□	A ■□□ B ■□□ C □□□	A ■□□ B ■□□ C □□□
<i>Hypochnicium</i> spp.	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□
<i>Resinicium bicolor</i>	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□
<i>Sistotrema brinkmannii</i>	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□
<i>Trametes versicolor</i>	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□	A □□□ B □□□ C □□□

- Befall äußerlich
- Befall im Inneren nach Aufschnitt des Versuchsholzes
- Befall sowohl außen als auch im Inneren
- kein Befall

- A ... Bereich oberhalb Erde
- B ... Übergangsbereich Luft/Erde
- C ... Bereich in der Erde

Tab. 4: Zeitliches Auftreten dominanter Pilzarten am Standort Dresden

5 Zusammenfassung und Fazit

Die Pilzarten an den unterschiedlichen Standorten variieren, wobei jeweils 5 bis 10 dominierende Arten nachweisbar sind, die über die gesamte Expositionszeit präsent sind. Ein Teil der Pilze zeigt eine artspezifische Substratpräferenz, d. h., sie wuchsen ausschließlich oder vorzugsweise an einer bestimmten Holzart. Die Anzahl unterschiedlicher Pilze variiert innerhalb des Holzes. Sie ist in dem Holzteil, der unterhalb der Erde verbaut ist (C), sowie im Erde/Luft Übergangsbereich (B) deutlich höher als oberhalb des Erdbodens (A). Während in den Bereichen C und B Moderfäule und Weißfäule dominieren, treten im Bereich A vor allem Verfärbungen durch Bläuepilze auf. Aus dem zeitlichen Verlauf des Pilzangriffs und dem identifizierten Artenspektrum waren keine eindeutigen Aussagen zur Sukzession von Pilzen abzuleiten. Die Mehrzahl der dominanten Pilze an jedem Standort war nach einer unterschiedlich langen Anlaufphase nahezu über die gesamte Expositionszeit präsent. Eine diesbezügliche Analyse der Daten zu den weniger häufig gefundenen Arten ist in Arbeit.

Es wurden eine Reihe von Pilzen nachgewiesen, die bisher nicht oder kaum als Schadpilze an verbaulichem Holz bzw. Nutzholz beschrieben sind, allerdings sind sie in den meisten Fällen als Saprophyten an Totholz bekannt. Interessanterweise sind gerade die Arten, die bei der Prüfung zu Wirksamkeit von Holzschutzmitteln nach DIN EN 113 im Labor eingesetzt werden, kaum präsent, mit Ausnahme von *T. versicolor*. Dieser ist der einzige obligatorisch einzusetzende Weißfäulepilz (neben drei Braunfäulepilzen). Da im Projekt gezeigt wurde, dass der Weißfäuleabbau an allen Standorten deutlich dominiert, ist es diskussionswürdig, dass im Labortest drei Braunfäulepilze und nur ein Weißfäulepilz als Prüforganismen eingesetzt werden. Insbesondere für die Prüfung von Holzschutzmitteln für GK 4 sollten Weißfäuleerreger mehr Beachtung finden.

Zum Teil sind die gefundenen Pilze genetisch wenig untersucht. So konnten z. B. 43 Pilze nur auf Gattungs-Niveau oder darunter differenziert werden, weil keine hinreichenden Referenzdaten verfügbar waren. Für ausgewählte Pilzgruppen sollen deshalb im Nachgang zum Projekt die Sequenzdaten reproduziert und durch weitere Untersuchungen an Reinkulturen verifiziert werden.

Die Ergebnisse zur Diversität und Sukzession der Pilze, insbesondere die im Kontext ermittelte Charakteristik der Standortparameter der Freilandprüffelder, stellen einen wichtigen Beitrag für die weitere Entwicklung der Prüfmethoden zur Dauerhaftigkeit unter Praxisbedingungen dar und fließen unmittelbar in die gegenwärtigen Aktivitäten des CEN/TC 38 „Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten“ ein. Das begrenzte Wissen um die Charakteristik der Freilandprüffelder, insbesondere zu den dort vorkommenden holzerstörenden Pilzen und den mit ihnen vergesellschafteten Organismen wird im CEN/TC 38 als erhebliches Defizit betrachtet (NN 2013).

Literatur und Normen

HAWKSWORTH, DAVID L. (2001): The magnitude of fungal diversity: the 1.5million species estimate revisited. *Mycological research* 105: 1422–1432.

HAWKSWORTH, DAVID L. (2004): Fungal diversity and its implications for genetic resource collections. *Studies in Mycology* 9: 9–18.

JACOBS, KORDULA; PLASCHKIES, KATHARINA; SCHEIDING, WOLFRAM (2013): IHD-Bericht, Molekulare Biotechnologie zur Analyse des Holzabbaus im Freiland. Schlussbericht zum BMWi-Forschungsvorhaben, Reg.-Nr. VF 090010.

KIM, GYU-HYEOK; LIM, YOUNG WOON; SONG, YUN-SANG; KIM, JAE-JIN (2005): Decay fungi from playground wood products in service using 28rDNA sequence analysis. *Holzforschung* 59 4: 459–466.

NN (2013): Internes Positionspapier des CEN/TC 38 vom 28. 05. 2013; Dokument N 988.

SCHMIDT, OLAF (2006): Wood and tree fungi-biology, damage, protection and use. Springer Verlag, Berlin.

WEIß, BJÖRN; WAGENFÜHR, ANDRÉ; KRUSE, KORDULA (2000): Bestimmung und Beschreibung von Bauholzpilzen. Leinfelden-Echterdingen: DRW-Verlag.

DIN 68800-1:2011-10 Holzschutz – Teil 1: Allgemeines.

DIN 68800-2:2012-02 Holzschutz – Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau.

DIN 68800-3:2012-02 Holzschutz – Teil 3: Vorbeugender Schutz von Holz mit Holzschutzmitteln.

DIN 68800-4:2012-02 Holzschutz – Teil 4: Bekämpfungs- und Sanierungsmaßnahmen gegen Holz zerstörende Pilze und Insekten.

DIN EN 252:1989 Holzschutzmittel; Freiland-Prüfverfahren zur Bestimmung der relativen Schutzwirkung eines Holzschutzmittels im Erdkontakt.

DIN EN 335 Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Gebrauchsklassen: Definitionen, Anwendung bei Vollholz und Holzprodukten; Deutsche Fassung EN 335:2013.



Jacobs, Kordula
Dipl.-Ing.

seit 1996: Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Holztechnologie
Dresden, Ressort Biologie/Holzschutz



Plaschkies, Katharina
Dipl.-Biol.

seit 2000: Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Holztechnologie
Dresden, Gebiete: Dauerhaftigkeit von Holz, biologische Materialprüfungen sowie Schimmelpilzuntersuchungen und Luftkeimsammlung

Untersuchungen zum Verhalten von mit Paraffin behandelten Hölzern in Gebrauchsklasse 3

Eckhard Melcher, Christian Brischke, Andreas O. Rapp,
Christian R. Welzbacher

Kurzfassung

Paraffine gehören zur großen Stoffgruppe der aliphatischen Kohlenwasserstoffe, welche sich u. a. durch ihre wasserabweisende Wirkung auszeichnen und seit langem zum Schutz von Holzoberflächen eingesetzt werden. Im Rahmen der Untersuchungen zur Performance von mit Paraffin imprägnierten Hölzern in Gebrauchsklasse 3 (Freilandexposition ohne Erdkontakt) wurde festgestellt, dass mit Paraffin behandelte Hölzer eine geringere Rissbildung aufweisen als unbehandelte Kontrollproben. Obwohl die Paraffinimprägnierungen weder eine Vergrauung der exponierten Holzoberflächen noch eine Besiedlung durch Algen oder Holz zerstörenden Pilzen verhinderten, kann eine längere Nutzungsdauer des behandelten Holzes angenommen werden, da diese Prozesse im Vergleich zu den unbehandelten Proben in der Regel langsamer ablaufen. Hinzuweisen ist auch darauf, dass es mit der Zeit an einer Reihe von mit Paraffin behandelten Proben zu einem Wachsaustritt kam.

1 Einleitung

Holz gehört zu den wenigen Materialien, die der Mensch seit seinen Anfängen für verschiedene Zwecke verwendet. Als nachwachsender Rohstoff unterliegt Holz nicht nur abiotischen sondern auch biotischen Schadeinflüssen. Von besonderer Bedeutung ist hierbei der Holzabbau durch Pilze, der bei ausreichend hohen Holzfeuchten und -temperaturen erfolgen kann. So gibt bspw. SCHMIDT (1994) Holzfeuchten um Fasersättigung als untere Grenze für den Abbau durch Basidiomyceten an. Folglich ist die Vermeidung einer unzuträglichen Witterungsbeanspruchung eine wesentliche Voraussetzung für eine langen Gebrauchsdauer des Holzproduktes.

Der Schutz von Holz und Holzprodukten durch einen „Feuchteschutz“ wird seit Jahrhunderten erfolgreich in der Praxis angewendet und wird primär über bauliche Maßnahmen realisiert, wie sie bspw. in DIN 68800-2 (2012) beschrieben werden. Sofern die baulichen Maßnahmen keinen hinreichenden Wetterschutz gewährleisten, kann die Applikation von Hydrophobierungsmitteln, wie z. B. Wachsen, unter Umständen hilfreich sein. Wachse wurden nicht nur im Altertum zum Schutz von Holzoberflächen [SCHOLZ & MILITZ 2011], sondern auch in der jüngeren Vergangenheit zur Holzkonservierung [BAVENMANN 1962] oder zwecks Minimierung der Quellung von Spanplatten [MÜLLER 1962] eingesetzt. Ein nicht zu unterschätzender Aspekt hierbei ist, dass Paraffine nicht der Biozidverordnung (2012) unterliegen, weshalb derartige Stoffgruppen nach wie vor im Fokus aktueller Forschungsaktivitäten [SAILER 2000, UNGER et al. 2000, MATSUOKA et al. 2002, LESAR et al. 2009, MILITZ 2010] stehen. Paraffine –

wozu auch Wachse zählen – gehören der Stoffgruppe der Alkane (gesättigte, aliphatische Kohlenwasserstoffe) an, wobei diese bspw. über Erdöldestillation oder Braunkohlenschwelerei (RÖMPP 1995) gewonnen werden können. Auch ist seit Jahrzehnten bekannt, dass n-Alkane bspw. durch Schimmelpilze (PELZ & REHM 1972) abgebaut werden können. Nicht unerwähnt soll bleiben, dass die Imprägnierung von Holz mit (Kerzen-)Wachs bereits großtechnische Anwendung (LEHNERT 2011, www.dauerholz.de) findet.

Zu beachten ist, dass eine derartige Paraffinimprägnierung nicht mit der „Holzmodifizierung unter Einsatz von Wachsen“ verwechselt wird, wie sie bspw. NEMETH et al. (2012) beschreiben.

Da sich Paraffine durch eine wasserabweisende Wirkung auszeichnen, sollte paraffinbehandeltes Holz schwerpunktmäßig seine Anwendung in Gebrauchsklasse 3 (GK 3) finden, die nach DIN EN 335: (2013) mit „*im Außenbereich, ohne Erdkontakt, der Witterung ausgesetzt*“ umschrieben wird. Zu vermuten ist nämlich, dass paraffinbehandeltes Holz bei einer länger anhaltenden Befeuchtung (bspw. im Erdkontakt = GK 4) und der damit einhergehenden biologischen Beanspruchung, dieser nicht zu widerstehen vermag.

Im folgenden Beitrag werden Ergebnisse zur Performance von mit Paraffin behandelten Hölzern nach mehrjähriger Freilandexposition in GK 3 dargestellt. Die Zusammenstellung basiert hauptsächlich auf Daten, die den Abschlussberichten „*Untersuchung der hydrophobierenden Schutzwirkung von synthetischen Wachsen und Ölen zur Imprägnierung von Holz*“ [http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dn048659.pdf] und „*Entwicklung und Untersuchung von hydrophobiertem und koloriertem Holz für Anwendungen im dekorativen, bewitterten Einsatz*“ [<http://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2010/5934/pdf/zi044126.pdf>] entnommen und durch im Nachgang ermittelte Ergebnissen ergänzt wurden.

2 Material und Methoden

Die Prüfkörper für einen Doppellagentest [RAPP & AUGUSTA 2004] wurden aus Kiefernspint- und Fichtenholz gefertigt, während für das Lap-Joint-Verfahren [DIN CEN/TS 12037 2004] ausschließlich Kiefernspintholz eingesetzt wurde. Ferner wurden Buchen-, Kiefern- und Fichtenproben in einem Winkel von 45 ° (Abb. 1) einer mehrjährigen Bewitterung ausgesetzt.

Die Imprägnierung der Prüfkörper erfolgte in der Pilotanlage des Thünen-Instituts (Abb. 2) mittels Spartränkverfahren unter Verwendung verschiedener Paraffine. Bevor die Einspeisung des verflüssigten Paraffins erfolgte, wurden die Prüfkörper bei einem Vordruck von 3 bar und einer Behandlungstemperatur von 20 °C über dem jeweiligen Tropfpunkt für 45 min erwärmt, welcher sich eine Druckphase von 8 bar über 2 h anschloss.

Nach der Tränkung wurden die Proben für 45 min im Trockenschrank in Schräglage temperiert. Abschließend wurden die Oberflächen von anhaftendem Paraffin befreit und gewogen. Aus den jeweiligen Massen (vor und nach der Imprägnierung) wurde die Einbringmenge an Paraffin errechnet, die für die Lap-Joint- und Doppellagenprüfkörper im Mittel etwa 135 kg/m³ betrug.

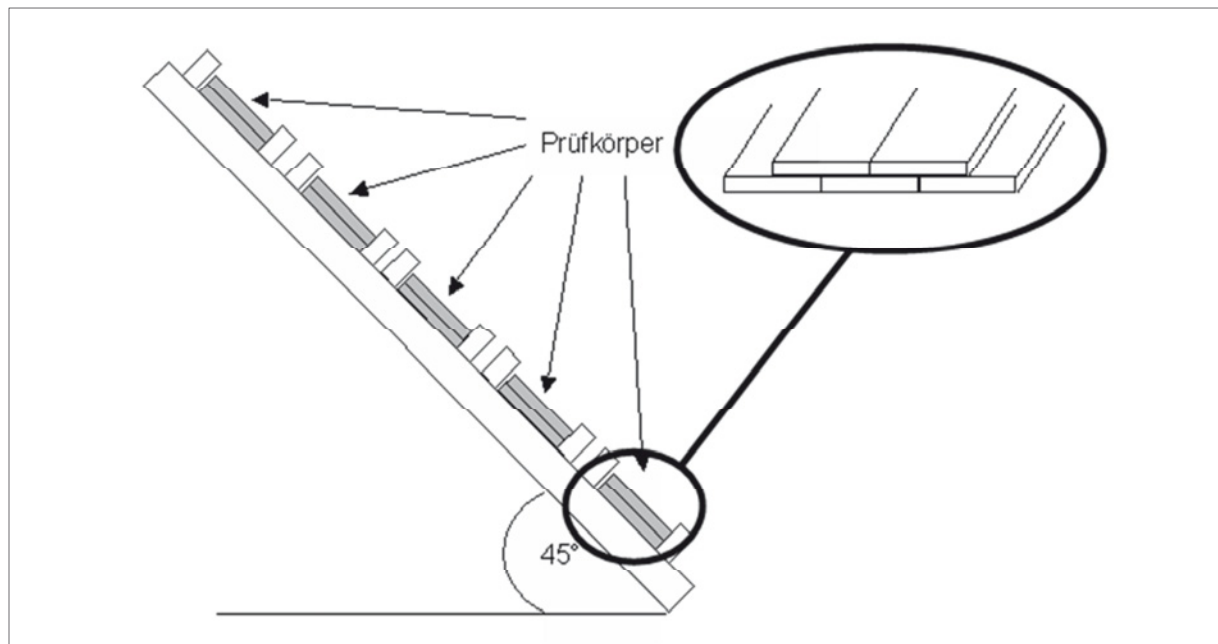


Abb. 1: Schematische Darstellung der in Schräglage exponierten Prüfkörper



Abb. 2: Kesseldruckanlage im Technikum des Thünen-Instituts für Holzforschung

Am Standort Hamburg-Lohbrücke wurden im Doppellagen- und Lap-Joint-Test je Material 42 Prüfkörper außerhalb des Erdkontaktes der natürlichen Witterung ausgesetzt, wobei die Proben einmal jährlich hinsichtlich des Auftretens von Fäulnis in Anlehnung an DIN EN 252 (1990) unter Anwendung des „Pick-Tests“ [NICHOLAS 1973] bewertet wurden. Zur Klassifizierung des Zustandes der Prüfkörper diente jeweils eine fünfstufige Skala. Tab. 1 zeigt diese für die Proben, welche in Doppellage exponiert wurden. In ähnlicher Art und Weise wurden auch die Lap-Joint-Prüfkörper bewertet [BRANDT et al. 2011].

Bewertung	Bezeichnung	Bewertungskriterien
0	Kein Angriff	Keinerlei Veränderungen, mit Ausnahme von Verfärbungen ohne eine Erweichung des Holzes.
1	Leichter Angriff	Wahrnehmbare Veränderungen, die aber in ihrem Umfang und Lage oder Verteilung begrenzt sind. Veränderungen, die äußerlich durch einen Abbau erkennbar sind; Weichwerden des Holzes bis zu einer augenscheinlichen Tiefe von ca. 1 mm.
2	Mittlerer Angriff	Deutliche Veränderungen mäßigen Umfangs mit folgenden Erscheinungsbildern: Veränderungen in Form von Weichwerden des Holzes bis zu einer augenscheinlichen Tiefe von 2 bis 3 mm und einer Ausdehnung von mehr als 1 cm ² je Prüfkörper.
3	Starker Angriff	Starke Veränderungen: Erheblicher Abbau des Holzes bis zu einer Tiefe von 3 bis 5 mm und einer Ausdehnung von mehr als 20 cm ² oder Weichwerden des Holzes bis zu einer größeren Tiefe (10 bis 15 mm) auf einem begrenzten Bereich mit einer Ausdehnung von mehr als 1 cm ² .
4	Ausfall	Durchbrechen des Holzstabes.

Tab. 1: Bewertungskriterien für Proben im Doppellagenversuch

In Ergänzung wurde gravimetrisch die Holzfeuchte bestimmt, die Oberflächentemperatur erfasst und einzelne Pilze identifiziert. Ferner wurde von einigen ausgebauten Proben Material entnommen und mikroskopisch untersucht [Details in BRANDT et al. 2011].

Im Gegensatz hierzu wurde die Holzfeuchte der im 45°-Winkel exponierten Prüfkörper lediglich in den ersten 6 Monaten bestimmt. Danach wurde ausschließlich das Erscheinungsbild beurteilt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Doppellagentest

Abb. 3 zeigt, dass die unbehandelten aber auch die paraffinbehandelten Prüfkörper (linkes Foto) bereits nach zwei Jahren Bewitterung nicht nur mehr oder minder stark vergraut waren, sondern auch von Algen besiedelt wurden. Allerdings waren die Oberflächen der paraffinbehandelten Prüfkörper weit weniger mit Algen bewachsen als die der unbehandelten Fichten- bzw. Kiefernkontrollen, weshalb sie merklich heller erschienen. Das rechte Foto verdeutlicht, dass viele unbehandelte und paraffinbehandelte Proben einen signifikanten Pilzbewuchs zwischen beiden Prüfkörperlagen aufwiesen, aus welchem sich aber nicht direkt auf den Zerstörungsgrad des Holzes schließen ließ. Allerdings war eine sehr gute Korrelation zwischen visueller Bewertung (Picktest) und Masseverlust festzustellen.

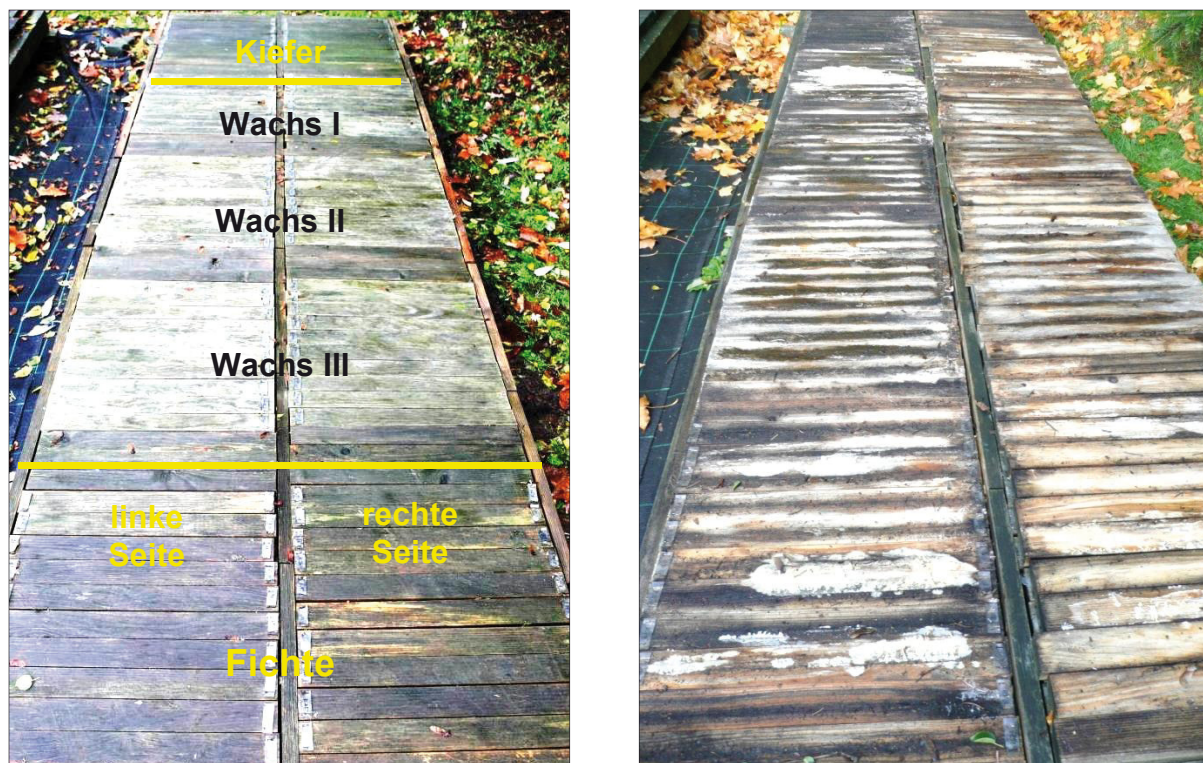


Abb. 3: Prüfkörper in Doppellage. links: Obere Lage nach zwei Jahren Freilandbewitterung; rechts: „aufgeklappte“ linke Doppellage nach 3 Jahren Freilandbewitterung

Aus Tab. 2 geht eindeutig hervor, dass unabhängig vom verwendeten Paraffin fast alle behandelten Prüfkörper (einzige Ausnahme: mit Paraffin II imprägnierte Probe 7), die einen Masseverlust $\geq 9\%$ aufwiesen (insgesamt 42 Prüfkörper), mindestens mit der Stufe „2“ (mittlerer Angriff) bewertet wurden. Allerdings scheinen einige Ergebnisse hierzu auch im Widerspruch zu stehen. So wurde bspw. bereits auf die mit dem Paraffin II behandelte Nummer 7 hingewiesen. Obwohl für diesen Prüfkörper mit 9% ein vergleichsweise hoher Masseverlust berechnet wurde, wurde im Picktest nur ein leichter Befall (Bewertung: 1) festgestellt.

Diese „Diskrepanz“ kann jedoch über die unterschiedlichen Bewertungsmodi erklärt werden. Während für die Bestimmung des Masseverlustes der vollständige Prüfkörper gewogen und somit sein gesamtes Volumen berücksichtigt wird, basiert die Feststellung des Grades des Befalls zunächst auf einer Bewertung der Schadtiefe oder -fläche. Sofern bspw. das Holz nur bis zu einer Tiefe von „1 mm“ geschädigt ist, ist dies gemäß Tab. 1 als „leichter Angriff“ einzustufen und mit „1“ zu bewerten. Es ist offensichtlich, dass eine derartige Schädigung nicht zu einem hohen Masseverlust führen kann.

Nummer	Paraffin I		Paraffin II		Paraffin III	
	Bewertung	Masseverlust (%)	Bewertung	Masseverlust (%)	Bewertung	Masseverlust (%)
1	2	11	4	19	1	4
2	2	13	2	11	0	4
3	3	16	2	10	3	9
4	3	17	3	12	1	5
5	3	20	3	13	1	4
6	3	17	2	10	3	14
7	3	16	1	9	3	10
8	3	15	1	8	1	3
9	3	18	1	8	1	4
10	3	21	2	7	3	5
11	3	17	2	11	1	4
12	0	5	0	6	0	3
13	3	9	0	7	1	5
14	3	14	2	8	1	6
15	3	15	1	8	0	5
16	3	15	1	7	0	6
17	3	14	0	7	2	11
18	2	15	0	7	1	5
19	2	16	0	6	0	6
20	3	20	3	6	0	5
21	3	16	1	6	0	6
22	2	10	2	10	2	8
23	2	9	2	8	2	6
24	1	8	3	8	2	5
25	1	6	2	9	2	4
26	1	6	2	9	1	3
27	1	3	2	10	2	11
28	1	5	2	7	2	4
29	1	5	2	7	3	8
30	1	6	1	8	3	3
31	2	6	2	9	2	3
32	1	5	3	8	2	3
33	0	4	0	6	0	3
34	0	4	0	7	0	6
35	0	3	0	7	0	5
36	1	5	0	7	1	3
37	1	4	0	7	0	3
38	1	4	1	7	0	3
39	0	5	0	8	0	3
40	0	4	1	7	0	2
41	0	4	0	6	0	2
42	0	4	0	7	0	2
MW	1,7	10,2	1,3	8,3	1,1	5,1

Tab. 2: Gegenüberstellung von Bewertung und Masseverlust paraffinimprägnierter Kiefernholzer nach 5 Jahren Bewitterung in Doppellage (MW: Mittelwert)

Wird das Holz aber hauptsächlich im Inneren des Prüfkörpers (Abb. 4) abgebaut, wird dies zwar über eine Wägung (Masseverlust), aber kaum mittels Picktest erfasst. Bei einem paraffinbehandelten Prüfkörper war der Abbau des Frühholzes sogar so weit fortgeschritten, dass unmittelbar nach dem Auftrennen das Mittelstück in eine obere und eine untere Hälfte zerfiel (Abb. 4).

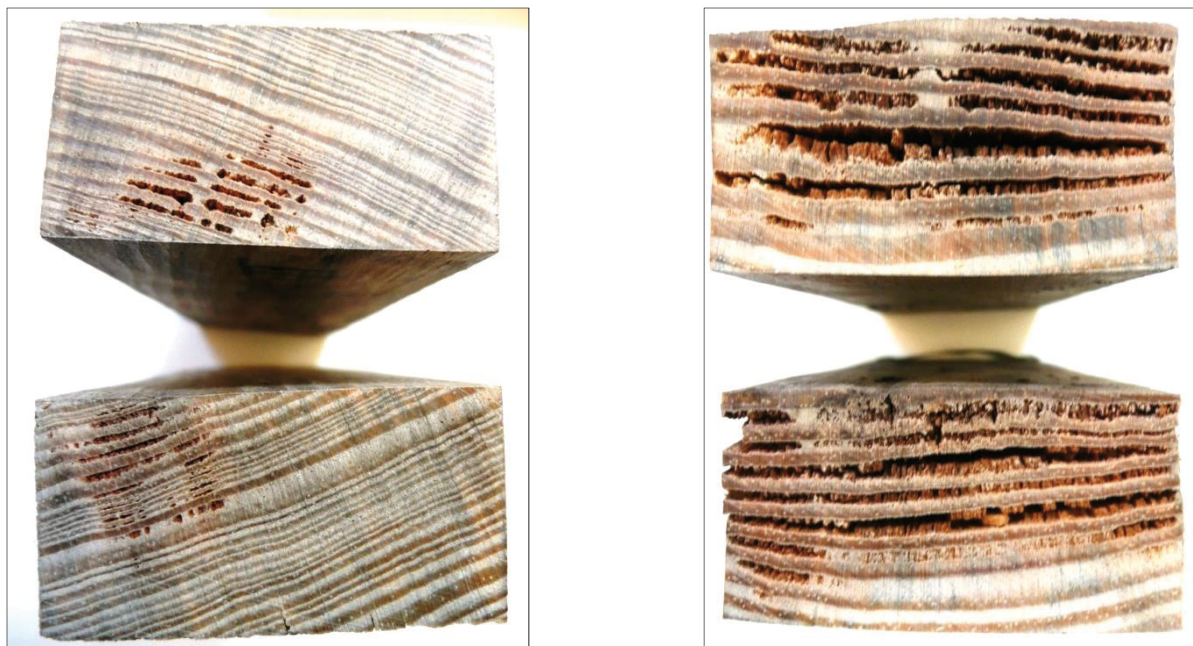


Abb. 4: Aufgetrennte paraffinbehandelte Prüfkörper nach 5-jähriger Exposition in Doppellage – Unterschiedlich starker Holzabbau im Innenbereich durch Braunfäule.

Vergleicht man die mittleren Abbaubewertungen oder die Masseverluste der behandelten Prüfkörper miteinander, so ergibt sich bezüglich der Performance folgendes Ranking:

Paraffin I < Paraffin II < Paraffin III

Diese Klassifizierung lässt sich auch anhand der noch nicht befallenen Proben belegen. Während „lediglich“ 8 mit Paraffin I behandelte Prüfkörper mit „0“ bewertet wurden, waren dies für das Paraffin II schon 13 Proben und im Fall der Paraffin III Hölzer sogar 16 Prüfkörper (Tab. 2). Da Paraffine üblicherweise keine fungiziden Eigenschaften besitzen, sollte die Ursache zumindest teilweise über unterschiedliche Schmelztemperaturen [BRANDT et al. 2011] und einem dadurch voneinander abweichenden Migrationsverhalten erklärt werden.

3.2 Lap-Joint-Test

Im August 2009 wurden weitere fünf unbehandelte Kiefernkontrollen in den Versuchsaufbau integriert, um zeitabhängige Änderungen des Wasseraufnahme- und Wasserabgabeverhalten zu erfassen (Abb. 5). Die erste Auswertung erfolgte im Oktober 2009.

Aus Tab. 3 geht hervor, dass die Holzfeuchte innerhalb des dargestellten Untersuchungszeitraumes nahezu stetig anstieg. Ursache hierfür war vermutlich die im Vergleich zu den Sommermonaten deutlich niedrigere Temperatur, die eine verringerte Wasserdesorption bewirkte und somit die Trocknung der Prüfkörper verlangsamte.



Abb. 5: Exponierte Lap-Joint-Prüfkörper. Im Vordergrund eine der im August 2009 neu eingebauten unbehandelten Kontrollproben

Zeitraum	22. 09.– 04. 10. 09	06. 10.– 18. 10. 09	20. 10.– 01. 11. 09	03. 11.– 15. 11. 09	17. 11.– 29. 11. 09	01. 12.– 13. 12. 09
Niederschlag (mm)	35	45	14	29	42	51
Prüfkörper	Tag der Wägung und berechnete Holzfeuchte (%)					
	05. 10.	19. 10.	02. 11.	16. 11.	30. 11.	14. 12.
Neue Referenzproben	41	47	55	69	66	87
Kiefer	91	88	92	103	99	114
Paraffin I	61	60	65	69	69	82
Paraffin II	45	45	48	50	51	58
Paraffin III	47	46	50	50	51	56

Tab. 3: Niederschlag und mittlere Holzfeuchte unbehandelter und mit Paraffin behandelter Prüfkörper von September bis Dezember 2009

Weiterhin ist ersichtlich, dass im Gegensatz zu den Untersuchungen von BRISCHKE & RAPP (2007) nunmehr auch die paraffinbehandelten Proben über mehrere Monate Holzfeuchten oberhalb 30 % aufwiesen, was auf eine „Abnahme“ der hydrophobierenden Wirkung hindeutet und gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit eines Pilzangriffs erhöht. Ein weiterer Grund für die relativ hohe Holzfeuchte ist das Reißen behandelter Proben als Folge der Bewitterung, die im Vergleich zu den Kontrollen jedoch weniger stark ausgeprägt war (Abb. 6).



Abb. 6: Unbehandelter (links) und paraffinbehandelter Prüfkörper (rechts) nach 4-jähriger Exposition in GK 3 – Lap-Joint-Test

Im Gegensatz zum Doppellagentest wurden die Lap-Joint-Untersuchungen nicht nach 5 Jahren beendet, sondern weitergeführt. Die Ergebnisse über die bisherige Expositionszeit von 8 Jahren im Freiland ohne Erdkontakt sind in Tab. 4 dargestellt.

		Abbaubewertung								Abbaubewertung								Abbaubewertung								
		Oberseite								Unterseite								Überblattungsbereich								
		Expositionsperiode [a]								Expositionsperiode [a]								Expositionsperiode [a]								
Kontrolle		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
Median		0	0	0	0	1	2	3	3	0	0	0	0,5	1	2	3	3	0	0	0	1	1	1	2	3	
Mittelwert		0	0	0,02	0,05	1,15	2	2,85	3,22	0	0,12	0,29	0,52	1	2,15	2,88	3,2	0	0,02	0,14	0,55	0,9	1,54	2,2	3,05	
Maximum		0	0	1	1	3	4	4	4	4	0	1	2	2	2	4	4	4	0	1	1	2	2	4	4	4
Minimum		0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	
	Einbring- menge																									
Paraffin I	[kg/m²]																									
Median	147	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	
Mittelwert	148	0	0	0	0	0,24	0,27	1,2	1,27	0	0	0	0,05	0,14	0,61	1,07	1,68	0	0	0	0	0	0,24	0,39	1	
Maximum	233	0	0	0	0	1	1	2	3	0	0	0	1	1	1	2	3	0	0	0	0	0	1	3	4	
Minimum	105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Paraffin II																										
Median	119	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mittelwert	130	0	0	0	0	0,25	0,27	0,59	0,59	0	0	0	0,08	0,05	0,46	0,88	1,56	0	0	0	0	0	0	0	0,27	
Maximum	184	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	
Minimum	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Paraffin III																										
Median	138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mittelwert	136	0	0	0	0	0,12	0,12	0,33	0,43	0	0	0	0	0	0,5	1,07	1,79	0	0	0	0	0	0,02	0,05	0,4	
Maximum	224	0	0	0	0	1	1	2	2	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	1	1	2	
Minimum	82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tab. 4: Unbehandelte und paraffinbehandelte Lap-Joint-Prüfkörper – Median, Mittelwerte, Maxima und Minima der Abbaubewertungen als Funktion der Versuchsdauer

Obwohl die Lap-Joint-Prüfkörper ebenfalls in horizontaler Lage der Witterung ausgesetzt waren, wurden sowohl die unbehandelten als auch die behandelten Proben bei identischer Expositionszeit weit weniger stark durch Holz zerstörende Pilze angegriffen als die Prüfkörper in Doppellage. Nach einer Versuchsdauer von 5 Jahren wurde keines der paraffinbehandelten Hölzer schlechter als „1“ bewertet, wobei die Schädigung überwiegend an der Unterseite und im Überblattungsbereich detektiert wurde (Tab. 4).

Gleichzeitig ist aber auch festzustellen, dass unabhängig von dem verwendeten Paraffin mit fortschreitender Exposition immer mehr behandelte Proben durch verschiedene Pilze besiedelt werden, die eine unterschiedlich starke Schädigung hervorrufen. So war an einigen imprägnierten Prüfkörpern nach 8 Jahren im Lap-Joint-Bereich ein sehr starker Befall/Abbau festzustellen (Abb. 7), welcher in einem Fall sogar mit „Ausfall“ bewertet wurde.



Abb. 7: Starker Pilzbefall im Lap-Joint-Bereich eines mit Paraffin behandelten Prüfkörpers

Ob die paraffinbehandelten Hölzer im Innern abgebaut wurden, kann nur vermutet werden, da hierzu die Proben aus dem laufenden Versuch herausgenommen und aufgetrennt werden müssen und folglich für die Untersuchung des Langzeitverhaltens nicht mehr zur Verfügung stehen würden.



Abb. 8: Fruchtkörper von *Dacrymyces* spp. und Wasserflecken an einer Seitenfläche einer paraffinbehandelten Probe

Jedoch gibt es Anzeichen (Abb. 8), die auch auf einen Abbau im Probeninneren hindeuten, wie er an Kontrollen (Abb. 9) eindeutig nachgewiesen wurde.

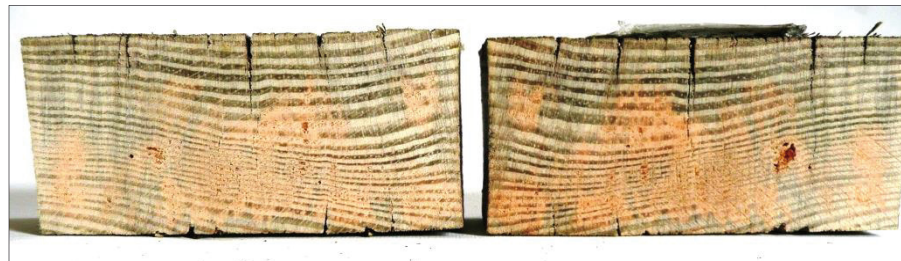


Abb. 9: Querschnittflächen einer aufgetrennten Kiefernkontrollprobe

Bekannt ist, dass die Entwicklung von *Dacrymyces*-Arten „feuchtes Holz“ (HUCKFELDT & SCHMIDT 2005) erfordert, wobei dieser Zusammenhang im Rahmen der durchgeführten Feuchtebestimmungen bestätigt wurde. Während große Bereiche der Seitenfläche des paraffinbehandelten Prüfkörpers relativ hell erschienen, waren dunkle Flecken im Bereich der Fruchtkörper von *Dacrymyces* spp. (Abb. 8) zu sehen, welche auf eine hohe Holzfeuchte hindeuteten. Da dieser Prüfkörper an der Seitenfläche keine sichtbaren Risse aufwies, stammte das Wasser vermutlich aus dem Inneren des Prüfkörpers. Im Umkehrschluss ließ sich hieraus ableiten, dass im Inneren mit weiteren Schäden zu rechnen ist.



Abb. 10: Lose Paraffinablagerungen auf der unteren Lap-Joint-Hälfte

Eine Zerstörung im Inneren kann auch deshalb angenommen werden, da es während der Exposition zu einer Verarmung an Paraffin im Prüfkörper als Folge eines Paraffinaustritts kam (siehe Abb. 10). Dieser Aspekt sollte bei Interpretation des Feuchteverhaltens paraffinbehandelter Hölzer (Tab. 3) beachtet werden, da bei der Berechnung der Holzfeuchte die „Masse nach der Tränkung“ zu Grunde gelegt wurde.

Folge der Paraffinabnahme war, dass die der Witterung ausgesetzte Oberfläche mit der Zeit vergraut (Abb. 11). Auch wenn erst an wenigen mit Paraffin behandelten Prüfkörpern ein Pilzbefall nachgewiesen wurde, so wurden in der Tendenz die Ergebnisse aus dem Doppellagentest bezüglich der Performance der unterschiedlichen Paraffinbehandlungen bestätigt.

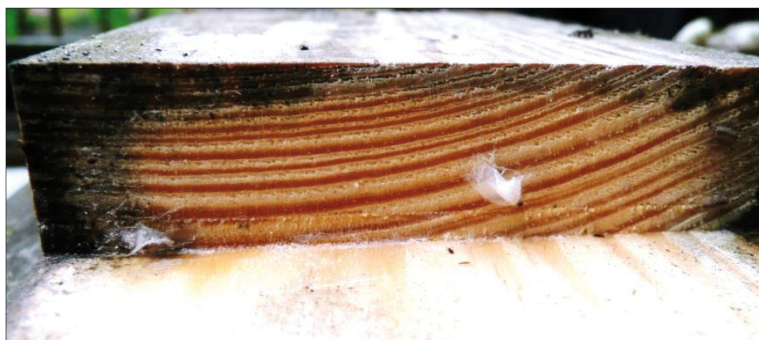
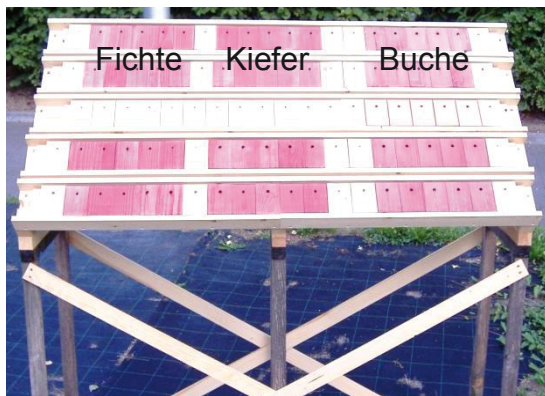


Abb. 11: Detailansicht einer bewitterten, paraffinimprägnierten Lap-Joint-Probe

3.3 Exposition im 45°-Winkel



Beginn der Exposition: August 2006



Toplage; Expositionsdauer: 3 Monate



Alternierend umgedrehte Oberlage;
Expositionsdauer: 3 Monate



Toplage; Expositionsdauer: 27 Monate



Vollständig umgedrehte Oberlage;
Expositionsdauer: 27 Monate



Toplage; Expositionsdauer: 81 Monate



Vollständig umgedrehte Oberlage;
Expositionsdauer: 81 Monate

Abb. 12: Änderung des optischen Erscheinungsbildes in Abhängigkeit von der Zeit. Toplage (links) und Oberlagerückseite (rechts)

Während im ersten Halbjahr der Exposition periodisch die Holzfeuchte der paraffinimprägnierten und kolorierten Fichten-, Kiefern- und Buchenproben sowie der unbehandelten Kontrollen ermittelt wurde, lag das Augenmerk danach auf dem optischen Erscheinungsbild.

Einen Überblick, wie sich der Zustand der Front- und Rückseite der oberen Prüfkörper in Abhängigkeit von der Expositionsdauer änderte, gibt Abb. 12. Die linken Abbildungen verdeutlichen hierbei, dass die Frontseiten aller Prüfkörper unabhängig von der Holzart oder Behandlung mit der Zeit vergrauten/verwitterten. Besonders hervorzuheben ist, dass dieser Prozess bereits wenige Monate nach Exposition in GK 3 einsetzte. Hieraus ließ sich ableiten, dass die verwendete Pigment-Paraffin-Kombination keine dauerhafte Kolorierung bewirkte. Weiterhin ging aus den Untersuchungen hervor, dass bspw. die paraffinbehandelten Fichtenhölzer weniger gerissen waren als die Fichtenkontrollen, was zum Teil sogar zu rissbedingten Ausfällen von Kontrollen führte (siehe Abb. 13). Gleiches galt auch für die eingesetzten Buchen- und Kiefernholzer.



Abb. 13: Stark gerissene unbehandelte (links) und rissarme paraffinbehandelte Fichte (Juni 2009)

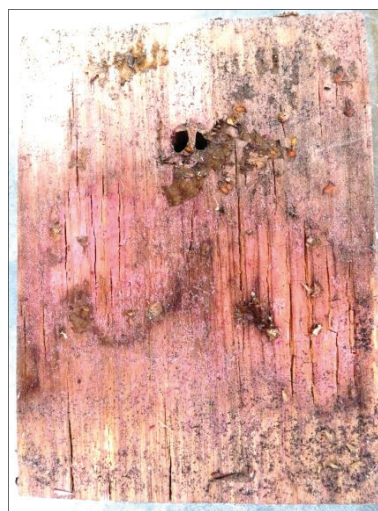


Abb. 14: Paraffinbehandelte Buchenprobe mit Myzel und Fraßgang (links) und durch Pilzbefall partiell zerstörte paraffinbehandelte Fichte (rechts); Juni 2013

Im Gegensatz zu den Kontrollen ließ sich nach 27 Monaten Exposition ohne Erdkontakt an keinem der paraffinbehandelten Hölzer weder ein Pilz- noch ein Insektenbefall feststellen. Kamen die paraffinbehandelten Hölzer allerdings in direkten Kontakt mit pilzbefallenem Holz, z. B. über unbehandelte Kontrollprüfkörper, so wurden die mit Paraffin imprägnierten Proben nicht nur überwachsen, sondern auch abgebaut (siehe Abb. 14, rechts). Auch kam es in solchen Fällen zu einem marginalen „Insektenbefall“ (siehe Abb. 14, links). Bedingt durch die über längere Zeit vorherrschenden optimalen Bedingungen trat dieser Befall vorrangig zwischen beiden Prüfkörperlagen bzw. an der Unterseite der unteren Prüfkörperlage auf. Diese Befunde stehen im Einklang mit den Ergebnissen, welche für Paraffin behandelte Doppellagen- und Lap-Joint-Prüfkörper erhalten wurden. Zudem stellen die Ergebnisse einen weiteren Beleg dafür dar, dass die verwendeten Paraffine weder fungizid noch insektizid wirken.

4 Zusammenfassung

Für mit Paraffin behandelte Hölzer lässt sich allgemein festhalten, dass diese bei einer Freilandexposition ohne Erdkontakt zu einer geringeren Rissbildung neigen als die unbehandelten Kontrollproben.

Allerdings wiesen auch paraffinbehandelte Prüfkörper einige Schwächen auf, die im Fall einer praktischen Anwendung berücksichtigt werden sollten:

- Vergrauung der Frontseite direkt exponierter Oberflächen,
- partieller Paraffinaustritt über Hirn- und Mantelflächen,
- begrenzte Dimensionsstabilität,
- Besiedlung durch Algen, Flechten etc.,
- Entfärbung bzw. ungleichmäßige Farbstoffverteilung sofern das Paraffin mit einem Farbstoff versetzt wurde.

Danksagung

Besonderer Dank gilt der Sasol Wax GmbH (Hamburg) und der Steinbrügge & Berninghausen GmbH (Bremen) für die Zusammenarbeit, der Materialbereitstellung sowie der finanziellen Förderung wesentlicher Teile der Untersuchungen.

Quellen/Literaturangaben

BAVENDAMM W. 1962: Kleine Geschichte des Holzschutzes. Holz-Zentralblatt 83, S. 982–983.

BRANDT, K., BRISCHKE, C., MELCHER, E., NIEMEYER, A., RAPP, A. 2011: Untersuchung der hydrophobierenden Schutzwirkung von synthetischen Wachsen und Ölen zur Imprägnierung von Holz. Abschlussbericht. Institut für Holztechnologie und Holzbiologie. Hamburg Januar 2011.

BRISCHKE, C., RAPP, A. 2007: Untersuchung der hydrophobierenden Schutzwirkung von synthetischen Wachsen und Ölen zur Imprägnierung von Holz. Zwischenbericht. Institut für Holzbiologie und Holzschutz. Hamburg Juli 2007.

DIN 68800-2 2012-02: Holzschutz. Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau.

DIN CEN/TS 12037 2004-05: Holzschutzmittel - Freilandversuche zur Bestimmung der relativen Wirksamkeit eines Holzschutzmittels ohne Erdkontakt - Verfahren mit horizontaler Überblattung (Lap-Joint). Deutsche Fassung.

DIN EN 252 1990-04: Holzschutzmittel; Freiland-Prüfverfahren zur Bestimmung der relativen Schutzwirkung eines Holzschutzmittels im Erdkontakt. Deutsche Fassung.

DIN EN 335 2013-06: Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Gebrauchsklassen: Definitionen, Anwendung bei Vollholz und Holzprodukten. Deutsche Fassung.

HUCKFELDT, T., SCHMIDT, O. 2005: Hausfäule- und Bauholzpilze. Diagnose und Sanierung. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller Köln, ISBN 3-481-02142-9.

LEHNERT, H.-U. 2011: Schnittholz mit Wachs imprägnieren. Holz-Zentralblatt. Nr. 15. S. 374

LESAR, B., POHLEVEN, F., HUMAR, M. 2009: Use of wax emulsions for improvement of water-repellency and wood durability. Les (Ljubljana) 61(5). S. 254–259 (In Slowenisch).

MATSUOKA, Y., OHMURA, W., FUJIWARA, S., KANAGAWA, Y. 2002: Durability of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) wood treated in high temperature liquid paraffin. Stockholm: The International Research Group on Wood Preservation. IRG/WP 02-40221.

MILITZ, H. 2010: Modifiziertes Holz – Grundlagen und Forschung. Tagungsband. Wiener Holzschutz Tage. 5–60. ISBN 978-3-9503036-1-2.

MÜLLER, H. 1962: Erfahrungen mit Paraffin-Emulsionen als Quellschutzmittel in der Spanplattenindustrie. Holz als Roh- und Werkstoff 20, S. 434–437.

NICHOLAS, D. D. 1973: Wood Deterioration and its Prevention by Preservative Treatments. VOL 1: Degradation and Protection of Wood. Syracuse University Press, ISBN 0-8156-5037-X.

NEMETH, R., BAK, M., CSORDÓS, D. 2012: Thermische Modifizierung von Buche und Pappel mittels Paraffin. Holztechnologie 53 (6), S. 5–10.

PELZ, B. F.; REHM, H. J. 1972: Degradation of n-Alkanes by Molds Naturwissenschaften 59 (11). S. 513.

RAPP, A., AUGUSTA, U. 2004: The full guideline for the “double layer test method” – A field test method for determining the durability of wood out of ground. Stockholm: The International Research Group on Wood Preservation. IRG/WP 04-20290.

RÖMPP: Chemie-Lexikon 1995: Herausgeber: FALBE, J.; REGITZ, M., Georg Thieme Verlag Stuttgart. 9. Auflage. Band A-CI und M-Pk.

SAILER M. 2000: Anwendungen von Pflanzenölimprägnierungen zum Schutz von Holz im Außenbereich. Dissertation, Universität Hamburg.

SCHMIDT, O. 1994: Holz- und Baumpilze – Biologie, Schäden, Schutz, Nutzen. Berlin. Springer Verlag.

SCHOLZ, G., MILITZ, H. 2011: Materialeigenschaften wachsimprägnierten Holzes. Holztechnologie 52 (6), S. 29–33 .

UNGER, W., UNGER, A., SCHIESSL, U. 2000: On the resistance of consolidated ancient wood against *Serpula lacrymans* (Wulfen: Fr.) Schroeter. Stockholm: The International Research Group on Wood Preservation, IRG/WP 00-10348.

Verordnung (Eu) Nr. 528/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Mai 2012 über die Bereitstellung auf dem Markt und die Verwendung von Biozidprodukten (Biozidverordnung).

(<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:167:0001:0123:DE:PDF>)



Melcher, Eckhard

Dr. rer. nat.

- 1984: Diplomchemiker, Humboldt-Universität zu Berlin
- 1989: Promotion an der Humboldt-Universität zu Berlin
- 1988–1991: wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Forstwissenschaften Eberswalde
- seit 1992: wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Holzbiologie und Holzschutz der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft in Hamburg; ab 2013 Thünen Institut für Holzforschung
- seit 1999: Mitglied der International Research Group on Wood Protection (IRG)
- seit 1999: Mitglied diverser Arbeitsgruppen des CEN/TC 38 „Durability of wood and wood-based products“
- 2000–2009: Obmann des UA „Analytik“ im FA „Holzschutz“ der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung
- seit 2005: stellv. Obmann des „Spiegelausschuss zu CEN/TC 38 und ISO/TC 165/SC 1 – Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten“ (DIN NA 42-03-06)
- seit 2011: Obmann des AK „Analytik in der RAL-Gütegemeinschaft Holzschutzmittel“ e. V.
- seit 2011: Mitglied im Sachverständigenausschuss „Holzschutzmittel“ beim Deutschen Institut für Bautechnik



Brischke, Christian

Dr. rer. nat.

- 2003: Diplom-Holzwirt; Universität Hamburg
- 2007: Promotion: „Untersuchung abbaubestimmender Faktoren zur Vorhersage der Gebrauchsdauer feuchtebeanspruchter Holzbauteile“, Universität Hamburg
- seit 2007: Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Leibniz Universität Hannover, Fakultät für Architektur und Landschaft, Institut für Berufswissenschaften im Bauwesen.

Mitglied des Communication Committees der International Research Group on Wood Protection

Convenor of Working Party 2.1 "Prediction of Service Life" der International Research Group on Wood Protection

Mitglied des Steering Committee und des Scientific Committee der International Conference on Durability of Building Materials and Components (DBMC)

Mitglied des Management Committee der COST Action FP 1303 "Performance of Bio-based Building Materials"

National Coordinator für Deutschland im Northern-European Network on Wood Science and Engineering (WSE)



Rapp, Andreas O.

Prof. Dr. rer. nat.

- 1988: Diplomholzingenieur, Fachhochschule Rosenheim
- 1989: Parkettleger-Meister
- 1993: Diplom-Holzwirt; Universität Hamburg
- 1998: Promotion: „Vergütung von Holz mit wasserbasierten Harzen“, Universität Hamburg
- 1993–2007: wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Holzbiologie und Holzschutz der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft in Hamburg
- seit 2007: W3-Universitätsprofessor an der Leibniz Universität Hannover; Leiter des Instituts für Berufswissenschaften im Bauwesen
- seit 1994: Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Parkett
- seit 1997: Mitglied der International Research Group on Wood Protection (IRG)

Mitglied im Sachverständigenbeirat im Zentralverband Parkett- und Fußbodentechnik

Mitglied der Bundesfachgruppe der Parkettrestauratoren



Welzbacher, Christian R.

Dr. rer. nat.

- 2001: Dipl.-Ing. Holztechnik, Fachhochschule Eberswalde
- 2001–2007: Aufbaustudium Holzwirtschaft, Universität Hamburg
- 2007: Promotion: „Verhalten von nach neuen thermischen Modifikationsverfahren behandelter Fichte und Kiefer besonderer Berücksichtigung der Dauerhaftigkeit gegenüber holzerstörenden Mikroorganismen“, Universität Hamburg
- 2001–2007: wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Holzbiologie und Holzschutz der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft in Hamburg
- 2007–2012: wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Leibniz Universität Hannover, Fakultät für Architektur und Landschaft, Institut für Berufswissenschaften im Bauwesen
- seit 2012: Institutsleiter des Heinz-Piest-Instituts für Handwerkstechnik (HPI) in Hannover
- seit 2009: Mitglied der International Research Group on Wood Protection (IRG), Convener der Working Party 4.6 „Thermal Modification“, Vice-Chairman der Section 4 „Process and Properties“
- seit 2010: Mitglied des Scientific Committee der „International Conference on Durability of Building Materials and Components (DBMC)“

Mitglied des Management Committee der COST Action FP 0904 „Thermo-Hydro-Mechanical Wood Behaviour and Processing“

Mitglied des Programmausschusses des Internationalen Kolloquium Industrieböden, Chairman der Arbeitsgruppe „Wooden Flooring“

Baustoffe sinnvoll kombinieren – hybride Tragwerke aus Holz und Beton

Antje Simon

Kurzfassung

Hybride Tragwerke aus Holz und Beton werden entwickelt, um neue Marktpotentiale für den Baustoff Holz zu erschließen. Aufbauend auf intensive weltweite Forschungsarbeiten in den zurückliegenden 30 Jahren hat sich der Holz-Beton-Verbundbau im modernen Hochbau und in der Sanierung historischer Holzdecken als Stand der Technik etabliert. Im Brückenbau gibt es eine Reihe interessanter Pilotprojekte und weitere Forschungsanstrengungen mit dem Ziel, den Einsatzbereich für den ökologischen Baustoff Holz massiv zu erweitern.

Der vorliegende Beitrag stellt das Konstruktionsprinzip und das Tragverhalten der Holz-Beton-Verbundbauweise vor, erläutert die Eigenschaften und diskutiert die Vor- und Nachteile solcher Hybridkonstruktionen. Mit Informationen zur Entwicklungsgeschichte, zu Einsatzmöglichkeiten im modernen mehrgeschossigen Holzbau, in der Instandsetzung alter Bausubstanz und im Brückenbau sowie zu Forschungsschwerpunkten gibt er einen breiten Überblick über den aktuellen Entwicklungsstand dieser Hybridbauweise. Aufgrund der hohen Bedeutung der Verbundfugenausbildung für das Tragverhalten des hybriden Gesamtsystems werden die derzeit in Deutschland bauaufsichtlich zugelassenen Verbindungsmittel vorgestellt und deren Einsatzmöglichkeiten diskutiert.

Durch die Erörterung der relevanten Aspekte des Holzschutzes in Holz-Beton-Verbundkonstruktionen wird der Bezug zu den Inhalten der aktuellen EIPOS-Tagung hergestellt.

1 Einleitung

Moderne Entwicklungen im konstruktiven Holzbau und im Bereich der Holzwerkstofftechnologie zielen darauf ab, die positiven Materialeigenschaften des Holzes optimal auszunutzen und ungünstige Eigenschaften zu eliminieren. Der moderne Hybridbau greift diese Idee mit der Entwicklung symbiotischer Materialstrukturen aus verschiedenen Baustoffen auf.

Eine innovative Hybridbauweise im Bereich des Holzbaues stellt die Holz-Beton-Verbundbauweise dar. Ziel der Kombination von Holz und Beton in einem Bauteil ist es, die beiden Baustoffe entsprechend ihrer positiven Materialeigenschaften so einzusetzen, dass ein Verbundbauteil mit höheren Tragfähigkeiten und verbesserten Gebrauchstauglichkeitseigenschaften im Vergleich zu reinen hölzernen Konstruktionen entsteht.

2 Zweck und Aufbau hybrider Konstruktionen aus Holz und Beton

Holz-Beton-Verbundkonstruktionen bestehen aus einer Betondeckschicht, welche über Verbindungsmittel mit einer unter der Betondecke liegenden Holzschicht starr oder nachgiebig verbunden ist. Die beiden Materialien Holz und Beton sind im hybriden Querschnitt dabei so angeordnet, dass ihre positiven Materialeigenschaften optimal genutzt werden. Da der Beton über hohe Druckfestigkeiten verfügt, wird er in der Druckzone des Querschnittes vorgesehen. Das Holz, welches eine wesentlich höhere Zugfestigkeit als der Beton aufweist, wird in der Zugzone des Verbundquerschnittes angeordnet (Abb. 1).

Betonseitig kommen in der Baupraxis Normalbetone C25/30 – C35/45 zum Einsatz, es gibt aber auch Entwicklungen zur Anwendung innovativer Betone, z. B. selbstverdichtender Betone, Stahlfaserbetone, Leichtbetone oder hochfester/ultrahochfester Betone [1], [2]. Weiterhin werden als mineralische Deckschicht auch Anhydrit-, Zementestrich [3] oder Polymerbeton [4], [5] eingesetzt. Das holzseitige Bauteil kann mit stabförmigem oder flächigem Querschnitt ausgeführt werden. Stabförmige Querschnitte bestehen i. d. R. aus Vollholz oder Brettschichtholz. Brettspertholz, blockverleimtes Brettschichtholz oder Brettstapel kommen für flächige Holzquerschnitte zum Einsatz.

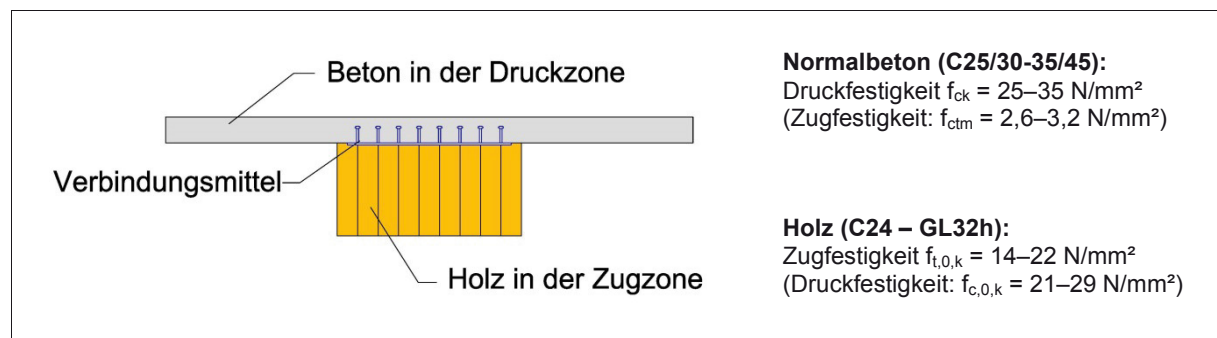


Abb. 1: Querschnitt einer Holz-Beton-Verbundkonstruktion und Materialeigenschaften der Teilquerschnitte

Entscheidend für die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von Holz-Beton-Verbundkonstruktionen ist die Ausbildung der Verbundfuge. Deren Steifigkeit definiert das Zusammenwirken der Querschnittsteile und damit die Gesamtsteifigkeit der Konstruktion (Abb. 2). Die Fuge kann duktil oder starr ausgebildet werden. Eine starre Fuge ist ausschließlich durch Klebung ([2], [4], [5]) zu erzielen. Die in der Praxis häufig verwendeten stiftförmigen Verbindungsmittel ermöglichen einen duktilen Verbund. In Abhängigkeit von der Steifigkeit dieser Verbindungsmittel kommt es unter Beanspruchung der Konstruktion zu Relativverschiebungen in der Verbundfuge. In einer steifen Verbundfuge entstehen geringe Relativverschiebungen, die Gesamttragfähigkeit des Querschnittes ist hoch. Beim Einsatz sehr weicher Verbindungsmittel treten große Fugenverschiebungen auf und die Gesamttragfähigkeit ist vergleichsweise gering.

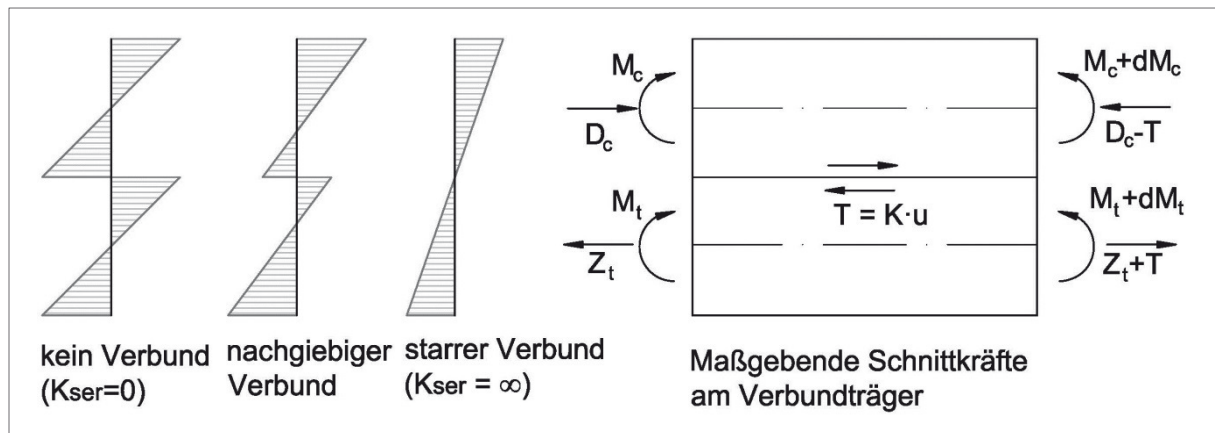


Abb. 2: Normalspannungsverteilung (links) und Schnittgrößen (rechts) in den Teilquerschnitten eines Verbundbiegeträgers

3 Historische Entwicklung

Die Entwicklung von Holz-Beton-Verbundkonstruktionen begann zu Beginn des 20. Jahrhunderts in verschiedenen Ländern der Erde. Vermutlich wurde damals nach Lösungen gesucht, um in Stahlbetonkonstruktionen teuren Stahl durch ein in ausreichenden Mengen verfügbares, kostengünstigeres Material mit hoher Zugfestigkeit zu ersetzen. Während 1939 in Deutschland das erste Patent für eine Holzbalkendecke mit Betondeckschicht angemeldet wurde (Abb. 3) [6], gab es in Amerika ein großes Forschungsprojekt [7] für die Entwicklung von Holz-Beton-Verbundbrücken (Abb. 4). In der baupraktischen Umsetzung der Forschungsergebnisse entstanden fast 200 Brücken, von denen einige bis zum Ende des 20. Jahrhunderts noch lange nach der ursprünglich geplanten 40 jährigen Lebensdauer verkehrlich genutzt wurden [8]!

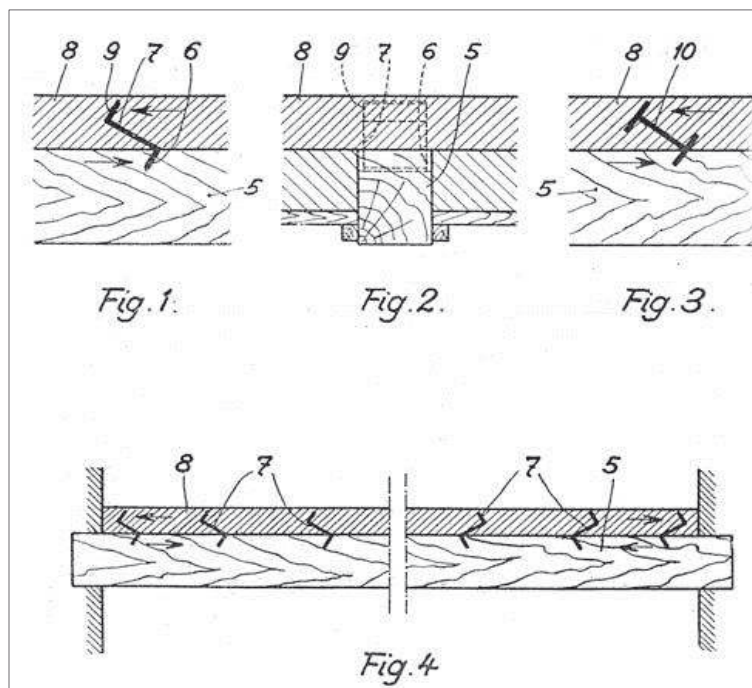


Abb. 3: Holz-Beton-Verbunddecke nach SCHAUB aus [6]

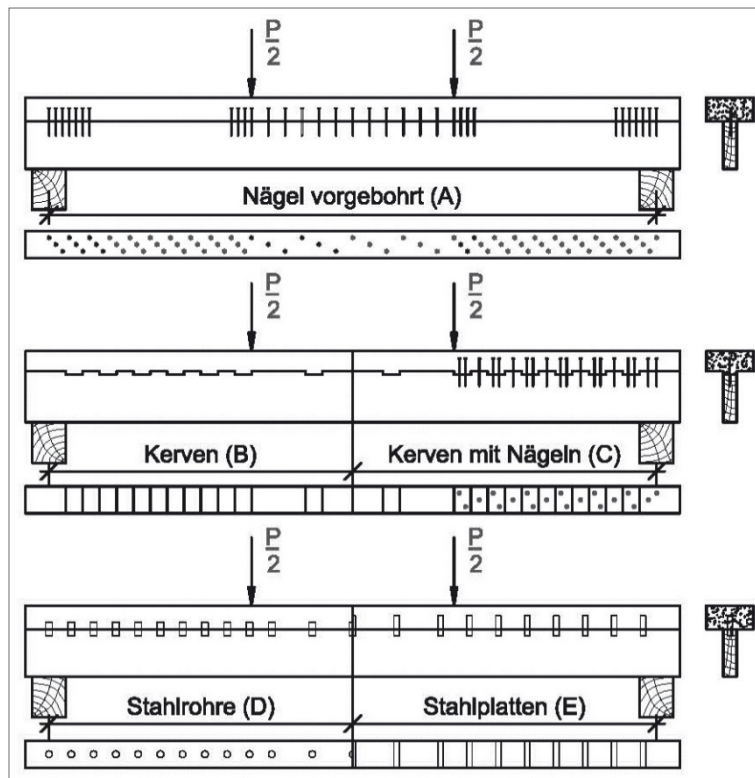


Abb. 4: Probekörper der Forschungen nach [7] zu Holz-Beton-Verbundbrücken

Umfangreiche Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet des Holz-Beton-Verbundbaus im Hoch- und Brückenbau wurden am Ende des 20. Jahrhunderts von Seiten der Holzbaubranche initiiert.

Im Hochbau stellte sich zunächst als Anwendungsgebiet die Instandsetzung und Erhöhung bestehender Holzbalkendecken heraus. Mit der Entwicklung der flächigen Holzwerkstoffe kam auch der Neubau als Einsatzgebiet im modernen ökologischen Wohnungsbau hinzu. Im Ergebnis der langjährigen Forschungsarbeit gehören Decken in Holz-Beton-Verbundbauweise heute zum aktuellen Stand der Technik.

Im Brückenbau wurden vor allem Aspekte der im Vergleich zu reinen Holzbauwerken höheren Tragfähigkeit und des verbesserten Holzschutzes als Forschungsanreiz gesehen.

Einen Forschungsschwerpunkt bildete die Entwicklung neuer, für den jeweiligen Einsatzbereich optimierter Verbindungsmittel. Das Anforderungsprofil an geeignete Verbindungsmittel ist gekennzeichnet durch hohe Steifigkeit und Tragfähigkeit, ausreichende Duktilität sowie kostengünstige Herstellung und Montage. Neben der Verbundfugenausbildung sind das Langzeittragverhalten von Holz-Beton-Verbundkonstruktionen, das Verhalten unter Brandbeanspruchung und unter Schwell- oder Wechselbeanspruchung aktuelle Forschungsthemen.

4 Aktueller Stand der Technik

4.1 Hybride Konstruktionen im Hochbau

Im Hochbau entwickelten sich durch mineralische Deckschichten verstärkte Holzkonstruktionen mittlerweile zu einer Standardlösung sowohl im Neubau als auch in der Instandsetzung.

Moderne mehrgeschossige Massivholz-Bauwerke werden heute oft mit Holz-Beton-Verbunddecken errichtet – herausragende Beispiele sind der achtgeschossige Life-Cycle Tower LCT One in Dornbirn/Vorarlberg [9] und das siebengeschossige Wohnhaus in Berlin [10] (Abb. 5).



Abb. 5: Beispiele für mehrgeschossigen Massivholzbau mit Holz-Beton-Verbunddecken: LCT One Dornbirn, Österreich (links); Wohnhaus Berlin (rechts)¹

Decken in Holz-Beton-Verbundbauweise zeichnen sich im Vergleich zu reinen Holzdecken durch folgende Vorteile aus:

- Erhöhung der Tragfähigkeit (Ermöglichung größerer Stützweiten und weitgespannter Konstruktionen),
- Verringerung der Durchbiegung durch Erhöhung der Systemsteifigkeit,
- einfachere Ausbildung von Aussteifungsscheiben durch die Betonplatte,
- Reduzierung der Schwingungsanfälligkeit,
- verbesserter Schallschutz,
- höhere Brandwiderstandsdauer, weitgehende Rauch- und Löschwasserdichtigkeit.

1 linkes Bild: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/69/South-west-sight-1.JPG>;
rechtes Bild: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/94/Holzhaus_Esmarchstra%C3%9F3_3_%28schr%C3%A4g_aus_1._OG%29.jpg.

Bei der Instandsetzung von Deckensystemen ist es von großem Vorteil, dass die Sanierung ausschließlich von der Oberseite aus erfolgt und somit historische Deckenuntersichten i. A. ohne großen Aufwand erhalten werden können. Weiterhin ist eine Nutzlaststeigerung bei Umnutzung oft kostengünstig realisierbar.

Im Vergleich zu reinen Betondecken sind hybride Decken aus Holz und mineralischen Deckschichten wesentlich leichter und durch eine verbesserte Ökobilanz gekennzeichnet. Bei kompletter Vorfertigung der Deckensysteme sind Einsparungen in der Bauzeit zu erzielen, und es wird keine zusätzliche Feuchtigkeit in das Gebäude durch Betonage eingetragen.

Neben dem Einsatz hybrider Elemente in Deckenkonstruktionen ist deren Anwendung auch im Wandbereich zunehmend von Interesse. In mehrschichtigen Wandaufbauten kann die mineralische Deckschicht neben bauphysikalischen Funktionen auch zur Aussteifung der druckbeanspruchten Tragglieder herangezogen werden. Innovativ und unter ökonomischen Aspekten besonders interessant sind Entwicklungen fertiger Systemelemente aus Holz mit mineralischer Deckschicht [11].

Die Anwendung der Holz-Beton-Verbundbauweise im Hochbau wird durch deren bautechnische Regelung wesentlich erleichtert. Beton und Holz sind geregelte Baustoffe, die Berechnung der Verbundtragwirkung kann nach der aktuellen europäischen Normung (EC0, EC1, EC2 und EC5 einschließlich der jeweils zugehörigen Nationalen Anhänge) erfolgen. Zu beachten ist hierbei lediglich, dass die Verbindungsmittel einer bauaufsichtlichen Zulassung bedürfen.

Eine Übersicht über die derzeit in Deutschland bauaufsichtlich zugelassenen Verbindungsmittel für den Einsatz in Holz-Beton-Verbunddecken gibt die folgende Tabelle (Stand 08/2013):

Zulassungsnummer	Inhalt (Verbindungsmittel)
Z-9.1-342	SFS-Verbundschrauben VB-48-7,5 (Verbundschraube)
Z-9.1-445	TIMCO II Schrauben (Verbundschraube)
Z-9.1-473	Brettstapelbetonverbunddecke mit Flachstahlschlössern (Flachstahlelement)
Z-9.1-474	Dennert Holz-Beton-Verbundelement (Nagelplatten)
Z-9.1-557	Holz-Beton-Verbundsystem mit eingeklebten HBV-Schubverbindern (Streckmetallelement)
Z-9.1-648	WÜRTH ASSY plus VG Schrauben (Verbundschraube)
Z-9.1-803	SWG Timtec VG Plus Vollgewindeschrauben (Verbundschraube)

Entsprechend ihrer Konstruktion und ihrer Tragwirkung sind mehrere Gruppen von Verbindungsmitteln zu unterscheiden. Am weitesten verbreitet sind derzeit stiftförmige Verbindungsmittel – meist Schrauben, welche gleich- oder gegensinnig in das Holz eingeschraubt werden und den Verbund zum Beton herstellen (Abb. 6). Beim Einsatz von Schrauben erweist sich deren flexible Verwendbarkeit vor allem in der Deckensanierung ohne zusätzliche Kosten für besondere Maschinen, Lizenzen oder Leimgenehmigungen als Vorteil.

Aufgrund der vergleichsweise geringen Tragfähigkeit der einzelnen Schrauben ist allerdings der Einbau sehr vieler Verbindungsmittel zur Realisierung einer ausreichend tragfähigen Deckenkonstruktion notwendig.

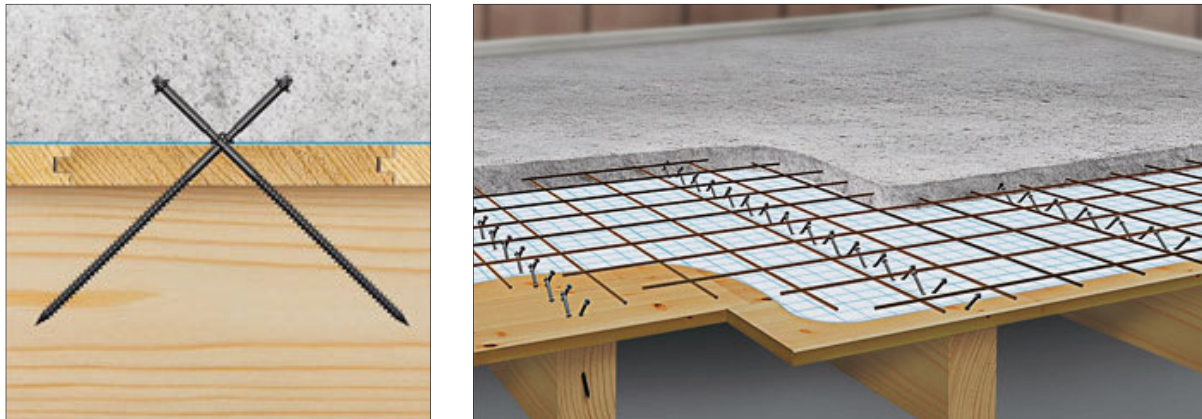


Abb. 6: Stifförmige Verbindungsmittel für Holz-Beton-Verbunddecken²

Effiziente Alternativen sind linienförmige Verbindungselemente. Auf dem Markt etabliert hat sich hier vor allem der sogenannte HBV-Schubverbinder – ein in Holzträgerlängsrichtung eingeklebtes Streckmetall (Abb. 7). Dieses Verbindungsmittel weist eine höhere Steifigkeit und Tragfähigkeit als eine Schraube auf. Der HBV-Schubverbinder kann mit geringem Arbeitsaufwand schnell und kostengünstig eingebaut werden.

Speziell für den Einsatz in Brettstapeldecken entwickelt wurde das Flachstahlschloss [12] – ein stabförmiges, 5 mm dickes Blech, welches unter einem Winkel von 5° gegen die Vertikale geneigt quer zur Platten Spannrichtung in das Holz eingetrieben wird (Abb. 8). Da dieses Verbundelement nur punktuell eingebracht werden muss, ist der Montageaufwand ebenfalls sehr gering.

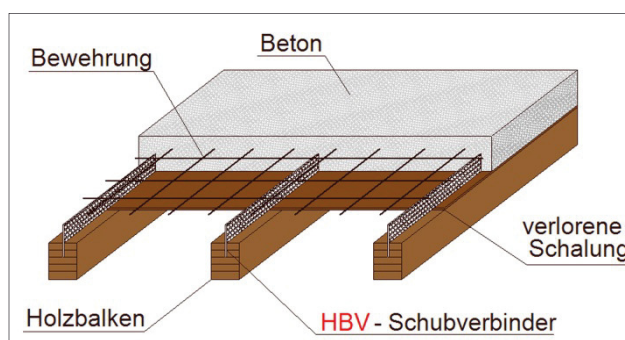


Abb. 7: HBV-Schubverbinder³ (Einbau längs zur Spannrichtung in Holz-Beton-Verbunddecken)

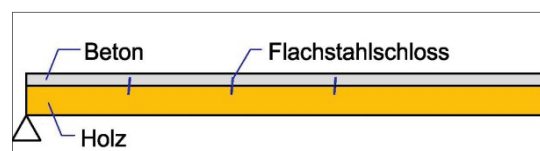


Abb. 8: Flachstahlschloss (Einbau quer zur Spannrichtung in Brettstapel-Beton-Verbunddecken)

2 Bilder aus: <http://spillner-ssb.de/sfs/sfs-holz-beton-verbund-system.php>.

3 Bild aus: www.ticomtec.de/hbv/decken_balken.htm.

Eine weitere Möglichkeit zur Herstellung des Schubverbundes liegt in der formschlüssigen Ausbildung der Verbundfuge. Als einziges Verbundelement für Holz und Beton wird die Kerve in der aktuellen Holzbau-Normung erwähnt (vgl. DIN EN 1995-2, Bild 1). Das Prinzip des Formschlusses nutzen auch die Dübelleisten [13], [14], der BVD-Anker [15] und die Konsolnocke [16] (Abb. 9).

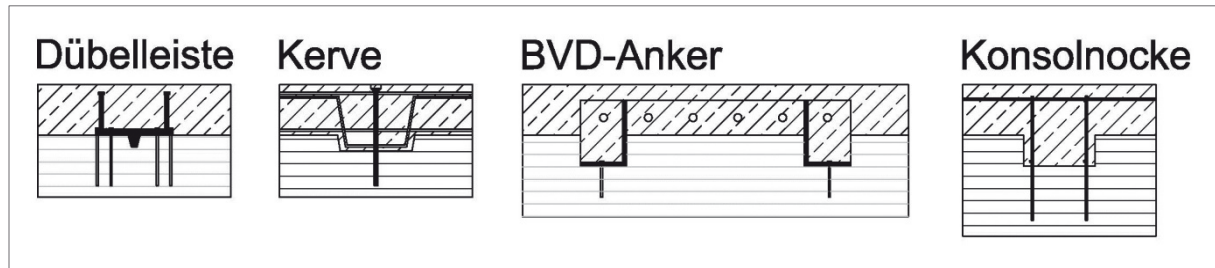


Abb. 9: Dübelleiste, Kerve, BVD-Anker, Konsolnocke

Explizit in Brettstapeldecken kann der Flächenverbund mit Hoch-Tieflamellen und seitlichen Ausfräsungen in den Hochlamellen (Abb. 10) zur Schubübertragung genutzt werden [3].



Abb. 10: Flächenverbund in Brettstapel-Verbunddecken⁴

Ein innovatives Verbundsystem, welches besonders für die Sanierung und Verstärkung von alten Holzbalkendecken entwickelt wurde, beruht auf dem Einsatz von hochfestem Polymerbeton (COMONO® – Abb.11) [17]. Das Verfahren besitzt eine bauaufsichtliche Zulassung (Nr. Z-10.7-282). Zur Erhöhung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit alter Deckenbalken wird deren Druckzone durch Polymerbeton verstärkt. Zusätzliche stiftförmige Verbindungsmittel sind nicht erforderlich. Die Bearbeitung der Deckenbalken erfolgt ausschließlich von oben, historische Deckenuntersichten bleiben unberührt. Neben dem minimalen Eingriff in den Bestand sind die einfache Transportierbarkeit der Materialien, die Flexibilität in der Formgebung und die schnelle Erhärtung des Polymerbetons von großem Vorteil. Eine Instandsetzung mit COMONO® ist daher insbesondere für die Sanierung historischer Bausubstanz mit eingeschränkten Zugangsmöglichkeiten und wertvollen Deckenkonstruktionen interessant.

⁴ Abb. 80 aus [11].

Aktuelle Forschungsvorhaben erschließen neue Anwendungsgebiete der hybriden Bauweise mit Polymerbeton beim Einsatz in Hochleistungsverbundträgern [18].

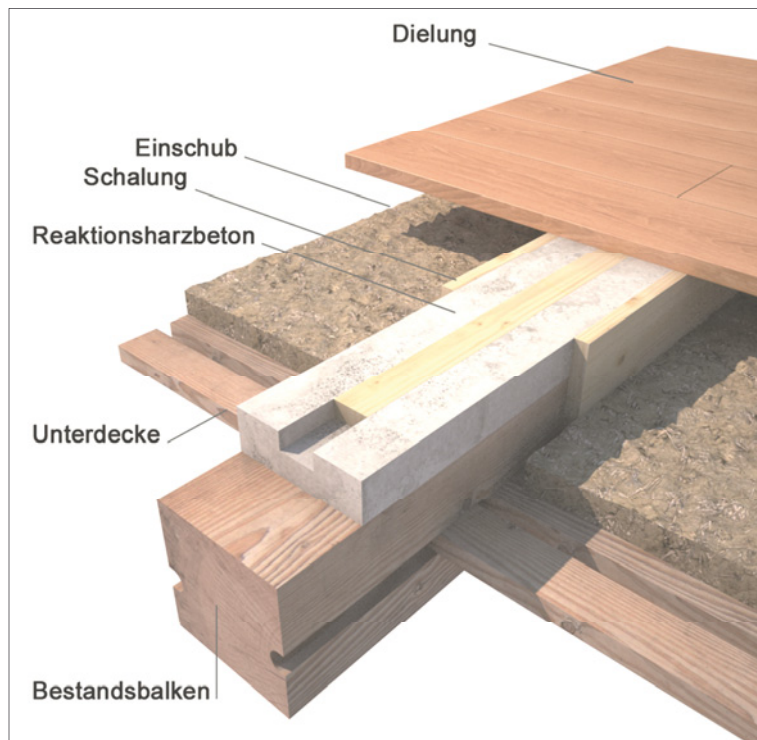


Abb. 11: Druckzonenverstärkung mit Reaktionsharzbeton⁵

4.2 Hybride Konstruktionen im Brückenbau

Während im Hochbau hybride Konstruktionen aus Holz und mineralischen Deckschichten mittlerweile etabliert sind, stellen Holz-Beton-Verbundbrücken in Deutschland noch immer singuläre Pilotprojekte dar (Abb. 12).

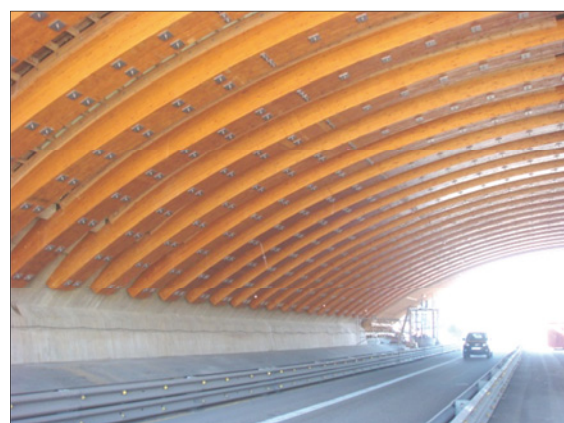


Abb. 12: Beispiele für hybride Brücken aus Holz und Beton in Deutschland: Birkbergbrücke Wippra (links) [19], Wildbrücke Nettersheim (rechts) [20]

⁵ Abb. 43 aus [17].

- Erhöhung der Tragfähigkeit (Vergrößerung der Stützweiten, Realisierung weitgespannter Konstruktionen),
- idealer konstruktiver Holzschutz für die Holzträger durch die Betonplatte,
- einfache Aufnahme und Weiterleitung der hohen Punktlasten aus den Achsen der Schwerlastfahrzeuge durch die Betonplatte,
- einfache Aufnahme und Weiterleitung der hohen Horizontallasten aus dem Fahrzeugverkehr durch die Betonplatte,
- Anwendung der für den Betonbrückenbau entwickelten und bewährten Zeichnungen ohne zusätzlichen Planungsaufwand (z. B. für Abdichtungen, Belag, Kappen, Geländer, Fahrzeugrückhaltesysteme, Fahrbahnübergänge u. ä.) (Abb. 13).

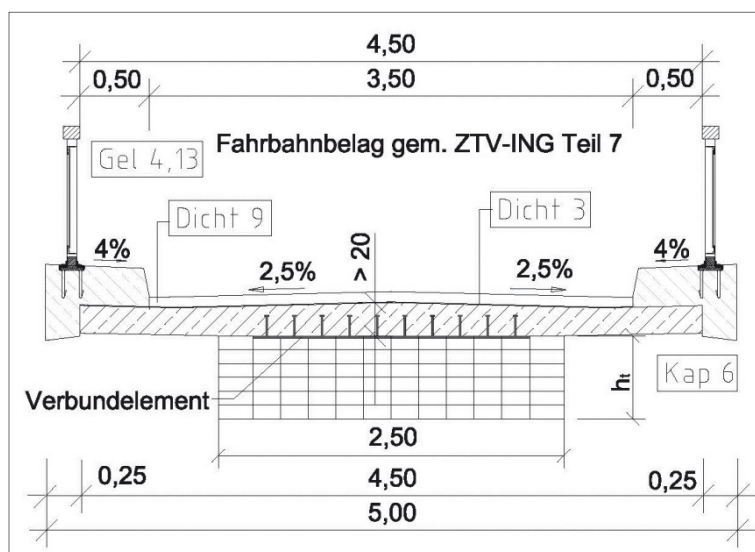


Abb. 13: Regelquerschnitt einer Holz-Beton-Verbundbrücke

Neben den vielen positiven Eigenschaften von Holz-Beton-Verbundtragwerken gibt es einen Aspekt, der die Anwendung dieser Bauweise einschränkt. Holz und Beton weisen ein differentes zeit- und klimaabhängiges Materialverhalten auf. Das heißt, beide Baustoffe schwinden und kriechen unter variablen Temperatur- und Feuchtebeanspruchungen unterschiedlich (Abb. 14). Dieses differente rheologische Verhalten führt in dem innerlich statisch hochgradig unbestimmten Verbundsystem zu Zwangsspannungen in der Verbundfuge. Diese inneren Spannungen vergrößern sich mit zunehmender Stützweite sowie ansteigender Feuchte- und Temperaturamplitude. Da im Brückenbau die Varianz der Feuchte- und Temperaturbeanspruchung der Konstruktion deutlich größer ist als im Hochbau, ist der Einfluss des differenten kli-

maabhängigen Materialverhaltens der Verbundbaustoffe im Brückenbau wesentlich gravierender. Verbundelemente, die im Brückenbau eingesetzt werden sollen, müssen neben den Schubkräften aus der äußeren Belastung diese hohen Schubkräfte aus dem differenten zeit- und klimaabhängigen Materialverhalten von Holz und Beton übertragen können. Im Brückenbau sind daher wesentlich höhere Tragfähigkeiten für die Verbundelemente erforderlich als im Hochbau.

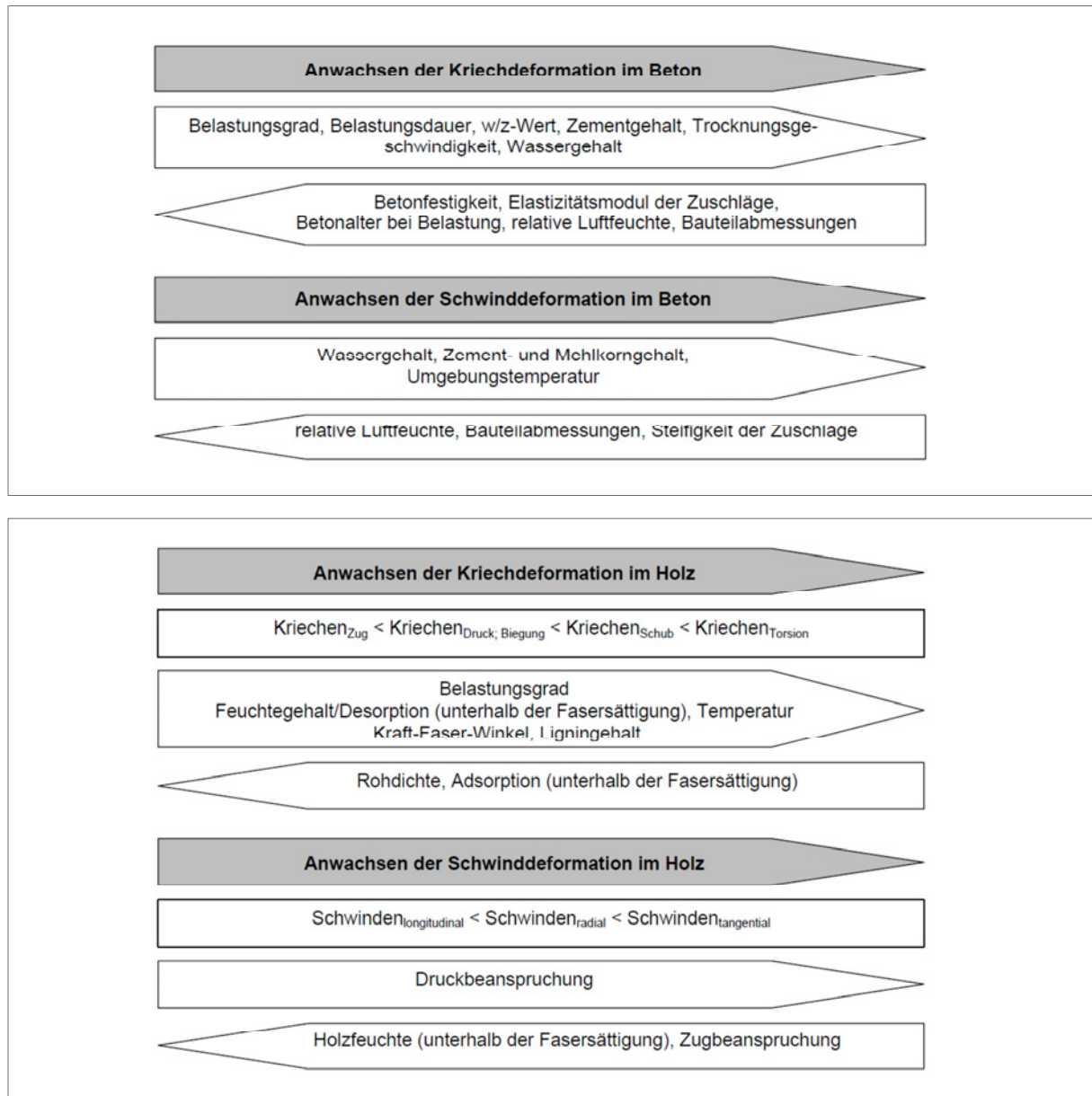


Abb. 14: Einflussfaktoren auf Kriechen und Schwinden von Beton (oben) und Holz (unten)

Das Fehlen bauaufsichtlicher Zulassungen für geeignete Verbundelemente ist ein wesentlicher Grund dafür, dass es in Deutschland trotz der objektiven Vorteile der Konstruktion bisher nur wenige Holz-Beton-Verbundbrücken gibt. Lediglich der HBV-Schubverbinder wurde bisher in Deutschland bauaufsichtlich für nicht vorwiegend ruhende Belastungen zugelassen und in kleineren Pilotbrücken verwendet.

Ausreichend hohe Tragfähigkeiten für den Einsatz im Straßenbrückenbau sind unter Nutzung des Formschlussprinzips erreichbar. Bei den in der Schweiz, in Frankreich und Österreich errichteten Brücken wurden daher Kerven, BVD-Anker [15] und Dübelleisten [13] eingesetzt. In zahlreichen Brücken Nordeuropas realisieren schräg eingeklebte Gewindestäbe in Kombination mit Kerven den Verbund [21]. Eine Modifikation der Dübelleiste kam bei der ersten Straßenbrücke in Holz-Beton-Verbundbauweise in Deutschland, der Birkbergbrücke Wippra in Sachsen-Anhalt, zum Einsatz (Abb. 15).

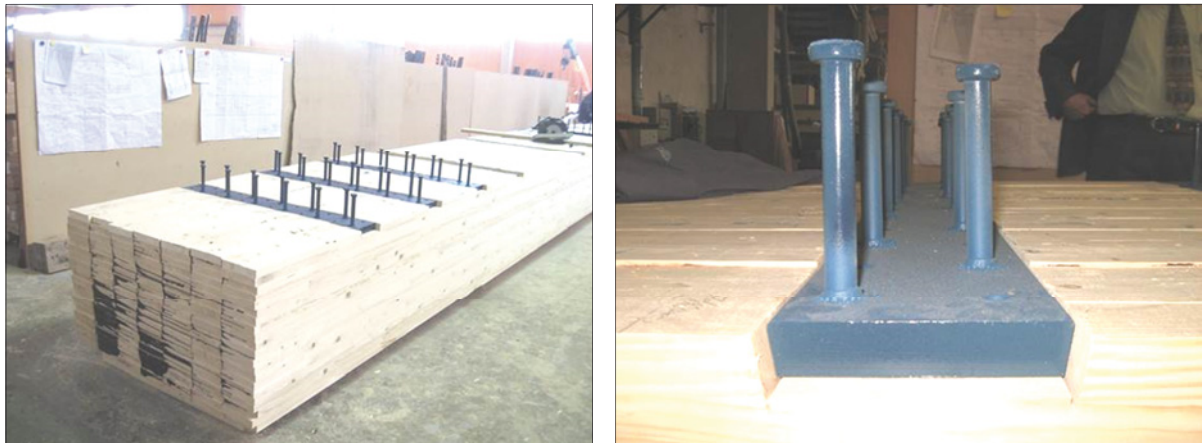


Abb. 15: Verbundelement der Birkbergbrücke Wippra

5 Aspekte des Holzschutzes bei hybriden Konstruktionen

5.1 Holzschutz im Hochbau

In Bezug auf den Holzschutz in Hochbaukonstruktionen sind hybride Bauelemente aus Holz und mineralischen Baustoffen insbesondere hinsichtlich des günstigeren Tragverhaltens unter Brandbeanspruchung interessant.

Holz ist ein brennbares Material. Die Erzielung der Brandsicherheit von Holzkonstruktionen ist entscheidend für den Einsatz im mehrgeschossigen Wohn- und Industriebau. Tragende und brandabschnittsbildende Bauteile müssen im Brandfall die drei Leistungskriterien Tragfähigkeit (R), Rauchdichtigkeit (E) und thermische Isolierung (I) erfüllen.

Holz-Beton-Verbunddecken zeigen ein günstigeres Brandverhalten als reine Holzdecken. Einerseits wird durch die dichte Betondecke eine Rauch- und Löschwasserdichtigkeit erreicht. Andererseits schützt bei holzverkleideter Deckenunterseite das Holz den Beton und die Verbundfuge vor zu starker Hitzeeinwirkung und damit vor Zerstörung durch Abplatzungen.

Das Brandverhalten von Holz-Beton-Verbunddecken ist definiert durch das thermische Verhalten des Holzes und der Verbindungsmittel. In [22] sind Brandversuche und thermische Berechnungen an Holz-Beton-Verbunddecken mit Schrauben und verdübelten Kerven dokumentiert. Es wird gezeigt, dass Holz-Beton-Verbunddecken mit einer mindestens 20 mm dicken Holzschalung und einer mindestens 60 mm dicken Betonplatte die Kriterien für eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens

60 min erfüllen. Im Rahmen der Entwicklung des LifeCycle Tower wurden ebenfalls Brandversuche an Holz-Beton-Verbund-Deckenelementen durchgeführt. Nach Optimierung der Konstruktion erreichten diese Decken sogar das Zertifikat REI 120 [9].

Diese Erkenntnisse sind vielversprechend und notwendig, um das große Marktpotential für den Einsatz von Holz in tragenden Konstruktionen im mehrgeschossigen Hochbau zu erschließen.

5.2 Holzschutz im Brückenbau

Im Brückenbau bieten hybride Konstruktionen aus Holz- und Beton wesentliche Vorteile hinsichtlich des konstruktiven Holzschutzes. Eine ausreichend weit auskragende Stahlbetonplatte garantiert den darunter angeordneten hölzernen Hauptträgern einen idealen konstruktiven Holzschutz (Abb. 16).

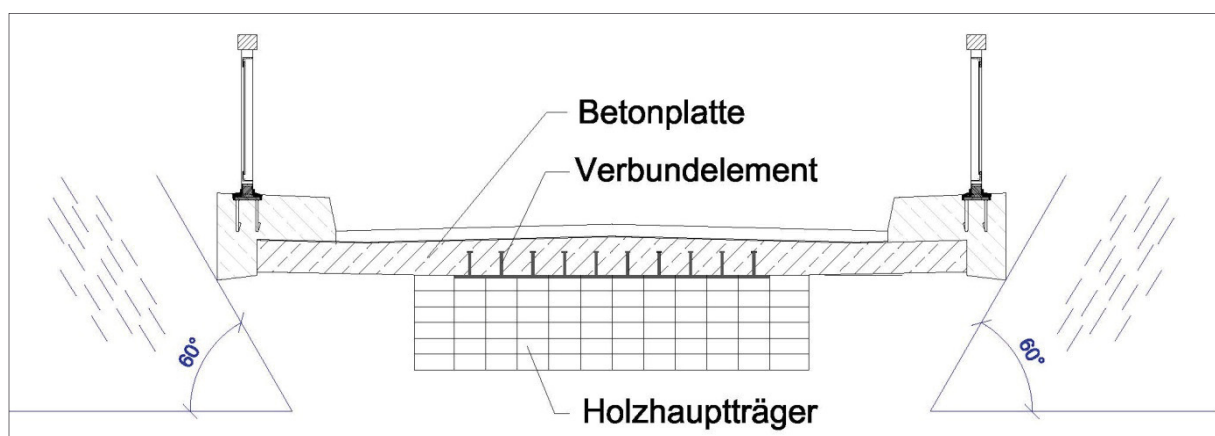


Abb. 16: Betonplatte als konstruktiver Holzschutz in einem Holz-Beton-Verbundüberbau

Australische Untersuchungen [23] zeigen, dass sich durch die Anordnung einer schützenden Stahlbetonplatte über den Holzträgern die Lebensdauer einer Holz-Beton-Verbundbrücke im Vergleich zu einer reinen Holzbrücke verdoppelt bis verdreifacht.

Bisher unveröffentlichte aktuelle Ergebnisse von Holzfeuchtemessungen an der hybriden Wildbrücke bei Nettersheim (Abb. 12) bestätigen diese Aussage.

6 Zusammenfassung

Die Holz-Beton-Verbundbauweise wurde entwickelt, um die Einsatzmöglichkeiten des ökologischen Baustoffes und nachwachsenden Rohstoffes Holz zu erweitern und neues Marktpotential zu erschließen. Durch sinnvolle Kombination von Holz mit einer mineralischen Deckschicht lassen sich bisherige Einsatzgrenzen für die Holzverwendung aufbrechen. Im ökologischen mehrgeschossigen Wohn- und Gesellschaftsbau gehört der Einbau von weitgespannten Holz-Beton-Verbunddecken aufgrund der statischen, brand- und schallschutztechnischen Vorteile heute zum aktuellen Stand der Technik. Moderne Verfahren der Hybridbauweise bieten innovative Lösungen für die Instandsetzung und Ertüchtigung historischer Bausubstanz. Auch im Brückenbau besteht ein großes Marktpotential für die hybride Bauweise, da die Betondecke ne-

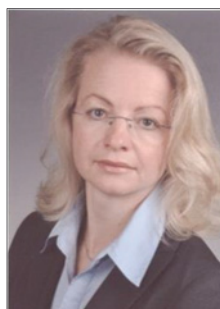
ben der Übernahme wesentlicher statischer Funktionen einen idealen konstruktiven Holzschutz für die hölzernen Hauptträger bietet. Um dieses Potential nutzen zu können, sind weitere Forschungen zum Tragverhalten der Verbundelemente unter Schwell- und Wechselbeanspruchung sowie die Erteilung Allgemein bauaufsichtlicher Zulassungen für geeignete Verbundelemente notwendig.

Wenn es gelingt, die Baustoffe Holz und Beton sinnvoll zu kombinieren, können moderne, innovative, ästhetische Tragwerke mit langer Lebensdauer entstehen.

Quellen/Literatur

- [1] HOLSCHEMACHER, K.; DEHN, F.: Verstärkung von Holzbalkendecken mit innovativen Betonen. In: König, G.; Holschemacher, K.; Dehn, F. [Hrsg.]: Holz-Beton-Verbund, Innovationen im Bauwesen, Beiträge aus Praxis und Wissenschaft. Bauwerk Verlag, 2004, S. 133–142.
- [2] SCHÄFERS, M.; SEIM, W.: Geklebte Verbundbauteile aus Holz und hoch- bzw. ultrahochfesten Betonen. Bautechnik 88 (2011), Heft 3, S. 165–176.
- [3] LEHMANN, S.: Untersuchungen zur Bewertung von Verbundbauteilen aus Brettstapelelementen im Flächenverbund mit mineralischen Deckschichten, Dissertation, Bauhaus-Universität Weimar, 2004.
- [4] SCHÖBER, K.-U.: Untersuchungen zum Tragverhalten hybrider Verbundkonstruktionen aus Polymerbeton, faserverstärkten Kunststoffen und Holz. Dissertation, Bauhaus-Universität Weimar, 2008.
- [5] ERLER, K.: Verstärken von Holzbalkendecken mit Polymerbeton. In: König, G.; Holschemacher, K.; Dehn, F. [Hrsg.]: Holz-Beton-Verbund, Innovationen im Bauwesen, Beiträge aus Praxis und Wissenschaft. Bauwerk Verlag, 2004, S. 167–184.
- [6] SCHAUB, O.: Verbunddecke aus Holzrippen und Betonplatte. Patentschrift Nr. 673556, Deutsches Patentamt 1939.
- [7] BALDOCK, R. H.; MCCULLOUGH, C. B.: Loading Tests an a New Composite-type Short-Span Highway Bridge Combining Concrete and Timber in Flexure. Technical Bulletin Nr. 1., Oregon State Highway Department, Revised Edition, May 1941.
- [8] EBY, R. E.: Composite T-beam bridge deck on timber towers in: Classic wood structures, American Society of Civil Engineers, New York, 1989, S. 149–153.
- [9] www.creebyrhomborg.com – 121121_Cree-Infobroschre_De.pdf.
- [10] LINSE, T.; NATTERER, J.: Ein 7-Geschosser (fast) ganz aus Holz – Konstruktive Details eines Pilotprojekts. Bauingenieur 83, 12/2008, S. 531–539.
- [11] RAUTENSTRAUCH, K.; SCHÖBER, K.-U.; SIMON, A. u. a.: Innovative nachhaltige Bauwerke durch effiziente Kombination von nachwachsenden Rohstoffen und einfach in Kreisläufe integrierbaren mineralischen Baustoffen in einer Hybrid-Bauweise. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Forschungsbericht Projekt-Nr. FNR 22024505, 2008.
- [12] RAUTENSTRAUCH, K.; GROSSE, M.; LEHMANN, S.: Forschungsvorhaben Brettstapel-Beton-Verbund, Teil 1: Untersuchungen des Tragverhaltens von Brettstapel-Beton-Verbunddeckenplatten mit neuartigen Verbindungsmitteln aus Flachstahlschlössern. Forschungsbericht Bauhaus-Universität Weimar, 2001.

- [13] STEURER, A.: Holz/Beton-Verbund im Brückenbau: Die Crestawald-Brücke bei Sufers (GR). In: SAH Fortbildungskurs: Tragende Verbundkonstruktionen mit Holz. Weinfelden, 1999, S. 245–258.
- [14] SIMON, A.: Analyse zum Trag- und Verformungsverhalten von Straßenbrücken in Holz-Beton-Verbundbauweise, Dissertation, Bauhaus-Universität Weimar, 2008.
- [15] Bertsche System GmbH: Daten-CD, Bemessungshilfen, 08/2003.
- [16] GLASER, R.: Zum Kurz- und Langzeitverhalten von Holz-Beton-Verbundkonstruktionen. Dissertation, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, 2005.
- [17] SCHMIDT-SCHUCHARDT, H.: Instandsetzung und statische Ertüchtigung historischer Holzbalkendecken. In: Mankel, W. (Hrsg.): Schutz des Holzes IV, Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung, Forum EIPOS, 2010, S. 145–173, expert verlag, Renningen.
- [18] RAUTENSTRAUCH, K.; KÄSTNER, M.; JAHREIS, M.; HÄDICKE, W.: Entwicklung eines Hochleistungsverbundträgersystems für den Ingenieurholzbau. Bautechnik 90 (2013), Heft 1, S. 18–25.
- [19] SIMON, A.; BARTHL, J.; RAUTENSTRAUCH, K.: Die Birkbergbrücke Wippra - Deutschlands erste Straßenbrücke in Holz-Beton-Verbundbauweise. Tagungsband 19. Dresdner Brückenbausymposium März 2009, S. 287–296.
- [20] LORBACH, K.-H.: Grünbrücken aus Sicht des Bauherren am Beispiel der Wildbrücke Heinzenberg bei Nettersheim. 2. Internationale Holzbrückentage Bad Wörishofen 2012.
- [21] Nordic Timber Council (publ.): Nordic Timber Bridges – A presentation of timber bridges from Finland, Sweden, Norway and Estonia, Stockholm, 2002.
- [22] FRANGI, A.: Brandverhalten von Holz-Beton-Verbunddecken. Dissertation, ETH Zürich, 2001.
- [23] YTTRUP, P.: Concrete enhanced timber. International Wood Engineering Conference, New Orleans 1996.



Simon, Antje
Prof. Dr.-Ing.

1989–1994:	Studium des Bauingenieurwesens an der Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar
1994–2001:	Projektleiterin Planung von Ingenieurbauwerken, Ingenieurgemeinschaft Setzpfandt, Weimar
2001–2008:	Lehre und Forschung als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur für Holz- und Mauerwerksbau der Bauhaus-Universität Weimar
2008:	Promotion zum Thema: Analyse zum Trag- und Verformungsverhalten von Straßenbrücken in Holz-Beton-Verbundbauweise
2008–2011:	Sachgebietsleiterin Entwurf von Ingenieurbauwerken, Ingenieurgemeinschaft Setzpfandt, Weimar
seit 2011:	Professorin für Ingenieurholzbau an der Fachhochschule Erfurt – University of Applied Sciences

Beiträge

22. Tagung des Sächsisches Holzschutzverbandes e. V.

16. März 2013

Thermische Bekämpfungsverfahren im Holzschutz mit elektromagnetischen Wellen¹

Rudy Plarre, Steffen Steinbach, Ulf Roland, Ulf Trommler, Christian Hoyer

1 Einleitung

Bekämpfungsverfahren gegen Organismen, die in Deutschland Bauholz wirtschaftlich bedeutend schädigen können, sind in der DIN 68800 Teil 4: 02/2012 „Holzschutz – Bekämpfungs- und Sanierungsmaßnahmen gegen Holz zerstörende Pilze und Insekten“ regeltechnisch zusammengefasst und gewichtet. Dabei wird je nach Verfahren und Schadorganismus zwischen Regelsanierung und Sondermaßnahmen unterschieden.

So wird z. B. bei den thermischen Maßnahmen im Sinne der Norm das sogenannte Heißluftverfahren gegen Insekten als Regelsanierung bezeichnet, wogegen es gegen Pilze nicht als solche ausgewiesen ist. Gleiches gilt für elektrophysikalische Verfahren sowohl gegen Pilze als auch gegen Insekten. Dies begründet sich dadurch, dass bei Erstellung der Norm Zweifel bezüglich weitgehender Allgemeingültigkeit und Praxisbewährtheit elektrophysikalischer Verfahren, wie sie zur Erwärmung des befallenen Holzes eingesetzt werden, bestanden. Somit erklärt sich auch, dass die Rahmenbedingungen einer erfolgreichen Bekämpfung mittels z. B. Mikrowellen denen des Heißluftverfahrens gleichgesetzt wurden, nämlich die vollständige Erwärmung des befallenen Holzbauteils auf eine Mindesttemperatur von 55° C für eine Dauer von mindestens 60 min. Die physikalisch-chemischen Vorteile der zeitgleichen Wärmegeneration im gesamten Holzkörper durch elektromagnetische Felder im Vergleich zum sukzessiven Wärmeeintrag durch Konduktion fanden keine Berücksichtigung (Steinbach 2006, Steinbach et al. 2012).

Durch eine gezielte Verwendung von elektromagnetischen Wellen der Wellenlängen von ca. 30 m bis 100 mm mit den korrelierenden Frequenzen von ca. 10 MHz bis 30 GHz (Radio- und Mikrowellen) lassen sich sehr viel schneller gewünschte hohe Temperaturen erzielen. Anders als bei der Wärmeleitung beruht hierbei die Erwärmung auf dem Dipolcharakter von bestimmten polaren Bausteinen der Materie als Dielektrikum und deren Ausrichtung sowie Rückorientierung im elektromagnetischen Feld (Metaxas und Meredith 1988) (Abb. 1).

Diese Strukturen können sowohl permanente Dipole wie Wasser als auch polare Gruppen oder Ionen in Festkörpern bilden. Durch diese Bewegung treten Effekte ähnlich der mechanischen Reibung auf; folglich entsteht Wärme. Chemische Reaktionen, d. h. die Aufspaltung von kovalenten Molekülverbindungen der Materie, wie sie

1 Vortrag zur 22. Holzschutztagung 2013 des Sächsischen Holzschutzverbandes e. V. am 16. März 2013 in Dresden.

ggf. durch sichtbares Licht oder ionisierende Strahlung ausgelöst werden, treten hingegen durch Mikro- oder Radiowellen nicht auf.

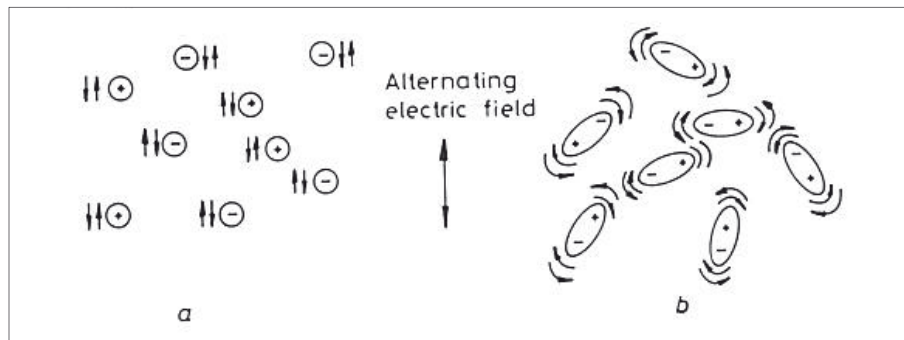


Abb 1: Ladungsausrichtung (a) und Rückorientierung (b) von Dipolen in einem pulsierenden elektromagnetischen Feld (Metaxas und Meredith 1988, leicht verändert)

Wasser in gebundener Form kommt sowohl in Insekten, Pilzen als auch im Holz von Baustoffqualität vor. Es besitzt einen breiten Bereich der Energieabsorption mit einem Maximum zwischen 10 und 100 MHz (Abb. 2). Bei der Erwärmung von Holz durch elektromagnetische Wellen sind zusätzlich auch die Nebervalenzbindungen über die Dipole der Zellulose und Hemizellulose von Bedeutung.

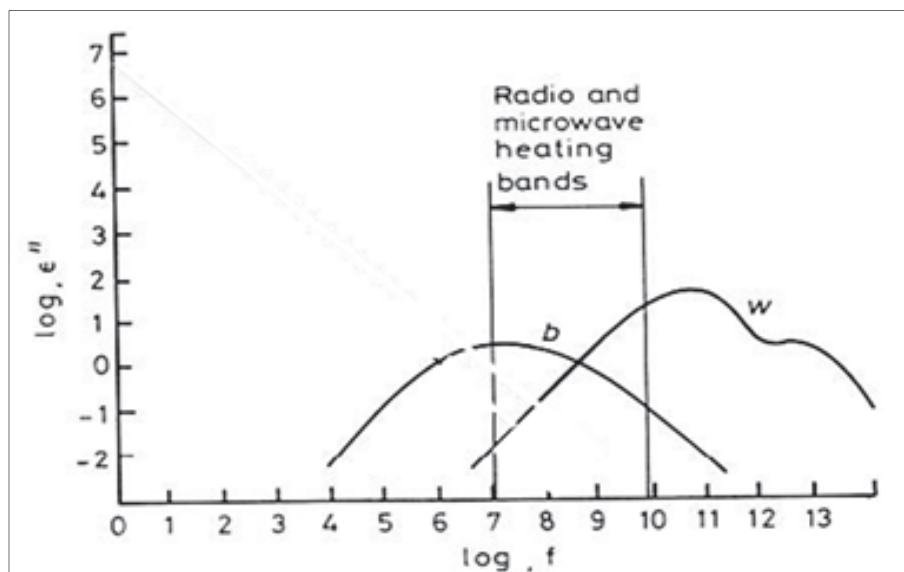


Abb. 2: Imaginärteil der relativen Permittivität (dielektrischer Verlustfaktor) feuchten Materials in Abhängigkeit von der Frequenz bei gebundenem Wasser (b) und freiem Wasser (w); Metaxas und Meredith 1988, leicht verändert);
Ordinate: Logarithmus des Verlustfaktors = Energieeintrag;
Abszisse: Logarithmus der Frequenz elektromagnetischer Wellen

Die Anwendung von Radio- und Mikrowellen zur Schädlingsbekämpfung ist nicht grundlegend neu und wurde bereits um 1930 erwogen und getestet, teilweise mit sehr spekulativen Erklärungen zum Wirkungsmechanismus (HEADLEE und BURDETTE 1929, HADJINICOLAOU 1931, HEADLEE 1931, ARK und PARRY 1940). Spätere Anwendungen nutzten hauptsächlich die Energie elektromagnetischer Wellen der Frequenz

13,56 MHz oder 2,45 GHz (HAMID und BOULANGER 1969, REAGAN et al. 1980, DEVER et al. 1990, NELSON 1995, 1996). Diese für technische, wissenschaftliche und medizinische Zwecke freien Frequenzen (ISM-Frequenzen) finden heutzutage ein breites Anwendungsspektrum.

Wichtige Parameter bei der technischen Anwendung sind dabei neben anderen der (Wärme)-Energieeintrag pro Zeiteinheit (die Leistung), um materialverändernde Effekte durch Überhitzung zu vermeiden. Die Permittivität eines Materials ist ein Parameter, der die Stärke und Ausbreitung des elektromagnetischen Feldes im betreffenden Stoff beschreibt. Diese dielektrische Eigenschaft ist von den polaren Strukturen, also beispielsweise den Dipolen, innerhalb des Materials abhängig. Der Imaginärteil der als komplexe Zahl zu beschreibenden relativen Permittivität drückt aus, wie hoch der Verlust der eingebrachten Energie durch Anregung, Ausrichtung und Rückorientierung der Dipole (gleich Wärmezeugung im Material) ist, sie wird daher auch als dielektrischer Verlustfaktor bezeichnet (Abb. 2). Die Permeabilität bestimmt die Durchlässigkeit von Materie für elektromagnetische Felder. Sie sinkt tendenziell mit steigender Frequenz. Entscheidend für die Erwärmbarkeit von Materialien ist jedoch der spezifische Mechanismus der Energieabsorption, der für trockene Materialien beispielsweise eine bessere Erwärmbarkeit mit niederfrequenten Radiowellen im Vergleich zu Mikrowellen ermöglicht (ROLAND et al. 2011).

2 Praktischer Einsatz von Mikrowellen (2,45 GHz) und Radiowellen (13,56 MHz)

Versuchsbeschreibung

In einem Block aus Kiefernholz mit den Abmaßen von ca. 12 cm x 12 cm x 20 cm waren 7 Bohrungen gleichmäßig über die Diagonalen einer Oberfläche verteilt. Drei Bohrungen wurden mit Proben des „Echten Hausschwammes“ *Serpula lacrymans* und vier mit Proben des „Gemeinen Nagekäfers“ *Anobium punctatum* bzw. des „Hausbockkäfers“ *Hylotrupes bajulus* bestückt (STEINBACH et al. 2012).

Während der Behandlung mit Mikrowellen befand sich der mit Proben bestückte Holzblock zwischen zwei Hornstrahlantennen, die über Koaxialkabel mit zwei regelbaren Mikrowellengeneratoren der Frequenz von 2,45 GHz verbunden waren (MTB-Technik). Der Temperaturverlauf während der Behandlung wurde an vier repräsentativen Stellen des Holzblockes mit Glasfaserthermosonden aufgezeichnet (STEINBACH et al. 2012).

Während der Behandlung mit Radiowellen befand sich der mit Proben bestückte Holzblock zwischen zwei plattenförmigen Kupferelektroden, die über ein elektronisches Anpassnetzwerk (PFM 3000A) mit einem regelbaren Hochfrequenzgenerator (PFG 1000 RF, beide Geräte von Hüttinger Elektronik) mit einer Arbeitsfrequenz von 13,56 MHz verbunden waren. Der Temperaturverlauf während der Behandlung wurde an insgesamt 48 Stellen, einschließlich sieben repräsentativer Stellen in unmittelbarer Nähe der Organismen, mit faseroptischen Temperatursensoren aufgezeichnet. Mit Hilfe einer Software konnten die gewünschten Temperaturverläufe im Holz realisiert werden.

Beide Versuchsreihen wurden in zwei Varianten mehrmals wiederholt. Die Varianten unterschieden sich durch Erwärmung auf mindestens 60 °C und auf höchstens 60 °C des trägsten bzw. sensibelsten Messpunktes oder auf eine mittlere Temperatur im entsprechenden Bereich. Aufgrund der natürlichen Inhomogenität der Matrix Holz wurde methodenabhängig ein Temperaturspektrum von ca. 40 °C bis 90 °C abgedeckt. Ergänzend wurde die Behandlungszeit variiert, indem bei gleichbleibendem Energieeintrag die Leistung entsprechend angepasst wurde. Beim Einsatz von Mikrowellen lagen die Behandlungszeiten bei 320 Watt zwischen ca. 3¹/₂ und 6 min., bei 670 Watt zwischen 1¹/₄ und 2¹/₄ min. Beim Einsatz von Radiowellen lagen die Zeiten bei 500 Watt Primärleistung zwischen ca. 9 und 15 min.

3 Ergebnisse

Aus Abb. 3 ist ersichtlich, dass es durch den Einsatz von oben beschriebenem Mikrowellenverfahren bei *A. punctatum* zur Abtötung aller Larven kam, wenn die Behandlungszeit mindestens 100 s betrug und eine Endtemperatur von 70 °C nicht unterschritten wurde.

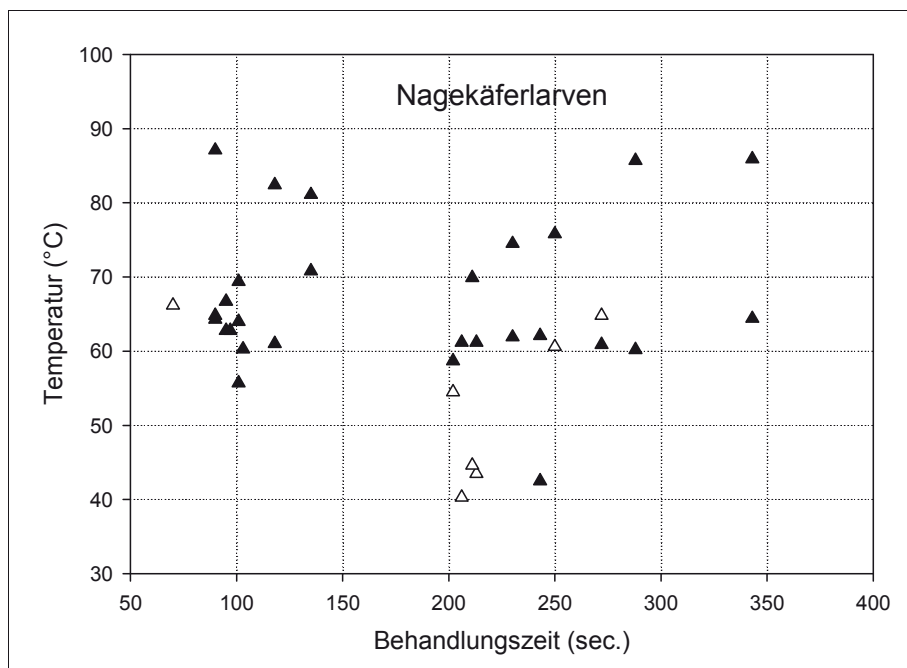


Abb. 3: Verhältnis von Behandlungszeit und erzielter Temperatur zur Abtötung von Larven des „Gemeinen Nagekäfers“ *Anobium punctatum* unabhängig von der eingebrachten Leistung (weiße Dreiecke = keine Abtötung; schwarze Dreiecke = vollständige Abtötung)

Aus Abb. 4 ist ersichtlich, dass es durch das gleiche Verfahren bei *H. bajulus* zur Abtötung aller Larven kam, wenn die Behandlungszeit mindestens 120 s betrug und eine Endtemperatur von 60 °C nicht unterschritten wurde.

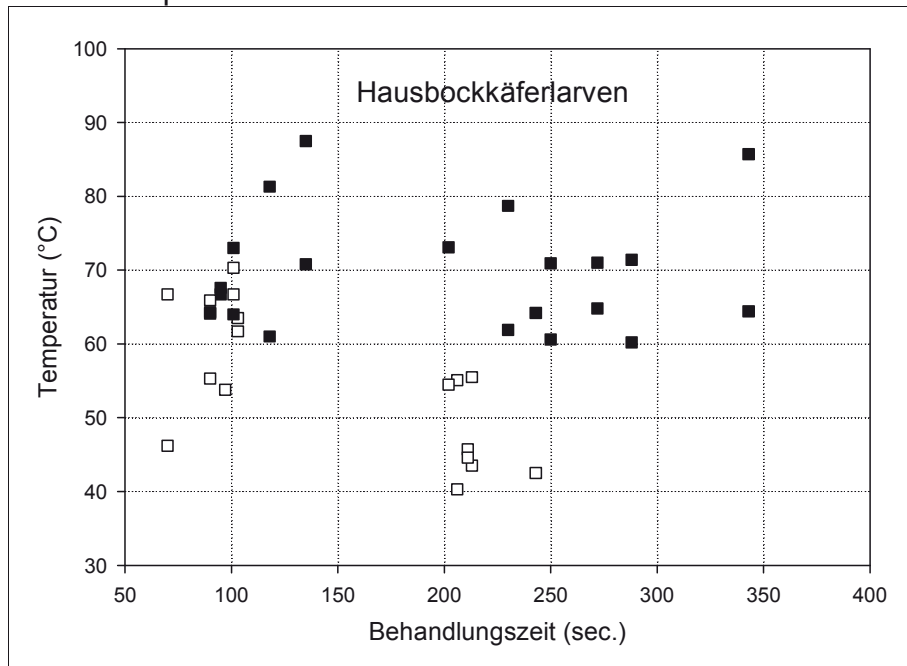


Abb. 4: Verhältnis von Behandlungszeit und erzielter Temperatur zur Abtötung von Larven des „Hausbockkäfers“ *Hylotrupes bajulus* unabhängig von der eingebrachten Leistung (weiße Quadrate = keine Abtötung; schwarze Quadrate = vollständige Abtötung)

Aus Abb. 5 ist ersichtlich, dass es bei *S. lacrymans* zur Abtötung aller Proben kam, wenn die Behandlungszeit mindestens 120 s betrug und eine Endtemperatur von 53 °C nicht unterschritten wurde.

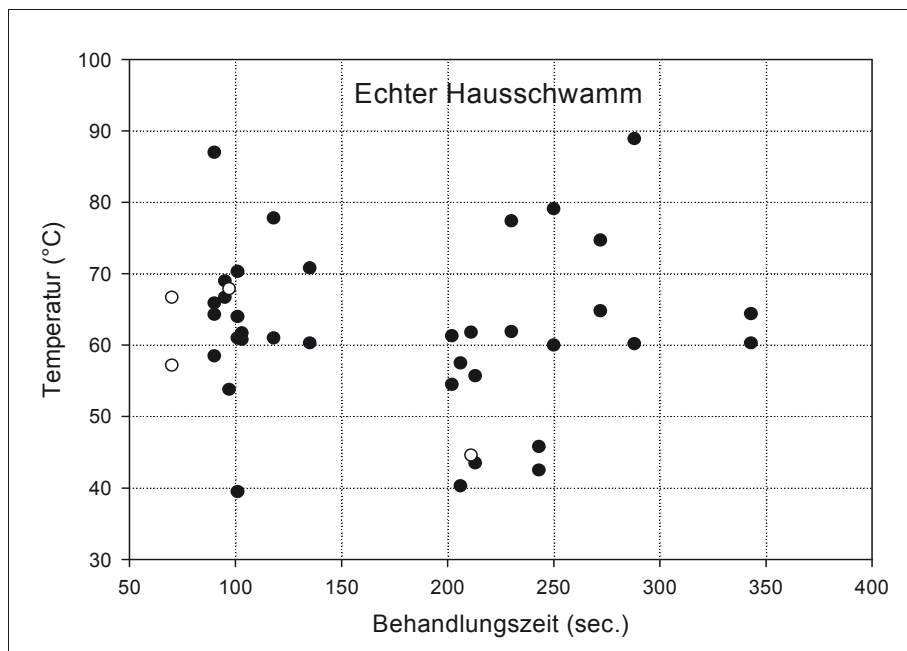


Abb. 5: Verhältnis von Behandlungszeit und erzielter Temperatur zur Abtötung von jungem Myzel des „Echten Hausschwammes“ *Serpula lacrymans* unabhängig von der eingebrachten Leistung (weiße Punkte = keine Abtötung; schwarze Punkte = vollständige Abtötung)

Aus Abb. 6 ist ersichtlich, dass es durch den Einsatz von oben beschriebenen Radiowellen zur Abtötung von *A. punctatum* und *H. bajulus* sehr ähnlicher Temperaturen bedarf wie beim Einsatz von Mikrowellen.

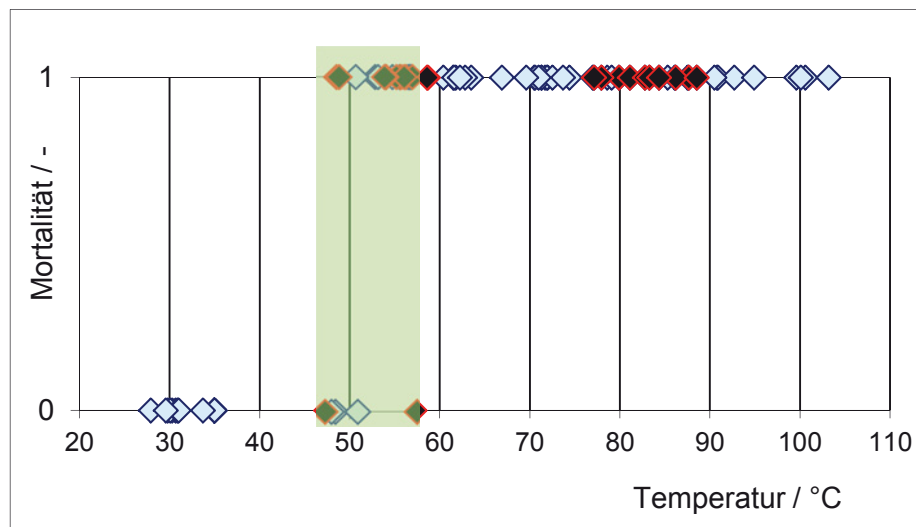


Abb. 6: Grenztemperaturbereich zwischen überlebenden Larven (Ordinatenwert = 0) und Abtötung (Ordinatenwert = 1) bei *Anobium punctatum* (schwarze Rauten) und *Hylotrupes bajulus* (graue Rauten)

4 Schlussbetrachtung

Die Anwendung von Mikro- und Radiowellentechnik ist ein zuverlässiges Verfahren, das für die Bekämpfung von Holz zerstörenden Organismen eingesetzt werden kann. Die Vorteile liegen in der schnellen Erwärmung des Holzes. Die der Norm DIN 68800 Teil 4 (2012) zugrunde liegenden Temperatur-Zeit-Rahmenbedingungen einer erfolgreichen Heißluftbehandlung basieren auf umfangreichen Untersuchungen zur Hitzeempfindlichkeit Holz zerstörender Käferlarven von BECKER und LOEBE (1961). Diese aktuellen regeltechnischen Vorgaben beinhalten zahlreiche Sicherheitsaufschläge bezüglich Letaltemperatur und Einwirkzeit. Jüngere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass auch ökonomisch günstigere Rahmenbedingungen ohne Vernachlässigung des Aspektes der sicheren Abtötung aller Stadien des Schädlings ausreichen würden (STENGAARD HANSEN und VAGN JENSEN 1996, FENNERT et al. 2013a). Es wurde gezeigt, dass bei Temperaturen oberhalb von 60 °C die Einwirkzeit am Organismus nur Minuten betragen muss, um eine sichere Abtötung zu erzielen. Die Aufwärmphase der Matrix Holz muss dabei natürlich gesondert betrachtet werden. Beim Einsatz elektromagnetischer Wellen ist aber auch diese Erwärmungsphase im Vergleich zur konventionellen Behandlung mit Heißluft deutlich geringer (KÖHLER 2007, STEINBACH 2006, MAKOVINY et al. 2012, STEINBACH et al. 2012) (siehe oben).

Aus Erfahrung in der Anwendung mit oben beschriebener Mikrowellentechnik werden in Abhängigkeit von der Holzdimension und der Zugänglichkeit für die Antennen Behandlungszeiten von 10 bis 30 min, bei einseitiger Zugänglichkeit 40 min, realisiert. Bei entsprechender Leistung können dabei die notwendigen Letaltemperaturen erzielt werden (BIERI und ODERMATT 2006 unveröffentlicht, KÖHLER 2006, KULKE 2008, UNGER 2008, PARISEK und BIEBL 2009, FENNERT et al. 2013b). Da Holz in der Lage

ist, in Abhängigkeit von der Dimension, Wärme sehr lange zu speichern, sind für diese Behandlungszeiten daher ausreichende Pufferzeiten vorhanden, die eine vollständige Abtötung gewährleisten.

Für die Anwendung der oben beschriebenen Radiowellentechnik liegen weniger Praxiserfahrungen vor. Ihr Vorteil dürfte in der durch die niedrigere Frequenz bedingte größere Eindringtiefe liegen, was dieses Verfahren nicht nur für die Behandlung befallener Holzbauteile, sondern auch für den Einsatz bei dimensionsstarkem Mauerwerk interessant macht. Im Ergebnis können wesentlich bessere Homogenitäten der Erwärmung erzielt werden. Außerdem sind auch trockene Materialien wie Ziegelmauerwerk durch Radiowellen effizient zu erwärmen.

Voraussetzung für die Anwendung der Mikrowellentechnik und vorteilhaft für die Radiowellen-Anwendung ist ein Mindestmaß an Feuchtigkeit in der zu behandelnden Matrix. Es ist vornehmlich das gebundene Wasser, das sowohl bei der Mikro- als auch bei der Radiowellentechnologie für den Energieeintrag relevant ist. Die selektive Erwärmung des Schadorganismus bei nur unmerklicher Erwärmung des Materials, ist in diesen Frequenzbereichen nicht zu erwarten (siehe Abb. 2). Hierfür wären deutlich höhere Energiedichten notwendig. Die Relaxationsfrequenz freien Wassers ist bei etwa 10 GHz anzusiedeln (COLLIE et al. 1948, METAXAS und MEREDITH 1988). Da die Hämolymphe der Insekten größtenteils aus freiem Wasser besteht (WYATT 1961, WEBER und WEIDNER 1974, SEIFERT 1995, EISENBEIS und WICHARD 1999), Bauholz jedoch kein freies Wasser enthält (GROSSER 1985), müsste sich das freie Wasser bei Insekten durch elektromagnetische Wellen im SHF- und EHF-Bereich selektiv erhitzen lassen, während das Bauholz selbst kaum erwärmt wird. Frequenzen dieser Größenordnung haben jedoch nur eine sehr begrenzte Eindringtiefe, sie sind keine ISM-Frequenzen und dürfen daher auch nicht in offenen Systemen eingesetzt werden, sodass sie für den Materialschutz wohl keine Rolle spielen werden. Außerdem dürfte es schwierig sein, die notwendigen Energiedichten zu erzielen, um zu verhindern, dass die Temperaturunterschiede durch den Wärmeübergang im Material wieder ausgeglichen werden. In anderen Bereichen wie dem Vorratsschutz ist die selektive Erwärmung verborgenen Befalls im Getreide (z. B. *Sitophilus zeamais*) experimentell erfolgreich gezeigt worden (HALVERSON et al. 1995, 1996a, 1996b)

Literatur

- ARK, P.A. und PARRY, W. 1940. Application of high-frequency electrostatic fields in agriculture. Quarterly Review in Biology 15: 172–191.
- BECKER, G. und LOEBE, I. 1961. Hitzeempfindlichkeit holzerstörender Käferlarven. Anzeiger für Schädlingskunde 34: 145–149.
- BIERI, B. und ODERMATT, P. 2006 unveröffentlicht. Holzsterilisation für Verpackungszwecke mittels Mikrowellenbehandlung. Semesterarbeit an der Fachhochschule Bern, Schweiz, Fachbereich Holz – Holzingenieur/in, Kurs XIX SomSem 2006.
- COLLIE, C.B.; HASTED, J.B. und RITSON, D.M. 1948. The dielectric properties of water and heavy water. Proceedings Physical Society 60: 145.
- DEVER, M.; HANSON, P.; BRY, R.E. und ALEONG, J. 1990. Effects of microwave irradiation on *Attagenus unicolor* (Brahm) (Coleoptera: Dermestidae) and the physical and chemical properties of wool. Textile Research Journal: 754–758.

- EISENBEIS, G. und WICHARD, W. 1999. Wasserhaushalt, Osmo- und Ionenregulation sowie Exkretion. In: DETTNER, K. & PETERS, W. (Eds.): Lehrbuch der Entomologie. Gustav Fischer, Stuttgart: 129–170.
- FENNERT, E.-M.; SCHUMACHER, P. und BIEBL, S. 2013a. Bekämpfung des Hausbocks *Hylotrupes bajulus* (L.) durch Hitze – neue Rahmenbedingungen. Holztechnologie 54: 16–20.
- FENNERT, E.-M.; SCHUMACHER, P. und BIEBL, S. 2013b. Bekämpfung durch Hitze – weniger tut's auch. Der Praktische Schädlingsbekämpfer 2/2013: 10–12.
- GROSSER, D. 1985. Pflanzliche und tierische Bau- und Werkholzschädlinge. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen.
- HADJINICOLAOU, J. 1931. Effect of certain radio waves on insects affecting certain stored products. Journal of the New York Entomological Society 39: 145–150.
- HALVERSON, S.L.; BURKHOLDER, W.E.; BIGELOW, T.S. und NORDHEIM, E.V. 1995. Microwave radiation as an alternative to chemical pesticides. Proceedings American Society of Agricultural Engineers Annual International Meeting, Chicago, Illinois (USA): Paper No. 956129.
- HALVERSON, S.L.; BURKHOLDER, W.E.; BIGELOW, T.S.; NORDHEIM, E.V. und MISENHEIMER, M.E. 1996a. High-power microwave radiation as an alternative insect control method for stored products. Journal of Economic Entomology: 1638–1648.
- HALVERSON, S.L.; PLARRE, R.; BURKHOLDER, W.E.; BIGELOW, T.S.; MISENHEIMER, M.E. und NORDHEIM, E.V. 1996b. Effects of SHF and EHF microwave energy on the mortality of *Sitophilus zeamais* in soft white wheat. Proceedings American Society of Agricultural Engineers Annual International Meeting, Phoenix, Arizona (USA): Paper No. 963013.
- HAMID, M.A.K. und BOULANGER, R.J. 1969. A new method for the control of moisture and insect infestations of grain by microwave power. Journal of Microwave Power 4: 11–18.
- HEADLEE, T.J. 1931. The differential between the effect of radio waves on insects and on plants. Journal of Economic Entomology 24: 427–437.
- HEADLEE, T.J. und BURDETTE, R.C. 1929. Some facts relative to the effect of high frequency radio waves on insect activity. Journal of the New York Entomological Society 37: 59–64.
- KOHLER, F. 2007. Mikrowellen zur Holzinsektenbekämpfung – Anwendung im WFM Detmold. In: Nold, U. und Michels, H. (Eds.), Holzschädlinge im Fokus, alternative Maßnahmen zur Erhaltung historischer Gebäude. Merkur Druck: 115–123.
- KULKE, U. 2008. Der Wühler aus dem Untergrund. Berliner Illustrierte Zeitung, Wissen, 17.02.2008: 8
- MAKOVINY, I.; REINPRECHT, L.; TEREBSYOVA, M.; SMIRA, P.; SOUCKOVA, A. und PAVLIK, L. 2012. Control of house longhorn beetle (*Hylotrupes bajulus*) larvae by microwave heating. Wood Research 57: 179–188.
- METAXAS, A.C. und MEREDITH, R.J. 1988. Industrial Microwave Heating. Perter Peregrinus LTD. Herts, England.
- NELSON, S.O. 1995. Assessment of RF and microwave electric energy for stored-grain insect control. Proceedings American Society of Agricultural Engineers Annual International Meeting, Chicago, Illinois (USA): Paper No. 956527.

- NELSON, S.O. 1996. Review and assessment of radio-frequency and microwave energy for stored-grain insect control. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 39: 1475–1484.
- PARISEK L. und BIEBL. S. 2009. Termiten in Bayern. Der Praktische Schädlingsbekämpfer 5/2009/: 6.7.
- REAGAN, B.; CHIAO-CHENG, J.-H. und STREIT, N.J. 1980. Effects of microwave radiation on the webbing clothes moth, *Tineola bisselliella* (Humm.) and textiles. Journal of Food Protection 43: 658-663.
- ROLAND, U.; HOLZER, F.; TROMMLER, U.; PFÜTZE, C.; FREYTAG, O. und KOPINKE, F.-D. 2011. Radiowellenunterstützte thermische Behandlung als neue Technologie zur Trocknung und Dekontamination von Bauteilen. Chemie Ingenieur Technik 83: 254–261.
- SEIFERT, G. 1995. Entomologisches Praktikum. Georg Thieme Verlag. Stuttgart, N.Y.
- STENGAARD Hansen, L. und VAGN Jensen, K.- M. 1996. Upper lethal temperature limits of the common furniture beetle *Anobium punctatum* (Coleoptera:Anobiidae). International Journal of Biodeterioration & Biodegradation 37: 225–232
- STEINBACH, S. 2006. Holz unter Einfluss von Mikrowellen – eine Alternative bei der Bekämpfung holzerstörender Pilze und Insekten. Holztechnologie 47: 39–46.
- STEINBACH, S.; PLARRE, R. UND KLUTZNY, K. 2012. Untersuchungen zur Wirksamkeit von Mikrowellen. Schützen und Erhalten 2012 (3): 29–31.
- UNGER, A. 2008. Der Lyctus-Befall im Parkett des Bode-Museums und seine Sanierung. 19. Weiterbildungstag Deutscher Holzschutzfachverband Berlin/Brandenburg: 5.
- WEBER, H. und WEIDNER H. 1974. Grundriß der Insektenkunde. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart.
- WYATT, G.R. 1961. The biochemistry of insect hemolymph. Annual Review of Entomology 6: 75–102.



Plarre, Rudy
PD Dr. habil.

Fachliche Schwerpunkte/Expertentätigkeit: Bewertung von Materialschutzmitteln und -verfahren auf Wirksamkeit.

Berufliche/Akademische Ausbildung: Studium der Biologie, Diplom, Promotion, Habilitation.

Berufliche Tätigkeiten: Wissenschaftlicher Leiter der Wirksamkeitsprüfung von Holzschutzmitteln in der BAM, Obmann des Normenausschusses Holzschutz im DIN, Sachverständiger im RAL Güteausschuss Holzschutzmittel, Privatdozent am Fachbereich Biologie, Chemie, Pharmazie der Freien Universität Berlin.

Veröffentlichungen: auf Anfrage erhältlich.

Holzvergütung durch Modifizierung: Verfahren und Produkte¹

Wolfram Scheiding

1 Holzmodifikation: Grundlagen

Nach der Definition des Holz-Lexikons (LOHMANN 2003) ist Holzmodifizierung die durchgehende Veränderung des Holzes im Sinne einer Vergütung zur Erhöhung der biologischen Dauerhaftigkeit und Verbesserung des Stehvermögens, d. h. der Dimensions- bzw. Formstabilität.

Nach HILL (2006) beinhaltet die Holzmodifizierung das Wirken eines chemischen, biologischen oder physikalischen Agens auf das Material, so dass eine beabsichtigte Eigenschaftsverbesserung über die Gebrauchsdauer erzielt wird. Das modifizierte Holz selbst sollte unter Gebrauchsbedingungen nicht toxisch sein; während und nach Gebrauch sollten keine toxischen Stoffe abgegeben werden. Ist die Erhöhung der Dauerhaftigkeit gegen biotische Schaderreger Ziel der Modifizierung, sollte das Schutzprinzip nicht-biozid sein.

Die grundsätzlichen Wirkprinzipien sind in Abb. 1 schematisch dargestellt.

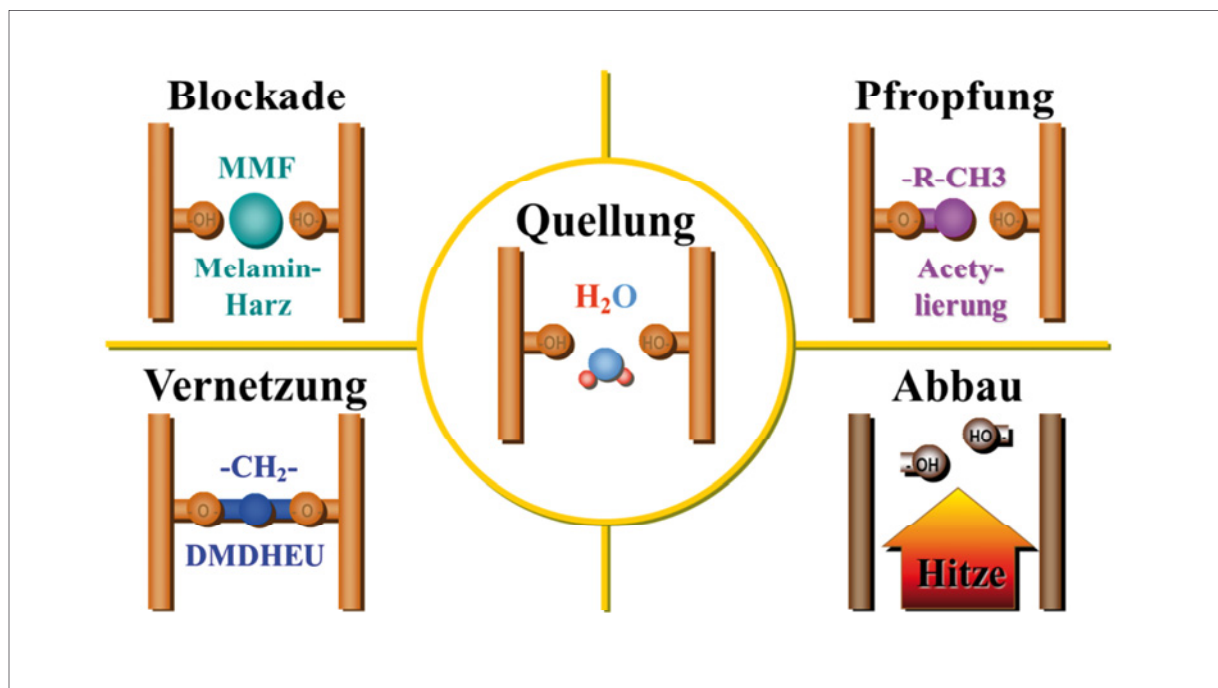


Abb. 1: Prinzipien der Holzmodifizierung (Rapp, Sailer, Peek 2000)

1 Vortrag zur 22. Holzschutztagung 2013 des Sächsischen Holzschutzverbandes e. V. am 16. März 2013 in Leipzig.

Zur Modifizierung zählen die thermische Modifizierung, die chemische Modifizierung und die Harzeinlagerung (s. a. Holz-Lexikon). Die Hydrophobierung, d. h. die hydrophobe Ausrüstung über den Querschnitt, und das Räuchern mit Ammoniak oder Ammoniumsalzen, zählen nicht zur Modifizierung im Sinne der o. g. Definitionen.

Die Modifikation gleich welcher Art kommt insbesondere für Holzarten in Betracht, die preiswert, wenig dauerhaft bzw. optisch weniger attraktiv sind. Die verbesserten Eigenschaften kommen auch durch formale bzw. technische Anforderungen zum Tragen (z. B. baulich-konstruktiver Holzschutz gemäß DIN 68 800, Anforderungen an Fensterhölzer gemäß VFF-Merkblattreihe oder RAL-Gütezeichen Fenster/Haustüren/Fassaden/Wintergärten).

Grund für die Nachfrage oder die Verwendung modifizierter Hölzer können neben diesen formalen und technischen auch „mentale“ Gründe sein, wie die ablehnende Haltung gegenüber Tropenholz oder Holzschutzmitteln. Auch spielen ästhetische Gründe eine Rolle; so wird thermisch modifiziertes Holz häufig nur aufgrund der veränderten, meist dunklen Farbtöne produziert bzw. nachgefragt.

Was passiert bei der Modifizierung?

Grundsätzlich werden die chemische Zusammensetzung bzw. die Struktur der *Zellwand* verändert. Dadurch werden deren Wassergehalt und Wasseraufnahmefähigkeit verringert.

Modifizierte Hölzer sind als technisch erzeugte „Holzarten-Gruppen“ zu betrachten und einzelne modifizierte Hölzer als „Holzarten“. Diese sind gekennzeichnet durch

- Holzart,
- Sortierung und Einschnitt,
- Verfahrensprinzip und Anlage,
- Behandlungsstufe.

Jedes modifizierte Holz hat somit ein spezifisches Eigenschaftsprofil.

2 Thermische Modifizierung

2.1 Verfahren und Wirkungsmechanismus

Thermische Modifizierung ist die Vergütung von Holz durch Einwirkung von Wärme bei 160 ... 230 °C bei reduziertem Sauerstoffgehalt (siehe auch Definition in DIN CEN/TS 15679:2007). Sie kann auch als milde Pyrolyse (WIENHAUS 1999) verstanden werden.

Infolge der Temperaturwirkung werden insbesondere Hemicellulosen abgebaut. Da die Zellwände von thermisch modifiziertem Holz auch weit weniger Wassermoleküle enthalten, schrumpfen die Zellwände, und die Elastizität nimmt ab. Durch Verringerung der Zellwanddichte, Versprödung der Zellwandsubstanz, Reduzierung von Bindungen zwischen den Zellwandkompartimenten und Bildung von Mikrorissen nimmt auch die Festigkeit der Zellwand bzw. des Holzkörpers ab; die Porengrößenverteilung verschiebt sich in Richtung kleinerer Poren (ZAUER 2012).

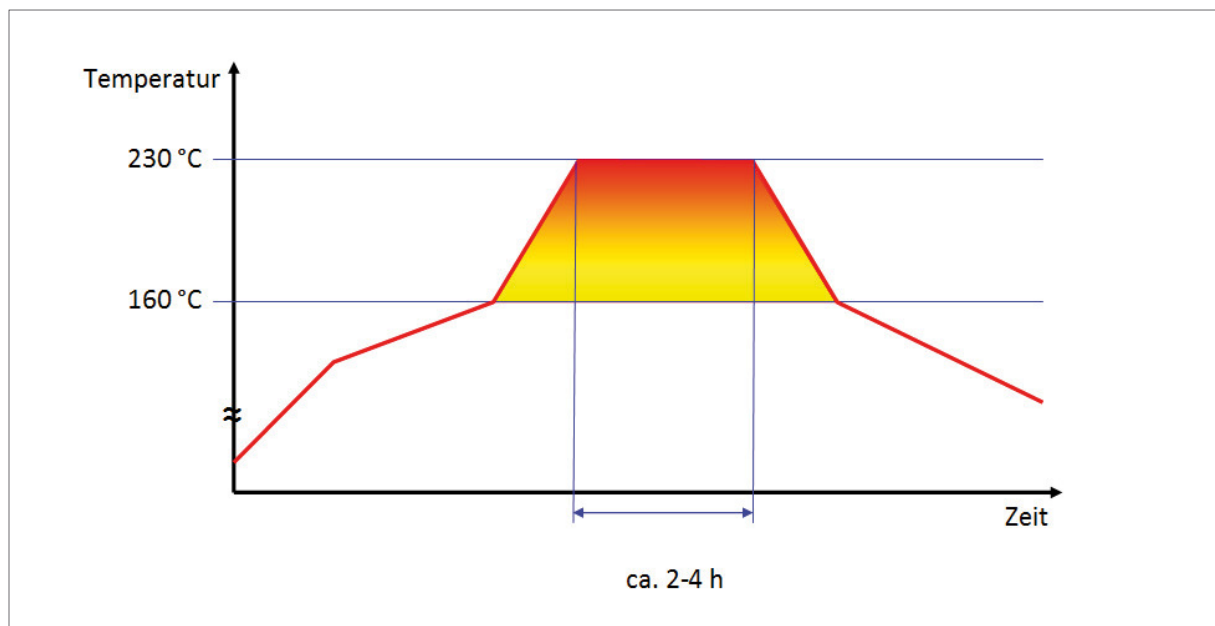


Abb. 2: Prinzipieller Prozessverlauf der thermischen Modifizierung

Bei den feuchtetechnischen Eigenschaften ist zwischen der hygroskopischen Feuchtaufnahme und der kapillaren Wasseraufnahme zu unterscheiden. Durch geringere Adsorptionsfähigkeit im hygroskopischen Bereich verringert sich gegenüber unbehandeltem Holz die Gleichgewichtsfeuchte in einem bestimmten Klima deutlich. Als nach wie vor gültige Faustzahl für die Reduzierung der hygroskopischen Gleichgewichtsfeuchte von thermisch modifiziertem Holz, das für die Außenanwendung behandelt wurde, gelten ca. 50 % (Beispiel siehe Tab. 1). Der Hydrophobierungseffekt kann durch Bewitterung bzw. Alterung nachlassen.

Die Veränderung der kapillaren Wasseraufnahme infolge der thermischen Modifizierung ist dagegen je nach Holzart unterschiedlich. So stellte ZAUER (2012) fest, dass die kapillare Wasseraufnahme bei Ahorn um ein Drittel und bei Esche um die Hälfte reduziert wurden, die von modifizierter Fichte dagegen sogar um ca. ein Viertel zunahm. Ursachen für diese sehr unterschiedlichen Effekte der thermischen Modifizierung sind wahrscheinlich bestimmte Besonderheiten der Fichte, wie der Tüpfelverschluss, sowie Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung zwischen Nadel- und Laubholz. Eine kapillare Wasseraufnahme vor allem über das Hirnholz ist auch bei thermisch modifiziertem Holz möglich und kann zu stärkerer Durchfeuchtung führen.

Holzart	Gleichgewichtsfeuchte u in [%] im Klima		
	20 °C / 35 %	20 °C / 65 %	20 °C / 85 %
Buche unbehandelt	8	12	18
Buche, bei 200 °C modifiziert	4	5	8

Tab. 1: Gleichgewichtsfeuchten von unbehandelter und thermisch modifizierter Buche

Die holzartentypische holzanatomische Struktur bleibt jedoch erhalten, wie in Abb. 3 und 4 veranschaulicht wird.

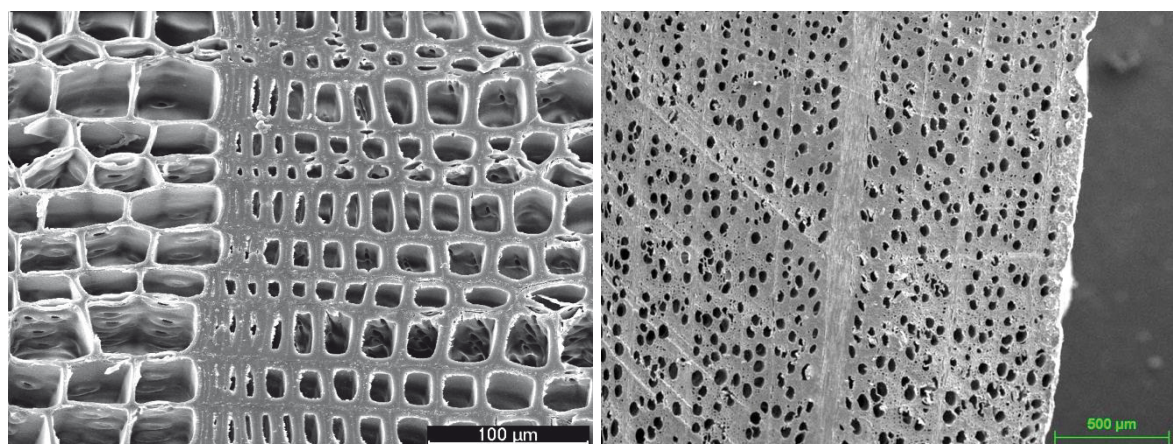


Abb. 3 und 4: REM-Aufnahmen thermisch modifizierte Fichte (links) und Buche (rechts).
Fotos: E. Bäucker, TU Dresden

Das inzwischen allgemein (auch in Nordamerika) akzeptierte technische Kürzel für thermisch modifiziertes Holz ist TMT (von thermally modified timber). Im deutschsprachigen Raum ist auch der (nicht geschützte) Begriff Thermoholz üblich. Die verschiedenen Verfahren der thermischen Modifizierung unterscheiden sich insbesondere durch die Art der Sauerstoffreduzierung und der Wärmeübertragung. In Tabelle 2 sind die derzeit gebräuchlichen Verfahrenstypen mit jeweiligen Firmenbeispielen zusammengestellt.

Spezielle Prozessbedingungen (+ Wärme)	Technologie / Anbieter (Beispiele)
Sattdampf (Normaldruck)	Jartek (Tekmaheat), Valutec, Stellac (ThermoWood), Mahild
Überhitzter Dampf (erhöhter Druck)	WTT, Moldrup Systems
Überhitzter Dampf + zusätzl. Hochtemperaturschritt	Plato International BV
Trockene Atmosphäre (Normaldruck)	Mühlböck
Vakuum	Opel Therm (Vacu ³)
Stickstoffatmosphäre	Rétification, NOW / Balz Maschinen AG
Pflanzenölbad	OHT (Menz/Scholz)

Tab. 2: Gebräuchliche Verfahrenstypen der thermischen Modifizierung

2.2 Produkte

TMT ist meist als Halbfertigfabrikat im Handel, z. B. in Form von Rund- und Schnittholz, Hobelware, Kanteln sowie Massivholz- bzw. Sperrholzplatten. Fertigprodukte sind z. B. Holzfenster oder Gebrauchsgegenstände.

TMT zeichnet sich vor allem durch eine erhöhte Dauerhaftigkeit gegenüber holzerstörenden Pilzen aus, wobei die meist in Laborprüfungen ermittelten Dauerhaftigkeitsklasse von 1 „sehr dauerhaft“ bis 3 „dauerhaft“ reichen. Die Dauerhaftigkeit nimmt mit steigender Behandlungsintensität zu, die Festigkeit dagegen ab. Weniger stark behandeltes TMT wird daher meist im Innenbereich verwendet, wo besonders die verbesserten Quell- und Schwindeigenschaften genutzt werden.

Eine längerfristige oder ständige Durchnässung während des Gebrauchs kann zu Befall durch holzerstörende Basidiomyceten und Moderfäulepilze führen. Die Dauerhaftigkeit in GK 3 ist daher höher als in GK 4. Aussagen wie „Garantie für 25 Jahre im Erdkontakt“ u. ä. sind zunächst als Werbeaussagen zu betrachten.

Die erhöhte Dauerhaftigkeit gegen Holzerstörer bedeutet nicht automatisch eine erhöhte Resistenz gegen Bläue- und Schimmelpilze. Da TMT keine bioziden Stoffe enthält, wird das Wachstum von Bläuepilzen gehemmt, aber nicht völlig verhindert. Für beschichtete Bauteile mit ästhetischen Anforderungen, z. B. Fenster oder Fassadenbekleidungen, werden Beschichtungssysteme mit Bläueschutz empfohlen. Bei beschichteten, insbesondere maßhaltigen, Bauteilen wie Fenstern sollten keine Abstriche im Beschichtungsaufbau gemacht werden.

Modifiziertes Holz für tragende Bauteile?

Aufgrund der veränderten Festigkeitseigenschaften ist ein Verwendbarkeitsnachweis erforderlich, wenn thermisch (oder auch chemisch) modifiziertes Holz für tragende oder aussteifende Zwecke verwendet werden soll. Befindet sich das Holzbauteil (Verkehrsfläche) maximal 0,5 m über festem Grund (dieser Wert kann je nach Landesbauordnung unterschiedlich sein, z. B. auch 0,6 m) oder werden Terrassen- oder Balkonbelag oder Treppenstufe vollflächig unterstützt, bestehen dagegen keine Einschränkungen.

2.3 Informationen

Aufgrund häufiger Anfragen wurde durch das IHD eine Merkblattreihe erarbeitet, die in Form von pdf-Dateien unter www.tmt.ihd-dresden.de kostenlos heruntergeladen werden können. Die Merkblätter wurden 2012 überarbeitet und aktualisiert. Bisher sind erschienen:

- | | |
|--------------------------------|-------------------|
| 1. Begriffe | 7. Brandverhalten |
| 2. Dauerhaftigkeit | 8. Entsorgung |
| 3. Tragende Anwendungen | 9. TMT Buche |
| 4. Farbe und Farbänderung | 10. Fenster |
| 5. Normung, Qualitätssicherung | 11. Beschichtung |
| 6. Verfahren | |

3 Chemische Modifizierung

3.1 Verfahren

Alle Prozesse der chemischen Modifizierung beinhalten prinzipiell folgende Schritte:

- Tränkung mit dem Vergütungsstoff (ggf. nach Einstellen der Tränkreife),
- Thermische Reaktion (Temperaturen meist über 100 °C, z. B. Acetylierung bei 130 °C),
- Evakuierung der Restflüssigkeit,
- Trocknung und Konditionierung auf Auslieferungsfeuchte.

Bei der chemischen Modifizierung werden nicht-biozide Vergütungsstoffe in die Zellwand eingebaut und verknüpfen sich dort chemisch mit Holzkomponenten. So werden bei der Acetylierung die OH-Gruppen im Holz durch Acetylgruppen substituiert. Teilweise entstehen neue chemische Verknüpfungen (cross links). Im Ergebnis werden der Wassergehalt verringert und die Zellwände verhärtet. Wie bei der thermischen bleibt bei der chemischen Modifizierung die holzartentypische Zellstruktur erhalten. Die Zellwand nimmt damit eine Art „dauerhaft gequollenen“ Zustand an. Die Massezunahme ist erheblich und beträgt zum Teil mehr als 20 %. Sie dient als Maß für den Beladungs- und damit den Vergütungsgrad. Die Modifizierung erfolgt immer nur im durchtränkten Bereich. Daher sind vor allem gut tränkbare Hölzer wie Rot-Buche oder Radiata pine gefragt.

3.2 Produkte

Industriell in Europa angewendete Verfahren der chemischen Modifizierung sind die Acetylierung mit Essigsäureanhydrid (Hersteller Titanwood, Produkt Accoya) die Furfurylierung mit Furfurylalkohol (Hersteller und Produkt Kebony). Die Pilotanlage der BASF für das Belmadur-Verfahren (Modifizierung mit DiMethylol-Di-Hydroxy-Ethylen-Urea, DMDHEU) wurde eingestellt.

Bei weiteren Verfahren werden diverse Vergütungsstoffe eingesetzt, wie Silane, Methyl-Methacrylat (MMA), Oligosaccharide oder Biopolymere. Die genaue Zusammensetzung und die Wirkprinzipien sind nicht bekannt. Produktnamen sind z. B. LIGNIA, VECOwood, Indenha, Keywood und Indurite. Produkte aus diesen Verfahren haben nach Kenntnis des Verfassers derzeit noch keine größere wirtschaftliche Bedeutung erlangt.

Für chemisch modifiziertes Holz wurde adäquat zu TMT das Kürzel CMT (für chemically modified timber) vorgeschlagen und auch angenommen.

3.3 Gegenüberstellung thermische und chemische Modifizierung

In Tab. 3 sind wesentliche Effekte gegenübergestellt:

	Thermische Modifizierung	Chemische Modifizierung
Zellwanddicke	verringert	vergrößert
Rohdichte	verringert	vergrößert
Gleichgewichtsfeuchte	verringert	verringert
Innere Holzfestigkeit	verringert	unverändert/vergrößert
Elastizität	verringert	verringert
Steifigkeit	unverändert/leicht erhöht	erhöht
Biegefestigkeit	mäßig bis stark verringert	unverändert/verringert
Biologische Dauerhaftigkeit	mäßig bis stark erhöht	stark erhöht

Tab. 3: Gegenüberstellung thermische und chemische Modifizierung

4 Harzeinlagerung

Die Harzeinlagerung beinhaltet eine Vollzellimprägnierung und eine thermische Härtung von Reaktionsharzen, z. B. Melamin-Formaldehyd-Harzen (MUF). Die Vergütungswirkung resultiert aus der Blockierung von OH-Gruppen und Wasserstoffbrücken. Es erfolgt jedoch keine chemische Reaktion mit Zellwandbestandteilen. Derzeit hat die Harzeinlagerung keine praktische Bedeutung in Deutschland, dem Verfasser sind keine kommerziellen Produkte bekannt. Inwieweit bestimmte CMT-Verfahren eher hier zuzuordnen sind, lässt sich anhand der geringen Kenntnis technischer Details nicht sagen.

5 Thermo-hydro-mechanische Verfahren

Noch nicht in der Praxis umgesetzt, aber Gegenstand zahlreicher Forschungsaktivitäten in Europa sind *thermo-hydrous* (TM) und *thermo-hydro-mechanical processing* (THM). Aufgrund der gleichen Zielstellung und ähnlicher Effekte sind diese Verfahren grundsätzlich der Holzmodifizierung zuzurechnen. Informationen zur entsprechenden COST-Action FP0904 (europäische Forschungsaktivität) siehe www.cost-fp0904.ahb.bfh.ch. Ein besonderer Aspekt ist die oberflächliche oder durchgehende und möglichst irreversible Verdichtung des Holzes zur Verbesserung mechanisch-physikalischer Eigenschaften.

6 Hydrophobierung

Hierunter werden Vergütungsverfahren verstanden, bei denen Holz mit Wachsen bzw. anderen hydrophoben Stoffen, z. B. Ölen, oder Gemischen aus diesen getränkt wird. Kennzeichen ist auch hier eine Vergütung über den gesamten Querschnitt.

Die Schutzwirkung ergibt sich aus der Verringerung der hygroskopischen Auffeuchtung bzw. der kapillaren Wasseraufnahme und hängt vor allem von der Eindringtiefe des Vergütungssstoffes (Tränkqualität) sowie vom Füllgrad der Poren ab. Je größer

der Füllgrad, desto geringer sind hygroskopische Feuchtaufnahme, Wasseraufnahme und Wegsamkeit für Pilzhyphe. Da keine chemische Veränderung der Zellwand erfolgt, ist diese selbst nicht geschützt und kann unter entsprechenden Bedingungen (GK 4, Erdkontakt) von Moderfäulepilzen angegriffen werden. Aus gleichem Grund zählt die Hydrophobierung nicht zur eigentlichen Modifizierung.

Produktnamen hydrophobierter Hölzer sind z. B. Dauerholz (mit Paraffinwachs-schmelze getränkt) oder Natwood der Fa. Tilo (Tränkung mit natürlichen Wachsen und Harzen). Natwood-vergütetes TMT wird unter dem Produktnamen Xterior ge-handelt. Die Hydrophobierung wird auch ergänzend zum chemischen Holzschutz eingesetzt, um die feuchte- bzw. Wasseraufnahme holzschutzmittelgeschützten Hol-zes zu reduzieren. Produktbeispiele sind z. B. das Royal-Verfahren (BASF/ Wolmann), das Produkt Ressursa (Initiative u. a. des Deutschen Holzschutzverban-des für Außenholzprodukte e. V. und der RAL-Gütegemeinschaft Imprägnierte Holz-baelemente e. V.) oder das Produkt WaxedWood der Fa. Foreco, NL.

7 Modifizierung und DIN 68800

Die thermische und chemische Modifizierung wurden als informativer Anhang in die überarbeitete DIN 68800 Teil 1 aufgenommen. Im Kommentar zu dieser Norm, der im Januar 2013 erschienen ist, werden weitere Erläuterungen gegeben.

Nachfolgend wird der betreffende Anhang A als Auszug wiedergegeben:

Anhang A (informativ)

Thermische oder chemische Modifizierung zum Schutz des Holzes

A.1.1 Unter den Sammelbegriffen „thermische“ bzw. „chemische Modifizierung“ zum Schutz des Holzes wer-den verschiedene, in den letzten Jahren entwickelte Behandlungsarten zusammengefasst.

Sie können eine Schutzwirkung gegen einen Befall durch Holz zerstörende Pilze im Sinne der Definition von 3.11 ergeben. Es liegen jedoch derzeit noch keine ausreichenden Langzeiterfahrungen vor, um diese Verfah-ren in den normativen Teil der Norm aufzunehmen.

A.1.2 Von den aktuell diskutierten Verfahren werden in diesem Anhang nur die thermische und die chemische Modifizierung berücksichtigt.

Zu weiteren Verfahren wie Behandlung mit modifizierten Ölen oder Chitin liegen derzeit noch zu wenige Er-kenntnisse vor, so dass sie hier nicht berücksichtigt werden können.

Thermisch modifiziertes Holz (TMT)

A.2.1 Bei der thermischen Modifizierung werden durch die Einwirkung von Temperaturen über ca. 160 °C bei reduziertem Sauerstoffgehalt die chemische Zusammensetzung und Struktur der Holzsubstanz verändert und in Verbindung mit einer reduzierten Ausgleichsfeuchte eine Schutzwirkung erzielt. Hiermit ist gleichzeitig eine deutliche Verminderung der Holzfestigkeit, insbesondere der dynamischen Festigkeit verbunden, wobei sowohl die erzielte Schutzwirkung als auch der Festigkeitsverlust mit steigender Behandlungstemperatur zunehmen.

Es bestehen verschiedene Verfahrensprinzipien, die sich vor allem durch die Art der Sauerstoffreduzierung un-terscheiden, mit unterschiedlichen Ergebnissen bezüglich Schutzwirkung und Festigkeitsverlusten.

A.2.2 Für die Definition und Eigenschaften gilt DIN CEN/TS 15679.

ANMERKUNG Für einzelne TMT-Sortimente, gekennzeichnet durch Holzart, Prozess und Behandlungsstufe (her-stellerbezogen), liegen Ergebnisse aus Prüfungen zur Dauerhaftigkeit vor. Diese und die bisherigen Pra-xiserfahrungen mit TMT zeigen, dass dessen Eigenschaften (Schutzeffekt und Festigkeitsminderung) wesent-lich von den Prozessbedingungen abhängen.

Chemisch modifiziertes Holz (CMT)

A.3.1 Bei der chemischen Modifizierung durch Behandlung mit unterschiedlichen Chemikalien (z. B. Essig-säureanhydrid bei der Acetylierung) werden mittels einer chemischen Reaktion die Zusammensetzung und die Feinstruktur des Holzes verändert, um eine schützende Wirkung zu erzielen.

A.3.2 Für chemisch modifiziertes Holz liegen derzeit weder Begriffsbestimmungen, Festlegungen bezüglich zu fordernder Charakteristika noch Bewertungskriterien vor.

8 Zusammenfassung

Hauptvorteile modifizierter Hölzer sind erhöhte Dauerhaftigkeit und verbesserte Dimensions- und Formbeständigkeit. Alle Grundregeln zur Verarbeitung oder zum konstruktiven Holzschutz gelten weiterhin uneingeschränkt.

Bei Bauteilen aus TMT sollten direkter Erdkontakt bzw. ständige Durchfeuchtung vermieden werden (Einsatz in GK 4 eingeschränkt). Die Behandlungsintensität sollte entsprechend der Gebrauchsklasse gewählt werden (so dauerhaft wie nötig), um unnötige Festigkeitsverluste zu vermeiden.

Literatur

DIN 68800-1:2011-10 Holzschutz – Teil 1: Allgemeines.

DIN CEN/TS 15679:2007 Thermisch modifiziertes Holz – Definitionen und Eigenschaften.

HILL, C.A.S. (2006): Wood Modification. Chemical, Thermal and Other Processes. John Wiley & Sons, Ltd, The Atrium, Chichester.

LOHMANN, U. (2003): Holz-Lexikon. DRW-Verlag Weinbrenner GmbH & Co., Leinfelden-Echterdingen.

RAPP, A. O., SAILER, M. und PEEK, R.-D. (2000): Innovative Holzvergütung zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit. In: Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Nr. 200: 27–34.

WIENHAUS, O. (1999): Modifizierung des Holzes durch eine milde Pyrolyse. Wiss. Zeitschrift der TU Dresden 48/2: 17–22.

ZAUER, M. (2012): Untersuchung zur Porenstruktur und kapillaren Wasserleitung im Holz und deren Änderung infolge einer thermischen Modifikation. Fakultät Maschinenwesen. Schriftenreihe Holz- und Papiertechnik Band 10. Selbstverlag TU Dresden 2012.



Scheiding, Wolfram
Dr. rer. silv.

1987–1992: Diplomstudium Forstwirtschaft TU Dresden
1996–1999: Promotion zum Dr. rer. silv. zum Thema „Holzfaserdämmstoffe“
1993–1998: Wiss. Mitarbeiter am Institut für Forstnutzung und Forsttechnik der TU Dresden
01–09/1999: Wiss. Mitarbeiter Ressort Werkstoffe am Institut für Holztechnologie Dresden
seit 10/1999: Ressortleiter Biologie/Holzschutz am Institut für Holztechnologie Dresden
Mitarbeit im DGfH-Fachausschuss „Holzschutz“
Mitarbeit im DIN-Spiegelausschuss NHM AA1.14 „Rund- und Schnittholz“
Vertreter des IHD im European Network InnovaWood

Autorenverzeichnis

Althoff, Richard *RA Dr. jur.*

ALTHOFF KIERNER & PARTNER – Kanzlei für Immobilien-, Bau- und Planungsrecht, Dresden

Baumann-Ebert, Susann

Gutachterbüro, Chemnitz

Brischke, Christian *Dr. rer. nat.*

Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Leibniz Universität Hannover, Fakultät für Architektur und Landschaft, Institut für Berufswissenschaften im Bauwesen

Jacobs, Kordula *Dipl.-Ing.*

Institut für Holztechnologie Dresden gGmbH (ihd)

Körner, Jan

Fachbetrieb für das Mikrowellenverfahren im Holzschutz, Frohburg

Melcher, Eckhard *Dr. rer. nat.*

Thünen-Institut für Holzforschung, Hamburg

Plarre, Rudy *PD Dr. habil.*

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin

Plaschkies, Katharina *Dipl.-Biol.*

Institut für Holztechnologie Dresden gGmbH (ihd)

Rapp, Andreas O. *Prof. Dr. rer. nat.*

Leibniz Universität Hannover, Institut für Berufswissenschaften im Bauwesen

Scheiding, Wolfram *Dr. rer. silv.*

Institut für Holztechnologie Dresden gGmbH (ihd)

Schurz, Alexander *RA*

ALTHOFF KIERNER & PARTNER – Kanzlei für Immobilien-, Bau- und Planungsrecht, Dresden

Simon, Antje *Prof. Dr.-Ing.*

Fachhochschule Erfurt, Fakultät Bauingenieurwesen und Konservierung/Restaurierung

Welzbacher, Christian R. *Dr. rer. nat.*

Heinz-Piest-Instituts für Handwerkstechnik (HPI), Hannover

Publikationsverzeichnis

2013

EIPOS GMBH (Hrsg.) und 14 Autoren
Tagungsband der EIPOS-Sachverständigentage Brandschutz 2013
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
204 Seiten, EIPOS-Eigenverlag, 2013,
ISBN 978-3-9814551-2-0

EIPOS GMBH (Hrsg.) und 18 Autoren
Tagungsband der EIPOS-Sachverständigentage Bauschadensbewertung und Immobilienbewertung 2013
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
2013, 263 S., zahlr. farbige Abb., Kartoniert
Fraunhofer IRB Verlag
ISBN 978-3-8167-9022-8

2012

EIPOS GMBH (Hrsg.) und 9 Autoren
Tagungsband des EIPOS-Sachverständigentages Holzschutz 2012
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
146 Seiten, IRB-Verlag
ISBN 978-3-8167-8839-3
ISBN 978-3-8167-8840-9 (E-Book)

EIPOS GMBH (Hrsg.) und 12 Autoren
Tagungsband der EIPOS-Sachverständigentage Brandschutz 2012
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
240 Seiten, EIPOS-Eigenverlag, 2012,
ISBN 978-3-9814551-1-3

EIPOS GMBH (Hrsg.) und 11 Autoren
Tagungsband der EIPOS-Sachverständigentage Bauschadensbewertung und Immobilienbewertung 2012
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
182 Seiten, IRB-Verlag, 2012,
ISBN 978-3-8167-8693-1

LEHMANN, G.
Wissenschaftliche Arbeiten
zielwirksam verfassen und präsentieren
4., völl. neu bearb. Aufl. 2012, 276 S., Forum
EIPOS, Band 13, expert verlag, Renningen
ISBN-13: 978-3-8169-3184-3

2011

MANDEL, W. (Hrsg.) und 11 Autoren
Tagungsband des EIPOS-Sachverständigentages Holzschutz 2011
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
145 Seiten, EIPOS-Eigenverlag, 2011,
ISBN 978-3-9814551-0-6

MANDEL, W. (Hrsg.) und 12 Autoren
Tagungsband der EIPOS-Sachverständigentage Brandschutz 2011
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
196 Seiten, EIPOS-Eigenverlag, 2011,
ISBN 978-3-9809371-9-1

MANDEL, W. (Hrsg.) und 11 Autoren
Tagungsband der EIPOS-Sachverständigentage Bauschadensbewertung und Immobilienbewertung 2011
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
170 Seiten, EIPOS-Eigenverlag, 2011,
ISBN 978-3-9809371-8-4

LEHMANN, G.
Wissenschaftliche Arbeiten
Zielwirksam verfassen und präsentieren
3., völl. neu bearb. Aufl. 2011, ca. 260 S. Forum
EIPOS, Band 13, expert verlag, Renningen,
2011
ISBN-13: 978-3-8169-3093-8

2010

MANDEL, W.
Brandschutz III
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
Unt. Mitarb. v. 12 Aut. 2010, 261 S., FORUM
EIPOS, Band 22, expert verlag, Renningen,
2010, ISBN-13: 978-3-8169-3034-1

MANDEL, W.
Schutz des Holzes IV
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
Unt. Mitarb. v. 13 Aut. 2010, 174 S. FORUM
EIPOS, Band 23, expert verlag, Renningen,
ISBN-13: 978-3-8169-3035-8

HERTEL, G. H.; LEHMANN, G.; OPPITZ, V. (Hrsg.)
Wissenschaftliche Zeitschrift EIPOS,
Jahrgang 3 (2010) Heft 1

Wissenschaftliche Originalbeiträge zu Regionalmanagement sowie Wirtschaft, Finanzen, Führung; Rezensionen
285 Seiten, expert verlag, Renningen, 2010,
ISBN 978-3-8169-3018-1, ISSN 1868-3517

HERTEL, G. H.; LEHMANN, G.; OPPITZ, V. (Hrsg.)
Wissenschaftliche Zeitschrift EIPOS,
Jahrgang 3 (2010) Heft 2

Sonderausgabe „20 Jahre EIPOS“
EIPOS-Chronologie, Grußworte und Grußadressen, EIPOS-Weiterbildungs-Lehrpreis, Würdigungen, EIPOS-Alumni
205 Seiten, EIPOS-Eigenverlag, 2010,
ISBN 3-9809371-7-8

HERTEL, G. H. (Hrsg.) und 11 Autoren
Immobilien- und Bauschadensbewertung III
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung.
165 Seiten, FORUM EIPOS, Band 21, expert verlag, Renningen, 2010,
ISBN 978-3-8169-3019-8

2009

HERTEL, G. H.; LEHMANN, G.; OPPITZ, V. (Hrsg.)
Wissenschaftliche Zeitschrift EIPOS,
Jahrgang 2 (2009) Heft 1

Originalbeiträge und Beiträge aus Dissertationen und Master-Thesen, Rezensionen und Würdigungen, EIPOS-Alumni
365 Seiten, expert verlag, Renningen, 2009,
ISBN 978-3-8169-2949-9, ISSN 1868-3517

HERTEL, G. H. (Hrsg.) und 11 Autoren
Immobilien- und Bauschadensbewertung II
Beiträge aus Forschung, Praxis und Weiterbildung.
270 Seiten mit CD, FORUM EIPOS, Band 18, expert verlag, Renningen, 2009,
ISBN 978-3-8169-2948-2

HERTEL, G. H. (Hrsg.) und 13 Autoren
Brandschutz II
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
DIN A5, ca. 200 Seiten, mit CD, FORUM EIPOS, Band 19, expert verlag, Renningen, 2009,
ISBN 978-3-8169-2950-5

HERTEL, G. H. (Hrsg.) und 10 Autoren
Schutz des Holzes III

Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
DIN A5, ca. 120 Seiten, mit CD, FORUM EIPOS, Band 20, expert verlag, Renningen, 2009,
ISBN 978-3-8169-2951-2

2008

HERTEL, G. H.; LEHMANN, G.; OPPITZ, V. (Hrsg.)
Wissenschaftliche Zeitschrift EIPOS,
Jahrgang 1 (2008) Heft 1

Originalbeiträge und Beiträge aus Dissertationen und Master-Thesen, Rezensionen und Würdigungen, EIPOS-Alumni
333 Seiten, expert verlag, Renningen, 2008,
ISBN 978-3-8169-2857-7, ISSN 1868-3517

Wissenschaftliche Beiträge aus Wirtschaftswissenschaft, Geisteswissenschaften, Bau- und Immobilienwirtschaft
Wissenschaftliche Schriftenreihe Immobilienwirtschaft, Heft 2008,
DIN A4, 104 Seiten, Broschur, EIPOS-Eigenverlag, 2008, ISBN 3-9809371-5-1

HERTEL, G. H. (Hrsg.) und 10 Autoren
Schutz des Holzes II
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
DIN A5, 108 Seiten, mit CD, FORUM EIPOS, Band 17, expert verlag, Renningen, 2008,
ISBN 978-3-8169-2882-9

HERTEL, G. H. (Hrsg.) und 13 Autoren
Brandschutz I
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
DIN A5, 190 Seiten, mit CD, FORUM EIPOS, Band 16, expert verlag, Renningen, 2008,
ISBN 978-3-8169-2881-2

HERTEL, G. H. (Hrsg.) und 15 Autoren
Immobilien- und Bauschadensbewertung
Beiträge aus Forschung, Praxis und Weiterbildung.
DIN A5, 194 Seiten mit CD, FORUM EIPOS, Band 15, expert verlag, Renningen, 2008,
ISBN 978-3-8169-2833-1

FIEDLER, H.-J.

**Bodenwissenschaften und Landschafts-
ökologie Böden, Standorte, Ökosysteme**

Soil Sciences and Landscape Ecology Soils,
Sites, Ecosystems

Wörterbuch – Dictionary

DIN A5, 270 Seiten, 2. Auflage, FORUM
EIPOS, Band 9, expert verlag, Renningen,
2008, ISBN 978-3-8169-2756-3

2007

Wissenschaftliche Beiträge aus Wirtschafts-
wissenschaft, Geisteswissenschaften, Bau- und
Immobilienwirtschaft

**Wissenschaftliche Schriftenreihe Manage-
ment, Heft 2007**

DIN A4, 182 Seiten, Broschur, EIPOS-
Eigenverlag, 2007, ISBN 3-9809371-6-X

HERTEL, G. H. (Hrsg.) und 12 Autoren

Schutz des Holzes I

Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbil-
dung

DIN A5, 180 Seiten, FORUM EIPOS, Band 14,
expert verlag, Renningen, 2007,
ISBN 978-3-8169-2808-9

LEHMANN, G.

Wissenschaftliches Arbeiten

Zielwirksam verfassen und präsentieren
DIN A5, 220 Seiten, 2., durchges. Auflage, mit
Layout-Vorschlägen auf CD-ROM,
FORUM EIPOS, Band 13, expert verlag, Ren-
ningen, 2007, ISBN 978-3-8169-2656-6

2006

Wissenschaftliche Beiträge aus Wirtschafts-
wissenschaft, Geisteswissenschaften, Bau- und
Immobilienwirtschaft

**Wissenschaftliche Schriftenreihe Immobili-
enwirtschaft, Heft 1/2006**

DIN A4, 94 Seiten, Broschur, EIPOS-
Eigenverlag, 2006, ISBN 3-9809371-3-5

Wissenschaftliche Beiträge aus Wirtschafts-
wissenschaft, Geisteswissenschaften, Bau- und
Immobilienwirtschaft

**Wissenschaftliche Schriftenreihe Manage-
ment, Heft 1/2006**

DIN A4, 104 Seiten, Broschur, EIPOS-
Eigenverlag, 2006, ISBN 3-9809371-4-3

BRÄKLING, E.; OIDTMANN, K.

**Kundenorientiertes Prozessmanagement –
So funktioniert ein erfolgreiches Unterneh-
men**

DIN A5, 208 Seiten, FORUM EIPOS, Band 12,
expert verlag, Renningen, 2006,
ISBN 978-3-8169-25282-6

2005

Wissenschaftliche Beiträge aus Wirtschafts-
wissenschaft, Geisteswissenschaften, Bau- und
Immobilienwirtschaft

**Wissenschaftliche Schriftenreihe Immo-
bilienwirtschaft, Heft 1/2005**

DIN A4, 92 Seiten, Broschur, EIPOS-
Eigenverlag, 2005, ISBN 3-9809371-1-9

LEHMANN, G.

Reden – aber wie?

Empfehlungen für das wirkungsvolle Übermit-
teln von Gedanken

DIN A5, 146 Seiten

FORUM EIPOS, Band 11, expert verlag,
Renningen, 2005

FIEDLER, H.-J.

**Boden und Landschaft – Soil and Lands-
cape**

Wörterbuch – Dictionary

DIN A5, 190 Seiten, 1. Auflage, FORUM
EIPOS, Band 9, expert verlag, Renningen,
2005, ISBN 978-3-8169-2367-1

2004

Akademisches Europa-Seminar

Sammlung von Aufsätzen, Teil III, Januar 2004,
DIN A4, 110 Seiten, EIPOS-Eigenverlag, ISBN
3-9809371-0-0

REESE, U.

Verständliche Textgestaltung

Kleiner Leitfaden für Schreiber, die gelesen
werden wollen

DIN A5, 138 Seiten, FORUM EIPOS, Band 10,
expert verlag, Renningen, 2004,
ISBN 978-3-8169-23682-8

2003

HÄßLER, D.

**Baupraktische Methoden zur Untersuchung
von Rissen an Fassaden**

DIN A4, 42 Seiten, Broschur, EIPOS-Eigen-
verlag, 2003

**Akademisches Europa-Seminar AES
Wissenschaftliche Beiträge II**

Nr. 34 der EIPOS-Schriftenreihe zur wissenschaftlichen Weiterbildung
Wissenschaftliche Beiträge der Teilnehmer des von EIPOS in Kooperation mit europäischen Universitäten und Hochschulen ausgerichteten Akademischen Europa-Seminar
DIN A4, 94 Seiten, EIPOS-Eigenverlag, 2003

LEHMANN, G.

Zielwirksam akquirieren

Von der Kontaktaufnahme bis zur Angebotspräsentation
DIN A5, 148 Seiten, FORUM EIPOS, Band 5, expert verlag, Renningen, 2003,
ISBN 978-3-8169-2130-1

2001

LEHMANN, G.

Führungs- und Entscheidungstechniken für das Team

Der Teamführer als Moderator
DIN A5, 128 Seiten, FORUM EIPOS, Band 8, expert verlag, Renningen, 2001,
ISBN 978-3-8169-1996-4

FIEDLER, H.-J.

Böden und Bodenfunktionen

in Ökosystemen, Landschaften und Ballungsgebieten
DIN A5, 598 Seiten, FORUM EIPOS, Band 7, expert verlag, Renningen, 2001,
ISBN 978-3-8169-1875-2

LEHMANN, G.

Das Interview

Erheben von Fakten und Meinungen im Unternehmen
DIN A5, 82 Seiten, FORUM EIPOS, Band 6, expert verlag, Renningen, 2001,
ISBN 978-3-8169-2418-0

2000

LEHMANN, G.

Sachgerecht verhandeln

Der Weg zum Interessenausgleich
DIN A5, 116 Seiten, FORUM EIPOS, Band 4, expert verlag, Renningen, 2000,
ISBN 978-3-8169-1849-3

LEHMANN, G.

Präsentation von Leistungsangeboten

Gute Leistungen gut verkaufen
DIN A5, 93 Seiten, FORUM EIPOS, Band 3, expert verlag, Renningen, 2000,
ISBN 978-3-8169-1771-7

GROßE, H.

Umweltmanagement in der Bauwirtschaft

Methodik und Arbeitshilfen
DIN A5, 105 Seiten, FORUM EIPOS, Band 2, expert verlag, Renningen, 2000,
ISBN 978-3-8169-1773-1

GROßE, H.; EHRIG, S.; LEHMANN, G.

Umweltschutz und Umweltmanagement in der gewerblichen Wirtschaft

EMAS und ISO 14001 in Praxis und Entwicklung – ein Leitfaden
DIN A5, 191 Seiten, FORUM EIPOS, Band 1, expert verlag, Renningen, 2000,
ISBN 978-3-8169-1772-4

Unsere Weiterbildungsangebote und Publikationen

Publikationen
z. B. Wissenschaftliche Schriften, Tagungsbände, Fachbücher, Newsletter

Graduierungen

Master
MBA, MSc MEng
4–5 Semester

- MSc Immobilienmanagement
Dresden International University
- MEng Vorbeugender Brandschutz
Dresden International University



**Fachliche
Fortbildung**
Fachplaner,
Sachverständiger
4–5 Semester

- **Brandschutz:** Vorbeugender Brandschutz, Gebäudetechnischer Brandschutz ...
- **Bauwirtschaft:** Bauschäden, Bautenschutz und Bausanierung, Holzschutz, Energieeffizienz, Baudenkmale ...
- **Immobilienwirtschaft:** Immobilien-Projektentwicklung, Immobilienbewertung
- **Unternehmensführung:** Regionalmanagement, Kommunikationstechniken ...

**Sachver-
ständigentage**

- Brandschutz, Bauschadensbewertung, Immobilienbewertung, Holzschutz

**Inhouse-
Schulungen**

- HILTI, Bilfinger & Berger, Lafarge Gips, HochTief, ARWO Bau, Schweizerische Bundesbahnen SBB

EIPOS GmbH | Goetheallee 24 | 01309 Dresden

Telefon: +49 351 44072-10

Telefax: +49 351 44072-20

E-Mail: eipos@eipos.de

Internet: www.eipos.de

Geschäftsführer: Dr. Uwe Reese, Dr. Reinhard Kretzschmar

Weiterbildungsangebote aus den Bereichen Bauwesen und Immobilienwirtschaft

Postgraduale Master-Studiengänge

- Master of Science (Immobilienmanagement)
- Master of Science (Vermögensmanagement)

Berufsbegleitende Fachfortbildungen

- Sachverständiger für Schäden an Gebäuden – Stufe I
- Sachverständiger für Schäden an Gebäuden – Stufe II
- Sachverständiger für Schäden im konstruktiven Ingenieurbau
- Sachkundiger Planer für Betonerhaltung
- Fachplaner für Bauwerksinstandsetzung nach WTA
- Sachverständiger für Holzschutz
- Sachverständiger für Bautenschutz und Bausanierung
- Sachverständiger für Energieeffizienz von Gebäuden
- Energieberater für Baudenkmale
- Zertifizierter Passivhausplaner
- Effizienzhaus-Planer und -Baubegleiter
- Sachverständiger für Immobilienbewertung – Stufe I
- Sachverständiger für Immobilienbewertung – Stufe II
- Immobilien-Projektentwicklung
- Bau- und Immobilien-Projektmanagement
- Projektmanagement

Tagesveranstaltungen

- EIPOS-Sachverständigentag Bauschadensbewertung
- EIPOS-Sachverständigentag Holzschutz
- EIPOS-Sachverständigentag Immobilienbewertung
- Update-Seminare zu ausgewählten Themen



Fachtitel rund um den **Holzschutz**

DIN-Taschenbuch 132

Holzschutz

Herausgeber: DIN

6. Auflage 2012. 670 S. A5. Broschiert.

155,00 EUR | ISBN 978-3-410-22926-1

Die Neuauflage des DIN-Taschenbuchs 132 stellt die aktuelle Fassung der Holzschutz-Norm DIN 68800 Teile 1 bis 4 im Originaltext bereit. Ergänzend sind über 20 weitere Dokumente aus dem Bereich Holzschutz enthalten. Z.B.:
DIN 52161-1:2006-06,
DIN EN 46-1:2010-03,
DIN EN 152:2012-02 oder
DIN EN 1001-1:2005-10.



Beuth Kommentar

Holzschutz

Praxiskommentar zu DIN 68800 Teile 1 bis 4

von H. Willeitner, B. Radovic, H. Hertel, D. Grosser
Herausgeber: DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
und iVTH Internationaler Verein für Technische Holzfragen,
Prof. Dr. Rainer Marutzky
2., vollständig überarbeitete Auflage 2013.
368 S. A4. Broschiert.
98,00 EUR | ISBN 978-3-410-21202-7

- // DIN 68800 (Teile 1 bis 4) im Originaltext abgedruckt
- // schrittweise Kommentierung und Erläuterung der einzelnen Normabschnitte
- // Hinweise zur richtigen Auslegung und nützliche Umsetzungshilfen
- // berücksichtigt u. a. neuste Entwicklungen zu den Themen Bauwerkserhaltung und Gesundheitsschutz
- // ideal für Holzbauer, Hersteller, Sanierer und sonstige Anwender von Holzschutzmitteln

Lexikon

Holzbau und Holzschutz von A bis Z

von Ekkehart Hähnel

1. Auflage 2007. 356 S. 24 x 17 cm. Gebunden.
49,80 EUR | ISBN 978-3-410-21180-8

Das Buch liefert eine lebendige Überblicksdarstellung über die facettenreiche Verwendung und Geschichte des Bauwerkstoffs Holz und zeigt dabei: Modernes Bauen mit Holz ist – nicht nur aufgrund ökologischer Überlegungen – interessanter und vielfältiger denn je. Vom Holzbau über Holzeigenschaften, -verbindungen und -konstruktionen sowie vorbeugenden und konstruktiven Holzschutz bis hin zu verschiedenen Holzwerkstoffen – der Titel berücksichtigt das gesamte Themenspektrum und liefert wertvolle Empfehlungen für die handwerkliche Praxis.

Diese und viele weitere Titel zum Thema Holz finden Sie auch unter:

www.beuth.de/scr/holzschutz

Faxbestellung +49 30 2601-1260 | Telefon +49 30 2601-2260 | E-Mail kundenservice@beuth.de

Beuth Verlag GmbH Am DIN-Platz Burggrafenstraße 6 10787 Berlin

Beuth
Berlin · Wien · Zürich



Leistungen für Mitglieder

- regelmäßige Information und Weiterbildung (Tagungen, Seminare, Exkursionen, schriftliches Informationsmaterial)
- Beratung und Unterstützung zu allen Problemen des Holzschutzes und zu rechtlichen Problemen

Mitglied kann nur werden, wer eine fundierte Ausbildung nachweist!

Leistungen außerhalb des Verbandes

- Beratung zu allen Problemen des Holzschutzes
- Vermittlung von Sachverständigen und Fachbetrieben
- Angebote zur Aus- und Weiterbildung (u. a. zertifizierte Ausbildungsstätte für die Ausbildung von „Sachkundigen für Holzschutz am Bau“)
- Unterstützung öffentlicher und privater Bildungsträger

Sächsischer Holzschutzverband e.V.
Zellescher Weg 24 · D-01217 Dresden
Telefon/Fax: +49 351 46624-92
E-Mail: info@holzschutz-sachsen.de
Internet: www.holzschutz-sachsen.de

Profis haben etwas gegen holzzerstörende Insekten: Koratect® Ib



Ob Hausbock, Nage- oder Splintholzkäfer: **Koratect® Ib** wirkt schnell gegen holzzerstörende Insekten und schützt vor Neubefall. Das VOC-freie Profi-Produkt dringt sehr tief ins Holz ein und verteilt sich gleichmäßig.



Kurt Obermeier GmbH & Co. KG
Berghäuser Straße 70
57319 Bad Berleburg-Raumland
Telefon +49 27 51/524-0
www.kora-holzschutz.de



WIR MACHEN HOLZ STARK.

Biozide sicher verwenden. Vor Gebrauch stets Kennzeichnung und Produktinformation lesen.

<https://doi.org/10.51202/6763616791331> - Generiert durch IP 216.78.216.36, am 21.01.2026, 16:16:06. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts in Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Qualifikation
schafft Zukunft!



**Europäisches Institut für
postgraduale Bildung GmbH**
Ein Unternehmen der TUDAG
Technische Universität Dresden AG

D-01309 Dresden, Goetheallee 24
Telefon: +49 351 44072-10
Telefax: +49 351 44072-20
E-Mail: eipos@eipos.de

Titelfoto: Dr. E. Melcher, Thünen Institut für Holzforschung Hamburg

ISBN 978-3-8167-9132-4

Herausgeber:
EIPOS GmbH

Das Europäische Institut für postgraduale Bildung hat sich seit 1990 als Kompetenzzentrum für berufsbegleitende Bildung von Fach- und Führungskräften im deutschsprachigen Raum positioniert.

Als ein Unternehmen der TUDAG Technische Universität Dresden Aktiengesellschaft bietet die EIPOS GmbH als Ihr anerkannter Partner praxisorientierte Weiterbildung auf Hochschulniveau:

in den Bereichen:

- Bauwesen, Immobilienwirtschaft, Brandschutz und Unternehmensführung

in Form von:

- berufsbegleitenden Studiengängen in Kooperation mit staatlich anerkannten Hochschulen und Universitäten, insbesondere mit der Dresden International University,
- Lehrgängen für Fach- und Führungskräfte wie z. B. Sachverständige und Fachplaner,
- Seminaren, Tagungen und Inhouseschulungen,
- Publikationen von Fachbeiträgen und Tagungsreferaten sowie von Ergebnissen wissenschaftlicher Arbeiten.

ISBN 978-3-8167-9132-4

