

# Brightwood – Transparente Beschichtungen für Holz im Außenbereich

G. Grüll, F. Tscherne, B. Forsthuber  
Holzforschung Austria

## 1 Einleitung

Holz ist ein natürlicher Werkstoff mit einer ansprechenden Farbe und Struktur in einer breiten Variation je nach Holzart und Verarbeitung. Es wird daher neben seiner Funktion als Baustoff gleichzeitig gerne als Gestaltungselement eingesetzt. Von Bauherrn und Architekten werden auch für bewitterte Außenbauteile aus Holz in immer stärkerem Ausmaß möglichst transparente Lasuren verlangt, mit denen der ursprüngliche natürliche Farbton des Holzes auf Dauer erhalten bleiben soll.

Holzoberflächen im Außenbereich sind den Belastungen der Witterung ausgesetzt. Die entscheidenden Faktoren sind dabei die kurzweilige, energiereiche UV-Strahlung des auftreffenden Sonnenlichtes und die Feuchtebelastung durch Niederschlag, Kondensat und Wasserdampfdiffusion sowie die damit einhergehenden Quell- und Schwindbewegungen des Holzes. Beschichtungen haben die Aufgabe, das Holz vor UV-Licht und Feuchtigkeit zu schützen. Mit deckenden Beschichtungen bzw. ausreichend mit transparentem Eisenoxid pigmentierten Lasuren in Brauntönen kann ein sehr guter UV-Schutz für die Holzoberfläche erreicht werden. Verzichtet man auf gefärbte Pigmente in der Beschichtung, geht deren Funktion für den Lichtschutz des Holzes verloren, was einen negativen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit der Beschichtungen bei Bewitterung hat. Gegenüber der Feuchtebelastung sollte die Beschichtung auf der einen Seite möglichst wasserabweisend und undurchlässig für Flüssigwasser sein, auf der anderen Seite sollte das Ausdiffundieren eingedrungener Feuchtigkeit durch eine möglichst hohe Wasserdampfdurchlässigkeit ermöglicht werden.

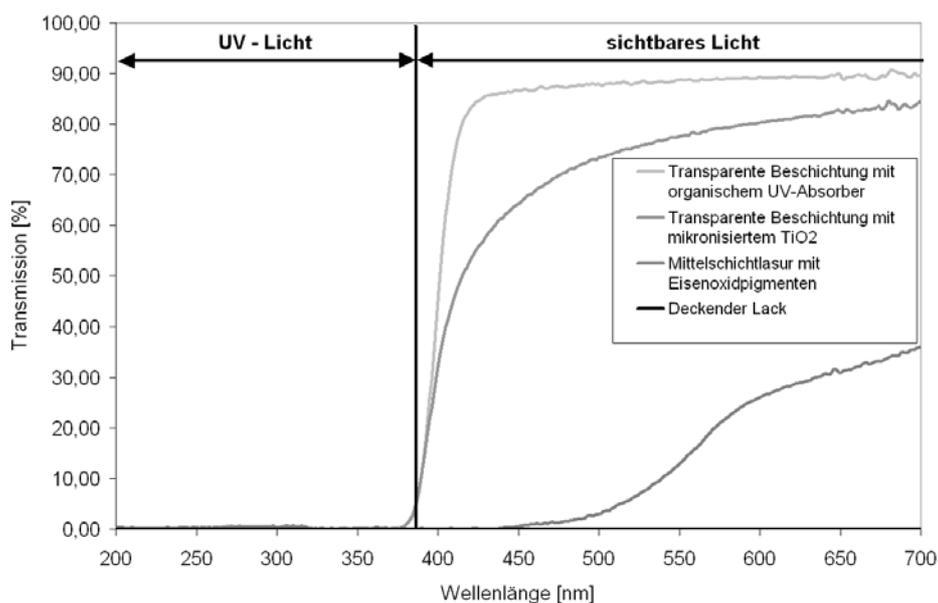
Bei transparenten Holzbeschichtungen für den Außenbereich haben neue Entwicklungen von Lichtschutzadditiven und entsprechenden Formulierungen in den letzten Jahren eine deutliche Verbesserung der Dauerhaftigkeit gebracht. Bei der Entwicklung von transparenten Beschichtungen ist es wesentlich, nicht nur die Zugabemenge von Lichtschutzadditiven zu bestehenden Formulierungen, sondern die Gesamtformulierungen zu betrachten. Der anfängliche UV-Schutz muss auf Dauer erhalten bleiben und es muss erreicht werden, dass die Beschichtungen nicht verspröden und rissanfälliger werden. Schlussendlich müssen voll funktionstaugliche Beschichtungssysteme alle notwendigen Funktionen einer Holzbeschichtung erfüllen.

Die Zielsetzung des Forschungsprojekts „Brightwood“ war es, voll funktionstaugliche transparente Beschichtungssysteme für Holz im Außenbereich zu entwickeln, die sowohl eine erhöhte UV-Schutzwirkung als auch einen optimalen Feuchteschutz neben dem notwendigen chemischen Holzschutz aufweisen. Der Vortrag fasst die Ergebnisse und Schlussfolgerungen dieses Forschungsprojektes zusammen, in dem mit 50 Modellformulierungen und 37 Entwicklungsprodukten die Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit des Lichtschutzes sowie die Witterungsbeständigkeit und der Feuchteschutz von transparenten Beschichtungen untersucht wurde.

## 2 Wirkungsweise transparenter Lichtschutzmittel

Ein wirksamer Lichtschutz von Holzoberflächen im Außenbereich kann nur dann erzielt werden, wenn der UV-Anteil des Sonnenlichtes vollständig durch die Beschichtung gefiltert wird. Darüber hinaus ist es vorteilhaft, auch kurzwellige Anteile des sichtbaren Lichtes von der Holzoberfläche fernzuhalten. Dafür stehen transparente UV-Absorber und transparente Pigmente zur Verfügung, die mit Radikalfängern (HALS) kombiniert werden. Letztere dienen dazu, Radikale, die durch Lichteinwirkung gebildet werden, unschädlich zu machen.

In transparenten Beschichtungen dürfen UV-Absorber und Pigmente möglichst wenig sichtbares Licht absorbieren, weil sonst eine Eigenfarbe der Beschichtung entsteht, die das Erscheinungsbild des beschichteten Holzes verändert. Abbildung 1 zeigt Transmissionsspektren von typischen Beschichtungssystemen für Holz im Außenbereich, aus denen erkennbar ist, dass alle Beschichtungen im Wellenlängenbereich des UV-Lichtes vollständig filtern. Im Bereich des sichtbaren Lichtes ist der deckende Lack ebenfalls undurchlässig und die Mittelschichtlasur mit Eisenoxidpigmenten zeigt eine hohe Absorption des Lichtes während die transparenten Systeme eine hohe Durchlässigkeit (Transmission) aufweisen.



**Abbildung 1: Transmissionsspektren von typischen Beschichtungssystemen für Holz**

Die Absorption des UV-Lichtes durch eine Beschichtung funktioniert nur dann, wenn diese einen geschlossenen Film auf der Holzoberfläche ausbildet und sie steigt mit steigender Schichtdicke. Als Grundlage für den Zusammenhang von Schichtdicke, Konzentration von UV-Absorbern und Lichtdurchlässigkeit einer Beschichtung gilt das Lambert-Beersche Gesetz. Für transparente Holzbeschichtungen ist eine Trockenfilmdicke von mindestens 30 µm erforderlich, da erst ab diesem Bereich auf gehobelten Nadelholzoberflächen ein geschlossener Film erzeugt wird und eine ausreichende Absorption des UV-Lichtes erreicht werden kann.

### 2.1 Organische UV-Absorber

Organische UV-Absorber absorbieren Licht bestimmter Wellenlängen und wandeln es in Wärmeenergie um, die für den Beschichtungsfilm und den Holzuntergrund unschädlich ist. In

Holzbeschichtungen werden UV-Absorber der Klassen Hydroxybenzophenone, Hydroxyphenylbenzotriazole und Hydroxyphenyltriazine eingesetzt. Mit organischen UV-Absorbern ist ein effektiver UV-Schutz bei gleichzeitig hoher Transparenz für sichtbares Licht zu erreichen, weil sie sehr selektiv den UV-Bereich des Sonnenlichtes filtern. Die Klassen der UV-Absorber unterscheiden sich in den Absorptionskanten, wobei die wirksamsten UV-Absorber für den Lichtschutz von Holzoberflächen auch den kurzwelligen Anteil des sichtbaren Lichtes filtern. Entscheidend ist aber auch die Photopermanenz des UV-Absorbers, das heißt seine Stabilität im Beschichtungsfilm. Hydroxyphenyltriazine weisen eine hohe Photopermanenz auf, gefolgt von Hydroxyphenylbenzotriazolen weshalb diese Klassen heute die bevorzugten UV-Absorber darstellen.

## 2.2 Anorganische Lichtschutzmittel (Pigmente)

Pigmente sind die Bestandteile einer Beschichtung, die seit jeher zur Farbgebung und zum Lichtschutz von Holzoberflächen verwendet werden. Sie reflektieren, absorbieren und streuen bestimmte Anteile des einfallenden Lichtes, wodurch es vom Holzuntergrund ferngehalten wird. Transparente Eisenoxidpigmente ergeben halbtransparente Beschichtungsfilme (Lasuren) in Rot- und Brauntönen, die sehr wirkungsvoll den UV-Anteil des Sonnenlichtes absorbieren.

Mikronisierte Pigmente weisen sehr geringe Partikelgrößen auf, weshalb sie bei sichtbaren Wellenlängen nur wenig mit dem Licht in Wechselwirkung treten, im UV-Bereich aber gut absorbieren. Mikronisiertes Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ ) und Zinkoxid ( $\text{ZnO}$ ) können daher in transparenten Beschichtungen eingesetzt werden. Hohe Zugabemengen von mikronisierten Pigmenten führen aber in der Regel zu milchig erscheinenden Beschichtungen, da sie keine so scharfe Absorptionskante aufweisen wie die organischen UV-Absorber und dadurch höhere Anteile des sichtbaren Lichtes absorbieren.

## 2.3 Radikalfänger (HALS)

Radikalfänger sind im Beschichtungsfilm zum Schutz des Bindemittels erforderlich. Sie wandeln reaktive Radikale, die durch das kurzwellige UV-Licht gebildet werden in stabile Verbindungen um und machen sie damit unschädlich für das Polymer. Im Holzuntergrund ergeben Radikalfänger durch das gleiche Wirkungsprinzip eine Stabilisierung des Lignins und verhindern damit Farbveränderungen des Holzes, weshalb sie auch in Grundierungen eingesetzt werden.

# 3 Forschungsergebnisse

## 3.1 Modellformulierungen

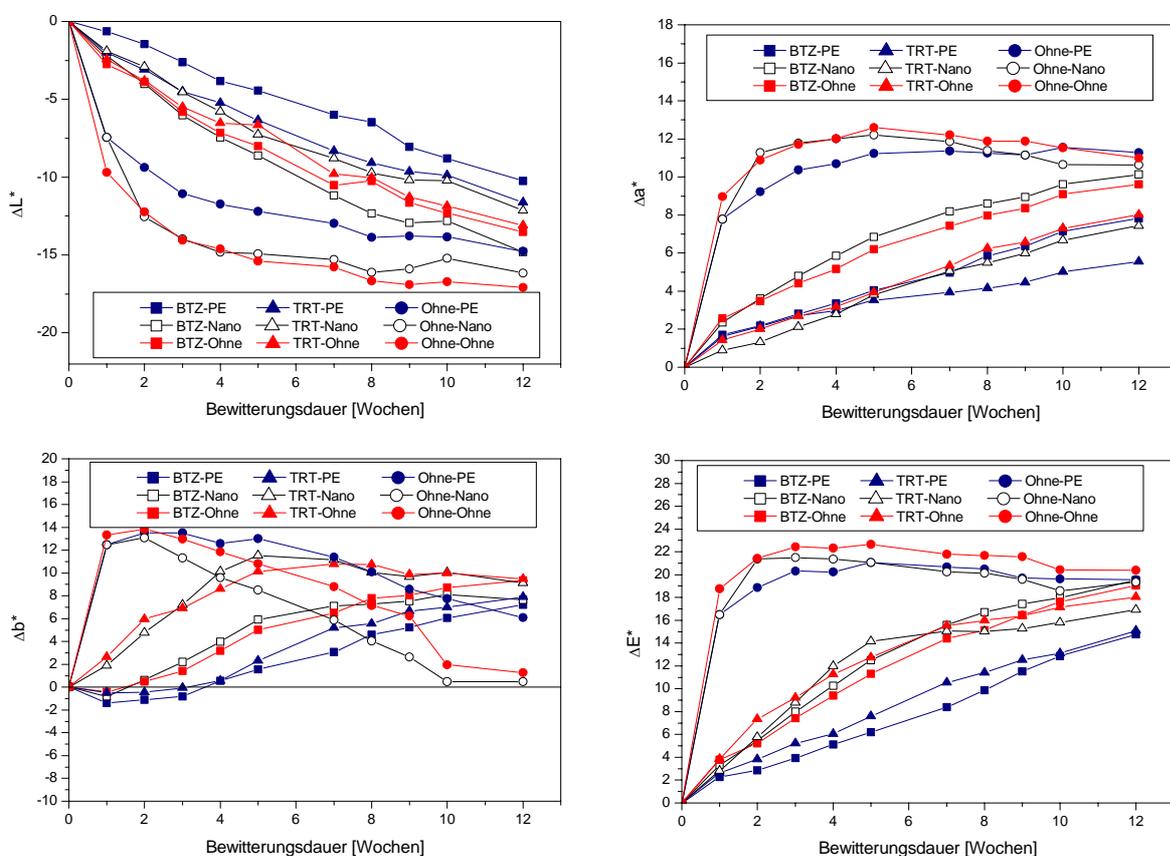
Mit 50 Modellformulierungen mit bekannten wässrigen und lösemittelbasierten Rezepturen wurden systematische Untersuchungen des Einflusses von Lichtschutzadditiven und Hydrophobierungsmitteln auf die Dauerhaftigkeit der Beschichtungen durchgeführt. Dies erfolgte in Belichtungsversuchen (Xenon-Suntest), künstlichen Bewitterungsversuchen (QUV) und durch Bewitterung im Freiland. Die Formulierungen wurden mit verschiedenen organischen (Benzotriazol [BTZ], Tris-Resorcinol-Triazin [TRT]) und anorganischen Lichtschutzmitteln (mikronisiertes  $\text{TiO}_2$  [ $\text{TiO}_2$ ], mikronisiertes  $\text{ZnO}$  [ $\text{ZnO}$ ]) sowie mit nanoskaligen und konventionellen Hydrophobierungsmitteln (PE-Wachs) zusammengestellt.

Tabelle 1 und Abbildung 2 zeigen ausgewählte wässrige Versuchsformulierungen und deren Farbänderungen während der Schnellbewitterung. Daraus ist die deutliche Verbesserung der Farbstabilität durch den Einsatz der organischen UV-Absorber ersichtlich. In den Versuchen führte auch die Verwendung einer konventionellen Hydrophobierung mittels PE-Wachs zu einer deutlich verminderten Farbänderung bei wässrigen Lasuren. Anhand der Verzögerung

der Rissbildung konnte zudem gezeigt werden, dass mittels dieser Hydrophobierungsmaßnahme ein Erhalt der mechanischen Eigenschaften des Beschichtungsfilmes gewährleistet wurde. Dies zeigte sich auch im Freiland, wo die Schäden eines Hagelschlages sehr wirkungsvoll verhindert werden konnten. Wie allerdings die Ergebnisse im Freiland gezeigt haben, führte die Verwendung der konventionellen Hydrophobierung zu einer starken Verschmutzungsanfälligkeit der Oberfläche. Die nanoskalige Hydrophobierung zeigte keinen der zuvor genannten Effekte.

**Tabelle 1: Auswahl von wässrigen Versuchsformulierungen mit Lichtschutz- und Hydrophobierungsadditiven**

Variante Nr.	Wässrige Formulierungen	Lichtschutzmittel	Hydrophobierung	
1		3 % BTZ		PE-Wachs
2				Nanoskalige Hydrophobierung
3				Ohne Hydrophobierung
4		2 % TRT		PE-Wachs
5				Nanoskalige Hydrophobierung
6				Ohne Hydrophobierung
7		Ohne Lichtschutzmittel		PE-Wachs
8				Nanoskalige Hydrophobierung
9	Ohne Hydrophobierung			



**Abbildung 2: Farbänderung (CIELab) der wässrigen Systeme mit unterschiedlichen Lichtschutzmitteln und Hydrophobierungen in der UV-Schnellbewitterung**

Durch den Einsatz von UV-Absorbern wurde ebenfalls die Rissbildung in der Bewitterung deutlich verzögert. Kombinationen von organischen und anorganischen Lichtschutzmitteln brachten eine deutlich verbesserte Farbstabilisierung, teilweise mit synergistischen Effekten. So führte die Belichtung von Beschichtungen mit mikronisiertem TiO<sub>2</sub> zu einer Blauverschiebung und TRT wies im Ausgangszustand einen ausgeprägten Gelbstich auf. Die Blauverschiebung und der gelbe Ausgangsfarbtone hoben sich während der Belichtung auf, was zu einem neutraleren Farbton führte.

Durch die Verwendung von HALS in der Deckbeschichtung wird die Photolyse der organischen UV-Absorber inhibiert, wohingegen die mikronisierten Pigmente aufgrund ihrer anorganischen Natur keiner Photolyse unterliegen. Dies konnte anhand von UV-Vis-spektroskopischen Messungen während der Belichtung festgestellt werden. Wie die Untersuchung der Photodegradationskinetik an freien Beschichtungsfilmen mittels FT-IR Spektroskopie über die Belichtungszeit gezeigt haben, führt die Verwendung von HALS zu einer Inhibierung der Photodegradation, ein Langzeiteffekt konnte jedoch nicht bei jeder Kombination von Lichtschutzmitteln festgestellt werden.

HALS in einer wässrigen Grundierung führt in Kombination mit einer UV-Absorber- bzw. TiO<sub>2</sub>-haltigen Deckbeschichtung zu einer deutlich verringerten Farbänderung, wohingegen bei einer Deckbeschichtung mit ZnO eine beschleunigte Farbänderung erhalten wurde. Die Verwendung einer mit HALS versehenen wässrigen Grundierung als Ligninstabilisator zeigte jedoch generell sehr vielversprechende Resultate.

### 3.2 Entwicklungsprodukte

Es wurden von den Projektpartnern insgesamt 37 Entwicklungsprodukte mit unterschiedlicher Ausrüstung an transparenten Lichtschutzadditiven und Hydrophobierungsmitteln zur Verfügung gestellt. Dabei wurden im Herbst 2006 in einer ersten Charge 18 Beschichtungssysteme und im Herbst 2007 weitere 19 Beschichtungssysteme in die Untersuchungen aufgenommen. Es handelte sich um farblose Beschichtungen deren Trockenfilmdicken von 0 µm (nicht zusammenhängender Film) bis zu etwa 130 µm reichten. Als transparente Lichtschutzmittel wurden organische UV-Absorber, anorganische Pigmente und HALS verwendet. Als hydrophobierende Komponenten fungierten Bindemittel, Wachse sowie „Nanoprodukte“ wie Silane bzw. Siloxane.

Die Gesamtdauer der Freilandbewitterungen betrug für die Produkte der ersten Charge 2 Jahre und für jene der zweiten Charge 1 Jahr. Ein Hagelschlagereignis im Juni 2008 beeinflusste sehr stark die Abwitterung der untersuchten Beschichtungssysteme. Ein System zeigte auch nach 2 Jahren Freilandbewitterung ein sehr gutes Abwitterungsverhalten. Die Oberfläche wies keine Veränderungen auf. Dieses farblose Beschichtungssystem war sehr unempfindlich gegenüber mechanischen Verletzungen, wie z.B. Hagelschlag, und scheint für den langjährigen Einsatz im bewitterten Außenbereich geeignet zu sein. Drei weitere Systeme zeigten sehr gute Verbesserungen im Abwitterungsverhalten gegenüber früheren farblosen Beschichtungssystemen. Aus der zweiten Charge wiesen 9 Systeme nach 1 Jahr Freilandbewitterung nur geringe Veränderungen auf. Die übrigen Oberflächen witterten entweder sehr schnell ab, dies betraf vor allem nicht filmbildende bzw. dünnschichtige Systeme, oder die Oberflächen verfärbten sich aufgrund von Hagelschlagverletzungen bzw. Rissen in der Oberfläche sehr stark. Diese Beschichtungssysteme konnten auf Dauer den ursprünglichen Farbton des Holzuntergrundes nicht erhalten.

## 4 Anwendung in der Praxis

Die Ergebnisse des Forschungsprojektes „Brightwood“ zeigten, dass mit den zur Verfügung stehenden Lichtschutzadditiven sehr vielversprechende farblose Beschichtungssysteme für Holz im Außenbereich formuliert werden konnten. Die früheren Schwächen der farblosen

Systeme, wie schnelles Vergilben des Holzuntergrundes, Versprödung des Beschichtungsfilmes, Rissbildung, Haftungsstörungen und Abblätterungen, können mit guten Formulierungen verhindert werden. Entscheidend ist neben der Auswahl des Bindemittels die richtige Kombination von Lichtschutzadditiven, wofür in den Forschungsarbeiten wesentliche Grundlagen erarbeitet wurden. HALS in der Grundierung trägt zu einer signifikanten Erhöhung der Farbstabilität von beschichteten Holzoberflächen bei.

Damit ein farbloser Beschichtungsfilm seine Aufgaben in Hinsicht des Schutzes des Holzes vor Wasser und Licht erfüllen kann, ist eine ausreichende Schichtdicke (mind. 30 µm) sowie eine ausreichende Ausrüstung mit Lichtschutzadditiven nötig. Nicht filmbildende farblose Systeme können keinen ausreichenden Schutz gegen Verfärbungen des Holzuntergrundes liefern. Insbesondere lieferten reine nanobasierte nicht filmbildenden Systeme trotz hoher Kontaktwinkel mit Wasser (Abperleffekt) keine erkennbare Verbesserung des Abwitterungsverhaltens im Vergleich zu unbeschichteten Proben.

Für die Verwendung der untersuchten Systeme sind je nach Anwendungsbereich die unterschiedlichen Gegebenheiten hinsichtlich Holzqualität und notwendigem Feuchteschutz zu beachten. So sind bei maßhaltigen Bauteilen (Fenstern und Außentüren) in der Regel sehr gute Holzqualitäten (Rift bis Halbrift, astfreie Decklamellen von Fensterkanteln) bei hohen Anforderungen an den Feuchteschutz der Beschichtung gegeben. Für diese Anwendung erscheinen die dickschichtigen Systeme mit hoher Witterungsbeständigkeit gut geeignet, wobei noch weitere anwendungsspezifische Anforderungen zu prüfen sind. Bei nicht maßhaltigen Bauteilen, wie z.B. Fassaden, sind die geeigneten Beschichtungssysteme mit Bedacht auf die zu erwartenden schlechteren Holzqualitäten und den möglichen Einfluss auf den Feuchtehaushalt (Feuchteansammlungen) auszuwählen. Es sollten nur Produkte mit geprüfter Witterungsbeständigkeit (2 Jahre Freilandbewitterung gemäß EN 927-3) angewendet werden.

Die Anwendung von transparenten Beschichtungssystemen für Holz im Außenbereich ist mit den neu entwickelten Produkten unter den oben angeführten Voraussetzungen möglich. Langzeiterfahrungen müssen mit Pilotprojekten erst gesammelt werden und diese leisten einen wichtigen Beitrag zur Weiterentwicklung der Systeme. Dazu zählt auch die Entwicklung von geeigneten Wartungskonzepten, die bisher noch weitgehend fehlen. Die Witterungsbeständigkeit von farbig pigmentierten Lasuren und deckenden Lacken bleibt von den meisten transparenten Systemen noch unerreicht.

## Danksagung

Das Forschungsprojekt „Brightwood – Entwicklung von hellen und transparenten Beschichtungssystemen für Holz im Außenbereich mit neuen UV- und Feuchteschutzkonzepten unter Einbeziehung nanotechnologischer Ansätze“ wurde an der Holzforschung Austria im Rahmen des Kompetenzzentrums Holztechnologie mit Förderung durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA), die Firmen Adler-Werk Lackfabrik, Akzo-Nobel Deco GmbH, Avenarius Agro GmbH, Ciba Speciality Chemicals Inc., Isocell VertriebsgmbH, NanoSys GmbH, Remmers Baustofftechnik GmbH, Holz Leeb GmbH, Collano AG, den Fachverband der Holzindustrie Österreichs und die Österreichischen Bundesforste durchgeführt.

### Referent:

Dr. Gerhard Grüll  
Holzforschung Austria  
Franz Grill Strasse 7  
1030 Wien, Österreich  
Tel.: +43 1 798 26 23 61  
[g.gruell@holzforschung.at](mailto:g.gruell@holzforschung.at)