

TAGUNGSBAND HOLZSCHUTZ 2017

BEITRÄGE AUS PRAXIS,
FORSCHUNG UND WEITERBILDUNG



Fraunhofer IRB ■ Verlag

Tagungsband des EIPOS-Sachverständigentages
Holzschutz

2017

EIPOS

Tagungsband

des EIPOS-Sachverständigentages Holzschutz

2017

Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung

Autoren:

Dr. rer. silv. Wolfram Scheiding
Dr. rer. nat. Hans Leithoff
Dr. rer. nat. Constanze Messal
Dipl.-Ing. Jürgen Hezel
RA Dr. iur. Tilo Pfau

Thomas Schneider, B.A. (Architektur)

Herausgeber:

EIPOS GmbH

Dipl.-Ing. Sabine Schönherr
Geschäftsführerin EIPOS GmbH

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): 978-3-8167-9980-1
ISBN (E-Book): 978-3-8167-9981-8

Einband und DTP-Satz: EIPOS GmbH
Druck und Bindung: Gulde-Druck GmbH & Co. KG, Tübingen

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: Freiberger Straße 37, D-01067 Dresden

Telefon: (03 51) 4047042-10

Telefax: (03 51) 4047042-20

E-Mail: [eipos@eipos.de](mailto:epos@eipos.de)

Internet: www.eipos.de

Geschäftsführerin: Dipl.-Ing. Sabine Schönherr

Dezember 2017

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, 2017

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

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

<i>Sabine Schönherr, Grit Zimmermann</i>	7
--	---

Beiträge vom 21. EIPOS-Sachverständigentag Holzschutz am 12. Dezember 2017

Modifizierte und hydrophobierte Hölzer, Bambus: Was steckt dahinter?

<i>Wolfram Scheiding</i>	11
--------------------------	----

Entwicklung von Holzschutzwirkstoffen – Altbewährtes oder Suche nach Alternativen?

<i>Hans Leithoff</i>	19
----------------------	----

Schimmel auf Holz: Alte Probleme und neue Lösungen! Oder ist es umgekehrt?

<i>Constanze Messal</i>	39
-------------------------	----

Schäden an Brettschichtholzkonstruktionen – Ursachen und Instandsetzungsmöglichkeiten

<i>Jürgen Hezel</i>	49
---------------------	----

Die bevorstehende Reform des Bauvertragsrechts – Überlegungen für die Praxis

<i>Tilo Pfau</i>	74
------------------	----

Beiträge von der 26. Sächsischen Holzschutztag am 11. März 2017

Sanierung geschädigter Balkonanlagen – Ein Erfahrungsbericht

<i>Thomas Schneider</i>	121
-------------------------	-----

Autorenverzeichnis	127
---------------------------	-----

Publikationsverzeichnis	128
--------------------------------	-----

Vorwort

EIPOS setzt konsequent auf praxisorientierte Weiterbildung und folgt seit 27 Jahren dem Leitsatz „**Qualifikation schafft Zukunft!**“

Dies wird über das Angebot zahlreicher Fachfortbildungen erreicht. Eines der „ältesten“ Bildungsprodukte ist die Ausbildung zum „**Sachverständigen für Holzschutz**“. Seit dem ersten Start vor 25 Jahren haben sich ca. 330 Teilnehmer zu anerkannten Sachverständigen für Holzschutz qualifiziert.

Darüber hinaus findet jedes Jahr der **EIPOS-Sachverständigentag Holzschutz** statt – ein bewährtes Medium für den Wissens- und Informationstransfer zu allen Aspekten des modernen Holzschutzes. Aktuelle Herausforderungen, neueste Erkenntnisse sowie Visionen für künftige Entwicklungen werden genau an diesem Tage publik gemacht. Ein wichtiger Branchentreff, um Holzschützer, Planer, Praktiker, Berufskollegen, Dozenten, EIPOS-Absolventen, Fachaussteller und andere Interessierte an einem Tag und einem Ort für neue Ideen, Vorhaben und frische Lösungen zusammenzubringen.

In bewährter Weise widmet sich auch in diesem Jahr die Tagung den „brennenden“ Themen der Holzschutz-Branche. Als Vortragende konnten fünf Fachexperten gewonnen werden, die mit vielseitigen Vorträgen für anregende und spannende Diskussionen sorgen werden. Wichtige Aspekte der thermischen und chemischen Modifizierung werden dargestellt und die Einsatzmöglichkeiten von Bambus und Palmen„holz“ unter die Lupe genommen. Wird sich die Anzahl der für den Holzschutz zugelassenen Wirkstoffe in Zukunft in Europa weiter verringern? Ist mit der Einführung neuer Wirkstoffe zu rechnen? Diese und weitere spannende Fragen werden thematisiert. Detailliert wird auf das anspruchsvolle und immer wieder aktuelle Thema „Schimmel auf Holz“ eingegangen. Ursachen und Instandsetzungsmöglichkeiten bei Schäden an Brettschichtholzkonstruktionen werden ausführlich erläutert. Abgerundet wird das Fachprogramm mit dem Beitrag zur bevorstehenden Reform des Bauvertragsrechtes.

Die einzelnen Fachbeiträge finden Eingang in diesen Tagungsband und dienen somit als nützliches Nachschlagewerk auch über die Tagung hinaus.

Wir bedanken uns bei den Referenten, die mit ihrem wertvollen Fachwissen und umfangreichen Erfahrungen zum Gelingen der Tagung beitragen. Ebenso gilt unser Dank allen Teilnehmern und Absolventen für die langjährige Verbundenheit, berufliche Wege gemeinsam mit EIPOS zu gehen. Bleiben Sie neugierig auf unsere Angebote und unser Erfolgsrezept „Lebenslanges Lernen“, denn kontinuierliche Weiterbildung gibt persönliche Sicherheit und verhilft langfristig auf Entwicklungen erfolgreich reagieren zu können.

Wir stehen dabei mit langjähriger Erfahrung, einem qualifizierten EIPOS-Team und persönlichem Engagement an Ihrer Seite.

Wir wünschen allen Teilnehmern eine interessante und nützliche Tagung und für weitere interessierte Fachexperten eine anregende Lektüre, viel Freude beim Lesen und Lernen!

Dresden, 12. Dezember 2017

Dipl.-Ing. Sabine Schönherr
Geschäftsführerin EIPOS GmbH

Dipl.-Ing. (FH) Grit Zimmermann
Produktmanagerin

Beiträge

21. EIPOS-Sachverständigentag Holzschutz

12. Dezember 2017

Modifizierte und hydrophobierte Hölzer, Bambus: Was steckt dahinter?

Wolfram Scheiding

Kurzfassung

Nach einer Begriffsklärung zur Holzmodifizierung werden die wichtigsten Aspekte der thermischen und chemischen Modifizierung dargestellt, eine Abgrenzung zur Hydrophobierung als weitere Holzvergütungsmaßnahme gezogen und abschließend auf Bambus und Palmen „holz“ eingegangen, die sich in letzter Zeit häufiger als Material für Terrassen- und Balkonbeläge finden.

1 Einleitung

Auf der Suche nach Alternativen zu dauerhaften tropischen Hölzern sowie zu schutzmittelbehandelten Hölzern gelangten Ende der 1990er Jahre verschiedene Holzmodifizierungsverfahren zur industriellen Anwendung. Diese waren zum Teil bereits vor über 60 Jahren entwickelt worden.

Die größte wirtschaftliche Bedeutung haben die thermische und die chemische Modifizierung erlangt. Das Produktionsvolumen an modifiziertem Holz wird auf 350.000 m³ bis 400.000 m³ geschätzt, wovon ein Großteil auf thermisch modifiziertes Holz (TMT – thermally modified timber) entfällt; die Produktionsmenge von chemisch modifiziertem Holz (CMT – chemically modified timber) wird auf ca. 55.000 m³/a geschätzt (u. a. Mayes 2015, Militz 2015). Allerdings nimmt auch das Produktionsvolumen von chemisch modifiziertem Holz stetig zu. Die Zahl der Thermoholzhersteller in Europa (einschließlich Russland) wird auf derzeit ca. 130 geschätzt; demgegenüber gibt es nur 2 bis 3 bedeutendere CMT-Hersteller. Nach wie vor wird der Großteil des TMT im Thermowood®-Verfahren produziert.

Modifizierte Hölzer waren Gegenstand zahlreicher Forschungsvorhaben in den vergangenen 15-20 Jahren. Dennoch besteht nach wie vor ein erheblicher Aufklärungs- und Informationsbedarf in der Praxis, dem der vorliegende Beitrag dienen soll.

2 Was ist Holzmodifizierung?

Holzmodifizierung ist die durchgehende Veränderung des Holzes im Sinne einer Vergütung zur Erhöhung der biologischen Dauerhaftigkeit und Verbesserung des Stehvermögens bzw. der Dimensions- und Formstabilität (LOHMANN 2003; HILL 2006). Die Modifizierung geht mit veränderten, meist verringerten, Festigkeiten einher.

Die Vergütungseffekte werden dabei durch chemische und physikalische Veränderungen der Zellwände, d. h. der Holzsubstanz selbst, erzielt. Diese bestehen hauptsächlich in der verringerten Sorption von H_2O -Molekülen an den hydrophilen Hydroxylgruppen. Bei der thermischen Modifizierung wird die Zahl der Hydroxylgruppen vorwiegend durch Abbau der Hemicellulosen reduziert, während bei der chemischen Modifizierung die Hydroxylgruppen durch Blockade, Vernetzung oder Ppropfung substituiert oder deaktiviert werden. Die grundsätzlichen Wirkprinzipien sind in Abb. 1 schematisch dargestellt.

Das modifizierte Holz selbst darf unter Gebrauchsbedingungen nicht toxisch sein, und während und nach dem Gebrauch dürfen keine toxischen Stoffe abgegeben werden. Ist die Erhöhung der Dauerhaftigkeit gegen biotische Schaderreger das Ziel der Modifizierung, muss das Schutzprinzip nicht-biozid sein (HILL 2006).

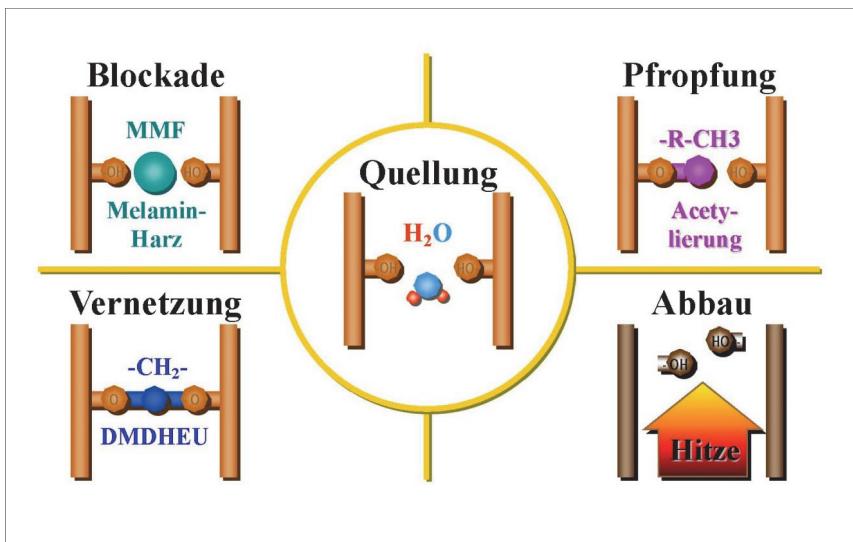


Abb. 1: Prinzipien der Zellwandmodifizierung (Rapp, Sailer, & Peek 2000, Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Nr. 200)

Tabelle 1 zeigt verschiedene Gründe, warum modifiziertes Holz nachgefragt wird.

Grund	Erläuterung
Technisch	Verbesserte biologische Dauerhaftigkeit, reduzierte Quellung und Schwindung, erhöhte Formstabilität, reduzierte Wärmeleitfähigkeit
Formal	Vorgabe bestimmter Dauerhaftigkeitsklassen im baulich-konstruktiven Holzschutz gemäß DIN 68 800-1 "Holzschutz" Anforderungen der VFF-Merkblätter Dauerhafte Holzarten für Fenster Anforderungen von Ökolabeln, z. B. naturePlus (Vergaberichtlinien 0212 "Garten(Bau)holz" und 0213 "Fassadenverkleidungen aus Holz") oder Österreichisches Umweltzeichen
Mental	Vorbehalte bzw. ablehnende Haltung von Verbrauchern zu Tropenholz oder gegenüber Holzschutzmitteln bzw. chemisch geschützten Hölzern
Ästhetisch	dunkle Farbtöne

Tab. 1: Gründe für modifiziertes Holz

2.1 Thermisch modifizierte Hölzer

Bei der thermischen Modifizierung wird durch Einwirkung von Wärme bei üblicherweise 160 °C bis 230 °C unter reduziertem Sauerstoffgehalt die chemische Zusammensetzung der Zellwand verändert. Insbesondere werden Hemicellulosen abgebaut, die über besonders viele Hydroxylgruppen (OH-) verfügen. Hierdurch entstehen niedermolekulare organische Verbindungen, insbesondere Säuren, sowie weitere Abbauprodukte wie Aldehyde oder Furfural. Die entstandenen Verbindungen weisen jedoch keine biozide Wirkung auf.

Wesentliches Wirkprinzip der thermischen Modifizierung ist die erhebliche Reduzierung der Anzahl an Hydroxylgruppen, wodurch die hygrokopische Feuchtigkeitsaufnahme verlangsamt und die Gleichgewichtsfeuchte gesenkt werden. Prinzipiell wird mit steigender Behandlungsintensität bzw. -temperatur die Dauerhaftigkeit erhöht und die Form- bzw. Dimensionsstabilität verbessert; Festigkeiten und Elastizität nehmen dagegen ab, und die Farbtöne werden dunkler.

Thermisch modifiziertes Holz zeichnet sich durch eine erheblich erhöhte biologische Dauerhaftigkeit gegen holzzerstörende Pilze aus; so können nicht oder wenig dauerhafte Holzarten wie Fichte, Kiefernsplint, Rotbuche, Esche oder Pappel die Dauerhaftigkeitsklassen 2 (dauerhaft) und sogar 1 (sehr dauerhaft) erreichen.

Die üblicherweise angegebenen Dauerhaftigkeiten gelten insbesondere für die Verwendung in GK 3. Eine stärkere Feuchtebeanspruchung in GK 3.2 und 4 bzw. eine längerfristige oder ständige Durchnässung kann zu Befall durch Nassfäuleerreger (holzzerstörende Basidiomyceten) und Moderfäulepilze führen. Bezuglich der zu erwartenden Gebrauchsduer ist insbesondere die kapillare Wasseraufnahme über die Holzquerschnitte zu beachten.

Die DIN EN 350 enthält im Anhang Angaben zur natürlichen Dauerhaftigkeit von Holzarten mit besonderer Bedeutung für Europa; modifizierte oder anderweitig behandelte Hölzer sind hier nicht aufgeführt. Die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit

z. B. aus DIN EN 460 oder DIN 68800 sind sinngemäß auch auf modifizierte Hölzer anzuwenden.

Gegenüber nativem Holz ist bei thermisch modifiziertem Holz das Risiko eines Befalls durch holzverfärbende Schimmel- und Bläuepilze geringer bzw. deren Wachstum wird zumindest gehemmt. Bei ungünstigen Bedingungen kann jedoch ein Befall nicht ausgeschlossen werden. In verschiedenen Untersuchungen zeigte sich eine erhöhte Resistenz gegen holzzerstörende Insekten, wie Bockkäfer oder Anobien. Gegenüber Termiten konnte bisher allerdings keine erhöhte Resistenz festgestellt werden. Praxiserfahrungen hierzu liegen bisher nicht vor.

Als technische Kurzbezeichnung für thermisch modifiziertes Holz hat sich TMT (für thermally modified timber) etabliert. Im deutschsprachigen Raum wird häufig der Begriff "Thermoholz" synonym verwendet, der aber nicht markenrechtlich geschützt ist. ThermoWood® ist die geschützte Wortmarke für Verfahren und Produkte von Mitgliedern der International Thermowood Association (International Thermowood Association). Für thermisch modifizierte Hölzer wurde die Europäische Technische Spezifikation CEN/TS 15679 erarbeitet.

2.2 Chemisch modifizierte Hölzer

Bei der chemischen Modifizierung werden nicht-biozide, reaktionsfähige Vergütungsstoffe in die Zellwand eingebracht, die sich dort chemisch mit Holzkomponenten verbinden. Wesentliches Wirkprinzip ist – analog zur thermischen Modifizierung – die erhebliche Reduzierung der Anzahl an Hydroxylgruppen; anders als bei thermisch modifiziertem Holz nimmt jedoch die Zellwand eine Art „dauerhaft gequollenen“ Zustand an. Die Massezunahme ist erheblich und beträgt zum Teil mehr als 20 %.

Für die chemische Modifizierung sind vor allem gut tränkbare Hölzer geeignet. Verwendet werden z. B. Rotbuche, Radiata pine oder Erle.

Chemisch modifiziertes Holz, kurz CMT (chemically modified timber), zeichnet sich ebenfalls durch eine deutlich erhöhte biologische Dauerhaftigkeit gegen holzzerstörende Pilze aus. Da die in der Zellwand eingebauten Vergütungsstoffe keine biozide Wirkung aufweisen, kann das Wachstum von Bläue- und Schimmelpilzen ggf. gehemmt, aber nicht grundsätzlich verhindert werden.

In verschiedenen Untersuchungen wurde eine erhöhte Resistenz von chemisch modifiziertem Holz gegenüber holzzerstörenden Insekten bzw. Termiten nachgewiesen.

Industriell in Europa angewendete Verfahren der chemischen Modifizierung sind derzeit die Acetylierung und die Furfurylierung. Bei der Acetylierung wird Holz mit Essigsäureanhydrid getränkt, das unter Wärmeeinwirkung bei ca. 130 °C mit den Hydroxylgruppen des Holzes reagiert, wobei Essigsäure entsteht (Abb. 2). Acetyliertes Holz hat eine helle Farbe; bekannt ist es unter dem Markennamen Accoya®.

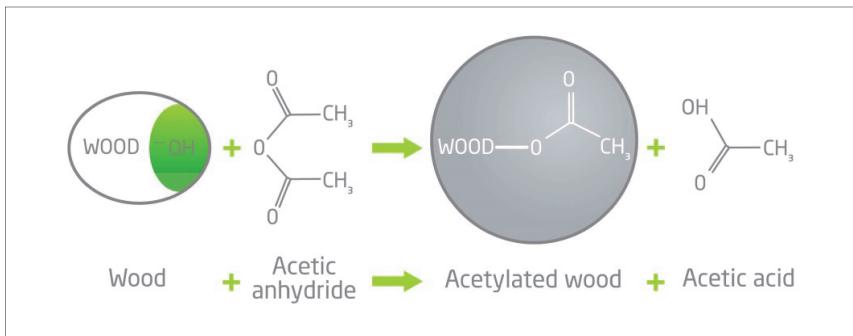


Abb. 2: Wirkprinzip der Acetylierung von Holz (BONGERS, ROWELL, & ROBERTS, 2008)

Vergütungsmittel bei der Furfurylierung ist Furfurylalkohol, der aus Nebenprodukten der Getreideverarbeitung gewonnen wird. Die Vernetzung im Holz erfolgt wie bei der Acetylierung unter Wärmeeinwirkung. Furfuryliertes Holz ist dunkelbraun (ähnlich TMT); bekannt sind derzeit die Markennamen Kebony® und Nobelwood®.

Sowohl Accoya® als auch Kebony® verfügen seit Kurzem über eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik DIBt.

2.3 Hydrophobierte Hölzer

Im Sinne des Holzschutzes ist die Hydrophobierung ein rein physikalisches Vergütungsverfahren, bei dem Holz mit Wachsen (z. B. Paraffin), Ölen, reaktiven Harzen, Siliziumverbindungen oder anderen hydrophoben Stoffen getränkt wird. Die Vergütung erfolgt dabei – wie bei anderen Tränk- und Imprägnierverfahren auch – nur im durchtränkten Bereich. Da keine chemische Veränderung der Zellwand erfolgt, zählt die Hydrophobierung nicht zur eigentlichen Modifizierung.

Im Unterschied zur Oberflächenvergütung durch Beschichtung mit Lacken oder Lasuren bilden Hydrophobierungsmittel meist keine Schicht aus, sondern dringen je nach Viskosität sowie Benetz- und Imprägnierbarkeit in das Holz ein. Vorteilhaft sind hier Produkte, die bei Applikation gut in das Holz eindringen und dennoch an der Oberfläche eine gewisse – vorzugsweise offenporige – Schutzschicht bilden, wie Öl-Wachs-Gemische.

Wirkprinzip der Hydrophobierung ist die Verhinderung oder zumindest die Reduzierung der hygroskopischen Auffeuchtung und der kapillaren Wasseraufnahme. Die Schutzwirkung hängt vor allem von der Eindringtiefe des Vergütungsstoffes (Tränkqualität) sowie von der Porenfüllung ab. Je nach Füllgrad wird die Wegsamkeit des Holzes für Wasser, aber auch für Hyphen holzzerstörender Pilze verringert. Da die Zellwand selbst jedoch nicht geschützt ist, kann das Holz unter entsprechenden Bedingungen von holzzerstörenden Basidiomyceten, bei Verwendung im Erdkontakt (Gebrauchsklasse 4) auch von Moderfäulepilzen, angegriffen werden.

Mit Paraffin- oder anderen Wachsen getränkte Massivhölzer sind unter den Produktnamen Dauerholz, Natwood®, WaxedWood® oder Silvacera® auf dem Markt.

Die Hydrophobierung wird auch ergänzend zum chemischen Holzschutz eingesetzt, um die Feuchte- bzw. Wasseraufnahme holzschutzmittelgeschützten Holzes zu reduzieren. Bekannt sind hier z. B. das von Wolman entwickelte Royal-Verfahren oder das Resoura-Konzept, eine gemeinsame Initiative der Imprägnierbetriebe, der Holzschutzmittelhersteller, des Deutschen Holzschutzverbandes für Außenholzprodukte e.V. (DHV) und der RAL-Gütegemeinschaft Imprägnierte Holzbauelemente e.V. (RAL). Die Hydrophobierung erfolgt beim Royal-Verfahren durch Tränkung des schutzmittelbehandelten Holzes mit heißem Pflanzenöl. Beim Resoura-Konzept wird das Holz mit Wachsen hydrophobiert, die entweder schon bei der Kesseldruck-imprägnierung oder in einem nachgeschalteten Arbeitsgang eingebracht werden.

3 Holz und doch kein Holz: Bambus und Palmen, „holz“

Verholzte Teile von Bambus und Palmen (auch Rattan) bestehen aus lignocellulosehaltigen Pflanzengeweben mit holzähnlichen Eigenschaften, sind jedoch kein Holz im botanischen und auch nicht im normativen Sinne; Holz stammt per Definition von Nadel- oder Laubbäumen (ggf. von Sträuchern).

Bambus gehört zu den Süßgräsern mit über 1.000 botanischen Arten. Nur wenige Arten werden kommerziell genutzt, z. B. *Phyllostachys pubescens* oder *P. edulis*. Bambus zeichnet sich durch große Härte, aber schlechte Tränkbarkeit aus. Der Gehalt an Zuckern ist im Vergleich zu Holz hoch, was sich ungünstig auf die biologische Dauerhaftigkeit auswirken kann.

Im Innenbereich werden meist verklebte Bambusprodukte verwendet. Diese sind meist naturfarben (hell) oder durch Thermobehandlung braun gefärbt. Die Oberflächen sind meist geölt, z. T. lackiert. Es gibt verschiedenste Kombinationen der Lamellenorientierung.

Für Bodenbeläge aus Bambus, die seit einigen Jahren in Europa auf dem Markt sind, wurde, ergänzend zur harmonisierten europäischen Holzfußboden norm DIN EN 14342, eine gesonderte Norm für Bambusfußböden erarbeitet, die derzeit im Entwurf als E DIN prEN 17009 vorliegt.

Im Außenbereich verwendete Produkte, z. B. Terrassen- und Balkondielen, bestehen entweder aus stabverleimten Bambuslamellen oder aus Bambusstreifen (Spleißen), die mit Harzen zu einer kompakten Masse verklebt und meist zusätzlich thermobehandelt sind.

Herstellung und Eigenschaften von als BPC (bamboo-polymer composites) bezeichneten Verbundwerkstoffen sind ähnlich wie die von WPC (wood-polymer composites). Als Füllstoff für die Polymermatrix aus PE, PP oder PVC dient hier Bambusmehl mit einem Füllstoffanteil von ca. 60–70 %.

Analog zu WPC werden sowohl Hohlkammer- als auch Vollprofile produziert. BPC sind – wie WPC – durch die Normenreihe DIN EN 15534 unter der Bezeichnung NFC (natural fibre composites) erfasst.

Palmen (Palmengewächse) sind eine Pflanzenfamilie, die – wie die Süßgräser – zu den einkeimblättrigen Pflanzen bzw. Bedecktsamern gehört. Obwohl kein Holz im eigentlichen Sinne (s. o.), ist „Palmenholz“ ein in der Praxis durchaus gängiger Begriff.

Palmen „holz“ findet Verwendung für Gebrauchsgegenstände, im Möbel- und Innenausbau, aber gelegentlich auch für Belagsdielen auch im Außenbereich; diese sind in Europa seltener, in tropischen und subtropischen Gegenden eher anzutreffen. Häufiger zu finden ist Schwarzes Palmholz, auch „Black Palmira“ genannt. Hier handelt es sich um das Holz der Fischschwanzpalme (*Caryota urens* L.) mit sehr großen, schwarzen Leitbündeln.

4 Fazit

Modifizierte und hydrophobierte Hölzer bereichern die Produktpalette, vor allem wenn es um Hölzer geht, die für die Verwendung im Freiland bzw. im Garten- und Landschaftsbau, hauptsächlich in Gebrauchsklasse 3, geeignet sind. Mit der Modifizierung können hier auch nicht oder wenig dauerhafte Holzarten verwendet werden, was besonders für einheimische Hölzer von Interesse ist. Modifizierungs- und Hydrophobierungsverfahren leisten damit einen Beitrag zur Verwendung nachhaltiger Baustoffe und zum Klimaschutz.

Trotz der zum Teil sehr hohen Dauerhaftigkeiten, die modifizierte Hölzer erreichen, sind alle Möglichkeiten des baulich-konstruktiven Holzschutzes auszuschöpfen, so wie dies auch für andere Hölzer gilt. Durch die veränderte, meist reduzierte Festigkeit erfordert die Verwendung für tragende Holzbauteile einen Verwendbarkeitsnachweis, wie er für die chemisch modifizierten Hölzer Accoya® und Kebony® vorliegt.

Für feuchte- und witterungsbeanspruchte, tragende Holzbauteile haben chemisch geschützte Hölzer nach wie vor ihre Berechtigung; modifizierte oder hydrophobierte Hölzer werden hier nur in bestimmten Fällen eine Alternative bieten.

Quellen/Literatur

BONGERS, F.; ROWELL, R.M.; ROBERTS, M. (2009: Acetylation for Improved Sustainability & Carbon Sequestration. International Conference “Enhancement of Lower Value Tropical Wood Species” BANKOK, THAILAND November 17-20 2008.

DIN EN 350:2016 Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Prüfung und Klassifizierung der Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten gegen biologischen Angriff.

DIN EN 460:1994 Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz – Leitfaden für die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Holz für die Anwendung in den Gefährdungsklassen.

DIN EN 14342:2013 Holzfußböden und Parkett – Eigenschaften, Bewertung der Konformität und Kennzeichnung.

DIN EN 15534 Verbundwerkstoffe aus cellulosehaltigen Materialien und Thermoplasten (üblicherweise Holz-Polymer-Werkstoffe (WPC) oder Naturfaserverbundwerkstoffe (NFC) genannt).

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

E DIN pr EN 17009 Bodenbelag aus lignifiziertem Material, das kein Holz ist – Eigenschaften, Konformitätsbewertung und Kennzeichnung.

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

HILL, C.A.S. (2006): Wood Modification – Chemical, Thermal and Other Processes. John Wiley & Sons, Chichester (UK): 239 S.

LOHMANN, U. (2003): Holz-Lexikon. 4. Auflage 2008. Leinfelden-Echterdingen: DRW-Verlag. 1460 S.

Mayes, D. (2015): Trends Impacting Modified Wood Products and the Need for Continued Evolution of Thermally Modified Wood. Proceedings 8th European Conference on Wood Modification, Helsinki.

Militz, H. (2015): Wood Modification in Europe in the year 2015: a Success Story? Proceedings 8th European Conference on Wood Modification, Helsinki.

prEN 17009:2016 Bodenbelag aus lignifiziertem Material, das kein Holz ist – Eigenschaften, Konformitätsbewertung und Kennzeichnung.

SCHEIDING, W., GRABES, P.; HAUSTEIN, T.; NIEKE, N.; URBAN, H.; WEIB, B. (2016): Holzschutz. Holzkunde – Pilze und Insekten – Konstruktive und chemische Maßnahmen – Technische Regeln – Praxiswissen. 2. aktualisierte und erweiterte Auflage. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag München. 296 S.



Scheiding, Wolfram

Dr. rer. silv.

- 1987–1992: Diplomstudium Forstwirtschaft an der TU Dresden
1993–1998: Wiss. Mitarbeiter TU Dresden, Lehrstuhl für Forstnutzung
1999: Wiss. Mitarbeiter am Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH (IHD), Ressort Werkstoffe
seit 10/1999: Ressortleiter Biologie/Holzschutz am IHD und Leiter des Laborbereichs Biologische Prüfung der Entwicklungs- und Prüflabor Holztechnologie GmbH (EPH)

Entwicklung von Holzschutzwirkstoffen – Altbewährtes oder Suche nach Alternativen?

Hans Leithoff

Kurzfassung

Anhand eines Rückblicks wird das frühere und heutige Angebot an Holzschutzmittelwirkstoffen aufgezeigt und die Frage nach der Einführung neuer Wirkstoffe in Beziehung zu typischen Produktentwicklungs- und Zulassungsabläufen gesetzt. Hierbei wird das Spannungsfeld zwischen den vom Produktentwickler gesuchten, den vom Anwender geforderten und den von der Zulassungsbehörde bevorzugten Wirkstoffeigenschaften charakterisiert. Entsprechend der aufgeführten Aspekte kann gefolgt werden, dass sich die Anzahl der für den Holzschutz zugelassenen Wirkstoffe in Zukunft in Europa weiter verringern wird und gleichzeitig nicht mit der Einführung einer größeren Anzahl neuer Wirkstoffe zu rechnen ist.

1 Rückblick

Voß listet 1994 insgesamt 57 Holzschutzmittelwirkstoffe auf, die vor 1990 in nennenswertem Umfang in Holzschutzmitteln eingesetzt wurden.

Darunter befinden sich die sechs anorganische Wirkstoffe (Arsen (As), Bor (B), Fluor (F), Kupfer (Cu), Quecksilber (Hg) und Zink (Zn)), die in Form von Salzen oder Oxiden in verschiedenen Kombinationen oder allein und in verschiedenen Formulierungen überwiegend in wasserverdünnbaren Holzschutzmitteln zum Einsatz kamen. Einige dieser anorganischen Wirkstoffe sowie Zinn (Sn) fanden in Form von sogenannten metallorganischen Verbindungen auch Einsatz in lösemittelbasierten Holzschutzmitteln (z. B. Phenylquecksilberoleat und Tributylzinnoxid (TBTO)). Neben den metallorganischen Verbindungen wurden weitere 40 metallfreie organische Wirkstoffe in unzähligen wasserverdünnbaren oder lösemittelbasierten Formulierungen eingesetzt. Tabelle 1 listet die bei Voß (1994) als „in nennenswertem Umfang gebraucht“ klassifizierten Holzschutzmittelwirkstoffe in der zweiten Spalte auf, wobei Voß sowohl Handelsnamen als auch chemische Trivialnamen verwendet hat, was die exakte Identifizierung einiger Wirkstoffe erschwert.

Zur besseren Übersicht wurden einige Wirkstoffe in Tabelle 1 zusammengefasst. Dies betrifft vor allem metallorganische Wirkstoffe, die dasselbe Metall enthalten und verschiedene Teeröle. 22 bei Voß genannte Wirkstoffe wurden hier nicht aufgeführt, weil deren Verwendung als vernachlässigbar eingestuft wurde. Es sind mit Sicherheit vor 1990 noch weitere Wirkstoffe im Holzschutz eingesetzt worden, die Voß nicht erfasst hat. Viele dieser alten Wirkstoffe sind durch ein sehr breites Wirkungsspektrum gekennzeichnet (z. B. Kupfer, Bor, TBTO, PCP, Steinkohlenteeröle ...), weisen eine

hohe chemische Stabilität auf und viele der organischen Wirkstoffe werden nur sehr langsam biologisch abgebaut. Dies sind alles Eigenschaften, die vom Anwender geschätzt werden, da sie eine umfassende und langandauernde Wirksamkeit sicherstellen.

Ein Blick in das Österreichische Holzschutzmittelverzeichnis 2005 sowie in das (Deutsche) Holzschutzmittelverzeichnis 2004 (Schutzmittel mit DIBT-Zulassung bzw. mit RAL Gütezeichen) verdeutlicht die Nutzung von Holzschutzmittelwirkstoffen ca. 15 Jahre später. Zu diesem Zeitpunkt wurden 36 Wirkstoffe in den Holzschutzmitteln verwendet, die in den beiden Verzeichnissen aufgeführt sind. 22 der 34 vor 1990 verwendeten organische Insektizide und Fungizide sind 2004 / 2005 nicht mehr im Gebrauch. Dafür wurden acht neue organische Wirkstoffe aufgeführt, so dass der Holzschutzmittelindustrie zu diesem Zeitpunkt immer noch 20 organische Wirkstoffe zur Verfügung standen.

Heute sind unter der EU-Gesetzgebung (BPD 98/8/EG & BPR EU 528/2012) 23 organische Wirkstoffe für den Holzschutz zugelassen und einer befindet sich im Bewertungsverfahren. Sechs der 2005 verwendeten Wirkstoffe wurden nicht weiter unterstützt, dafür wurden aber zehn neue Wirkstoffe angemeldet. Es stehen der Holzschutzmittelindustrie also de facto mehr und neuere Wirkstoffe zur Verfügung als vor zehn Jahren.

Bei den anderen Wirkstoffen zeichnen sich andere Entwicklungen ab: Quaternäre bzw. tertiäre Ammoniumverbindungen (Quats) waren offenbar vor 1990 noch nicht als Holzschutzmittelwirkstoffe in Gebrauch, wurden aber in den folgenden 15 Jahren erfolgreich als Schutzmittelwirkstoffe eingeführt und auch unter der neuen Biozidgesetzgebung unterstützt.

Die auf Bor bzw. Kupfer basierenden Wirkstoffe sowie Teeröle sind die Klassiker unter den Holzschutzmittelwirkstoffen und wurden bereits vor 1990 verwendet. Bor und Steinkohletereöle wurden aber inzwischen als reprotoxisch 1B bzw. karzinogen 1B eingestuft und erfüllen damit ein Ausschlusskriterium unter der BPR, d.h., die Zulassung der Wirkstoffe kann nicht oder wenn doch nur unter stricken Anwendungsbeschränkungen verlängert werden.

Die in Tabelle 1 unter der Überschrift „Andere anorganische und metallorganische Wirkstoffe“ zusammengefassten Wirkstoffe sind zum Teil schon vor 1990 vom Markt genommen worden und haben heute keine Bedeutung mehr. Aus diesem Grund soll ihnen an dieser Stelle keine weitere Beachtung geschenkt werden, was auch für drei weitere unter „sonstige Wirkstoffe“ aufgeführte Substanzen gilt, die nicht eindeutig zuordnbar waren.

Die beiden gasförmigen Wirkstoffe Hydrogencyanid und Sulfurylfluorid sowie das Begasungsmittel Dazomet haben keine präventive Langzeitwirkung und sollen daher hier ebenfalls nicht weiter betrachtet werden.

2 Heute eingesetzte Wirkstoffe

Vorbemerkung

Im Fall der verschiedenen borbasierten sowie die kupferbasierten Wirkstoffe kann vereinfachend gesagt werden, dass der wirksame Bestandteil das Bor- bzw. das Kupfer-ion ist. Aus formulierungstechnischen Gründen werden die beiden Elemente aber in Form verschiedener chemischer Verbindungen in Holzschutzmitteln eingesetzt. Mit Ausnahme des Kupfer-HDOs und des Polymeren Betains wurden unter der Biozidrichtlinie aus diesem Grund auch die verschiedenen borbasierten bzw. kupferbasierten Wirkstoffe parallel bewertet. In diesem Beitrag wird im Folgenden daher vereinfacht von Kupfer und Bor als Wirkstoff gesprochen.

Theoretisch stehen den Holzschutzmittelherstellern heute bzw. in naher Zukunft 42 verschiedene unter der Biozid-Produkte-Richtlinie (BPR) zugelassene (oder in der Bewertung befindliche) Wirkstoffe zur Verfügung, die allerdings nicht alle in gleichem Umfang eingesetzt werden und zum Teil erheblichen Anwendungsbeschränkungen unterliegen.

Am 02.10.2017 listet ECHA insgesamt 2264 zugelassene Holzschutzmittel auf. Diese Liste umfasst noch nicht alle in Europa auf dem Markt befindlichen Holzschutzmittel, da Mittel, die sogenannte Altwirkstoffe enthalten, die erst kürzlich zugelassen wurden oder sich noch im Bewertungsverfahren befinden, auf dem Markt bleiben können bis über den Zulassungsantrag des Holzschutzmittels entschieden ist. Trotzdem fällt auf, dass einige wenige Wirkstoffe in den registrierten Holzschutzmitteln sehr häufig eingesetzt werden. So enthalten mit Abstand die meisten Holzschutzmittel Propiconazol, IPBC und/oder Tebuconazol. Ebenfalls enthalten eine ganze Reihe von zugelassenen Schutzmitteln Borverbindungen, Thiacloprid, Dichlofluanid oder Steinkohlen-teeöle. Einige der Zulassungen sind schon recht alt und inzwischen erfolgte Neubewertungen von Wirkstoffen haben die wirtschaftliche Bedeutung speziell der letztgenannten Wirkstoffe teilweise relativiert (siehe untenstehenden Erläuterungen). Es muss aber ausdrücklich betont werden, dass die häufige Verwendung von Propiconazol, Tebuconazol und IPBC der wirtschaftlichen Bedeutung dieser Wirkstoffe in Anwendungen der Gebrauchsklassen 1 bis 3 durchaus entspricht. Ebenso wird den anhängigen Zulassungen von Formulierungen mit Permethrin und Kupfer eine hohe wirtschaftliche Bedeutung zugemessen.

Mit Sicherheit kann bei folgenden Wirkstoffen davon ausgegangen werden, dass sie heute in vielen Holzschutzmitteln und in großen Mengen verwendet werden oder wegen ihrer besonderen Charakteristik auch in Zukunft in bestimmten Anwendungen nur schwer zu ersetzen sein werden:

- IPBC,
- Kupfer (Gruppe mit 3 Wirkstoffen),
- Kupfer-HDO,
- Permethrin,
- Polymeres Betain,
- Propiconazol,
- Quats (Gruppe mit 6 Wirkstoffen),
- Tebuconazol.

Bor (Gruppe mit 4 Wirkstoffen) war wegen seines Wirkpektrums und seiner herausragenden Diffusionseigenschaften bis in die jüngste Vergangenheit in vielen Holzschutzmitteln enthalten. Es wurde aber als reprotoxisch 1B eingestuft, was dazu geführt hat, dass Bor als Holzschutzmittelwirkstoff erheblich an Bedeutung verloren hat und für zukünftigen Entwicklungen wegen der drohenden Nicht-Verlängerung der Zulassung, bzw. der Anwendungsbeschränkungen kaum in Betracht kommt.

Bei weiteren Wirkstoffen kann vermutet werden, dass sie nur in geringen Mengen oder gar nicht vermarktet werden. Bei den organischen Insektiziden gilt dies für:

- Cypermethrin (weitestgehend durch Permethrin verdrängt),
- Flufenoxuron (Zulassung am 01.02.2017 ausgelaufen),
- die Neonicotinoide Chlotianidin, Thiacloprid und Thiamethoxam (wegen der Bienenotoxizität von Neonicotinoiden hohes Risiko von zukünftigen Nutzungsseinschränkungen. Allerdings wurden bereits für mehrere Holzschutzmittel mit Thiacloprid Zulassungen erteilt (ECHA 2015)),
- Fenoxy carb (keine Wirksamkeit gegenüber Termiten),
- Chlorfenapyr (eingeschränkte repellente Wirkung gegenüber Termiten) .

Bei den organischen Fungiziden trifft dies auf folgende Wirkstoffe zu

- Steinkohlenteeröl (wird nur für Schwellen / Masten verwendet, karzinogen 1B, massive Anwendungsbeschränkungen),
- Kalium-HDO (wird nur in Holzwerkstoffen verwendet),
- Cyproconazol (begrenzte Zulassung für 5 Jahre, Kandidat für vergleichende Bewertung, inzwischen als reprotoxisch 1B eingestuft → der Wirkstoff erfüllt ein Ausschlusskriterium),
- DCOIT (stark sensibilisierend),
- Dichlofluanid & Tolyfluanid (wegen Grundwassergängigkeit von Abbauprodukten starke Anwendungsbeschränkungen, heute nicht mehr verwendet),
- Fenpropimorph, Kaliumsorbit, OIT (wegen des spezifischen Wirkungsspektrums)
- Hydrogencyanid und Sulfurylfluorid (als Gas keine andauernde präventive Wirkung),
- Dazomet (Begasungsmittel, zerfällt unter feuchten Bedingungen, setzt Methylisothio-zyanat frei, keine andauernde präventive Wirkung).

Die derzeit überwiegend eingesetzten Wirkstoffe zeichnen sich insbesondere durch folgende sehr allgemeine Eigenschaften aus: Sie haben ein breites Wirkungsspektrum und sind mehr als 20 Jahre alt. Wegen des ausgelaufenen Patentschutzes und des guten Dosis-Wirkungsverhältnisses lassen sich mit all diesen Wirkstoffen preiswerte Holzschutzmittel formulieren. Die meisten dieser Wirkstoffe fixieren gut im Holz, bzw. lassen sich mit der entsprechenden Formulierungstechnik dauerhaft im Holz fixieren und sind darüber hinaus unter den üblichen Anwendungsbedingungen auch sehr langzeitstabil. Für einige Formulierungen stellen die derzeit eingesetzten Wirkstoffe Formulierungstechnisch eine Herausforderung dar, so wurde zum Beispiel oft nach einem einfach in lösemittelbasierte Produkte zu formulierenden Ersatzwirkstoff für Tolyl- und Dichlofluanid gefragt. Im Allgemeinen besteht aber technisch und wirtschaftlich nur ein geringer Anreiz, neue Wirkstoffe in Holzschutzmitteln zu verwenden. Es ist natürlich immer erstrebenswert, Holzschutzmittel kostengünstiger zu produzieren, dies wurde aber in den vergangenen Jahren eher durch optimierte For-

mulierungen, die gemeinsame Nutzung von bereits registrierten Rezepturen sowie durch Preisreduktion bei alten Wirkstoffen erreicht als durch den Einsatz neuer Wirkstoffe.

3 Auswahlkriterien für neue Holzschutzmittelwirkstoffe

Ein potentieller neuer Wirkstoff muss idealer Weise folgende Kriterien erfüllen, um erfolgreich auf dem Schutzmittelmarkt etabliert werden zu können:

Der Wirkstoff muss ein **geeignetes, möglichst breites Wirkspektrum** aufweisen. Im Falle der Insektizide sollte der Wirkstoff sowohl gegenüber holzzerstörenden Insekten als auch gegenüber Termiten wirksam sein. Wegen der anzuwendenden europäischen Prüfnormen bedeutet Letzteres, dass nicht nur eine ausreichende Mortalität der Termiten erreicht werden muss, sondern dass das Insektizid auch sehr effektiv das Abnagen der Testhölzer vermeiden muss, so dass keine oder nur sehr geringe Nagespuren entstehen. Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass die Kombination von Insektiziden im Holzschutz bislang unüblich ist. Zum einen stehen dem Formulierer mehrere Wirkstoffe zur Verfügung, die sowohl gegen Insekten als auch gegen Termiten wirksam sind und zum anderen werden Insektizide oft als letzter Schritt zu bestehenden Fungizidformulierungen hinzugefügt, wobei man die Anzahl der zuzufügenden Komponenten auf ein Minimum zu beschränken sucht, um das Risiko von Inkompatibilitäten gering zu halten und die Formulierung nicht zu komplex werden zu lassen.

Im Fall der Fungizide wird weithin akzeptiert, dass ein Wirkstoff nicht das ganze Spektrum der holzzerstörenden und -verfärbenden Pilze abdecken kann. Dementsprechend findet man viele Holzschutzmittel, die zwei oder drei Fungizide enthalten. In diesen Holzschutzmitteln wird häufig ein Wirkstoff gegen holzverfärbende Pilze mit einem oder zwei Wirkstoffen gegen holzzerstörende Pilze kombiniert. Trotz allem sollten die Wirkstoffe ein möglichst breites Spektrum aufweisen und jeweils zumindest die Gruppe der holzverfärbenden Pilze, der holzzerstörenden Basidiomyceten oder der Moderfäuleerreger und Bakterien umfassend abdecken.

Der Wirkstoff muss eine **ausreichende Permanenz** aufweisen. Um ein Holzbauteil effektiv zu schützen, muss der Wirkstoff über die gesamte Produktlebensdauer im Holz in einer wirksamen Konzentration vorhanden sein. Dies bedeutet, dass er nahezu vollständig an die Holzmatrix gebunden oder dauerhaft durch Hilfsstoffe im Holz fixiert werden muss. Er soll weiterhin unter den Bedingungen im Holz chemisch und physikalisch stabil sein und im Holz nicht biologisch abgebaut werden. Letzteres kann ggf. durch ein Co-Biozid (z. B. Kupfer) erreicht werden.

Der Wirkstoff muss ein **geeignetes Humantoxizitätsprofil** aufweisen. Idealer Weise sollten neue Wirkstoffe in der Anwendungskonzentration weder als karzinogen (1A/1B), mutagen (1A/1B), reproduktionstoxisch (1A/1B), endokrin-schädigend, akut humantoxisch noch als sensibilisierend einzustufen sein, da dies zunächst als Ausschlusskriterium bei der Genehmigung von Wirkstoffen und Biozidprodukten zu werten ist (BPR EU 528/2012, Art. 5).

Der Wirkstoff muss ein **geeignetes Umwelttoxizitätsprofil aufweisen**. Hierzu gehören nicht nur die Klassifizierung bezüglich der akuten Toxizität gegenüber z.B. Wasserorganismen, sondern auch ein möglichst rascher Abbau des in die Umwelt freigesetzten Wirkstoffes in unproblematische (weniger toxische oder gar nicht toxische Abbauprodukte) sowie eine geringe Grundwassergängigkeit und bevorzugt keine systemischen Eigenschaften. Artikel 5 BPR EU 528/2012 legt zudem fest, dass Wirkstoffe die als persistent, bioakkumulierend und giftig (PBT) oder als sehr persistent und sehr bioakkumulierend (vPvB) eingestuft werden, nicht zugelassen werden können.

Der Wirkstoff muss **kostengünstig** sein, sprich ein attraktives Dosis-Wirkungs-Preisverhältnis aufweisen. Dies bedeutet per se nicht, dass der Preis per Kilogramm oder Liter besonders niedrig sein muss. Allerdings soll der Preis bezogen auf ein behandeltes Endprodukt vergleichbar oder niedriger sein als bei einem sich bereits auf dem Markt befindlichen Wirkstoff mit dem gleichen oder ähnlichen Wirk- und Toxprofil. Ein Wirkstoffpreis, der schlussendlich eine Preiserhöhung beim Endprodukt erfordert, wird nur dann akzeptiert werden, wenn marktbeherrschende Wirkstoffe von den Zulassungsbehörden vom Markt genommen werden und keine günstigeren Alternativen zur Verfügung stehen, oder wenn der neue Wirkstoff zusätzliche Eigenschaften bietet, die den erhöhten Preis beim Endkunden rechtfertigen.

Der Wirkstoff soll **einfach zu formulieren** sein. Das bedeutet, dass er im Endprodukt in gelöster oder in emulgiert Form vorliegt und eine gute chemische und physikalische Lagerstabilität aufweist. (Dispergierte Wirkstoffe werden bei Europäischen Holzarten nur eine begrenzte Einbringtiefe erreichen.)

Für den Wirkstoff muss ein **möglichst vollständiges Datenpaket verfügbar** sein (Tox- und Ökotox-Daten). Für die Bereitstellung entsprechender Daten fallen in der Regel weit mehr als 3 Mio. Euro an (bis zu 15 Mio. Euro). Die Durchführung der entsprechenden Prüfungen kann daher durch den Einsatz allein als Holzschutzmittelwirkstoff in keinem Fall und auch bei breitem Einsatz im Materialschutz in der Regel nicht gerechtfertigt werden. Hierbei sind die Kosten für das eigentliche Wirkstoffscreening sowie für evaluierende Tox- und Ökotox-Studien für später nicht weiter unterstützte Wirkstoffkandidaten noch gar nicht eingerechnet.

4 Zielkonflikt zwischen Pflanzenschutz- und Materialschutzwirkstoffen

Insbesondere die Kosten und der Aufwand für ein konsequentes Wirkstoffscreening sowie das Generieren von Tox- und Ökotox-Daten für eine Vielzahl von möglichen Wirkstoffen überfordern die Möglichkeiten der meisten Wirkstofflieferanten. De facto laufen entsprechende Programme nur noch bei großen Pflanzenschutzmittelherstellern (PSMH). Der inzwischen übliche Abschluss von Kooperationsvereinbarungen zwischen PSMH und Materialschutzwirkstofflieferanten (MSWL) ist eine logische Konsequenz aus dieser Entwicklung: Der PSMH bietet dem MSWL eine Selektion seiner neuen Wirkstoffe inklusive der Tox- und Ökotox-Daten an und braucht sich um die Vermarktung in einem ihm fremden, fragmentierten Marktsegment nicht zu kümmern. Der MSWL kann aus den bereits vorausgewählten Wirkstoffen die für seine Zwecke am besten geeigneten Wirkstoffe aussuchen und kann sich das sehr auf-

wändige erste Screening sowie die sehr teure Generierung der Tox-und Ökotox-Daten sparen, muss aber im Gegenzug die Wirkstoffe langfristig – in jedem Fall aber bis zum Ablauf der Patente – beim PSMH kaufen.

Bei einer solchen Kooperation ist allerdings Folgendes zu bedenken: Der PSMH sucht in erster Linie nach Mitteln, die selektiv solche Organismen bekämpfen, die im Agrarbereich massive Schäden verursachen. Die Wirksamkeit gegenüber Nicht-Zielorganismen wird grundsätzlich als negativ bewertet, da sie zu unerwünschten Effekten in der Umwelt führen kann. Dementsprechend sind die Screeningmodelle speziell auf die im Pflanzenschutz relevanten Schadorganismen ausgerichtet und ein enges Wirkpektrum wird nicht grundsätzlich als Nachteil angesehen. Es ist selbsterklärend, dass die Zielorganismen im Pflanzenschutz in der Regel nicht mit den relevanten holzzerstörenden oder verfärbenden Organismen identisch sind.

Noch deutlicher wird der Zielkonflikt, wenn es um die Persistenz der Wirkstoffe geht. Der Pflanzenschutz favorisiert Wirkstoffe, die schnell in die Pflanze aufgenommen und ggf. in der Pflanze verteilt, aber auch schnell wieder abgebaut werden (wenige Tage bis Wochen). Der Holzschutzmittelhersteller sucht nach einem Wirkstoff, der extrem stabil (15 bis 20 Jahre) und zumindest im Holz schwer abbaubar ist. Sollte der Wirkstoff aus dem Holz ausgewaschen werden oder in anderer Form in die Umwelt gelangen, soll er möglichst rasch abgebaut werden (< 1 Jahr). Diese beiden Wünsche der Holzschutzmittelhersteller allein sind schon ein Widerspruch in sich. Der Pflanzenschutz hat insbesondere kein Interesse daran, dass der Wirkstoff in der Pflanze, im Boden oder in Gewässern schwer abbaubar ist und sortiert entsprechende Stoffe aus. Daher werden sehr persistente Wirkstoffe dem MSWL gar nicht mehr zur Auswahl angeboten und der Holzschutzmittelformulierer sieht sich mit der Frage konfrontiert, wie er gegebenenfalls Wirkstoffe im Holz stabilisieren kann, um den gewünschten Langzeiteffekt zu erreichen.

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass das Marktpotential im Pflanzenschutz um ein Vielfaches größer ist als im Materialschutz. Ein PSMH wird daher in seinem Screeningprogramm nicht speziell auf die Nischenanwendung Holzschutz Rücksicht nehmen und wird auch den Erfolg eines im Pflanzenschutz eingeführten Wirkstoffes nicht für den Bereich Holzschutz riskieren. In der Konsequenz wird der PSMH für andere Anwendungen benötigte Studien nur dann in Auftrag geben, wenn Sie die im Pflanzenschutz etablierten Tox- und Ökotox-Daten nicht maßgeblich tangieren.

Der MSWL bekommt also zwangsläufig vom PSMH eine für ihn suboptimale Auswahl an Wirkstoffen bereitgestellt, aus der er am Ende die noch akzeptabelsten Kandidaten auswählen kann.

5 Zeitschiene und Kosten

Der Entwicklungszyklus eines Wirkstoffs wird anhand des nachfolgenden Szenarios dargestellt:

Der MSWL wird zunächst sein eigenes Screening mit holzspezifischen Organismen durchführen, um dann mit ausgewählten Wirkstoffen einige der Standardprüfungen (z.B. EN 113, EN 152, EN 807, EN 47, EN 117 ... in Kombination mit EN 84) durchzuführen. (ca. 1 Jahr).

Danach wird er ausgewählten Holzschutzmittelproduzenten die Daten der erfolgversprechendsten Wirkstoffe vorlegen und Ihnen Muster für eigene Untersuchungen anbieten, um abzuschätzen, ob seine Kunden an einem möglichen neuen Wirkstoff Interesse haben. (ca. 1 bis 1,5 Jahre).

Die Holzschutzmittelproduzenten werden nach diesen ein bis eineinhalb Jahren weiterer Laborprüfung noch keine abschließende Entscheidung treffen, sondern gegebenenfalls darauf verweisen, dass sie Freilandversuche (z.B. EN 330, EN 252 ...) mit dem für sie interessantesten Wirkstoff beginnen wollen, um frühestens nach drei, eigentlich aber erst nach fünf Jahren im Freiland zu entscheiden, ob sie ein entsprechendes Holzschutzmittel auf den Markt bringen wollen oder nicht. Weiterhin werden sie darauf hinweisen, dass die Freilandversuche nur in Auftrag gegeben werden können, wenn der MSWL zusagt, den Wirkstoff auch anzumelden.

Der MSWL ist bereit, aufgrund der positiven Laborergebnisse und des grundsätzlichen Interesses potentieller Kunden das Risiko einer Wirkstoffzulassung noch vor dem Start der Freilandprüfung einzugehen. Er beauftragt seine Zulassungsabteilung ein Wirkstoffdossier für den Anwendungsbereich Holzschutz (PT 8) vorzubereiten, nutzt die Daten seiner eigenen ersten Laborversuche als Beispiel für eine Holzschutzanwendung (Modellformulierung) und reicht das Dossier ein um den Wirkstoff unter der BPR zuzulassen (0,5 Jahre).

Basierend auf den gesammelten Erfahrungen mit der Zulassung von Wirkstoffen muss unabhängig von den durch die EU bzw. ECHA publizierten Zeitschienen mit einer Bearbeitungszeit von 2 bis 6 Jahren gerechnet werden, bis die Wirkstoffzulassung schlussendlich vorliegt (2 bis 6 Jahre).

Dies gibt den Kunden die Gelegenheit, ihre Formulierung gründlich im Freiland zu testen (3 bis 5 Jahre), allerdings tragen sie hierfür auch das Risiko in einen Wirkstoff zu investieren, von dem sie nicht wissen ob – und falls ja, mit welchen Bedingungen – er schlussendlich zugelassen wird.

Aufgrund der Testdaten entschließt sich ein Kunde, ein Holzschutzmittel auf den Markt zu bringen und sich damit von den anderen Holzschutzmittelherstellern abzugrenzen. Ein Hauptmotiv ist die Risikominderung: Falls sich die Zulassungskriterien bei der alle zehn Jahre stattfindenden Neubewertung der etablierten Wirkstoffe ändern sollten, kann man auf die neue Formulierung ausweichen. Allerdings bleiben die Zulassungskriterien auch für den neuen Wirkstoff bis zur endgültigen Zulassung unklar.

Der Kunde bereitet nach Bekanntwerden der Zulassungskriterien sein Produktzulassungsdossier vor, reicht es ein und beantragt eine europaweite Zulassung. Hierfür benötigt er ein halbes (0,5) Jahr falls die optimierte, angemeldete Formulierung nahezu identisch mit den vor mehreren Jahren getesteten Formulierungen ist. Sind die Abweichungen größer als die von der BPR zugestandenen Abweichungen, muss die Formulierung erneut getestet werden. Dies bezieht sich vor allem auf die Labortests und wird ein weiteres Jahr erfordern (0,5 bis 1,5 Jahre). Bis zum Abschluss der Produktzulassung in allen europäischen Ländern vergehen zwei Jahre (2 Jahre).

Damit vergehen von der Übergabe des neuen Wirkstoffs an den MSWL bis zum Verkauf des ersten Holzschutzmittels mindestens sieben (7) Jahre. Bei Annahme der realistischeren Bearbeitungszeiten und längerer betrieblicher Entwicklungs- und Entscheidungszeiten vergehen hierfür auch leicht mehr als 10 Jahre.

Hieraus kann jeder Holzschutzmittelhersteller selbst am besten einschätzen, ob er in den nächsten 5 bis 10 Jahren mit einem neuen Wirkstoff auf dem europäischen Markt rechnen kann: In den nächsten 5 Jahren kann er mit Sicherheit nur Holzschutzmittel auf den Markt bringen, die bereits unter der BPR für PT8 gelistete Wirkstoffe enthalten (Tabelle 1). Haben ihm die Wirkstoffhersteller in den letzten 2 Jahren neue Wirkstoffe zur Erprobung angeboten, und sichern sie ihm zu, diese auch für PT8 zuzulassen, so kann er diese Wirkstoffe in 5 bis 10 Jahren einsetzen – gesetzt den Fall, dass der Wirkstoff und sein neues Holzschutzmittel ohne größere Verzögerung und ohne gravierende Einschränkungen zugelassen werden.

Die nachfolgende, sehr vereinfachende Untersuchung der Wirtschaftlichkeit einer Wirkstoffzulassung beschränkt sich auf die dem Wirkstoff zuzuordnenden Kosten und Einnahmen und vernachlässigt die Kosten für die eigentlichen Produktzulassungen. Die Kosten für die Tox- und Ökotoxdaten müssen in jedem Fall aufgebracht werden: Entweder der Wirkstofflieferant gibt die Studien selbst in Auftrag (eigener Wirkstoff, >> 3 Mio. Euro), oder der Dateneigner gewährt Zugang zu den Daten gegen eine anteilige Kompensation der entstandenen Kosten. (Zum Beispiel in Form einer einmaligen Zahlung oder in Form eines langfristigen Liefervertrages in dem z. B. ein Preisaufschlag für die Datennutzung enthalten ist.)

Problematisch ist nicht allein die Höhe der Kosten, sondern vor allem, dass sie bis zu 10 Jahre vor den ersten Einnahmen anfallen. Allein aus diesem Zeithorizont ergeben sich sehr ungünstige Kennzahlen: Die Rückzahlung der Kosten erfolgt frühestens nach 9 bis 12 Jahren und das auf 20 Jahre gerechnete Projekt erreicht einen Nettokapitalwert zwischen 0 bis 2,5 Mio. Euro. Das Ergebnis hängt davon ab, ob die Kosten für die Tox- und Ökotox-Daten sofort bezahlt werden müssen oder erst zusammen mit den Einnahmen anfallen. Die Modellberechnung basiert auf der Annahme, dass ein Wirkstoff ein Marktpotential von 6 Mio. Euro Jahresumsatz circa fünf Jahre nach Markteinführung erreichen und hierbei eine Marge von etwa 40 % erwirtschaften soll (interner Zins: 10 %, Steuersatz: 34 %). Die geschilderten Annahmen gelten natürlich nur, wenn der Kunde das neue Holzschutzmittel auch aktiv auf den Markt bringt und nicht als Nischenprodukt ansieht. Und natürlich müssen in der Zwischenzeit weitere Kunden davon überzeugt werden, ebenfalls diesen Wirkstoff einzusetzen. Ganz abgesehen davon, dass niemand zuverlässig die Entwicklung des Holzschutzmarktes über einen Zeitraum von 15 bis 20 Jahren vorhersehen kann.

6 Werden neue Schutzmittelwirkstoffe für den Holzschutz benötigt?

Unter den heutigen Zulassungsbedingungen kann die Holzschutzmittelindustrie mit den bereitstehenden Wirkstoffen zuverlässige Holzschutzmittel bereitstellen. Sie hat auch in den zurückliegenden Jahren gezeigt, dass sie die vom Markt genommenen Wirkstoffe durch andere ersetzen konnte. In den meisten Anwendungen konnte dabei auch das Schutzniveau der alten Wirkstoffe ohne Abstriche gehalten werden, insbesondere dann, wenn es sich um Anwendungen in Gebrauchsklasse 1, 2 und 3 handelt und auf eine Einhaltung der geforderten Einbringmengen sowie -tiefen geachtet wird. Allerdings würden die Annahme und Umsetzung der aktuell diskutierten RAC Empfehlung, Propiconazol als reprotoxisch 1B einzustufen, die Situation grundlegend verändern.

Sollte infolge dieser Einstufung Propiconazol im März 2020 die Wiederzulassung als Holzschutzmittelwirkstoff trotz seiner sozioökonomischen Bedeutung versagt werden, müssten 2020 in der Konsequenz auch alle propiconazolhaltigen Holzschutzmittel vom Markt genommen werden. Derzeit enthalten 62 % aller zugelassenen Holzschutzmittel Propiconazol. Ein Ersatz des Wirkstoffes Propiconazol durch andere derzeit zugelassene Wirkstoffe ist nicht möglich. Tebuconazol wäre zwar hinsichtlich des Wirkpektrums und der chemisch physikalischen Eigenschaften ein potenzieller Ersatzwirkstoff, ist aber ebenfalls ein Triazol und es ist aufgrund der vorliegenden Toxdaten schwer vorstellbar, dass für Tebuconazol im Zuge der Wiederzulassung nicht die Neubewertung der CLP im RAC beantragt wird und dabei Tebuconazol eine niedrigere Einstufung der Reprotoxität erhält als Propiconazol. Insofern kommt Tebuconazol als Ersatzwirkstoff für Propiconazol nicht in Frage und es müssten dementsprechend gegebenenfalls auch tebuconazolhaltige Mittel vom Markt genommen werden.

Auch alle anderen Wirkstoffe kommen wegen ihres Wirkpektrums, ihrer chemischen oder physikalischen Eigenschaften bzw. wegen ihrer humantoxikologischen Bewertung nicht als direkter Ersatzwirkstoff in Frage. Damit bleiben speziell für die Anwendung an maßhaltigen Bauteilen nur Produkte übrig, die IPBC als einziges Fungizid enthalten. Soweit bekannt loben derzeit zugelassene Holzschutzmittel, die nur IPBC als Fungizid enthalten, aber nur eine Wirksamkeit gegenüber holzverfärbenden nicht aber gegen holzzerstörenden Pilzen aus. Um den vollen Schutz zu bieten, werden diese Mittel also neu formuliert und zugelassen werden müssen. Abhängig vom Wirkpektrum von Penflufen wäre es daher durchaus nötig, neue Wirkstoffe als potentielle Ersatzwirkstoffe für Propiconazol zuzulassen.

Bei einem anderen Wirkstoff, dem Steinkohlenteeröl, führen die verkürzte Zulassungsdauer (fünf statt zehn Jahre) und die Nutzungseinschränkungen seit langem zu Besorgnis, da es mit seinen spezifischen Eigenschaften und Anwendungen trotz jahrelanger, intensiver Forschung durch die bestehenden Wirkstoffe nicht einfach ersetzt werden konnte. Wegen der Länge der angestrebten Nutzungsdauer (z. T. bis zu 60 Jahre) ist es zudem extrem schwer für neue Alternativformulierungen, einen ausreichend sicheren Nachweis der Langzeitwirksamkeit zu erbringen. Zudem ist Steinkohlenteeröl vergleichsweise preisgünstig und letztlich werden die Nutzer von Masten, Schwellen und Obstbaumpfählen entscheiden, ob sie auf die langfristige Verfügbarkeit von Steinkohlenteeröl vertrauen, einer Alternativformulierung eine

Chance geben, um damit Erfahrungen zu sammeln (Nischenprodukt) oder eventuell ganz auf Alternativmaterialien ausweichen (Stahl, Beton ...).

Weitere Einschränkungen im Wirkstoffportfolio sind nicht auszuschließen. Über die Kriterien, Wirkstoffe als „Endocrine Disruptor“ einzustufen, wird zum Beispiel seit Jahren in der EU diskutiert. Nachdem für den Pflanzenschutz und die Biozidproduktarten harmonisierte Einstufungskriterien erarbeitet wurden, müssen die Wirkstoffe alle einzeln bewertet werden. Da die Bewertung aber sehr komplex ist, erscheint es derzeit wenig zielführend, darüber zu spekulieren ob und welche einzelnen Wirkstoffe oder Gruppen als endokrin wirksam eingestuft werden. Allerdings illustriert auch diese Diskussion die Folgen der auf maximal zehn Jahre beschränkten BPD- / BPR-Zulassung, denn spätestens nach Ablauf dieser Frist wird der Wirkstoff erneut bewertet und zwar nach den dann vorliegenden Erkenntnissen. Dies kann auch bedeuten, dass derzeit zugelassene Wirkstoffe keine Wiederzulassung erhalten. Wie oben bereits ausgeführt, wird es dann abhängig vom Wirkstoff vor allem wegen der charakteristischen Wirkspektren schwer sein, auf heute bereits verfügbare Wirkstoffe auszuweichen. Ein besonderes Problem ergibt sich daraus, dass neue Holzschutzmittel innerhalb der ca. 18 monatigen Umsetzungsfrist neuer Einstufungs- und Kennzeichnungsverpflichtungen nicht zugelassen werden können, weil diese im Vergleich zur (Entwicklungs- und) Zulassungszeit viel zu kurz ist.

In diesem Sinne müssen neue Wirkstoffe sowie die rechtzeitige Entwicklung neuer Holzschutzmittel in erster Linie als Teil eines vorrausschauenden Risikomanagements angesehen werden.

7 Alternativen zu synthetischen Wirkstoffen

Grundsätzlich ist es unlogisch, Naturstoffe mit einer bioziden Wirkung anders zu behandeln als synthetische Stoffe mit ähnlicher oder derselben Wirkung. Es ist daher konsequent, dass in der BPD 98/8/EG Art. 2 1 bzw. der BPR EU 528/2012 Art. 3 zunächst keine Unterscheidung zwischen natürlichen und synthetischen Wirkstoffen vorgenommen wird. Dies bedeutet, dass alle Produkte mit ausgewiesener biozider Wirkung als Biozidprodukt anzusehen und den gleichen Bewertungskriterien zu unterwerfen sind – unabhängig welchen Ursprungs die Stoffe sind (z. B. KRAUSE 2014). Allerdings werden in Art. 25 EU 528/2012 bestimmte Bedingungen beschrieben, unter denen ein Antrag auf ein vereinfachtes Zulassungsverfahren gestellt werden kann. Eine der genannten Bedingung ist, dass das Biozidprodukt ausschließlich eine oder mehrere der im Anhang I EU 528/2012 genannten Substanzen als Wirkstoff enthält. Anhang I enthält neben verschiedenen in der Lebensmittelindustrie eingesetzten organischen Säuren unter anderem auch Lavendel- und Pfefferminzöl. Allerdings ist keiner der in Anhang I genannten Stoffe geeignet, das im Holzschutz geforderte breite Wirkspektrum und die langanhaltende Schutzwirkung zu gewährleisten. Damit gelten die in diesem Beitrag für potentielle synthetische Wirkstoffe gemachten Annahmen ebenso für alle Naturstoffe mit biozider Wirkung.

Ungeachtet der Zulassungsproblematik gibt es z. B. zahllose Untersuchungen zur Imprägnierung von nicht-dauerhaften Holzarten mit Holz- oder Rindenextrakten dauerhafter Arten (z. B. FASSINA BROCCO 2015, KENNEDY & POWELL 2000 und KENNEDY et al. 1665). Allen Untersuchungen ist gemein, dass sie zwar eine Wirksamkeit ver-

schiedener Substanzen nachweisen können, diese aber von kurzer Dauer ist oder nicht die Wirksamkeit dauerhafter Holzarten oder holzschutzmittelbehandelten Holzes erreicht.

Weiterhin muss bei der Verwendung von Naturstoffextrakten bedacht werden, dass es sich in der Regel um Stoffgemische handelt, die in vielen Fällen nur in ihrer komplexen Zusammensetzung ihre volle Wirksamkeit entfalten, deren exakte Zusammensetzung aber chargenabhängig ist. Dies erschwert zum einen die allgemeingültige Charakterisierung des Extrakts und zum anderen die Sicherstellung einer gleichbleibenden Produktqualität.

Darüber hinaus müssen auch pflanzliche Produkte bestimmten Sicherheitsaspekten genügen und es sei hier nur angemerkt, dass insbesondere Holzextrakte stark sensibilisierende Eigenschaften haben können.

Bei Extrakten, deren Wirksamkeit überwiegend einer Komponente zugeschrieben wird, wird häufig versucht, diese Verbindung aus dem Extrakt zu isolieren. Dies gilt insbesondere dann, wenn sie gezielt in speziellen Fermentationsverfahren produziert wird. Die Grenze zwischen Naturstoff und synthetischem Wirkstoff wird dabei unscharf.

Als Beispiel hierfür und für das Potential von Naturstoffen sei die durch Fermentation aus dem Bakterium *Streptomyces avermitilis* gewonnene Gruppe der Avermectine genannt (Abamectin, Doramectin, Emamectin, Ivermectin, Seramectin) (McBEAN 2012). Diese hoch wirksamen Toxine / Biozide werden heute aber in der Regel nicht als Naturstoffe wahrgenommen. Vermutlich liegt dies an ihrer hervorragenden Wirksamkeit und dem inzwischen breiten Anwendungsgebiet z. B. im Pflanzenschutz und in der Parasitologie.

Verfahren der Holzmodifizierung, der Einsatz von wasserabweisenden Substanzen und mechanischer Barrieren sowie die konsequente Anwendung des konstruktiven Holzschutzes können im weiteren Sinne auch unter dem Titel „Suche nach Alternativen“ behandelt werden, sollen hier aber nicht weiter thematisiert werden.

8 Altbewährtes versus Suche nach Alternativen

Wie ausgeführt kann aus Kostengründen die Entwicklung von Wirkstoffen für den Holzschutz allein als unrealistisch angesehen werden. In Folge davon werden dem Holzschutz in Zukunft nur im Pflanzenschutz entwickelte Wirkstoffe zur Verfügung stehen. Wegen des unterschiedlichen Anforderungsprofils zwischen Pflanzen- und Holzschutz ist es hierbei sehr wahrscheinlich, dass neue Wirkstoffe ein engeres Wirkpektrum und eine geringere Persistenz aufweisen als die klassischen Holzschutzmittelwirkstoffe. Dies kann durch die Kombination mehrerer Wirkstoffe mit komplementärem Wirkpektrum ausgeglichen werden, stellt aber hohe Anforderungen an den Formulierer und macht die Holzschutzmittelentwicklung, Prüfung und Zulassung deutlich aufwändiger.

Erschwerend ist, dass neue Wirkstoffe mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einem höheren Anwendungspreis¹ als die etablierten Wirkstoffen angeboten werden, denn für die heute am häufigsten genutzten Wirkstoffe ist der Patenschutz ausgelaufen und sie können auch oft von mehreren Anbietern bezogen werden, so dass die Preise der etablierten Wirkstoffe vergleichsweise niedrig sind. In der Folge sind mit neuen Wirkstoffen formulierte Holzschutzmittel tendenziell immer teurer als die bereits am Markt etablierten Holzschutzmittel.

Gleichzeitig sinkt wegen der langen und teuren Zulassungsverfahren die Bereitschaft der Holzschutzmittelindustrie, in neue eigene Holzschutzmittelformulierungen zu investieren und die Wirkstofflieferanten scheuen wegen der hohen Kosten und langen Vorlaufzeiten das Risiko der Einführung neuer Wirkstoffe.

Die Übersicht der in der Vergangenheit genutzten Wirkstoffe legt nahe, dass entscheidende Veränderungen in der Nutzung von Wirkstoffen durch die Zulassungsbehörden in Form von Nutzungseinschränkungen oder -verboten ausgelöst wurden. Sollten heute bedeutende Wirkstoffe in Zukunft ebenfalls von solchen Maßnahmen betroffen sein, wird die Bereitstellung von Holzschutzmitteln mit den verbleibenden Wirkstoffen in den betroffenen Anwendungsbereichen vermutlich eine Anpassung der Anwendungen oder der Qualitätsanforderungen erforderlich machen. Sie eröffnet allerdings auch Chancen für derzeit wenig genutzte oder völlig neue Wirkstoffe.

Janssen PMP hat in der Vergangenheit die Entwicklung neuer Holzschutzmittelwirkstoffe als Investition in die Zukunft betrachtet und in den letzten 25 Jahren rund 80 000 chemische Substanzen auf ihr Potential als Wirkstoff untersucht². Darüber hinaus wurden mehr als 230 aus dem Pflanzenschutz kommende Wirkstoffe einem erweiterten Screening sowie teilweise weiteren sehr detaillierten Eignungstests unterzogen. Insgesamt wurden von Janssen acht verschiedene Holzschutzmittelwirkstoffe kommerziell angeboten und trotzdem umfasst das aktuelle Wirkstoffportfolio von Janssen PMP im Holzschutz lediglich 2 Wirkstoffe.

Allein in der Zeit zwischen 2000 und 2010 hat Janssen PMP Holzschutzmittelproduzenten vier neue Wirkstoffe angeboten, die dementsprechend in umfangreichen Testreihen von verschiedenen Partnern auf Ihre Eignung hin untersucht wurden. Keines davon wird heute in nennenswertem Umfang in Europa im Holzschutz eingesetzt, obwohl drei davon unter der BPD/BPR zugelassen wurden. Dies bedeutet nicht, dass es unmöglich ist, neue Holzschutzmittelwirkstoffe auf den Markt zu bringen, sondern lediglich, dass es ein sehr langfristiges und finanziell höchst riskantes Projekt ist, dessen Erfolg ganz wesentlich davon abhängt, ob der Wirkstoff genau dann auf den Markt kommt, wenn andere, durch diesen ersetzbare Wirkstoffe vom Markt genommen werden (müssen).

Die entscheidende Frage ist daher, wer dieses Risiko finanzieren will und kann. Die erfolgreiche Markteinführung eines neuen Wirkstoffs setzt letztlich voraus, dass alle Beteiligten bereit sind, in neue Wirkstoffe und Holzschutzmittel zu investieren, gegebenenfalls auch teurere Holzschutzmittel auf den Markt zu bringen und diese schlussendlich auch zu kaufen. Die Entwicklung neuer Wirkstoffe muss hierbei von

1 Kostenanteil des Wirkstoffs im anwendungsfertigen Produkt.

2 Das Programm wurde bereits vor 2005 eingestellt.

allen Beteiligten in gleichem Maße als Investition sowie auch als Risikomanagement betrachtet werden.

Penflufen ist der einzige wirklich neue in Tabelle 1 aufgelistete Wirkstoff. Er wurde von Bayer 2012 als Fungizid für die Saatgutbehandlung auf den Markt gebracht (MCBEAN 2012). Inwieweit er sich als Wirkstoff für Holzschutzmittel durchsetzen wird, bleibt abzuwarten. In jedem Fall wird es noch einige Jahre dauern bis das erste penflufenhaltige Holzschutzmittel auf den Markt erhältlich sein wird.

Sollte die aktuell diskutierte RAC Empfehlung, Propiconazol als reprotoxisch 1B einzustufen, angenommen werden und sollte infolgedessen Propiconazol im März 2020 die Wiederzulassung als Holzschutzmittelwirkstoff trotz seiner sozioökonomischen Bedeutung versagt werden, wird es nicht möglich sein, einen völlig neuen Wirkstoff in der Zeit bis dahin zu registrieren und es wird dementsprechend auch nicht gelingen, entsprechende Holzschutzmittel mit dem neuen Wirkstoff bis zum März 2020 zuzulassen. Auch die Zulassung neuer Produkte mit bereits zugelassenen Wirkstoffen, wird wegen der erforderlichen Entwicklungs-, Test- und Zulassungszeiträume kaum rechtzeitig möglich sein. In diesem Fall wäre zu befürchten, dass insbesondere für Anwendungen an maßhaltigen Bauteilen für einen Zeitraum bis zu fünf Jahren nur eingeschränkt taugliche Schutzmittel zur Verfügung stehen werden.

Tabelle 1: Zusammenstellung von Holzschutzmittelwirkstoffen, die vor 1990 beziehungsweise um 2005 verwendet wurden inklusiv denen, die heute unter der BPD / BPR zugelassen sind oder sich im Zulassungsverfahren befinden (ECHA 2017).

Wirkstoff	vor 1990* lt. VoB 1994 Deutschland	2004 / 2005** Österreich Deutschland	heute BPD _{98/8/EG} / BPR _{EU528/2012} zugelassen oder aktuell im Bewertungsverfahren****		
			CAS- Nummer	Bescheid	anzuwen- den ab
Organische Insektizide					
Aldrin	#				
Bifenthrin		x	82657-04-3	Directive 2011/10/EU	1-02-2013
Carbaryl	#				
Chlorfenapyr			122453-73-0	Directive 2013/27/EU	1-05-2015
Chlorphoxim	#				
Chlorpyriphos	#				
Clothianidin			210880-92-5	Directive 2008/15/EC	1-02-2010
Cyfluthrin		x			
Cypermethrin	#	x	52315-07-8	Regulation (EU) 945/2013	1-06-2015
Deltamethrin	#	X			
DDT (dichlorodiphenyltrichloroethane)	#				
Dichlorphos	#				
Dieldrin	#				
Etofenprox			80844-07-1	Directive 2008/16/EC	1-02-2010
Fenoxy carb		X	72490-01-8	Directive 2011/12/EU	1-02-2013
Flufenoxuron		X	101463-69-8	Directive 2012/20/EU	Zulassung abgelaufen
Lindan	#				
Parathion	#				
Permethrin	#	X	52645-53-1	(EU) no 1090/2014	1-05-2016
Phoxim	#				
Propoxur	#				
Silafloufen		x			
Thiacloprid			111988-49-9	Directive 2009/88/EC	1-01-2010
Thiamethoxam			153719-23-4	Directive 2008/77/EC	1-07-2010

Wirkstoff	vor 1990* lt. Vos 1994 Deutschland	2004 / 2005** Österreich Deutschland	heute BPD _{98/8/EG} / BPR _{EU528/2012} zugelassen oder aktuell im Bewertungsver- fahren****	CAS- Nummer	Bescheid	anzuwen- den ab
Organische Fungizide						
Aluminium HDO (Xyligen Al)	#	x				
B-Naphtol	#					
Carbendazim	#	x				
Chlorthalonil	#					
Cyproconazol		x	94361-06-5	Regulation (EU) 438/2014	1-11-2015	
Dazomet			533-74-4	Directive 2010/50/EU	1-08-2012	
DCOIT (4,5-Dichloro- 2-octyl-2H- iso- thiazol-3- one)			64359-81-5	Directive 2011/66/EU	1-07-2013	
Dichlofuanid	#	x	1085-98-9	Directive 2007/20/EC	1-03-2009	
Diuron	#					
Endosulfan	#					
Fenpropimorph		x	67564-91-4	Directive 2009/86/EC	1-07-2011	
Fluorfolpet	#					
Furmecyclo	#					
IPBC	#	x	55406-53-6	Directive 2008/79/EC	1-07-2010	
Kalium-HDO (Xyligen-K)	#	x	66603-10-9	Directive 2008/80/EC	1-07-2010	
2-Mercaptobenzothiazol (MBT)	#					
Mergal BCM (Methyl-benzimidazol-2- ylcarbamate)	#					
OIT (2-octyl-2H-isothiazol-3- one)	#	x	26530-20-1	Reg (EU) 2017/1277	1-01-2018	
Penflufen			494793-67-8		under review	
Kaliumsorbit			24634-61-5	Regulation (EU) 2015/1729	1-12-2016	
Pentachlophenol (incl. -amin & -Natrium)	#					
Prochloraz		x				
Propiconazol	#	XXX	60207-90-1	Directive 2008/78/EC	1-04-2010	
Tebuconazol	#	x	107534-96-3	Directive 2008/86/EC	1-04-2010	
Dowicil S-13 (tetrachloro-4-(methyl sul- fonyl)pyridine)	#					

Wirkstoff	vor 1990* lt. Vor 1994 Deutschland	2004 / 2005** Österreich Deutschland	heute BPD _{98/8/EG} / BPR _{EU528/2012} zugelassen oder aktuell im Bewertungsverfahren***		
			CAS- Nummer	Bescheid	anzuwen- den ab
Thiabendazol			148-79-8	Directive 2008/85/EC	1-07-2010
Tolylfluanid	#	x	731-27-1	Directive 2009/151/EC	1-10-2011
Tridemorph	#				
Quats					
ADBAC/BKC (Alkyl (C12-16) dimethylbenzyl ammonium chlorid)		XXX	68424-85-1	Directive 2013/7/EU	1-02-2015
DDA Carbonate			894406-76-9	Directive 2012/22/EU	1-02-2013
DDAC (Didecyldimethylammoniumchlorid)		x	7173-51-5	Directive 2013/4/EU	1-02-2015
Diamine (N-(3-aminopropyl)-N-dodecylpropane-1,3-diamin)		X	2372-82-9		under review
Bardap 26 (Poly(oxy-1,2-ethanediyl), alpha-[2-(dide cymethylammonio)ethyl]-omega-hydroxy-, propanoate (Salz))		XXX	94667-33-1	Reg (EU) 2016/1093	1-01-2018
ATMAC/TMAC (Coco alkyltrimethylammonium chloride)		x	61789-18-2	Reg (EU) 2016/1934	1-05-2018
Borbasierte Wirkstoffe					
Borsäure	#	XXX	10043-35-3	Directive 2009/94/EC	1-09-2011
Boroxid			1303-86-2	Directive 2009/98/EC	1-09-2011
Dinatriumoctaborat (wasserfrei & Tetrahydrat)		XX	12280-03-4	Directive 2009/96/EC	1-09-2011
Dinatriumtetraborat (Penta- & Decahydrat)			12267-73-1 1303-96-4 1330-43-4	Directive 2009/91/EC	1-09-2011
Polymeres Betain (N-Didecyl-N-dipolyethoxyammonium borate/Didecylpolyoxethylammoniumborat)		X	214710-34-6		under review

Wirkstoff	vor 1990* lt. Voß 1994 Deutschland	2004 / 2005** Österreich Deutschland	heute BPD _{98/8/EG} / BPR _{EU528/2012} zugelassen oder aktuell im Bewertungsverfahren****		
			CAS- Nummer	Bescheid	anzuwen- den ab
Kupferbasierte Wirkstoffe					
Kupfer, granuliert				Reg (EU) 2016/1094	1-01-2017
Kupfercarbonat	#	XXX	12069-69-1	Directive 2012/2/EU	1-02-2014
Kupfer (II) oxid		XXX	1317-38-0	Directive 2012/2/EU	1-02-2014
Kupferhydroxid			20427-59-2	Directive 2012/2/EU	1-02-2014
Kupfersulfat		X			
Kupfer-HDO		X	312600-89-8	Regulation (EU) No 89/2014	1-09-2015
Kupfernaphthenat	#				
Andere anorganische bzw. metallorganische Wirkstoffe					
Arsen	#	X			
Fluor	#	X			
Quecksilber (incl. -acetat, -dodecylsuccinat 7 -oleat)	#				
Zink (incl. -naphthenat & -octoat)	#	X			
Tributyl-Zinnnapthenat (TBTN)	#				
Tributyl-Zinnbenzoat (TBTB)	#				
Tributyl-Zinnoxid (TBTO)	#				
Tributyl-Zinnphosphat	#				
Teeröle					
Teeröle (incl. Steinkohlen-, Buchenholz- & Chlornaphthalin)	#	X	8001-58-9	Directive 2011/71/EU	1-05-2013
Sonstige Wirkstoffe					
Hydrogencyanid			74-90-8	Directive 2012/42	1-10-2014
Sulfurylfluorid			2699-79-8	Directive 2006/140/EC	1-01-2009
Nitrophenole***	#				
Biozid HO30SE***	#				
Carbendosulf***	#				

* Lt. Voß (1994) gesichert vor 1990 als Holzschutzmittel verwendet

** Die Verwendung der Wirkstoffe wurde durch Auszählung der Nennung in allen im jeweiligen Verzeichnis aufgeführten Holzschutzmittel quantifiziert. Die Häufigkeit der Nennungen wurde entsprechend des unten stehendem Schlüssels kategorisiert

x Selten = <10 % der Nennungen in der jeweiligen Wirkstoffgruppe

X Regelmäßig = 10 % bis < 20 % der Nennungen in der jeweiligen Wirkstoffgruppe

XX Häufig = 20 % bis < 33 %

XXX Sehr häufig = ≥ 33 %

*** Diesen Nennungen konnten die Wirkstoffe nicht eindeutig zugeordnet werden.

**** Laut ECHA Website: <http://echa.europa.eu/web/guest/information-on-chemicals/biocidal-active-substances> vom 24.10.2017

Literatur

- BPD 98/8/EG: RICHTLINIE 98/8/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 16. Februar 1998 über das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten.
- BPR EU 528/2012: 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.
- ECHA 2017: Biocidal products – R4BP3. Website-Information <http://echa.europa.eu/information-on-chemicals/biocidal-products>? 26.10.2017.
- EU 2015: Report on public consultation on defining criteria for identifying endocrine disruptors in the context of the implementation of the Plant Protection Product Regulation and Biocidal Products Regulation. European Commission, Brüssel, 99 S.
- FASSINA BROCCO, V.; BENIGNO PAES, J.; L GONÇALVES DA COSTA, L.; S BRAZOLIN S. 2015: Potential of teak heartwood extractives as a natural preservative against Nasutitermes corniger termite. International Research Group on Wood Preservation, Stockholm. IRG 15-30666, 6 S.
- IRMSCHLER, H.-J., QUITT, H. 2004: Holzschutzmittelverzeichnis. Erich Schmidt Verlag, Berlin, 298 S.
- KENNEDY, M.J.; DRYSDALE, J.A., BROWN, J. 1995: Efficacy of some extractives from Pinus heartwood for protection of Pinus radiata sapwood against biodeterioration. Part 1: Fungal decay. International Research Group on Wood Preservation, Stockholm. IRG 95-30072, 10 S.
- KENNEDY, M.J.; POWELL, M.A. 2000: Methodology challenges in developing a transfer of natural durability from sawmill residues, illustrated by experiences with white cypress (*Callitris glaucophylla*). International Research Group on Wood Preservation, Stockholm. IRG 00-20203, 5 S.
- KRAUSE, M. 2014: Biozid-Produkte-Zulassung – Risikobewertung. Vortrag an der TU Dortmund, 19. Mai 2014
- KOHLMANN, H. 2005: österreichische Holzschutzmittelverzeichnis 2005. Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft Holzschutzmittel. Wien, 127 S.
- MCBEAN, C. 2012L The Pesticide Manual. 16th Edition. Editor: C. McBean. BCPC, Hampshire, 1439 S.
- Voß, A. 1994: Gesamtkonzept für die Entsorgung von Schutzmittelhaltigen Hölzern. Abschlussbericht Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes Nr. 1450676, BFH, Hamburg 252 S.

**Leithoff, Hans**

Dr. rer. nat.

- 1981–1983: Schreinerausbildung, Schreinerei Keber / Bad Kreuznach
- 1983–1984: Schreinergeselle, Schreinerei Dohman / Bretzenheim & Tischlerei Stoffers / Delingsdorf
- 1984–1992: Studium der Holzwirtschaft, Universität Hamburg
- 1992–1997: Dissertation (Thema: Biologische Reinigung schutzsalzbehandelter Hölzer durch Festbettfermentation)
- 1997–2005: Wissenschaftlicher Angestellter an der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg mit Projekten zur natürlichen Dauerhaftigkeit von Holz und Holzwerkstoffen, zum chemischen und thermischen Holzschutz sowie der Abfallbehandlung.
- seit 2005: Projekt Manager im Bereich Holz- und Materialschutz, Abteilung Preservation and Material Protection (PMP) Janssen Pharmaceutica NV / Belgien
-

Schimmel auf Holz: Alte Probleme und neue Lösungen! Oder ist es umgekehrt?

Constanze Messal

1 Einleitung

Schimmel auf Holz ist in den letzten Jahren vermehrt in den Fokus der Aufmerksamkeit gerückt. Nicht nur die Anzahl der dokumentierten Schäden, sondern auch deren Diskussion hat zugenommen (4, 5). Für den Holzschützer sind es nur holzverfärbende Pilze, die zudem keinen nennenswerten Schaden am Holz hinterlassen. Dennoch sind Schimmelpilze ein Problem, denn übermäßiges Wachstum kann durch Freisetzung von Sporen und anderen Pilzbestandteilen, Stoffwechselprodukten und ggf. auch Toxinen zu Beeinträchtigungen der Gesundheit der Nutzer führen. Anders als bei holzzerstörenden Pilzen, deren sensibilisierendes Potential bisher nicht beschrieben wurde. Daher sollten Schimmelpilze auch ohne Schäden am Holz prophylaktisch entfernt werden (1, 2). Soweit ist es auch kein Problem, für die Beschreibung und Bewertung von Schimmelschäden auf Holz auch die im Innenraum geltenden Leitfäden und Bewertungshilfen heranzuziehen.

Wer über eine Bewertung hinaus gehen und sich Fragen der Sanierung von Schimmelschäden an Holzkonstruktionen oder gar dem schimmelgerechten Konstruieren stellen will, muss feststellen, dass die relevanten Holznormen Schimmelpilze vernachlässigen. Entweder, weil diese im Geltungsbereich der Norm direkt ausgeschlossen sind oder aber, was viel schlimmer ist, Schimmelpilze in ihren Lebensbedingungen einfach mit den holzzerstörenden Pilzen in einen Topf geworfen werden. Was zwangsläufig bedeutet, dass die Lebensbedingungen der Schimmelpilze in den Normen falsch einge- und im Besonderen unterschätzt werden. So sind nach DIN 68800-1 Einbaubedingungen oder Innenraumklimata zulässig, welche aus Sicht der Vermeidung von Schimmelpilzschäden bereits einen mehr als kritischen Bereich darstellen und z. B. völlig mit dem Schimmelpilz-Kriterium der DIN 4108-2 bzw. dem Fachbericht 4108-8 kollidieren.

Merkblätter zum Thema Schimmel auf Holz befassten sich hierbei im Wesentlichen mit Dachüberständen und beschichteten Hölzern und Holzbaustoffen. Eine Bewertungs- und Sanierungshilfe für den Innenbereich wird mit dem Merkblatt 02/15/S des Deutschen Holz- und Bautenschutzverbands e.V. (7, 8, 9) angeboten, welches im Wesentlichen für Ausführende gedacht ist, die bereits in der Schimmelschadensanierung aktiv sind und nun auch mit Schimmel an Holzkonstruktionen konfrontiert werden. Damit ist bei der Problembewältigung eine erste Hürde genommen.

Alte Probleme neu definieren

Die Auseinandersetzung mit dem Thema Schimmel auf Holz wirft Fragestellungen auf, die bisher nicht oder nur unzureichend beantwortet wurden. Zwar gab es immer wieder Ansätze, die in der Literatur oder auch in den bereits zitierten Merkblättern angerissen wurden, jedoch fehlt ein roter Faden, der die wissenschaftlich-technischen mit den handwerklichen Fragestellungen verknüpft.

Zu diesem Zweck hat sich Anfang 2016 die WTA-Arbeitsgruppe 1.11 gegründet, die hälftig aus Schimmelsachverständigen und Holzschützern besteht. Aber auch Bauphysiker, Juristen, Mikrobiologen und Arbeitsschutzfachleuten sind mit von der Partie. Ebenso wurden die Holzindustrie und Holzschutzmittelhersteller einbezogen. Ziel der Arbeitsgruppe ist es, ein Merkblatt zu schreiben. Dabei ist es nicht notwendig, einen zweiten Schimmelleitfaden für Holz oder ein neues Sanierungskontrollmerkblatt zu schreiben. Vielmehr geht es darum, die signifikanten Unterschiede in der grundlegenden Betrachtung, Hintergründe und Bewertung von Schimmelschäden sowie der Sanierung von Schimmelbefäßen auf Holz herauszustellen und aus dem hohen Niveau der verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnisse einfache praxistaugliche Lösungen für den Holzschützer abzuleiten.

2 Schimmel-Bläue-Moderfäule? Oder einfach nur holzbewohnende Pilze?

Der grundlegende Unterschied in der Bewertung und Herangehensweise bei holzbewohnenden Pilzen zeigt sich im Umgang mit den Bläuepilzen. Die im Innenraum wie auf Holz und Holzwerkstoffen auftretenden Gattungen können durchaus mehrere Karrieren starten. Auf der Tapete als nicht tolerierbarer Schimmel definiert, auf Holz zulässige Bläue. Einige Gattungen können zudem auch noch Moderfäule auslösen, so wird aus Schimmel per Definition ein holzzerstörender Pilz (8, 10, 12). Dieser Widerspruch ist durch geeignete Definitionen aufzulösen. Allerdings muss es eine praktikable Definition sein, die Nutzung, eingesetzte Materialien und mögliche Sanierungstechniken miteinbeziehen, ohne unnötig Rückbau zu provozieren. Besser als die vorkommenden Pilze zu systematisieren, ist daher der Ansatz, das Schadensbild, d.h. die Folge einer mikrobiellen Besiedlung zu beschreiben und dann darauf zu verweisen, dass alle hier relevanten Vertreter der Ascomycota in der Lage sind, mit fließendem Übergang das eine wie das andere Schadensbild auszulösen. Folgende Definitionen werden hierzu vorgeschlagen (12):

Schimmel

Unter Schimmel auf Holz versteht man einen überwiegend oberflächig auftretenden Bewuchs, der durch matten- oder rasenartige Beläge in Erscheinung tritt. Als Folge von Schimmelpilzwachstum können Sporen und Stoffwechselprodukte an die Umgebungsluft abgegeben werden. Aufgrund des sensibilisierenden und allergieauslösenden Potentials ist dies relevant für die Innenraumhygiene. Eine Schädigung von Vollholz erfolgt in der Regel nicht. Im Gegensatz dazu kommt es bei einigen Holzwerkstoffen vor, dass auch tiefe Materialschichten besiedelt und geschädigt werden können.

Bläue

Bläue bezeichnet die hellblaue bis schwarze Verfärbung im Holz aufgrund der vorherigen Besiedlung durch Ascomycota bis in tiefere Schichten. Die zurückbleibenden, braun gefärbten Hyphen werden vom menschlichen Auge aufgrund der Lichtbrechung als blau wahrgenommen. Unterschieden wird nach Entstehung der Bläue in Stammholzbläue (im Wald), Schnittholzbläue (nach dem Einschnitt) sowie auftretender Anstrichbläue an verarbeitetem Holz. Bläue stellt üblicherweise keinen Einflussfaktor auf die Innenraumhygiene dar.

Muss ein Bläuebefall zu einem Schimmelbefall abgegrenzt werden? Im Sinne beider Definitionen ist eine zulässige Bläue immer und lediglich nur die Folge eines Befalls, ausgelöst durch im Holz zurückgebliebene Hyphen ohne Aktivität. Kommt es zu einem oberflächig auftretenden Befall, wird dieses Schadensbild als Schimmel bezeichnet, unabhängig davon, um welche Gattung es sich handelt (ausgenommen Basidiomyceten). Eine Vorstellung davon liefern die Abbildungen 1 und 2.

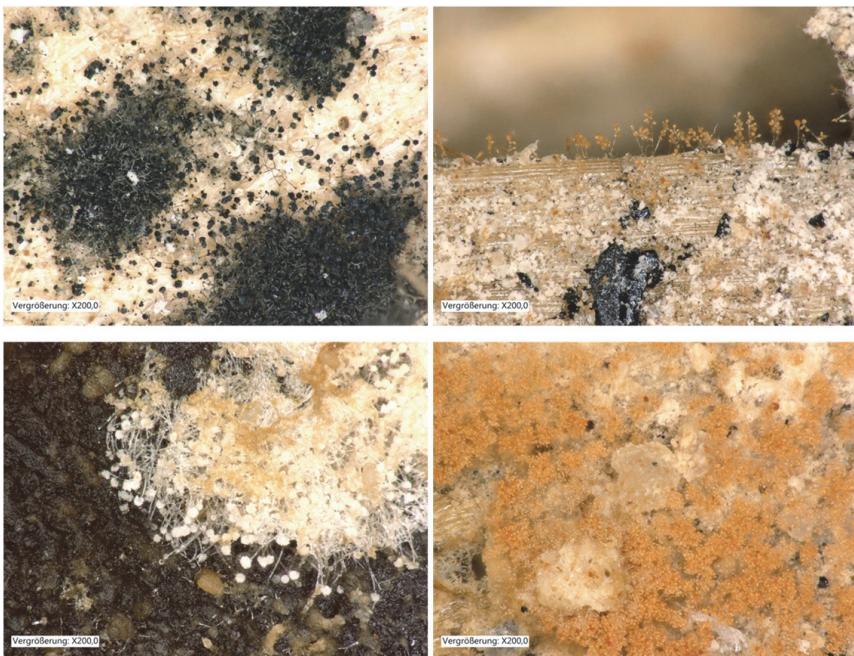


Abb. 1: Typische Befallsbilder für Schimmel auf Holz

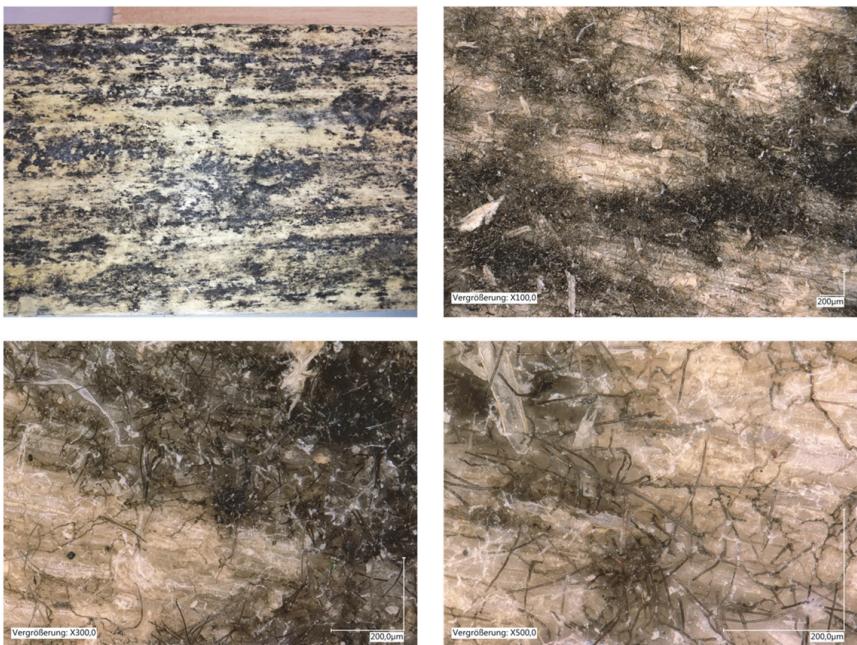


Abb. 2: Intensiver Befall durch Ascomycota, die üblicherweise als Bläuepilze bezeichnet werden. Dennoch – das hier ist Schimmel!

Moderfäule

Moderfäule ist makroskopisch an langfristig feuchtem Holz als dunkle, modrige, weiche Oberflächen erkennbar. Im Trockenen zeigt sich ein kleinformatiger Würfelbruch mit dunkler Verfärbung. Moderfäule entsteht durch partiellen Zelluloseabbau in der Zellwand und führt zu typischen, unter dem Mikroskop erkennbaren Kavernen. Moderfäule wird vorrangig aufgrund der langsam fortschreitenden Holzzerstörung bewertet. Kommt es zur Bildung von Sporen und Stoffwechselprodukten, kann ein Einfluss auf die Innenraumhygiene vorliegen.

Erläuternd zu den obigen Definitionen ist zu beachten, dass die Übergänge in den oben beschriebenen Schadensbildern fließend und parallel möglich sind. Die am Schadensort vorherrschenden Klimabedingungen, insbesondere die Feuchtebelastung und die Schadensdauer entscheiden darüber, welches Schadensbild dominiert. Es ist daher ausschließlich die Aufgabe der Sachverständigen vor Ort abzuklären, welches Schadensbild vorliegt (12). Gleichzeitig bedeutet dies aber auch, dass aus einer Gattungsbestimmung allein nicht mehr das Schadensbild zugeordnet werden kann. Insofern sind auch hier die Labore gefragt, wie zukünftig mit Holzproben umzugehen ist. Den Zusammenhang zwischen Schadensbild vor Ort und der Bandbreite der möglichen Schadorganismen verdeutlicht auch die Abbildung 3.

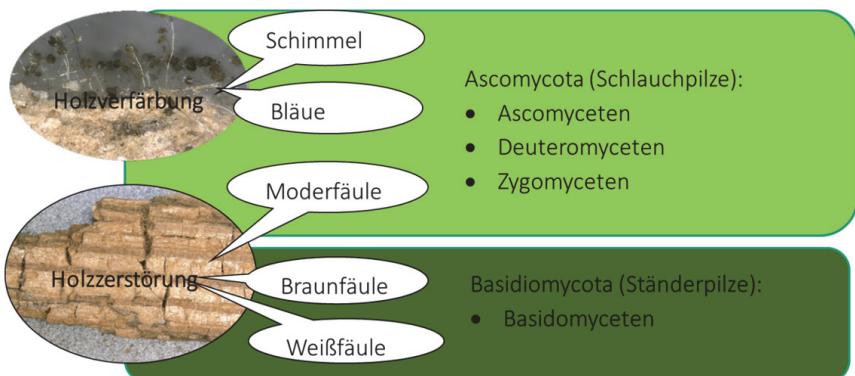


Abb. 3: Zuordnung von holzbewohnenden Pilzen zu Schadensbildern. Die taxonomischen Zusammenhänge sind hier den Schadensbildern nachrangig zugeordnet. Erkennbar ist, dass die Schlauchpilze mit den drei Hauptordnungen in der Lage sind, mehrere Schadensbilder auszulösen.

3 Technischer Schaden vs. Innenraumhygiene

Das Wachstum von Schimmelpilzen weist auf erhöhte Bauteilfeuchten hin, unabhängig von ihrer Ursache. Damit sind Schimmelschäden, selbst wenn hierdurch kein Holzabbau zu erwarten ist, Indikatoren für bautechnische Probleme, die bei Nichtbeachten auch zur Ansiedlung holzzerstörender Pilze und Insekten führen können, von einer Konditionierung des Habitats Holz für andere Organismengruppen mal abgesehen. Zum Zweiten ist der Einfluss auf die Innenraumhygiene zu betrachten. Holzzerstörende Pilze haben keinen oder nur geringen Einfluss auf das Befinden der Nutzer. Infektiöse oder allergene Wirkungen sind nicht bekannt. Daher ist es nicht verwunderlich, dass die Innenraumhygiene im Holzschutz keine große Rolle spielt (10). Bei einem Schimmelpilzbefall ergibt sich ein hygienisches Problem, wenn die verbauten Hölzer direkt im Innenraum zugänglich sind oder aber aus dem verschimmelten Dachstuhl Sporen und Metabolite in die bewohnten Innenräume gelangen. Dabei ist es nicht der Pilzbefall an sich, sondern die Tendenz zur Massenentwicklung, sprich Rasenwachstum, verbunden mit hohen Zellzahlen, hohen Konzentrationen an Sporen, Toxinen und Allergenen, die zu einer Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit (1, 2, 3) führen können. Eine gruppeninterne Schadensfallsammlung hat gezeigt, dass auch bei vermeintlich abgeschlossenen Dachkonstruktionen ein Einfluss auf die Innenraumhygiene angenommen wurde.

Kommt es nun zu einem Schimmelschaden, so werden ohne Berücksichtigung juristischer oder wirtschaftlicher Gründe technische und hygienische Gründe für eine Sanierungsplanung herangezogen (12):

Technische Gründe:

In der Regel ergibt sich aus einem Schimmelpilzbefall keine technische Beeinträchtigung des Holzes oder des Holzwerkstoffes. Ausnahmen ergeben sich bei Moderfäule oder begleitende Materialschäden durch die Auffeuchtung des Materials. Dennoch sind Schimmelpilzbefälle ein Indikator für am Holzbauteil auftretende hohe

Feuchten, die zu einem technischen Schaden führen können, insbesondere bei Holzwerkstoffen (z. B. Verlust der bauaufsichtlichen Zulassung).

Hygienische Gründe:

In der Regel ergibt sich bei einem Schimmelpilzbefall eine Beeinträchtigung der Innenraumhygiene, welche zum Ausbau von Holzbauteilen führen kann. Hygienische Gründe unter Berücksichtigung der Raumnutzung und Nutzergruppen können sein:

- Belastung der Innenraumluft durch erhöhte Sporenkonzentration und Schimmelpilzbestandteile,
- Belastung von Holzoberflächen, die in unmittelbarem Nutzerkontakt stehen,
- objektiv geruchlich wahrnehmbare Auffälligkeiten.

Wiederum obliegt es dem Sachverständigen festzustellen, ob Handlungsbedarf aus technischen oder hygienischen Gründen besteht. Werden hygienische Gründe als relevant angesehen, so erfolgt die Einstufung des mikrobiellen Befalls in Kategorien des Schimmelleitfadens. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, Erstmaßnahmen zu ergreifen und die Dringlichkeit der fachgerechten Sanierung festzulegen.

4 Anwendung von Holzschutzmitteln

Die Wirkung von Holzschutzmitteln und Imprägnierungen ist nicht auf Schimmelpilze als Zielorganismen ausgerichtet. Mittel, die wirksam gegen Holzzerstörer sind, können Wirkungslücken gegen Schimmelpilze aufweisen. Es kann sogar dazu kommen, dass die Oberflächeneigenschaften schimmelgünstig eingestellt werden, ohne es zu wollen. Durch eine Oberflächenbehandlung wird die Wasserverfügbarkeit in Richtung Schimmelpilze verschoben, zudem werden mit den Bindemitteln bzw. Tränklösungen unter Umständen verstoffwechselbare Substrate angeboten (12).

5 Holzfeuchte oder Wasseraktivität

Bei Baustoffen wird die Besiedlungsneigung durch Schimmelpilze durch die Wasseraktivität a_w des Substrates beschrieben. Stellen sich Wasseraktivitäten größer 0,8 ein, können Schimmelpilze einen aktiven Befall ausbilden (1, 2, 3). Für Holzzerstörer wird die Holzfeuchte als Kriterium herangezogen. Nun kann das Poresystem eines Putzes schlecht mit dem mehrschichtigen Wandaufbau einer Holzzelle verglichen werden, Wasseraktivität und Holzfeuchte sind schon physikalisch unterschiedliche Parameter und daher nicht über einen Kamm zu scheren. Dennoch kann grob eine Übersetzung vorgenommen werden. Dann wären den holzzerstörenden Pilzen deutliche höhere Wasseraktivitäten um 0,97 zuzuordnen. Werte, die auch in den Normen als zulässige Holzfeuchten und Klimabedingungen zulässig sind (8, 9). Ein Fest für Schimmelpilze, die hier längst in ihrer Komfortzone sind. Daher kann Schimmelpilzwachstum bereits bei Holzfeuchten auftreten, die für holzzerstörende Pilze nicht ausreichen. In der Tabelle 1 ist gegenübergestellt, wie unterschiedlich mit den Feuchteansprüchen der Ascomycota und der Basidiomycota in der Normung und Bewertung umgegangen wird.

Kriterium	DIN 68800-1 (GK 0 und GK 1)	DIN 4108-2/DIN 4108-8	Anmerkungen
Zulässige Feuchtelasten	Trocken (Holzfeuchte ≤ 20 %); mittlere relative Luftfeuchte bis 85 %	Wasseraktivität < 0,8; mittlere relative Feuchte an der Bauteiloberfläche bis 80 %	Holzfeuchte lässt sich nur schätzweise in Wasseraktivität übersetzen, näherungsweise entsprechen 20 % Holzfeuchte einer Wasseraktivität von 0,85. Eine Wasseraktivität von 0,8 entspricht grob einer Holzfeuchte von 18 %.
Gefährdung durch Mikroorganismen	Keine Gefährdung durch Pilze, inklusive holzverfärbender wie Schimmelpilze und Bläuepilze; keine Gefahr der Moderfäule	Kommt es zu Feuchtelasten > 80 % über mehr als 12/d an, 5 aufeinander folgenden Tagen, ist mit Schimmelpilz-wachstum zu rechnen	Die Holznormung ignoriert, dass Schimmel bereits unter den Bedingungen der GK 0 und der GK 1 auftreten kann. Moderfäule und Bläue können auch durch im Innenraum relevante Schimmelpilze ausgelöst werden.

* GK 0 und GK 1 als relevante Bauteilgruppen

Tab. 1: Gegenüberstellung der klimatischen Randbedingungen in der DIN 68800-1* und den DIN 4108-2/4108-8 (10)

6 Sichtkontrolle vs. Schimmeldiagnostik

Geeignete Bedingungen finden sich bei Holz und Holzbaustoffen, sobald ein Feuchteeintrag stattfindet. Nährstoffe sind grundsätzlich ausreichend vorhanden, z. B. in Form von abgelagertem Staub aber auch Klebstoffe und nicht zu vergessen das Holz selbst. Auch Schimmelpilzsporen sind bereits reichlich auf den Holzbaustoffen vorhanden, entweder durch unsachgemäße, ungeschützte Lagerung oder aber auch durch den Produktionsprozess bei Holzwerkstoffen (7, 8.). Also bleibt die Frage, wie der Verarbeiter vor Ort entscheiden kann, ob die Materialein für den Einbau geeignet sind ohne eine aufwendige Schimmelanalytik bemühen zu müssen.

Hier wird vorgeschlagen, die Sicht- und Feuchtekontrolle bei Anlieferung der Baustoffe in den Vordergrund zu stellen. Sind erhöhte Holzfeuchte-Werte messbar, Kondensat innerhalb von Verpackungen erkennbar oder bereits Schimmelbefall sichtbar, sollte eine Annahme der Verpackungseinheit verweigert werden, ein Heraussuchen „guter“ Bretter ist nicht zielführend. Nur in Einzelfällen sollten weitere Analysen vorgenommen werden.

Anders gestaltet sich die Sachlage, wenn an bereits verbauten Materialien oder während der Nutzung Auffälligkeiten auftreten, dann sollte nach den üblichen Leitlinien zur Schadensfeststellung vorgegangen werden. Hier ist aus Sicht der Arbeitsgruppe wichtig, eine Unterscheidung zwischen einem Befall und einer Kontamination zu treffen. Befall muss entfernt werden, eine Kontamination wird durch Reinigung reduziert. Dies hat Einfluss auf die Auswahl der Sanierungsverfahren. Festgelegt wurde hierzu auch in Übereinstimmung mit dem Schimmelleitfaden (13):

Besiedlung und Befall

Befall/Bewuchs/Besiedlung sind synonyme Begriffe, welche beschreiben, dass mikrobielles Wachstum stattgefunden hat oder aktiv stattfindet und ist insbesondere gekennzeichnet durch das Vorhandensein von Myzelien und Fruchtkörpern. Der Nachweis erfolgt entweder durch Sichtbefund (Rasenwachstum) oder durch mikroskopische Analyse.

Kontamination

Kontamination im Sinne dieses Merkblattes bedeutet eine über das übliche Maß (Hintergrundbelastung) hinausgehende Verunreinigung / Verschmutzung des Materials mit Sporen und anderen Schimmelpilzbestandteilen. Eine Vermehrung oder ein

Bewuchs findet nicht statt. Eine Schädigung des Materials liegt nicht vor. Der Nachweis kann nur mikroskopisch erfolgen.

Hier hat sich herausgestellt (14), dass die Verwendung von sog. Klebefilmpräparaten ein sehr gutes, einfaches und schnelles Diagnostikverfahren ist, um Befall und Kontamination nachzuweisen, aber auch andere Verfärbungen, z.B. durch Salze, abzutrennen.

7 Trocken bauen oder beim Bauen trocknen?

Zu diskutieren sind hierbei im Wesentlichen zwei Aspekte, nämlich erhöhte Feuchtelasten in der Bauphase und während der Nutzung. In der Neubauphase sind es ungeschütztes Bauholz und Holzwerkstoffe, die besonders gefährdet sind. Wird der noch offene Dachstuhl nicht vor Niederschlägen geschützt, Holzbaustoffe falsch gelagert oder gar als Witterungsschutz oder Abdeckung genutzt, ist der Befall vorprogrammiert. Beim Innenausbau wird durch das Abbinden der Putze oder des Estrichs Wasser freigesetzt, was wiederum von den Holzbaustoffen aufgenommen wird. Fehlt hier eine ausreichende Lüftung, ggf. technische Trocknung, sind ebenfalls Schäden vorprogrammiert (7, 8, 9).

8 Sanierungsziel: Reinigung vor Rückbau

Ziel der Sanierung ist es, einen Normalzustand mit einem gesunden Wohnklima wiederherzustellen. Noch gibt es keine abschließende Festlegung, was der Normalzustand ist. Erste Untersuchungsergebnisse über Hintergrundbelastungen von Bauwerken ohne Schimmelpilzbefall liegen vor, sind aber nicht allgemein anerkannt (6, 8). Dennoch können diese Werte als Anhaltspunkte dienen. Am ehesten lässt sich der Normalzustand dadurch definieren, was an mikrobieller Kontamination in einem vergleichbaren Raum in Alter und Nutzung ohne Schadensereignis vorzufinden ist. Ein Schimmelpilzwachstum ist dabei grundsätzlich nicht zu tolerieren, Sporen im Rahmen einer bau- und nutzungsbüchigen Hintergrundkonzentration jedoch schon. Was im Einzelnen in Rahmen der Sanierung technisch machbar und wohnhygienisch sinnvoll ist, sollte zwischen Auftraggeber und Sanierer ausführlich besprochen und festgelegt werden. Dazu wird empfohlen, das Sanierungsziel schriftlich festzulegen (3, 6, 9).

Vorauszusetzen ist jedoch, dass Sanierungsmaßnahmen nur dann nachhaltig sind, wenn die Ursachen der Feuchte erkannt und ggf. beseitigt sowie die Feuchtigkeit selbst beseitigt ist.

In der Regel ist ein vollständiger Rückbau bei Hölzern (Vollholz) nicht notwendig, da Schimmelpilze i.d.R. nur im oberflächennahen Bereich vorzufinden sind und kein Eindringen/ Wachstum in tiefere Schichten stattfindet (im Gegensatz zu holzzerstörenden Pilzen). Lokal größere Schäden können durch Moderfäule, ausgelöst durch *Chaetomium spp.*, verursacht werden. Jedoch rechtfertigen auch diese üblicherweise keinen Ausbau der gesamten Holzkonstruktion (Vgl. auch DIN 68800-1 und 68800-4). Insbesondere bei reinen Holzkonstruktionen sind demzufolge oberflächenbezogene Sanierungsverfahren zu bevorzugen (12).

Mit dieser Empfehlung rücken nun minimalabrasive und reinigende Sanierungsverfahren in den Vordergrund:

- **Abrasive Verfahren** zur Entfernung der Biomasse, immer mit einem Materialabtrag verbunden:
 - Hobeln mit Hand- oder Elektrohobeln zur Erzeugung von glatten Oberflächen, Fräsen mit elektrisch betriebenen Fräsen, wobei eine rauhe Oberfläche entsteht sowie Schleifen mit elektrisch betriebenen Schleifgeräten (z. B. Rotations-, Exzenter-, Schwing-, Bandschleifer) in unterschiedlicher Abrasivität im Zehntelmillimeter- bis Millimeter-Bereich.
 - Strahlen mit verschiedenen Strahltechniken (z. B. Trockeneisstrahlen, Feuchstrahlen, Niederdruckwirbelstrahlverfahren), Materialabtrag von Zehntel-Millimeter bis zu mehreren Millimetern einstellbar.
- **Reinigende Verfahren**, bei denen lose Biomasse und Kontaminationen auf der Oberfläche entfernt werden:
 - Abbürsten mit elektrisch betriebenen speziellen Bürstmaschinen bzw. Elektrohobeln und verschiedenen abrasiven Bürstaufsätze können Oberflächen von Holz oder Holzwerkstoffen ebenfalls mechanisch abrasiv bearbeitet werden. Bei der Bearbeitung der Oberflächen handelt es sich bei dieser Technik eher um eine Reinigung, als um eine Entfernung von Bauteilschichten.
 - Abwaschen mit speziellen Reinigungspads, die teilabrasiv wirken können.
 - Absaugen durch Industriesauger der Staubklasse H mit Filtern der Kategorie H12/13. Dieses Verfahren ist geeignet für die Grob- und Feinreinigung. Das beste Ergebnis wird in Kombination mit entsprechenden Saugpinseln bzw. Bürstendüsen erreicht.
- **Sonderverfahren Latex-Reinigung**: bei diesem Verfahren handelt es sich um eine spezielle Technik, die sowohl minimal abrasiv die obersten Holzfasern aber auch Kontaminationen entfernen kann. Auch erhaltenswerte historische Oberflächen (Holzmalereien, Kunstgegenstände, Furniere) können bearbeitet werden.

9 Zusammenfassung

Schimmel auf Holz und Holzwerkstoffen ist nach wie vor ein aktuelles und anspruchsvolles Thema. Auch wenn bereits gute Arbeitspapiere vorliegen, hat sich gezeigt, dass dennoch eine Vertiefung notwendig war. Nicht nur, um das Thema wissenschaftlich-technisch aufzuarbeiten, sondern um Holzschützern einfache praxis-taugliche und dennoch effektive Hilfestellungen zu geben. Hier hat die Arbeitsgruppe 1.11 bereits sehr gute Arbeit geleistet.

Dennoch sind noch nicht alle Aufgaben gelöst. So wird das Thema Bauphysik von Holzkonstruktionen und Schimmelfestigkeit von Holzwerkstoffen noch zu diskutieren sein.

Literatur

1. Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen, Umweltbundesamt Berlin 2002.
2. Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen, Umweltbundesamt Berlin 2005.
3. NORBERT BECKER ET AL.: Merkblatt 01/10/S: Fachgerechte Schimmelpilzbeseitigung in Innenräumen, DHBV e.V. Köln 2010.
4. NORBERT BECKER: Rückbau beim Schimmelpilzschaden – muss das sein? in Schützen und Erhalten 4/2010, DHBV Köln.
5. NORBERT BECKER: Schimmelpilze im Dachstuhl – was tun? in Schützen und Erhalten 2/2012, DHBV Köln.
6. NORBERT BECKER: WTA 4–12: Merkblatt Ziele und Kontrolle bei der Sanierung von Schimmelpilzschäden in Gebäuden, Vortrag 18. Pilztagung, Bonn 2014.
7. MARIO HÄNSELER: Das neue DHBV Merkblatt „Schimmelpilzbefall an Holz und Holzwerkstoffen in Dachstühlen“, Holz- und Bautenschutzkonferenz des DHBV e.V. 2014.
8. CONSTANZE MESSAL: Neues zum Umgang mit verschimmelten Holzkonstruktionen; Bewertung und Sanierung: Tagungsband der EIPOS-Sachverständigenkonferenz Holzschutz 2014, Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung, Fraunhofer IRB Verlag, 2014.
9. NORBERT BECKER ET AL.: Merkblatt 02/15/S: „Schimmelpilzbefall an Holz und Holzwerkstoffen in Dachstühlen“, DHBV e.V. Köln 2015.
10. CONSTANZE MESSAL: Der blinde Fleck der Holzschützer, Schimmel auf Holz und seine Sanierung, B+B 38 (2015) Nr. 7.
11. CONSTANZE MESSAL: Entfernen ohne Auszubauen. Schimmel auf Holz und seine Sanierung, B+B 39 (2016) Nr. 1.
12. CONSTANZE MESSAL: Das neue WTA-Merkblatt „Schimmel auf Holz und Holzwerkstoffen“, 3. Deutscher Schimmelpilztag 2017, Neuss.
13. Schimmelleitfaden, Onlineversion, Umweltbundesamt Dessau, 2017.
14. JUDITH MEIDER: Nachweis von Schimmel mittels Klebefilm – Identifikation und Quantifizierung auch auf Holz, Holzschutz- und Schimmelkonferenz des DHBV e.V., Lübeck 2017.



Messal, Constanze
Dr. rer. nat.

1991–1996: Studium der Physik, Universität Rostock
1997–1998: wiss. Mitarbeiterin der Universität Rostock
seit 1999: freiberuflich tätig
seit 2005: Geschäftsführerin bei MICOR Gesellschaft für mikrobielle Prozesse und Materialkunde e.V.
seit 2012: Fachbereichsleiterin Schimmelpilze beim Deutschen Holz- und Bautenschutzverband e.V.
seit 2012: ö.b.u.v. Sachverständige für mikrobielle Materialzerstörung und Materialschutz der IHK Rostock

Schäden an Brettschichtholzkonstruktionen – Ursachen und Instandsetzungsmöglichkeiten

Jürgen Hezel

Kurzfassung

Der vorliegende Beitrag widmet sich Schäden an Brettschichtholzkonstruktionen und unterscheidet hierbei zwischen Schäden, die an Brettschichtholzkonstruktionen in Gebäuden auftreten und Schäden die an Fuß- und Radwegbrücken mit Tragwerken aus Brettschichtholz festzustellen sind. Im ersten Fall liegt der Fokus auf den Ursachen der Rissbildungen an BSH-Trägern und der Beschreibung relevanter Schadensmechanismen, die sich aus einer Vielzahl durchgeführter Begutachtungen ableiten lassen. Im Fall der Fuß- und Radwegbrücken ist überwiegend die Feuchtebeanspruchung an den wetterexponierten BSH-Konstruktionen für daraus folgende Fäulnisschäden an unzureichenden Detailausbildungen ursächlich.

Die Möglichkeiten der Instandsetzung von geklebten tragenden Holzbauteilen werden erläutert und die geeigneten Methoden der Klebsanierung vorgestellt.

Unter der Maßgabe der stringenten Vermeidung typischer Schadensbilder an Holzbrücken wurde an der MPA Universität Stuttgart ein robuster und dauerhafter Brückentyp entwickelt und ein vollmaßstäblicher Prototyp der „Stuttgarter Brücke“ mit rd. 20 m Brückenzlänge errichtet. Die Stuttgarter Brücke ist auf dem Campus der MPA Universität Stuttgart für interessiertes Fachpublikum jederzeit zugänglich und bietet als Demonstrator eines neuen robusten Holzbrückentyps die Möglichkeit sämtliche auf Dauerhaftigkeit ausgelegte Detaillösungen in Augenschein zu nehmen.

1 Einleitung

Für tragende Holzbauwerke mit großen Spannweiten wird fast ausschließlich Brettschichtholz verwendet. Querschnittshöhen bis 3,0 m und Längen bis 60 m erlauben unter Einsatz räumlicher Tragstrukturen Spannweiten bis 100 m.

Eine Vielzahl von Gebäuden mit Brettschichtholzkonstruktionen und Bauwerksaltern bis zu 80 Jahren, die teilweise mehreren Nutzungsänderungen unterworfen waren, belegen eindrucksvoll die Zuverlässigkeit und langfristige Sicherheit geklebter Konstruktionen dieser Art.

Aufgrund klimatischer Wechselbeanspruchungen, die unweigerlich aus den Nutzungsbedingungen der Gebäude resultieren, ergeben sich bei Brettschichtholzkonstruktionen gerade auch aufgrund der teilweise sehr großen Querschnittsabmessungen durch das Schwind- und Quellverhalten des hygroskopischen Werkstoffs Holz

Schädigungspotentiale, die bei (Voll-)Holzbauteilen mit deutlich geringeren Querschnittsabmessungen in dieser Form nicht auftreten.

Holzbrücken sind aufgrund ihrer hohen Exponiertheit gegenüber mechanischen und klimatischen Einwirkungen mit Auswirkungen auf die Dauerhaftigkeit, Verkehrssicherheit und Standsicherheit, einer ungleich höheren Beanspruchung ausgesetzt.

Nachfolgend werden die bei Brücken- und Gebäudebegutachtungen jeweils auftretenden relevanten Schadensmerkmale getrennt für Brücken- und Gebäudekonstruktionen typisiert und erläutert.

2 Schäden an Brettschichtholzträgern in Gebäuden

Im Gegensatz zu den Schäden an Fuß- und Radwegbrücken, die in ihrer Gesamtheit letztlich auf Anreicherung des Holzfeuchtegehalts bis zum Erreichen des Fasersättigungsniveaus und dadurch bedingt auf Pilzbefall mit der Folge von Fäulnisschäden beruhen, wird nachfolgend der Fokus auf Brettschichtholzkonstruktionen in Gebäuden bzw. die hier anzutreffenden Schadensbilder gerichtet¹. Das Schadensbild mit der weitaus höchsten Relevanz sind Risse in Brettschichtholzträgern, die eine noch tolerierbare Risstiefe von $b/6$ der Querschnittsbreite bzw. $b/8$ in Trägerbereichen mit Querzugbeanspruchungen überschreiten und sodann eine Rissanierung erfordern.

2.1 Schadensursachen

Eine systematische Auswertung hinsichtlich der Schadensmuster an rd. 75 seitens der MPA Universität Stuttgart untersuchten BSH-Bauwerken, vgl. u. a. [2], [3], liefert die im Folgenden aufgelisteten wesentlichen Ursachen und Schadensmechanismen an BSH-Trägern:

- Überschreiten der tragsicherheitskonformen Schneelasten,
- mangelhafte Statik,
- fehlende Querzugverstärkung,
- Bewitterung während der Bauphase,
- Holz- und Fugenrisse infolge Trocknungsschwinden,
- Holz- und Fugenrisse infolge klimatischer Wechselbeanspruchung,
- Rissbildung durch behindertes Schwind- und Quellverhalten im Bereich von (Verbindungsmittel-)Anschlüssen,
- Rissbildung im Bereich von unverstärkten (unplanmäßigen) Durchbrüchen und Ausklinkungen,
- Schäden durch (nachträglich) angehängte Lasten,
- Fehlverklebungen und Verklebungsmängel,
- Ausführung der Verklebung durch nicht zertifizierte Betriebe.

1 Bei länger anhaltender Feuchteanreicherung über Fasersättigung, beispielsweise aufgrund anhaltender undichter Dacheindeckungen können auch an BSH-Konstruktionen in Gebäuden Fäulnisschäden auftreten. Diese Schadenskategorie wird hier nicht näher betrachtet.

Der Großteil der erfassten Schadensfälle ist auf konstruktiv mangelhafte Detailausbildungen oder unzuträgliche Klimawechselbeanspruchungen der BSH-Träger sowie auf mangelhafte Ausführungen zurückzuführen. Meist treten Kombinationen aus diesen Bereichen auf. In diesem Sinne sind vor allem Trocknungsschwindrisse zu nennen. Weiterhin kamen auch einige Begutachtungen zum Schluss, dass BSH-Bauteile mit zu hohen Holzfeuchten verbaut oder während der Bauzeit bewittert wurden und eine anschließende schnelle Trocknung unmittelbar nach Herstellung der Gebäudehülle zur Rissbildung an den Trägeroberflächen führte.

Aus der quantitativen Betrachtung der an den BSH-Trägern vorgefundenen Schäden, respektive Schadenstypen lassen sich zwei hauptsächlich vorkommende Schadenskategorien zusammenfassen:

- Schäden aufgrund von Rissbildungen die sich durch Raumklimatische Wechselbeanspruchung an den BSH-Trägern einstellen und/oder aufgrund von Rissbildungen die durch eine (lokale) Behinderung des Schwind-/Quellverhaltens, beispielsweise im Anschlussbereich von stabförmigen Verbindungsmitteln, auftreten.
- Schäden durch mechanische Überbeanspruchung im Bereich von Durchbrüchen oder Ausklinkungen sowie aufgrund äußerer Einwirkungen oder Zwängungen, die zu Rissbildungen oder Durchrissen an den BSH-Trägern führen.

Nachfolgend werden relevante Schadenstypen und die zugrunde liegenden Mechanismen erläutert.

2.2 Schäden durch Rissbildung infolge klimatischer Wechselbeanspruchung

Brettschichtholz verhält sich ungeachtet der verklebten Lamellen im Schwindverhalten wie Vollholz. Im Wesentlichen beruhen Schwindrisse, die an der Oberfläche der BSH-Träger entstehen, auf einem Feuchtegefälle vom Querschnittsinneren zur Trägeroberfläche hin, das sich bei einer Änderung des Raumklimas zu trockenerer Umgebungsluft (beispielsweise bei Gebläseheizungen) einstellt. Durch die zum Querschnittsrand abnehmende Holzfeuchte verringert sich aufgrund des Schwindverhaltens das Volumen quer zur Faserrichtung, während dieser Vorgang im Querschnittsinneren aufgrund des hier zunächst noch gleichbleibend hohen Feuchtegehalts aus bleibt. Hieraus resultieren über die Querschnittsbreite Zwangsspannungen, die abhängig vom Feuchtegefälle die Zugfestigkeit quer zur Faserrichtung überschreiten können und somit zur Bildung von Rissen an der Trägeroberfläche führen.

Im Falle von besonders ausgeprägten Klimawechselbeanspruchungen können die periodischen Schwind- und Quellvorgänge zu erheblichen Ausprägungen hinsichtlich Rissvorkommen, Risslängen und Risstiefen führen. Abb. 1a zeigt die Rissausprägung an einer weiß gestrichenen Trägeroberfläche mit überwiegend geringen Rissstiefen und somit geringem Schadenspotential. Abb. 1b zeigt einen durchgerissenen gekrümmten BSH-Träger einer Reithalle, der aufwändige Instandsetzungsmaßnahmen erforderlich macht bzw. durch einen neuen Träger zu ersetzen ist.



Abb. 1a, b: Ansichten von BSH-Trägern mit Schäden durch Rissbildungen
 a) ausgeprägtes Rissvorkommen mit überwiegend geringen Rissstiefen einer beheizten Halle
 b) Durchriss eines gekrümmten Trägers einer Reithalle

2.3 Schäden durch Rissbildung infolge behindertem Schwind- und Quellverhalten im Bereich von Anschlüssen mit stabförmigen Verbindungsmittel

Häufig treten Schäden in Anschlussbereichen mit innenliegenden Stahlblechen und mehrreihiger Anordnung von stiftförmigen Verbindungsmitteln auf. Stahlanschlussteile, die als Schlitzbleche oder in stirnseitiger Anordnung mittels stabförmigen Verbindungsmitteln an einen BSH-Querschnitt angeschlossen sind, behindern die Schwind- und Quell-Verformung des BSH-Querschnitts. In der Folge kommt es sodann zu Rissbildungen, zumeist entlang der Verbindungsmittelachsen.

Die Rissbildung ist in diesem Bereich besonders kritisch anzusehen, da die Lastübertragung zwischen BSH-Querschnitt und Stahlanschlussteil im Wesentlichen eine funktionierende Bettung der stabförmigen Verbindungsmittel im Holzbereich erfordert. Abb. 2a zeigt einen über ein innenliegendes Stahlblech mit mehrreihiger Verbindungsmittelanordnung realisierten biegesteifen Firststoß. Infolge der Rissbildung entlang der Stabdübelreihen konnte die am unteren Querschnittsrand eingeleitete Zugkraft nur noch auf einen unzureichenden Teilquerschnitt übertragen werden, der sodann vom restlichen Träger abriß. Abb. 2b zeigt eine Detailansicht des aufgerissenen Bereichs entlang der Stabdübelachse.



Abb. 2: Ansicht eines Trägerversagens im Anschlussbereich des Firstknotens
 a) Trägerdurchriss parallel zu den unteren Lamellen im Anschlussbereich
 b) Detailansicht des Rissverlaufs im Bereich der stabförmigen Verbindungsmittel

2.4 Schäden an Ausklinkungen

BSH-Träger mit großen Trägerhöhen werden, um Konstruktionshöhe einzusparen, mit Ausklinkungen im Auflagerbereich hergestellt. In der Ecke der Ausklinkung treten konzentrierte Querzugspannungen auf, die bei unverstärkt ausgeführten Ausklinkungen oft zu einem Aufreißen des Querschnitts führen. Derart indizierte Risse schreiten aufgrund der weiterhin an der Rissspitze angreifenden Querzugspannung im Querschnitt fort und führen so zu einem, vom ausgeklinkten Auflager ausgehenden, stark klaffenden Trägerdurchriss. In Abb. 3 ist ein typisches Schadensbild an einem unverstärkten ausgeklinkten Auflagerbereich veranschaulicht.



Abb. 3: Ansicht eines durchgerissenen Trägers aufgrund Querzugversagens am ausgeklinkten Auflager

2.5 Schäden durch angehängte Lasten

Generell ist eine planmäßige Einleitung von Einzellasten an BSH-Trägern unter Beachtung spezifischer Lasteinleitungsgrundsätze problemlos möglich. Eine zentrale Voraussetzung zur Vermeidung von Schäden durch angehängte Lasten, stellt neben der Einhaltung des maximal möglichen statisch bedingten Lastniveaus, die materialgerechte Ausführung der Lasteinleitung am oberen Trägerrand dar.

Bei Hallenbegutachtungen waren des öfteren nachträglich an den Trägern abgehängte Lasten, wie beispielsweise Anlagentechnik (Lüftungskanäle und -anlagenteile bis hin zu Einzelaggregaten zur Lufttemperierung), Seilwinden an Rollbahnen, Hebezeuge oder Maschinenhauben bzw. -abdeckung usw., feststellbar. Die Dimensionierung und Ausführung der Befestigungen der angehängten Lasten wurde regelmäßig ohne Kenntnisse der spezifischen Anforderungen an materialgerechte Lasteinleitungen bei BSH-Trägern durch die zumeist dem Metallbaubereich entstammenden Montagefirmen durchgeführt. Die Befestigungen wurden demnach sehr oft über seitlich am unteren Trägerrand angeschraubte Metallprofile oder mittels direkt an der Trägerunterseite angeschraubte Metalllaschen realisiert.

Grundsätzlich birgt eine Befestigung bzw. Lasteinleitung am unteren Trägerrand auch bei geringen Einzellasten die Gefahr querzuginduzierter Rissbildung.

3 Methoden der Instandsetzung

3.1 Rissverpressung

Die Instandsetzung von Rissen ist sowohl bei Klebfugenrissen wie auch bei Holzrissen (Abb. 4) grundsätzlich mittels Rissverpressung mit einem speziell dafür geeigneten und allgemein bauaufsichtlich zugelassenen 2K-Epoxidharz-Klebstoff möglich. Zunächst sollten die Risse mittels eines Sägeschnitts freigeschnitten werden, um abgelöste oder lockere Klebstoffsichten bzw. abgelöste Holzspreißen aus den Rissen zu entfernen. Die Risse müssen mit ölfreier Druckluft ausgeblasen werden. Sodann werden die Risse an der Oberfläche mit einer Spachtelmasse verschlossen oder mit einem Klebeband abgeklebt. In die verschlossenen Risse werden im Abstand von rd. 10–20 cm Einfüll- und Entlüftungsöffnungen gebohrt, durch die dann der Klebstoff eingepresst wird. Nach erfolgreicher Rissverpressung und Klebstoffaushärtung kann die Oberfläche überschliffen und nachbearbeitet werden.



Abb. 4: Ansicht eines Klebfugenrisses (oben) und eines Holzrisses (unten) in einem BSH-Querschnitt

Um Fehlverklebungen zu vermeiden, sind bei der Rissverpressung die Verarbeitungsrichtlinien sorgfältig einzuhalten. Insbesondere ist eine Rissverpressung nur innerhalb eines Temperaturbereichs zwischen 17 °C und 35 °C möglich. Die Holzfeuchte der instandzusetzenden Holzbauteile muss $\leq 18\%$ sein. Eine eventuell vorhandene Unterstützung der Träger darf erst nach vollständiger Aushärtung des Klebstoffs (4 Tage) entfernt werden.

Durch die Instandsetzungsmethode der Rissverpressung kann die volle Tragfähigkeit des Trägerquerschnitts, auch bei sehr dicken Bauteilquerschnitten, wieder hergestellt werden. Die Nachbearbeitung der Trägeroberflächen stellt bei entsprechenden optischen Anforderungen an sichtbare BSH-Tragwerke einen nicht unerheblichen Aufwand dar.

In den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der geeigneten Klebstoffe sind weitere ausführliche und detaillierte Verarbeitungshinweise und verbindlich einzuhaltende Verarbeitungsparameter betreffend die Rissverpressung angegeben.

3.2 Seitliches Aufkleben von Verstärkungen mittels Schraubenpressklebung

Zum seitlichen Aufkleben von Verstärkungen mittels Schraubenpressklebung sind gemäß DIN 1052-10 [4] Vollholz-Brettlamellen bis zu einer Dicke von 45 mm und Holzwerkstoffplatten (Furnierschichtholz, Massivholzplatten für tragende Zwecke, Sperrholz, OSB-Platten) bis zu einer Dicke von 50 mm zulässig. Hierbei sind fugenfüllende Klebstoffe zu verwenden. Es sind maximale Fugendicken von 1,5 mm zulässig. Die Holzfeuchte der zu verklebenden Teile darf höchstens 15 % betragen, wobei die Feuchtdifferenz der Fügeteile $\leq 4\%$ sein soll. Die Aufbringung des Pressdrucks ist nur mit selbstbohrenden Schrauben mit einer allgemeinen bauaufsichtlicher Zulassung erlaubt.

Die Anforderungen an die Ausführung einer Schraubenpressklebung sind schematisch in Abb. 5 dargestellt. Es dürfen nur Schrauben mit Teilgewinde und einem Nenndurchmesser $d \geq 4\text{ mm}$ verwendet werden. Die Gewindelänge im Holzteil mit der Schraubenspitze muss $\geq 40\text{ mm}$, mindestens jedoch gleich der Plattendicke sein. In der aufzuklebenden Brettlamelle oder Platte darf kein Schraubengewinde enthalten sein. Gemäß DIN 1052-10 ist mindestens eine Schraube je 15.000 mm^2 Lamellen- oder Plattenfläche anzordnen. Dabei darf der Schraubenabstand höchstens 150 mm betragen. Die genannten Abstände erscheinen nach neuesten Untersuchungen seitens der MPA Universität Stuttgart jedoch als zu groß. In der DIN 1052-10 sind ferner keine Randabstände der Schrauben an den Plattenrändern definiert. Zur Gewährleistung einer durchgängig guten Verklebungsgüte wird eine deutliche Verringerung der Schraubeneinzugsfläche und der maximalen Schraubenabstände, zumindest auf die Vorgaben der FprEN 14732 [5], die einen Schraubenabstand von 75 mm , eine Pressfläche je Schraube von 7.500 mm^2 und einen Randabstand von 25 mm vorsieht, empfohlen.

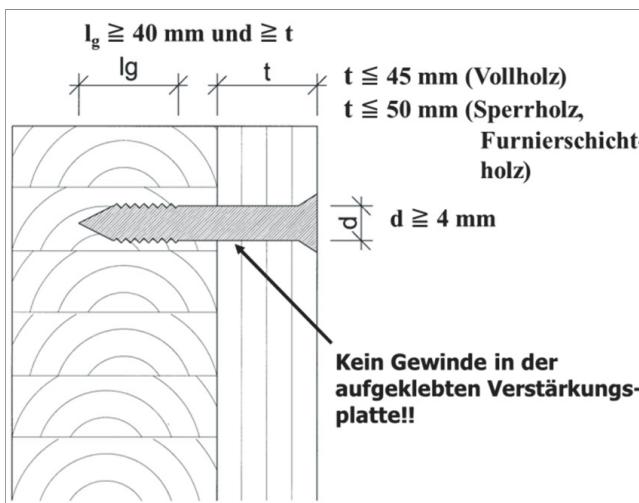


Abb. 5: Anforderungen an die Ausführung einer Schraubenpressklebungen

3.3 Einkleben von Stahlstäben

Eingeklebte Stahlstäbe stellen nach DIN EN 1995-1-1 [6], innen liegende Verstärkungen zur Aufnahme von Querzugsspannungen dar. Die durch das Einbringen von innen liegenden eingeklebten Stahlstäben auftretenden Querschnittsschwächungen des Holz-Querschnitts sind in zugbeanspruchten Querschnittsbereichen zu berücksichtigen. Es dürfen Stahlstäbe mit einem Nenndurchmesser d von mindestens 6 mm und höchstens 30 mm verwendet werden. Für das Einkleben von Stahlstäben können zum Einen Gewindestangen bzw. Gewindegelenken mit metrischem Gewinde nach DIN 976-1 [7] verwendet werden. Zum Anderen sind auch Betonrippenstäbe nach DIN 488-1 [8] der Festigkeitsklasse BSt 500 zugelassen. Für das Einkleben von Stahlstäben stehen drei Klebstoffe zur Verfügung, deren Anwendung jeweils in einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geregelt ist.

Beim Einkleben von Gewindegelenken muss der Durchmesser des Bohrlochs mindestens 2,0 mm bis maximal 4,0 mm größer als der Nenndurchmesser des Stahlstabes sein. Vor dem Einkleben der Stäbe sind die Bohrlöcher zu reinigen. Die Verklebung kann durch Klebstoffinjektion in den Hohlraum zwischen Stahlstab und Bohrlochwandung, wie in Abb. 6 schematisch dargestellt, erfolgen. Für den Fall, dass die zu verstärkenden Träger von oben her zugänglich sind, können die einzuklebenden Stahlstäbe auch in mit Klebstoff teilverfüllte Bohrlöcher eingesetzt werden.

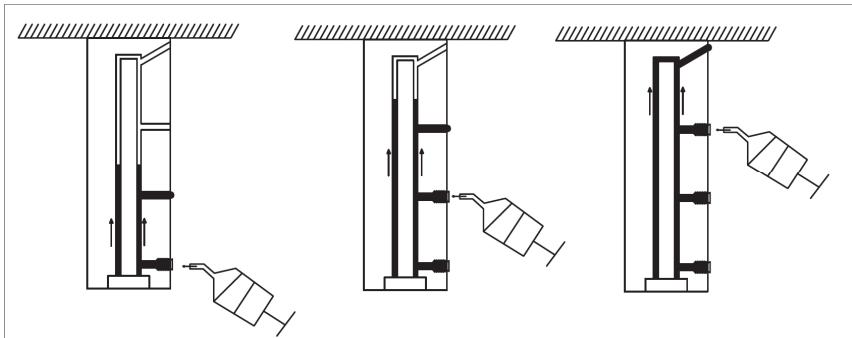


Abb. 6: schematische Darstellung der Klebstoffinjektion bei nachträglich einzuklebenden Stahlstäben zur Verstärkung eines BSH-Querschnitts

3.4 Schäftsverbindungen

Eine Schäftsverbindung ist ein Bauteillängsstoß mit einer durchgehenden Klebefuge die gegenüber der Bauteillängsachse um 1/10 geneigt ausgeführt wird. Bezüglich der Holzfeuchten und Fugendicken gelten dieselben Randbedingungen wie vorstehend im Abschnitt 3.2 für die Schraubenpressklebungen spezifiziert. Schäftsverbindungen können ohne Beeinträchtigung der Querschnittstragfähigkeit ausgeführt werden.

4 Schäden an Fuß- und Radwegbrücken mit Brettschicht-holztragwerken

Seitens der MPA Universität Stuttgart wurden im Rahmen eines Forschungsprojekts zu Holzbrücken [1] in den letzten beiden Jahren eine Vielzahl von Fuß- und Radwegbrücken mit Brettschichtholztragwerken untersucht und/oder die Bauwerksbücher hinsichtlich der bei den einfachen Prüfungen und bei den Hauptprüfungen festgestellten Schadensmerkmale ausgewertet.

Insgesamt rd. 100 untersuchte bzw. ausgewertete Fuß- und Radwegbrücken wurden analysiert. Die wesentlichen Erkenntnisse aus [1] betreffend die festgestellten Schäden werden in verknüpfter Form hier wiedergegeben. Die festgestellten Bauwerksbefunde bzw. Schäden lassen sich im Hinblick auf typische, häufig wiederkehrende Schadenstypen, die brückentypspezifisch auftreten, auswerten. In Tab. 1 sind die abstrahierten Schadenstypen respektive deren Untertypen sowie die hiervon vorwiegend betroffenen Brückentypen benannt. Insgesamt wurden sechs deutlich voneinander abgrenzbare Allgemeine Schadenstypen identifiziert, die im Regelfall drei bis vier Schadenstyp-Untergruppen aufweisen. In Summe wurden 15 verschiedene Schadenstypen 1a bis 6c klassifiziert und eindeutig beschrieben.

Allgemeiner Schadenstyp (Stichwort)	Schadens-typ Untergruppe	Akronym der Schadenstyp-Untergruppe	Brückentyp(en) mit häufigem Vorkommen des Schadenstyps
1 LESS-Ansammlungen	1a	LESS-Eck bzw. –Nische-Schaden	Trogbrücken
	1b	LESS-Fachwerkknosten-Schaden	Fachwerkbrücken
	1c	LESS-Belag-Trägerübergang-Schaden	Trogbrücken
	1d	LESS-Anschlussblech-Schaden	Trog- und H-Balkenbrücken
	1e	LESS-Träger-Belag-Abstands-Schaden	Trog- und H-Balkenbrücken
2 bewitterte BSH-Seitenflächen	2a	BSH-Bewitterungs-Schaden	Trog und H Balken und Bogenbrücken
3 Verbindungs-mittel-durchdringungen	3a	Belag-Hauptträger-Verbindungsmitte-Schaden	Trog- und H-Balken- und Balkenbrücken
	3b	Vertikaler Hauptträger-Verbindungsmitte-Durchdringungs-Schaden	Bogenbrücken
	3c	Stabdübel-/Bolzenanschluss-Rissbildungs-Schaden	Trogbrücken, Fachwerkbrücken
4 Hirnholz-Abstands-Schaden	4a	Hirnholz-Kappillarsorptions-Schaden	Fachwerkbrücke
5 Belagsschäden	5a	Bohlenfugen-Schaden	Trog-, H-Balken-, Balken- und Fachwerkbrücken
	5b	Asphaltisse- bzw. Fugen-Schaden	Deckbrücken, Trogbrücken
	5c	Betonhauben-Schaden	Deckbrücken
6 Hirnholz-Wasser/ LESS-Schaden	6a	Hirnholz-Stützenfuß-Schaden	Alle Brückentypen
	6b	Hirnholz-Widerlager-Übergangs-Schaden	Trog-, Deck- und H-Balkenbrücken
	6c	Hirnholz-Bewitterungs-Schaden	Trog-, Deck- und H-Balkenbrücken

Tab. 1: Zusammenstellung der abstrahierten Schadenstypen und Schadenstyp-Untergruppen sowie deren Zuordnung zu bestimmten Brückentypen

Schadenstypen

Im Folgenden werden die jeweiligen Schadenstypen in allgemeiner schematischer Form, teilweise exemplarisch durch Beispiele unterlegt, erläutert. Anmerkung: Bei den Schadensursachen ist häufig die Einwirkung von Laub, Erde, Schnee und Splitt, abgekürzt LESS wesentlich. LESS Ansammlungen repräsentieren Bereiche mit meist sehr hohen Feuchten, die abhängig von der Ausdehnung / Volumina der Bereiche auch nach langen Trocken- bzw. Warmperioden sehr feucht sein können. LESS Ansammlungen auf bzw. in unmittelbarer Nähe zu Holzoberflächen führen durchweg zu sehr hohen Holzfeuchten meist deutlich oberhalb von 30 %, d. h., oberhalb Fasersättigung, und führen sodann im Regelfall zu schnellem Pilzbefall.

Schadenstyp 1

Die Schäden des Schadenstyps 1, der in die Untergruppen 1a bis 1e gegliedert ist, sind durchweg ursächlich mit großflächigen LESS-Ansammlungen und hieraus resultierenden hohen Holzfeuchten verbunden.

Der Schadenstyp 1a beschreibt insbesondere eine Schädigung der Hauptträger von Trogbrücken mit innenliegenden U-Rahmen. Hier wird im Eckbereich der innenliegenden U-Rahmen mit den Hauptträgern, nachfolgend LESS-Ecken oder -Nischen genannt, durch Witterungseinflüsse sowie (Winter-) Räum- / Verkehrssicherungsmaßnahmen Laub, Erde, Schnee, Splitt, d. h. LESS und infolge dessen Feuchtigkeit akkumuliert. Abb. 7 veranschaulicht diesen Sachverhalt schematisch.

Im Bereich der LESS-Ecken, die vor allem an der troginnenseitigen Hauptträgeroberfläche vorliegen, die der Hauptwitterungsrichtung zugewandt ist, liegt auch in vergleichsweise trockenen Perioden immer eine sehr hohe Feuchtelast vor, die in den Querschnittsrandsbereichen zu Holzfeuchten deutlich oberhalb des Fasersättigungsbereiches (rd. 30 %) führt. Hierdurch kann es innerhalb weniger Monate zu Pilzbefall und sodann bereits nach wenigen (2 bis 4) Jahren zu erheblichen Braun- / Moderfäuleschäden kommen. Der Schadenstyp 1a kann auch dann eintreten, wenn das Abdichtungsblech zwischen Brückenbelag und den BSH-Trägern vergleichsweise hoch (ca. 10 cm) über die Oberkante des Brückenbelags gezogen wurde, da durch die vorspringenden U-Rahmenprofile Nischen gebildet werden, in denen windbedingt LESS-

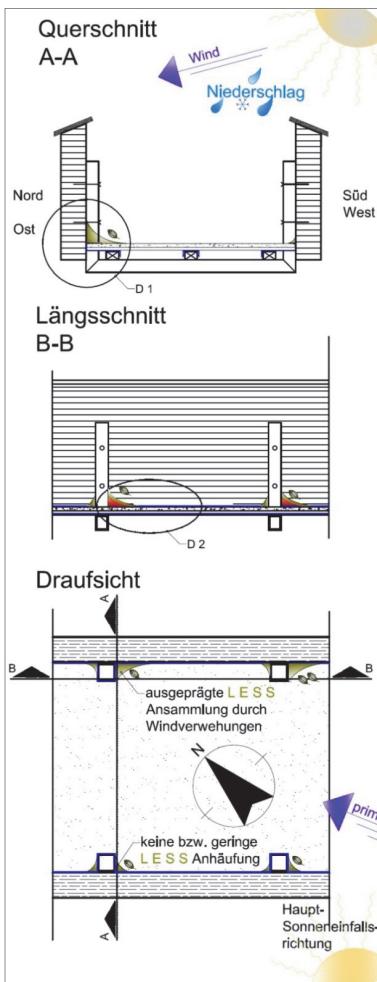


Abb. 7: Schema Skizze des Schadenstyps 1a

Ansammlungen auftreten können, die deutlich über die Abdichtungsblechkante reichen können.

Der Schadenstyp 1b beschreibt insbesondere eine Schädigung der Fachwerknoten im Bereich von Fachwerkstab-Untergurtanschlüssen infolge von LESS-Ansammlungen speziell in den Zwickelbereichen der Knotenpunkte (Abb. 8). Durch Anwehungen von Laub und dessen Durchfeuchtung / Vermoderung entsteht Humus auf den sich Gras-, Moos-, Pflanzenbewuchs entwickelt (Abb. 9 a, b), der sodann zu einer jahreszeitlich andauernden sehr hohen Feuchtebelastung der Holz-Anschlussbereiche mit schnell einsetzendem Pilzwachstum führt.

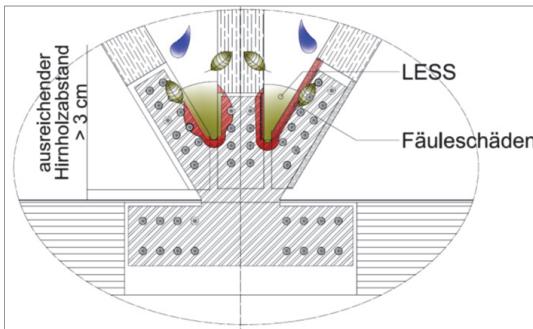


Abb. 8: Schema Skizze des Schadenstyps 1b



Abb. 9 a, b: Ansichten eines LESS-Fachwerknoten-Schadens, Typ 1b

- a) Ansicht des ungeschützter Fachwerk-Brückenträgers
- b) Detailansicht eines Fachwerknotenbereichs mit LESS-Ansammlung

Der Schadenstyp 1c beschreibt eine Schädigung der Hauptträger im unmittelbaren Anschlussbereich von Geh- bzw. Fahrbelagsebenen an ungeschützte BSH-Träger-Seitenflächen. In den Anschlussbereichen bzw. -kanten kommt es insbesondere auf den bewitterungszugewandten, meist ungeschützten Trogbrücken-Innenseiten zu ausgedehnten linienförmigen LESS-Ansammlungen. Infolge nicht ausreichend hoher Blech-Abdichtungsüberstände über das Niveau der Geh-/Fahrbelagsoberkante (häufig nur 1–3 cm) folgt aus den LESS-Ansammlungen ein andauernd hoher Feuchteintrag in die BSH-Träger, der auf Höhe der Belagsebene sehr schnell zu ausgedehntem Pilzbefall und zu Holzvermoderation führt. Der Schadenstyp 1c, der häufig

mit Übergängen zum Schadenstyp 1a vorliegt, repräsentiert bei ungeschützten Trogbrücken einen der häufigsten Schäden, die regelmäßig zu Standsicherheits- und Dauerhaftigkeitsproblemen führen. In Abb. 10 ist ein exemplarischer LESS-Belagträger-Übergangsschaden abgebildet.



Abb. 10: Detailansicht eines exemplarischen LESS-Belagträger-Übergangsschaden (Schadenstyp 1c)

Der Schadenstyp 1d beschreibt insbesondere eine Schädigung der Hauptträger aufgrund LESS- Überwucherungen / Eindringungen zufolge beulender bzw. abstehender Abdichtungsbleche im Anschlussbereich des Gehbelags an die Hauptträger.

Der Schaden tritt vor allem bei Trogbrücken mit außen liegendem U-Rahmen auf, bei denen innenseitig das Abdichtungsblech höher gezogen wurde, um die Schäden des Schadenstyps 1b zu umgehen. Hierbei kommt es im Anfangsstadium zu kleinen Verformungen durch Materialdehnungen infolge von Temperaturänderungen in denen sich LESS sowie Feuchtigkeit ansammelt; siehe Schemaskizzen in Abb. 11. Durch länger angereicherte Feuchtigkeit zwischen Träger und Blech kommt es sodann zu Degradationserscheinungen (Pilzbefall) im Holz. Die Bleche verwerfen sich in der Folge stärker durch den fehlenden Kraftschluss der Verbindungsmittel im Träger.

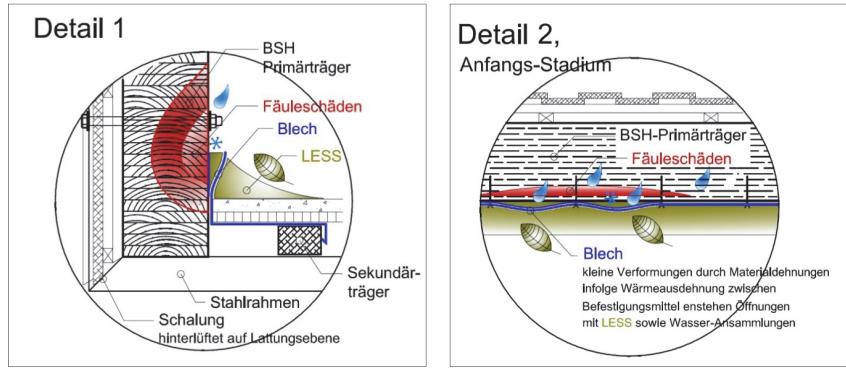


Abb. 11 a, b: Schemaskizzen des Schadenstyps 1d – LESS-Anschlussblech-Schaden
a) Querschnittskizze, b) Draufsicht

Der Schadenstyp 1e beschreibt die Schädigung von BSH-Trägern, z. B. für Untergurte von Fachwerkträgern, H-Brückenträger und Trogbrücken oder von Fachwerkstäben.

Bedingt durch Ansammlung von LESS am Übergang des Brückenbelags zum Träger infolge eines zu geringen lichten Abstandes zwischen Belagskante und ungeschützten / nicht ausreichend geschützten BSH-Trägeroberflächen auf der Brückeninnenseite (Abb. 12).



Abb. 12: Detailansicht eines exemplarischen LESS-Trägerbelag-Abstands-Schaden (Schadenstyp 1e)

Die teilweise oder vollständige Verstopfung des Luftspalts zwischen Belag und Träger durch LESS führt ähnlich wie bei den Schadenstypen 1a und 1b zu einer sehr schnellen und hohen Feuchteanreicherung in den Hauptträgern meist über Fasersättigung, was bei beschatteten und besonnten Oberflächen sodann zu sehr schnellem Pilzwachstum in den Hauptträgern in Höhe des Brückenbelages führt.

Der Schadenstyp 1e kann auch bei überdachten und außenseitig geschützten Brücken auftreten, wenn beispielsweise infolge örtlich ungünstiger Bedingungen Feuchtigkeit und LESS durch starken Windböen in das Bauwerk eingetragen werden. An Deckbrücken, bei denen die Geländerholme an den Trägern befestigt sind und durch den Belag geführt werden, kann sich bei zu geringem Abstand LESS ansammeln und schlecht abtrocknen.

Schadenstyp 2

Der Schadenstyp 2, der lediglich eine Schadenstyp-Untergruppe 2a aufweist, beschreibt die Schäden, die an ungeschützten der Bewitterung direkt ausgesetzten Trägern, insbesondere an Trägerseitenflächen entstehen. Schadensursächlich ist hierbei die Kombination von Bewitterung und intensiver Sonneneinstrahlung.

Die Entwicklung der überwiegend an Seitenflächen von unverkleideten, insbesondere dunkel gestrichenen Brettschichtholzträgern auftretenden Schäden verläuft durchweg nach folgendem Schema: An den der Sonneneinstrahlung zugewandten BSH-Oberflächen treten infolge Temperatur und feuchteinduzierter Eigenspannun-

gen bedingt durch Dehnungsgradienten im Bereich der Klebefugen erste Mikrorisse auf. In den Mikrorissen sammelt sich tropfbares Wasser an. Durch die Wechselwirkung von Sonneneinstrahlung und eingedrungener Feuchtigkeit vergrößern sich die Mikrorisse angefangen von wenigen Millimetern auf bis zu 1–2 cm tiefen Risse. Im dritten Stadium erfolgt ein Pilzwachstum und damit einhergehend die Degradation des Holzes.

Schadenstyp 3

Die Schäden des Schadenstyps 3 stehen durchweg in Verbindung mit ungünstigen Verbindungsmitteleinordnungen, die zu Wassereintritt in Haupt- oder Sekundärträger und sodann zu Pilzbefall führen.

Beispielhaft sei hier nur der Schadenstyp 3a näher betrachtet. Die weiteren in Tab. 1 definierten Schadensunterschiede verhalten sich analog hierzu. Der Schadenstyp 3a beschreibt die Schäden, die aufgrund der Durchdringung der Verbindungsmitte durch den Belag und die darunter liegenden Träger entstehen. Die Schäden treten auch bei einer zwischen Belag und Trägern vorhandenen Abdichtung auf, da selbst eine punktuelle Durchdringung mit Verbindungsmitte ausreichend Schädigungspotential infolge des dadurch möglichen Feuchteintrags in die Träger aufweist.

Der sehr häufige Schadenstyp 3a resultiert aus dem grundsätzlich falschen Anschluss des Belags, insbesondere von Belagsbohlen mit von oben eingebrachten Verbindungsmitte (Nägel, Schrauben, Schraubbolzen) an Haupt- oder Nebenträgern, wobei deren oberseitige Abdeckung, sofern vorhanden, durchdrungen wird (Abb. 13 a, b).



Abb. 13 a, b: Schadenstyp 3a Belag-Hauptträger-Verbindungsmitte-Schaden

a) Schemaskizze

b) Ansicht eines geschädigten Sekundärträgers nach Abnahme des Bohlenbelags

Zeit- und bewitterungsabhängig kommt es hierbei zu Lochaufweiterungen im Schaftbereich des anfänglich fest in der Belagsbohle sitzenden Verbindungsmitte. Die Lochaufweitung wird häufig auch durch korrosiv bedingte Durchmesserverringerung des Verbindungsmitte speziell bei Belagsbohlen aus Eiche oder Bongossi befördert. Das über den Schaft eindringende Wasser gelangt sodann über die durchdringende Schutzabdeckung (Bitumen / Zink- oder Titanblech) in den darunter liegenden Träger. In den entstehenden Feuchtenestern erfolgt sodann Pilzbefall. Die von oben über Verbindungsmitte eindringende Wassermenge kann hierbei extreme Ausmaße

annehmen, sodass beispielsweise bei seitlichem Anbohren der darunter liegenden Träger fontänenartiger Wasseraustritt beobachtet werden konnte. Der Schadenstyp 3a tritt insbesondere bei den Hauptträgern von Balkenbrücken und bei Trogbrücken an den in Brückenlängsachse verlaufenden Sekundärträgern, die die Belagslasten auf die U-Rahmen abtragen, auf.

Schadenstyp 4

Der Schadenstyp 4, der lediglich eine Schadenstyp-Untergruppe 4a aufweist, beschreibt Schäden infolge Kapillarsorption an den Hirnholzflächen.

Der Schadenstyp 4a tritt schwerpunktmäßig an Stäben in einem Fachwerk im Anschluss an den Untergurt auf. Durch plamäßigen oder ausführungstechnisch (ungewollt) zu geringen Abstand (häufig wenige mm) der Hirnholzenden zum durchlaufenden horizontalen / schwach geneigten Träger reichert sich in den Spalten (z. B. durch Schneeverwehungen) Feuchtigkeit an. Über die kapillare Wasseraufnahme in den nicht geschützten Hirnholzflächen steigt die Holzfeuchte in den aufsteigenden Bauteilen stark an und führt sodann zu Pilzbefall zunächst im Inneren der Pfosten und Streben. Im Weiteren breitet sich der Pilzbefall sodann ausgehend vom Schlitzblechbereich des Anschlusses auf den Untergurt aus. Abb. 14a zeigt eine Schemaskizze und Abb. 14 b zeigt die Ansicht eines geschädigten Fachwerkstabes.

Völlig analog verläuft die Schädigung von vertikalen Brücken-Geländerpfosten mit zu geringem Abstand der Hirnholzfläche vom Belag / Hauptträger. Für den beschriebenen Schadenstyp sind keine zusätzlichen LESS-Ansammlungen erforderlich. Mit zunehmender Neigung der Hirnholzflächen und der gegenüberliegenden Flächen (z. B. Stützenfüße oder Widerlagerwände) wird der Schaden zunehmend durch LESS Ansammlung verursacht bzw. überlagert (vgl. Schadenstyp 6).

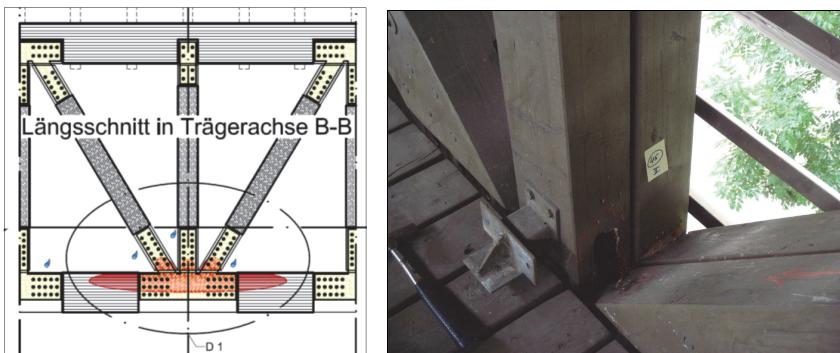


Abb. 14 a, b: Schadenstyp 4a Hirnholz-Kapillarsoptions-Schaden

a) Schemaskizze

b) Ansicht eines geschädigten Fachwerkstabes im Bereich eines Fachwerkknottens

Schadenstyp 5

Der Schadenstyp 5 beschreibt die Schäden, die durch verschiedene Belagsarten an Holzbrücken entstehen können. Der Schadenstyp 5 tritt an den Hauptträgern sowie auch an weiteren wichtigen Bauteilen, die für die Standsicherheit und Verkehrssicherheit der Bauwerke von Bedeutung sind, auf.

Beispielhaft sei hier nur der Schadenstyp 5a kurz erläutert. Die weiteren in Tab. 1 definierten Schadensuntertypen verhalten sich hinsichtlich der nachgelagerten Schädigung der Neben- und Hauptträger analog zu Schadenstyp 5a.

Der Schadenstyp 5a beschreibt die Schädigung des Bohlenbelags durch LESS-Ansammlung im offenen / gestoßenen Fugenbereich zwischen den Bohlen. Die Feuchtigkeitsanreicherung in den Fugenbereichen führt zu Pilzbefall und sodann zu einer Einschränkung der Tragfähigkeit des Bohlenbelags. Durch fortschreitende Durchfeuchtung und Pilzbefall des Bohlenbelages (Abb. 15) kann die Schädigung auf angrenzende Bauteile (Neben- und Hauptträger) übergreifen.



Abb. 15: Untersicht eines exemplarischen Bohlenfugen-Schadens Typ 5a mit deutlich sichtbarem Pilz-Fruchtkörper zwischen den Bohlen (Schadenstyp 5a)

Schadenstyp 6

Der Schadenstyp 6 beschreibt Wasser und LESS Schäden an geneigten jedoch überwiegend vertikalen Hirnholzflächen. Die grundsätzlich ungeschützten Hirnholzflächen können hierbei einerseits (Untertypen 6a, 6b und 6c) zu nahe an gegenüberliegenden Flächen (z. B. Stützenfüßen und Widerlagerwänden) angeordnet sein. Andererseits kann die Hirnholzfläche frei der Bewitterung respektive unplanmäßigem Bewuchs ausgesetzt sein.

Der Schadenstyp 6a Hirnholz-Stützenfußanschluss, der im Fußpunktanschluss vertikaler und geneigter Stützen mit zu geringem Luftspalt zwischen Hirnholzfläche und Beton-/Stahlsockel auftritt, repräsentiert den fließenden Übergang des Schadenstyps 4 mit ausschließlich kapillarsorptiv eindringendem Wasser in einem Schaden in dem die letztlich eindringende Feuchtigkeit zunehmend über LESS-Ansammlung erfolgt.

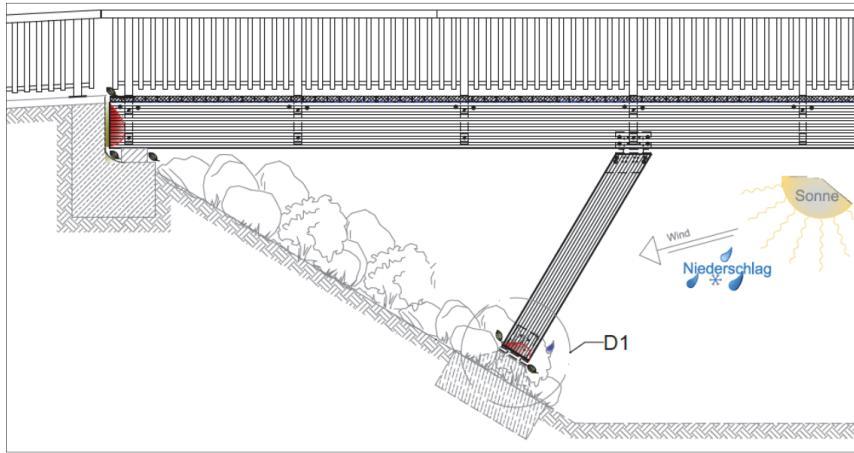


Abb. 16: Übersichtsskizze mit Darstellung der beiden Schadenstypen 6a im Stützenfußbereich und 6b im Widerlagerbereich

Der Schadenstyp 6b Hirnholz-Widerlagerübergangs-Schaden, zeichnet sich durch Schäden die im Widerlagerbereich aufgrund zu geringem bzw. nicht vorhandenem Abstand zwischen den Hirnholzflächen der BSH-Hauptträger und der Widerlager- bzw. Kammerwand auftreten aus. Die Skizze in Abb. 10 veranschaulicht die für die Schadenstypen 6a und 6b in Frage kommende Bereiche eines Brückenbauwerks.

Bei diesem, insbesondere bei Balken-, Deck- und Trogbrücken häufig auftretendem Schadenstyp, ist der Abstand zwischen der vertikalen oder abgeschrägten Hauptträger-Hirnholzfläche und der Widerlagerwand, z. B. durch Montagegenauigkeiten, zu knapp ausgeführt. Hierbei kommt es zu LESS-Ansammlungen die häufig auch von oben über Öffnungen in Tritrostern oder über Schlitze in Dehnungsfugen zusätzlich mit LESS und Wasser angereichert werden (Abb. 17). Die meist unzureichende Belüftungssituation zwischen den Widerlagerflügelwänden und der skizzierten knappen Einbausituation der Träger führt des Weiteren dazu, dass in den Sommermonaten ein häufig dauerfeuchtes Klima die Pilzwachstumsgeschwindigkeit deutlich befördert.

Der Schadenstyp 6c Hirnholz-Bewitterungs-Schaden, beschreibt Schäden an stirnseitig frei bewitterten BSH-Trägern.

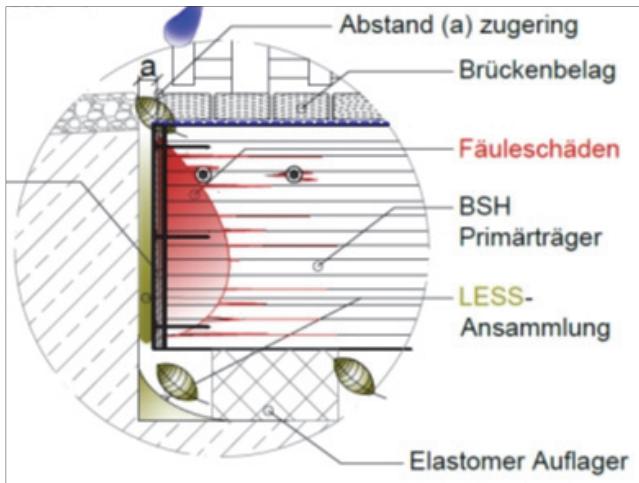


Abb. 17: Schemaskizze mit Darstellung des Schadenstyps 6b Hirnholzwiderlager-übergangs-Schaden

Der Hirnholz-Bewitterungs-Schaden kann grundsätzlich bei allen Haupt- und Nebenträgern bei Fachwerk, Balken und Trogbrücken auftreten, wobei die jeweilige Belüftungssituation maßgeblichen Einfluss für einen Pilzbefall hat. Der Hirnholz-Bewitterungs-Schaden tritt bei nicht oder unzureichend (z. B. zu geringer Dachüberstand) geschützten Hirnholzflächen von Brückenhauptträgern (z. B. Trogbrücken) auf. Hierbei bindet bei Trogbrücken häufig der untere Teil des Hauptträgers mit zu knapp ausgeführtem Spalt mit der Widerlagerkante ab, wobei es zu einer Kombination mit dem Schadenstyp 6b kommt, wie in der Schemaskizze in Abb. 18 dargestellt.

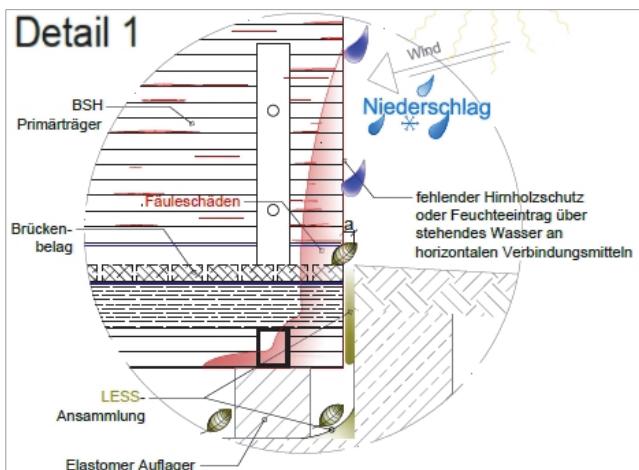


Abb. 18: Schemaskizze des Schadenstyps 6c Hirnholz-Bewitterungs-Schaden

5 Die Stuttgarter Brücke

An der MPA Universität Stuttgart wurde unter der Maßgabe der stringenten Vermeidung der vorstehend erläuterten typischen Schadensbilder an Holzbrücken ein robuster und dauerhafter Brückentyp entwickelt und ein vollmaßstäblicher Prototyp der „Stuttgarter Brücke“ mit rd. 20 m Brückenlänge errichtet.

Bei dem Prototyp des Forschungsvorhabens „Stuttgarter Holzbrücke“ handelt es sich um eine Fuß- und Radwegbrücke, die auf dem Versuchsgelände der MPA Universität Stuttgart realisiert wurde. Unter Verwendung eines blockverklebten BSH-Primärträgers wurde ein im Grundriss gebogener, rd. 22 m langer und 2 m breiter Brückenüberbau hergestellt. Wesentliche Elemente der Konstruktion, die bei jedem Detail stringent auf Robustheit, Dauerhaftigkeit sowie durchgängige Inspektionsmöglichkeiten ausgerichtet ist, sind ein integraler, fugenloser Widerlageranschluss, ein entzerrter Übergang sowie einfach rückbaubare Schraubpfahlfundamente. Der Aufbau des Brückenquerschnitts, der keine Verbindungsmitteleindringungen von oben aufweist, eine zweite Abdichtungsebene sowie diverse Monitoringsysteme einschließt, garantiert einen extrem dauerhaften und robusten Holzbrückentyp, der wesentlich dazu beitragen sollte, dass vermehrt Brücken mit dem nachhaltigen und CO₂ speichernden Baustoff Holz gebaut werden.

5.1 Form und Aufbau der Stuttgarter Brücke

Abb. 19 a zeigt die Brückenkonstruktion im Grundriss. Die im Grundriss einfach gebogene Brücke weist eine Gesamt(Abwicklungs-)länge von rd. 22 m auf. Das nördliche Auflager ist als integraler Widerlager-Hauptträgerübergang mit einem biegesteifen Holz-Beton-Stoß ausgebildet, an das eine befahrbare Rampe anschließt. Das südliche Auflager besteht aus einem entzerrten Widerlager-Hauptträgerübergang mit auskragendem Trägerende. Im Scheitelpunkt der Krümmung liegt der Hauptträger, der aus einem monolithischen Brettschichtholz-Verbundbauteil der Festigkeitsklasse GL24h mit Querschnittsabmessungen von (Höhe x Breite) 0,4 m x 1,2 m besteht, auf einer Mittelstütze auf. Die Begeh-/ Befahrbarkeit (zur Aufbringung vertikaler und horizontaler (Bremskräfte) Testlasten) ist auf der Seite des integralen Stoßes mittels einer rd. 12 m langen Rampe realisiert. Der Zugang auf der Seite des entzerrten Übergangs erfolgt aus Platzgründen über eine rechtwinklig zur Brückenlängsachse angeschlossene Treppen-/Podestkonstruktion. Die Nutzbreite der Brücke beträgt 2 m.

Abb. 19 b zeigt die Stuttgarter Brücke in einer Ansichtsskizze. Die Mittelstütze und die „Pfeiler“ des südlichen Auflagers mit dem entzerrten Widerlagerübergang wurden mit jeweils 4 Schraubpfählen des Typs Krinner KSF M 140 bzw. KSF M 114 realisiert. Die einfach einbringbaren und unschwer vollständig rückbaubaren Schraubpfähle wurden speziell mit Blick auf das hohe Potenzial bei leichten Holzbrücken in ökologisch sensibler Umgebung gewählt. In diesem Sinne lässt sich die Wahl der Brückenlager als ein Beispiel eines Übergangs von einem befestigten Uferbereich in ein Naturschutzgebiet mit dazwischenliegendem Bachlauf verstehen.

Die Gründung des nördlichen Auflagers mit dem integralen Holz-Beton-Widerlagerübergang erfolgt mit einem Ortbetonfundament.

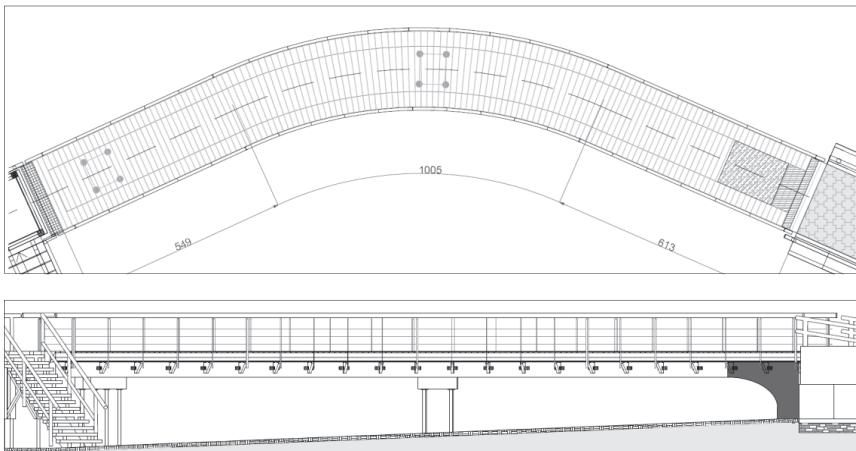


Abb. 19 a, b: a) Grundriss- und b) Ansichtsskizze der auf dem Gelände der MPA Universität Stuttgart realisierten vollmaßstäblichen Stuttgarter Brücke

5.2 Brückenüberbau

Auf dem Brückenhauptträger ist auf Gefällekeilen aus Lärchen-BSH mit 4% Querneigung die erste Abdichtungsebene in Form einer diffusionsoffenen Unterspannbahn (Typ Bauder TOP Difuplus) aufgebracht. Darüber liegt eine 2 m breite und 63 mm dicke Holzwerkstoffplatte aus Furnierschichtholz mit Querlagen (LVL) auf 2 cm dicken Distanzleisten auf. Die LVL-Platte kragt seitlich um jeweils 40 cm über den BSH-Primärträger über.

Die zweite Abdichtungsebene ist sodann durch eine gewebe-verstärkte Kunststoffdichtungsbahn (Typ Wolfin M) realisiert, die unmittelbar auf der LVL-Platte aufliegt.

Abb. 20 zeigt schematisch den realisierten Querschnittsaufbau. Von wesentlicher dauerhaftigkeitsrelevanter Bedeutung ist, dass alle genannten Querschnittsschichten keinerlei Durchdringung mittels Verbindungsmitteln von oben in den BSH-Primärträger aufweisen.

Die Befestigung sowohl der Gefällekeile wie auch der LVL-Platte erfolgt mittels Winkelverbindern an der Unterseite der Keile bzw. der LVL-Platte. In Abb. 21 ist die Ausbildung der Verbindung der LVL-Platte mit dem BSH-Primärträger schematisch dargestellt. Wie ersichtlich, ist das Brückendeck über seitlich an dem Hauptträger mittels Winkelverbindern angeschlossenen Flügelementen, die ebenfalls aus Furnierschichtholzplatten der Dicke 63 mm hergestellt sind, mit dem BSH-Blockträger verbunden. Infolge der großen Länge und der Bogenform der Deckplatte wurde diese vor Ort aus 4 Plattensegmenten über Schäftsverbindungen auf der Baustelle zu einer durchgehenden Platte verklebt.

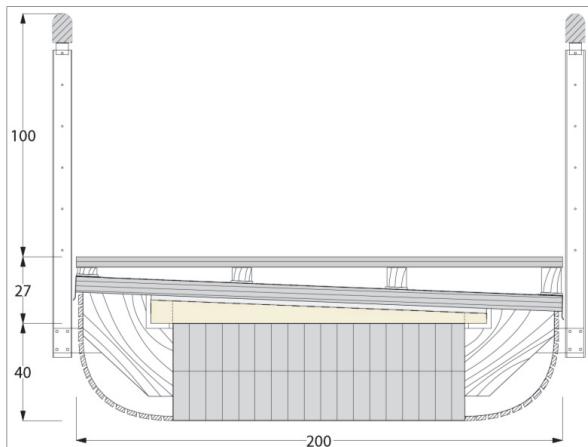


Abb. 20: Querschnittsaufbau der Stuttgarter Brücke

Der Geh- und Fahrbelag ist als konventioneller Holzbohlenbelag mit längslaufenden Lagehölzern (Douglasie) ausgebildet und liegt ohne Durchdringung der Abdichtungsebene auf der LVL-Platte bzw. genauer auf Pressschichtstoff-Unterlagen die auf der zweiten Abdichtungsebene liegen, auf. Durch die unterschiedlich hohen Lagehölzer wird das Quergefälle ausgeglichen, so dass der Bohlenbelag keine Querneigung mehr aufweist. Die Lagesicherung des Bohlenbelags erfolgt hierbei über seitliche Befestigung an den Geländerpfosten.

Seitlich schließt unter dem Brückendeck bzw. an der Unterseite der LVL-Platte eine Lärchenschalung aus Rhombusleisten an, die als Bewitterungsschutz der Flügelelemente und des BSH-Blockträgers angebracht sind. Der seitliche Überstand und die zusätzlich vorgesehene seitliche Verkleidung stellen einen zuverlässigen Bewitterungsschutz des Hauptträgers dar. Die Holzbohlen können als Verschleißteile bei Bedarf segmentweise mit den Lagehölzern ausgetauscht werden. Ebenso ist die Lärcheschalung einzeln oder bei Bedarf segmentweise leicht demontier- und ersetzbar.

5.3 Geländeranschluss

Ein weiteres wesentliches Merkmal zur Erhöhung der Robustheit betrifft die Wahl der Befestigung der Geländerpfosten. Die Geländerpfosten sind als IPE 80 Profile bzw. Flachstahlprofile 70 x 15 mm ausgebildet und mittels seitlich angeschraubten Stahlschraubern an den LVL-Flügelelementen mittels Schraubverbindungen befestigt.

Schraubverbindungen wurden deshalb gewählt, um gegebenenfalls eine Demontage einzelner Bauteile durchführen zu können. Auf eine unmittelbare seitliche Befestigung der Geländer-elemente an dem Brückenhauptträger wurde verzichtet. In Abb. 21 ist das Prinzip des seitlichen Anschlusses der Geländerpfosten skizziert. Die Geländerpfosten wurden aus Kostengründen feuerverzinkt ausgeführt und aus optischen Gründen anthrazit gestrichen.

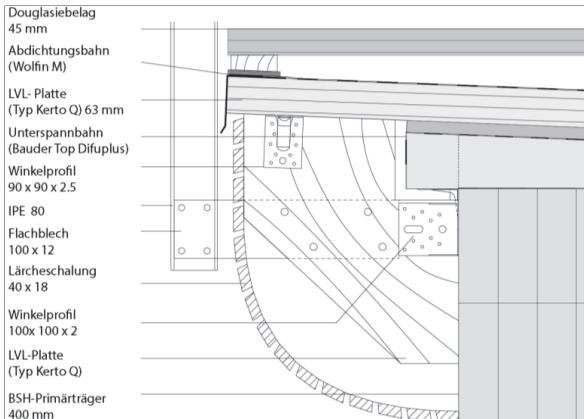


Abb. 21: Detailskizze des Brückenaufbaus und des Geländeranschlusses

5.4 Entzerrter Widerlagerübergang

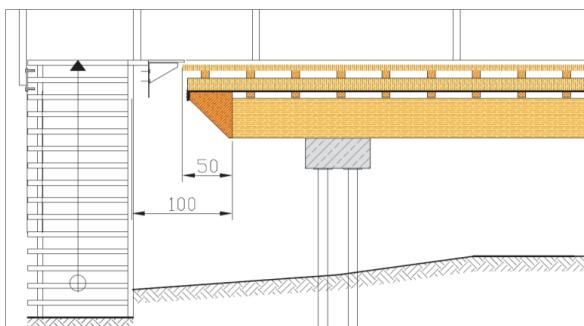


Abb. 22: Entzerrter Widerlagerübergang

Abb. 22 zeigt schematisch den entzerrten Brückenwiderlagerübergang mit großem lichtem Abstand der geneigten und abgedeckten Stirnfläche des Hauptträgers zur „Widerlager-Rückwand“ bzw. zum Übergangsbereich. Der Übergang vom Widerlager bzw. vom Podest zum Holzbohlenbelag erfolgt mittels eines Stahlrosts, der auf Winkelprofilen, die in der Widerlagerwand befestigt sind, aufliegt. Der Holzbohlenbelag kragt über das Hauptträgerende aus und schützt so die Hauptträgerstirnfläche vor Bewitterung. Für Begutachtungszwecke und zur Sicherheit gegen Feuchteansammlung durch Bewuchs wurde ein großer Abstand zwischen Widerlagerwand und Trägerende (Hirnholzbereich) gewählt. Im unmittelbaren Zusammenhang mit der Entzerrung des Hauptträgerendes respektive dessen Hirnholzflächen von der „klassischen“ Widerlagerrückwand steht der Sachverhalt, dass das Auflager des nunmehr auskragenden Brückenhauptträgers, und die ausschließlich/überwiegend für die Übertragung der Verkehrslast vom „Ufer“ zur Brücke erforderlichen Widerlager-Rückwand“, vollständig entkoppelt wurden. Dieser Aspekt hängt wesentlich von den jeweiligen geologischen und lokal-geographischen Randbedingungen des Auflager-Übergangsbereichs ab.

5.5 Integraler Widerlager-Hauptträgerübergang

Als zweite Widerlagervariante wurde am nordöstlichen Auflager der integrale Widerlager-Hauptträgerübergang mit kontinuierlichem Übergangsbereich in Form eines Holz-Stahlbeton-Verbundstoßes ausgeführt. Die Verbindung des Holzträgers mit dem Stahlbetonwiderlager erfolgt holzseitig mit eingeklebten Betonstabstählen, die sodann in den auskragenden Widerlagerbereich einbetoniert werden. Die Hirnholzfläche des Holzträgers wurde mittels eines wasserabweisenden Hirnholzschutzanstrichs gegen Feuchteintritt während der Betonierphase geschützt. Das aus dem Stahlbetonbrückenbau übernommene Konstruktionsprinzip eines lagerfreien, fugenlosen kontinuierlichen Widerlager-Hauptträger-Übergangs, siehe Schemaskizze in Abb. 23, ermöglicht die Vermeidung einer Vielzahl der klassischen Problemstellungen der Brückenwiderlager- und -fugenausbildung. Der Stoßbereich wird hierbei ohne Dehnfuge ausgebildet.

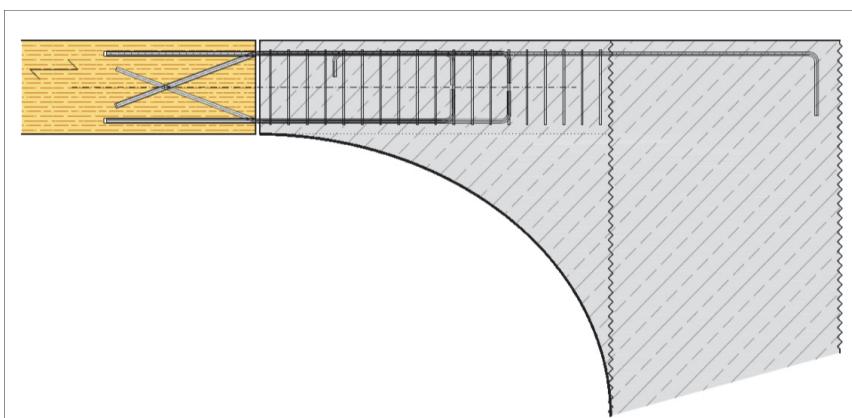


Abb. 23: Schematische Schnittskizze des integralen Widerlagerübergangs

Das Konstruktionsprinzip des integralen Widerlager-Hauptträger-Übergangs/Anschlusses weist für Holzbrücken im Vergleich zu Stahlbetonbrücken zusätzlich erhebliche Vorteile auf, da die gegenläufigen thermischen und hygrischen Längsdehnungen von Holzträgern in Summe deutlich geringer sind als bei Betonbauteilen, deshalb geringere Zwangsspannungen auftreten, und somit auch über sehr große Längen ohne Rissbildungen realisierbar sind.

Beide Abdichtungsebenen überdecken den Stoßbereich und den gesamten Bereich bis zur Rückwand des Stahlbetonwiderlagers fugenlos. Aufgrund der frei wählbaren Ausformung des Stahlbetonprofils zwischen Widerlager und Hauptträger kann das Holz-Haupttragwerk stets mit ausreichendem Abstand zur Geländeoberfläche ausgeführt werden, sodass Gefährdungen durch Laub, Erde, Splitt und Schnee (LESS) Ansammlungen ausgeschlossen werden können.

Literatur, Normen, Zulassungen

- [1] AICHER, S., LEITSCHUH, N., HEZEL, J. (2015): Abschlussbericht zum EFRE-Forschungsvorhaben „Stuttgarter Holzbrücke“.
- [2] AICHER, S. (2012) Langzeitbeständigkeit und Sicherheit harnstoffharzverklebter tragender Holzbauteile. Abschlussbericht, DIBt Forschungsvorhaben ZP 52-5-13.179-124/07.
- [3] MAIER, A. (2007) Sicherheit und langfristige Beständigkeit harnstoffharzverklebter tragender Holzbauteile, Diplomarbeit, Mai 2007, Universität Stuttgart.
- [4] DIN 1052-10:2012 Herstellung und Ausführung von Holzbauwerken – Teil 10: Ergänzende Bestimmungen.
- [5] FpREN 14732:2014 (Entwurf) Holzbauwerke – Vorgefertigte Wand-, Decken- und Dachelemente – Anforderungen.
- [6] DIN EN 1995-1-1/A2:2014 Eurocode 5: Bemessungen und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau.
- [7] DIN 976-1:2002 Gewindegelenke. Teil 1: Metrisches Gewinde.
- [8] DIN 488-1:2009 Betonstahl – Stahlsorten, Eigenschaften, Kennzeichnung.
- [9] DIN EN 301:2013 Klebstoffe für tragende Holzbauteile – Phenoplaste und Aminoplaste – Klassifizierung und Leistungsanforderungen; Deutsche Fassung EN 301:2013.
- [10] DIN EN 302-1:2013 Klebstoffe für tragende Holzbauteile – Prüfverfahren, Teil 1 – Bestimmung der Längszugscherfestigkeit; Deutsche Fassung EN 302-1:2013.
- [11] DIN EN 302-2:2013 Klebstoffe für tragende Holzbauteile – Prüfverfahren – Teil 2: Bestimmung der Delaminierungsbeständigkeit; Deutsche Fassung EN 302-2:2013.
- [12] DIN EN 302-4:2013 Klebstoffe für tragende Holzbauteile – Prüfverfahren – Teil 4: Bestimmung des Einflusses von Holzschwindung auf die Scherfestigkeit; Deutsche Fassung EN 302-4:2013.
- [13] Z-9.1-750 (2015) WEVO-Spezialharz EP 20 VP 1 mit WEVO-Härter B 20/1 zur Instandsetzung von tragenden Holzbauteilen. Geltungsdauer 29.01.2015 bis 29.01.2020. Antragssteller: WEVO-Chemie GmbH, Ostfildern-Kemnat.
- [14] Z-9.1-794 (2015) 2K-EP-Klebstoff WEVO-Spezialharz EP 32 S mit WEVO-Härter B 22 TS zur Instandsetzung von tragenden Holzbauteilen. Geltungsdauer 20.11.2015 bis 17.01.2017. Antragssteller: WEVO-Chemie GmbH, Ostfildern-Kemnat.

- [15] Z-9.1-823 (2013) Melamin-Harnstoffharz-Klebstoff Kauramin Leim 683 mit Kauramin Härter 686 für die Herstellung von geklebten Verbindungen mit dicker Klebstofffuge. Geltungsdauer 21.01.2013 bis 21.01.2018. Antragsteller: BASF SE, Ludwigshafen
- [16] Z-9.1-840 (2014) Phenol-Resorcinharz-Klebstoff 4094 mit dem Härter 5827 für die Herstellung tragender Holzbauteile und für die Verklebung von Verbindungen mit Klebstofffugendicken bis zu 1,5 mm. Geltungsdauer 21.01.2014 bis 21.01.2019. Antragsteller: Dynea AS, Lillestrøm, Norwegen.
- [17] Z-9.1-705 (2015) 2K-EP-Klebstoff WEVO-Spezialharz EP 32 S mit WEVO-Härter B 22 TS zum Einkleben von Stahlstäben in Holzbaustoffe. Geltungsdauer 10.12.2015 bis 31.01.2019. Antragssteller: WEVO-Chemie GmbH, Ostfildern-Kemnat.
- [18] Z-9.1-707 (2010) 2K-Pur-Klebstoff Purbond ® CR 421 zum Einkleben von Stahlstäben in Holzbaustoffe. Geltungsdauer 06.05.2010 bis 31.05.2015. Antragssteller: Purbond AG, Sempach-Station, Schweiz.
- [19] DIN 1052:2008 Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken – Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau.
- [20] DIN EN 1995-1-1/NA:2013 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode5: Bemessungen und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau.
- [21] DIN EN 14080:2013 Holzbauwerke – Brettschichtholz und Balkenschichtholz – Anforderungen; Deutsche Fassung EN 14080:2013.



Hezel, Jürgen
Dipl.-Ing.

Studium Bauingenieurwesen an der Universität Stuttgart und ist seit 2009 an der Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart in der Abteilung Holzkonstruktionen tätig. Tätigkeitsschwerpunkte sind die Begutachtung und Schadensanalyse an Brettschichtholzkonstruktionen sowie die Instandsetzung und Erstärkung geklebter tragender Holzkonstruktionen.

Die bevorstehende Reform des Bauvertragsrechts – Überlegungen für die Praxis

Tilo Pfau

Kurzfassung

Wesentliche Änderungen stehen ins Haus, die im Hinblick auf die bauvertragliche Praxis in wichtigen Bereichen ein Umdenken erfordern.

Wovon spreche ich: Die Bundesregierung hatte schon Anfang 2016 einen Gesetzentwurf vorgestellt, mit welchen insbesondere das Werkvertragsrecht des Bürgerlichen Gesetzbuches verändert werden sollte. Mit Gesetzesbeschluss vom 10.03.2017¹ und Beschluss des Bundesrates vom 31.03.2017² wurde das Gesetzesvorhaben in die Tat umgesetzt, wobei die wesentlichsten Teile des Gesetzes per 01.01.2018 in Kraft treten und für alle Verträge gelten, welche ab diesem Zeitpunkt geschlossen werden. Obwohl der Anlass für diesen Gesetzentwurf einmal mehr der Verbraucherschutz war, erstreckt sich das Gesetz allerdings auf das gesamte Werkvertragsrecht und hat direkte und indirekte Auswirkung auf den gesamten unternehmerischen Verkehr im Werkvertragsrecht.

Ich möchte Ihnen mit meinen heutigen Ausführungen einerseits einen Überblick über die Änderungen geben, andererseits aber ausgewählte Problempunkte für die zukünftige Bau- und Berufspraxis als Sachverständige oder auch Baubetreuer bzw. Bauberater näher beleuchten.

1 Einleitung

1.1 Ausgangspunkt

Das bisherige Werkvertragsrechts des Bürgerlichen Gesetzbuches³ erstreckt sich über 24 Paragraphen, welche das gesamte Spektrum der werkvertraglichen Tätigkeiten abdecken und regeln sollte. Dabei unterscheidet das bisherige Werkvertragsrecht nicht, ob ein Gutachten erstellt, ein komplexes Bauvorhaben wie der Flughafen Berlin-Brandenburg bzw. ein Krankenhaus oder aber eine einfache Tischlerarbeit bzw. ein Einfamilienhaus errichtet wird.

Die Unzulänglichkeiten des bisherigen BGB liegen auf der Hand: Regelungen für komplexe und auch langfristige Bauvorhaben fehlen völlig⁴.

1 BT-Drucksache 18/11437.

2 BR-Drucksache 199/17.

3 Zukünftig BGB.

4 KNIFFFKA, Vortragsskript „Neues Bauvertragsrecht“ vom 20.06.2017, S. 3.

Ein wesentlicher Mangel, welcher aber auch für die einfachsten Werkverträge von praktischer Bedeutung ist, liegt darin, dass im BGB keinerlei Regelungen für den Fall enthalten sind, wenn der Auftraggeber eine Veränderung der ursprünglich beauftragten Leistung begeht.

Dadurch ist bisher bereits umstritten, ob der Auftraggeber überhaupt die Möglichkeit einer Veränderung der ursprünglich beauftragten Leistungen hatte.

Wenn man diese Hürde mit der herrschenden Rechtsprechung überwindet, fehlen trotzdem Regelungen, wie man mit diesen Änderungen im Hinblick auf die Vergütung umgehen muss. Die Rechtsprechung verweist mangels gesetzlicher Regelungen auf die Grundprinzipien eines Vertrages⁵, was nichts anderes heißt, als das sich die Parteien einvernehmlich über die vom Auftraggeber gewünschten Änderungen einigen sollen. Sie werden mir sicherlich zustimmen, dass man feststellen muss, dass diese Forderung der Rechtsprechung vielfach in der Praxis nicht umsetzbar ist.

1.2 Umsetzung

1.3

Das nunmehr geänderte Werkvertragsrecht hat den Anspruch, die gesetzlichen Vorschriften unter folgenden Überlegungen neu zu regeln:

- der Verbesserung des Verbraucherschutzes bei Bauverträgen,
- komplexen, auf längere Erfüllungszeit angelegten Bauvorhaben soll besser Rechnung getragen werden,
- Vorschriften sollen einfache und effizienter ausgestalten werden,
- kostenintensive Konflikte und Störungen im Liquiditätsfluss der Bauunternehmen vermeiden,
- Besonderheiten der Architekten- und Ingenieurverträge soll besser Rechnung getragen werden.

Zu diesem Zweck wurde die Systematik der gesetzlichen Regelungen des Werkvertragsrechtes vollständig überarbeitet und wie folgt neu gegliedert:

Untertitel 1 – Werkvertragsrecht

Kapitel 1 – Allgemeine Vorschriften

Kapitel 2 – Bauvertrag

Kapitel 3 – Verbraucherbauvertrag

Untertitel 2 – Architektenvertrag und Ingenieurvertrag

Untertitel 3 – Bauträgervertrag.

Der Gesetzgeber untergliedert insoweit zukünftig das Werkvertragsrecht und schafft insbesondere spezielle Regelungen für den Bauvertrag.

5 Kooperationsprinzip und Konsensprinzip.

§ 650 a BGB definiert den Bauvertrag dabei als

„Vertrag über die Herstellung, die Wiederherstellung, die Beseitigung oder den Umbau eines Bauwerkes, einer Außenanlage oder eines Teiles davon“

bzw. als

„Vertrag über die Instandhaltung eines Bauwerks ..., wenn das Werk für die Konstruktion, den bestand oder den bestimmungsgemäßen Gebrauch von we sentlicher Bedeutung ist“.

Dabei ist aus der Systematik erkennbar, dass der Gesetzgeber zukünftig den Bauträgervertrag und die Architekten- bzw. Ingenieurverträge als eigenständige, dem Werkvertrag ähnliche Vertragstypen neben dem Werkvertrag versteht.

2 Neuerungen im Kaufrecht

2.1 Mängelhaftung im Kaufrecht

Ein für die bauvertragliche Praxis wesentliches Kernstück des Gesetzes erstreckt sich allerdings nicht auf die Regelungen des Werkvertrages, sondern auf das Kaufrecht.

2.1.1 Bisherige Rechtslage

Die Gewährleistungsvorschriften im Kaufrecht und Werkvertragsrecht sind zwar ähnlich gestaltet, unterscheiden sich aber in einem, für die Baupraxis wesentlichen Punkt.

Stellen wir uns den in der Praxis typischen Fall vor, dass ein Auftragnehmer für seine zu erbringende Werkleistungen (beispielsweise die Verlegung von Parkett in einer Wohnung) Material beim Großhändler erwirbt und dann verlegt. Nach der Verlegung des Parketts bilden sich Wellen im Parkett, welche auf einen Materialfehler zurückzuführen sind. Für eine Beseitigung dieser Mangels sind

- der Rückbau und Entsorgung des Parketts,
- das Abschleifen des Bodens,
- die Neulieferung des Parketts,
- die Neuverlegung des Parketts

erforderlich.

a)

Die Nacherfüllung im Werkvertragsrecht umfasst für den Auftragnehmer dabei grundsätzlich die Wiederherstellung des vorher geschaffenen Werkes. Damit muss der Auftragnehmer im Rahmen der Nacherfüllung sämtliche vorgenannten Tätigkeiten ausführen.

b)

Logischerweise stellt sich für den Auftragnehmer die Frage, ob er sich aufgrund des Materialfehlers an den Materiallieferanten halten kann und insoweit die Kosten für die Leistungen von diesem verlangen darf.

Die Nacherfüllung im Kaufrecht unterscheidet sich allerdings von der des Werkvertragsrechtes, was auf die Erfolgschaftung im Werkvertragsrecht zurückzuführen ist. Im Kaufrecht besteht eine Nacherfüllung alternativ

- in der Reparatur der Kaufsache

oder

- in der Neulieferung der Kaufsache⁶,

weil der Anspruch auf Nacherfüllung im Ergebnis nicht weiter gehen kann, als der ursprüngliche Erfüllungsanspruch⁷.

Weitergehende Ansprüche des Auftragnehmers, also die

- Kosten für Rückbau und Entsorgung,
- Kosten für Abschleifen des Bodens,
- Kosten für das Neuverlegens des Parketts

sind nicht von der Nacherfüllungspflicht erfasst und müssen als Schadensersatz und unter dem Nachweis, dass der Händler den Materialfehler verschuldet hat, geltend gemacht werden⁸. Dieses Verschulden ist allerdings regelmäßig, jedenfalls beim Kauf vom Großhändler, nicht nachweisbar, weil dem Händler ein eventuelles Verschulden des Herstellers nicht zugerechnet werden kann.

c)

Die bisherige Rechtslage⁹ ließ insoweit im Regelfall eine Deckungslücke beim Bauunternehmer dahingehend, dass die Kosten für Aus- und Einbau des mangelhaften Materials bei ihm verblieben.

Diese Deckungslücke konnte verständlicherweise existenzbedrohende Maße für die Baufirmen annehmen.

Dabei galt aufgrund eines Urteils des Europäischen Gerichtshofes¹⁰ diese Rechtslage lediglich im Verbraucherverkehr nicht. In Umsetzung des Urteiles des Europäischen Gerichtshofes erkannte der Bundesgerichtshof¹¹ (entgegen der eindeutigen Gesetzeslage) die Haftung für Ein- und Ausbaukosten auch im Kaufrecht an. Mit Ur-

6 Bei Materialfehlern reduziert sich dies regelmäßig auf die Neulieferung des Materials.

7 BGH, Urteil vom 15.07.2008, VII ZR 211/07.

8 BGH, Urteil vom 15.07.2008, VII ZR 211/07.

9 BGH, Urteil vom 17.10.2012, VIII ZR 226/11.

10 EuGH, Urteil vom 16.06.2011, NJW 2008, 1433.

11 BGH, Urteil vom 21.12.2011, VII 70/08.

teil des Bundesgerichtshofes vom 17.10.2012¹² wurde ausdrücklich klargestellt, dass diese Rechtsprechung für Materialkäufe im unternehmerischen Verkehr nicht gilt.

2.1.2 Neue Gesetzeslage

Dies wurde nunmehr für die Zukunft grundlegend überarbeitet. § 439 Abs. 3 BGB n.F. regelt nunmehr:

„Hat der Käufer die mangelhafte Sache gemäß ihrer Art und ihrem Verwendungszweck in eine andere Sache eingebaut oder an eine andere Sache angebracht, ist der Verkäufer im Rahmen der Nacherfüllung verpflichtet, dem Käufer die erforderlichen Aufwendungen für das Entfernen der mangelhaften und den Einbau oder das Anbringen der nachgebesserten oder gelieferten mangelfreien Sache zu ersetzen.“

Gleichzeitig wird über § 445 a BGB geregelt, dass der Verkäufer seinerseits Rückgriff bei seinem Lieferanten nehmen kann, wobei dies auf die gesamte Lieferantenkette ausgedehnt ist. Besonders zu beachten ist, dass innerhalb dieses Regresses die sonst erforderliche Fristsetzung nicht erforderlich ist, § 445a Abs. 2 BGB.

2.1.3 Fazit

Durch den Gesetzgeber wurde eine längst fällige und für die Baupraxis bedeutsame Gesetzeslücke geschlossen.

Für die Vertragsparteien ist folgendes zu beachten:

a)

Für Käufer (Bauherr) einer mangelhaften Sache, welche die Sache selbst einbauen, gilt:

- Fristsetzung zur Nacherfüllung,
- Käufer hat Wahlrecht, ob Nachbesserung oder Ersatzlieferung,
- Ein- und Ausbaukosten können vom Verkäufer (Lieferanten) verlangt werden.

b)

Für Käufer, welche eine mangelhafte Sache im Auftrag einbauen (Werkvertrag mit Bauherren), gilt:

Gegenüber Bauherren:

- Nachbesserungspflicht inklusive Ein- und Ausbau.

Gegenüber Lieferant:

- Fristsetzung zur Nachbesserung,
- Anspruch auf Neulieferung der Kaufsache (Wahlrecht Käufer) zuzüglich Kosten für Aus- und Neueinbau.

12 BGH, Urteil vom 17.10.2012, VIII ZR 226/11.

Für Lieferanten, welche mangelhafte Sache (weiter)verkaufen, gilt:

- Rückgriff auf Verkäufer ohne Fristsetzung möglich.

c)

Trotz dieser Neuregelung ist zu beachten, dass der Verkäufer sich zur Einschränkung der Haftung auf folgende Punkte berufen kann:

- Verletzung der handelsrechtlichen Untersuchungspflichten, § 377 HGB,
- kein sachgerechter Einbau (Mitverschulden, § 254 BGB),
- keine Ausdehnung auf Schäden an anderen Sachen des Käufers¹³,
- Verweigerung wegen unverhältnismäßiger Kosten, § 439 Abs. 4 BGB,
- Kenntnis des Mangels bei Kauf und/oder Einbau, § 442 BGB¹⁴.

3 Neuerungen im Bauvertragsrecht

3.1 Nachtragswesen im neuen Bauvertrag

Wie bereits einleitend erwähnt, gab es bisher weder gesetzliche Regelungen zur Frage, ob der Auftraggeber überhaupt in den Vertrag eingreifen darf, also Änderungen der Werkleistung verlangen kann. Hinzu kommen die Probleme, wie mit diesen Änderungen letztendlich finanziell umgegangen wird.

In Hinsicht auf derartige Änderungsrechts gab es die wohl umfangreichste Änderung im neuen Gesetz.

3.1.1 Grundsätzliche Umsetzung

Der vom Gesetzgeber eingeschlagene Weg für die Einführung von Änderungsrechten erfordert ein Umdenken insbesondere für die Nutzer der VOB/B.

a)

Diese hat zwar lediglich den Charakter einer allgemeinen Geschäftsbedingung, stellt aber die derzeit gängigste Regelung für Bauverträge dar.

Änderungsrechte sind einerseits dem Grunde nach in § 1 Abs. 3 VOB/B geregelt, wonach „Änderungen des Bauentwurfes“ durch den Auftraggeber angeordnet werden dürfen. Andererseits darf der Auftraggeber auch gemäß § 1 Abs. 4 VOB/B zusätzliche („nicht vereinbarte“) Leistungen fordern, sofern sie notwendig sind.

Die „klassische“ Einordnung nach der VOB/B erfolgt insoweit nach geänderten oder zusätzlichen Leistungen.

Geänderte Leistungen werden gemäß § 2 Abs. 5 VOB/B vergütet; die Vergütung von notwendigen zusätzlichen Leistungen erfolgt über § 2 Abs. 6 VOB/B. Nicht notwendige Zusatzleistungen sind nach der Rechtsprechung des Bundesgerichtshofes als neuer (BGB)-Werkvertrag einzustufen.

Im Ergebnis grenzt also die VOB/B nach der Art der Leistung ab.

13 DAMMERT/LENKEIT/OBERHAUSER/PAUSE/STRENZ, Das neue Bauvertragsrecht, § 7 Rdn. 52 f.

14 DAMMERT/LENKEIT/OBERHAUSER/PAUSE/STRENZ, Das neue Bauvertragsrecht, § 7 Rdn. 64 f.

b)

Nach dem neuen Bauvertragsrecht werden Änderungswünsche gemäß § 650b Abs. 1 BGB unterschieden, nach

- einer Änderung des vereinbarten Werkerfolges, § 650b Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 BGB

und

- einer für den Werkerfolg notwendigen Änderung, § 650 Abs. 1 Satz 1 Nr. 2 BGB.

Damit unterscheidet das neue Bauvertragsrecht nicht nach der Art der Leistung, sondern nach der Art der Änderung am Kriterium der Notwendigkeit der Leistung¹⁵, § 650 Abs. 1 BGB. Im Ergebnis ist der Gesetzestext allerdings so ausgestaltet, dass der Auftraggeber ein allgemeines, mithin unbeschränktes Anordnungsrecht hat¹⁶. Als Korrektiv dieses für den Auftragnehmer nachteiligen, unbeschränkten Anordnungsrechtes räumt der Gesetzgeber dem Auftragnehmer unter bestimmten Voraussetzungen ein Verweigerungsrecht ein¹⁷.

3.1.2 Verfahren bei Änderungswunsch des Auftraggebers

Das Verfahren bei einem Änderungswunsch des Auftraggebers unterscheidet sich nach der Art des Änderungswunsches:

- a) Änderung des vereinbarten Werkerfolges, § 650b Abs. 1 Nr. 1 BGB

Das Wesen des Werkvertrages liegt in der Erzielung eines bestimmten Arbeitsergebnisses, mithin Arbeitserfolges¹⁸. Wünscht der Auftraggeber eine Änderung dieses Werkerfolges, geht es also um eine Änderung des Arbeitsergebnisses¹⁹, kann aber auch in der Änderung der Ausführungs- bzw. Herstellungsart liegen²⁰.

aa) Änderungswunsch des Auftraggebers

Bei einem Änderungswunsch des Auftraggebers ist der Auftragnehmer verpflichtet, ein Angebot über die Mehr- und Mindervergütung zu erstellen.

Von dieser Pflicht ist der Auftragnehmer nur dann befreit, wenn:

- die gewünschte Änderung für den Auftragnehmer nicht zumutbar ist, § 650b Abs. 1 Satz 2 BGB²¹

oder

- der Auftraggeber die Planungsverantwortung hat und mit seinem Änderungswunsch dem Auftragnehmer keine geänderte Planung übergeben wurde, § 650b Abs. 1 Satz 4 BGB.

15 DAMMERT/LENKEIT/OBERHAUSER/PAUSE/STRENZ, Das neue Bauvertragsrecht, § 2 Rdn. 20.

16 KNIFFKA, Vortragsskript „Neues Bauvertragsrecht“ vom 20.06.2017, S. 36.

17 KNIFFKA, Vortragsskript „Neues Bauvertragsrecht“ vom 20.06.2017, S. 36.

18 Dies ist gleichzeitig das Abgrenzungskriterium zum Dienstvertrag.

19 Bspw. statt Garage wird ein Einfamilienhaus verlangt.

20 Bspw. statt Holzhaus wird ein Steinhaus verlangt.

21 Dies ist das gesetzlich vorgesehene Korrektiv zum unbeschränkten Anordnungsrecht.

Wann eine Unzumutbarkeit vorliegt, ist nach den beidseitigen Interessen der Vertragspartner unter Berücksichtigung eines ausgewogenen Verhältnisses zu bewerten²². Diese können beispielsweise darin liegen, dass die technischen Möglichkeiten oder Qualifikationen des Auftragnehmers für die Änderungswünsche nicht ausreichen. Es können aber betriebsinterne Vorgänge des Auftragnehmers eine Unzumutbarkeit begründen, § 650b Abs. 1 Satz 3 BGB.

Die Beweislast für die Zumutbarkeit bzw. Unzumutbarkeit des Änderungswunsches für den Auftragnehmer liegt regelmäßig beim Auftraggeber als Veranlasser der Änderung. Macht der Auftragnehmer allerdings betriebsinterne Vorgänge geltend, liegt die Beweislast beim Auftragnehmer, § 650b Abs. 1 Satz 3 BGB.

bb) Nachtragsangebot des Auftragnehmers

Liegt keine Unzumutbarkeit vor und kann dies nicht wegen der Planungsverantwortung des Auftraggebers verweigert werden, besteht die Pflicht des Auftragnehmers zur Erstellung eines Angebotes für die geforderte Änderung.

Der Gesetzgeber trifft keine ausdrücklichen Festlegungen, auf welcher Grundlage das Nachtragsangebot zu kalkulieren bzw. fertigen ist. Es wird lediglich gefordert, dass der Auftragnehmer über „die Mehr- und Minderkosten“ ein Angebot in Form eines Nachtragsangebotes zu erstellen hat, welches zum Einvernehmen über die Änderungen und deren Auswirkungen führen soll. Diese Vorgabe des Ziels dürfte aber damit auch den Inhalt des Angebotes vorgeben, wonach das Angebot prüfbar über die neuen geforderten Leistungen und die preislichen Auswirkungen Auskunft gibt²³. Es ist also davon auszugehen, dass (in Anlehnung an die VOB/B) für geänderte Leistungen eine Vergleichsrechnung, für zusätzliche Leistungen ein Angebot über die entstehenden Kosten unterbreitet wird.

cc) Ziel: Einigung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer

Ein diesbezügliches (prüfbare) Angebot soll taugliche Grundlage für die erstrebte Vereinbarung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer sein.

Kommt eine Einigung zustande, ist diese Einigung die Grundlage für die weitere Ausführung und Vergütung.

dd) Anordnungsrecht

Der Gesetzgeber gibt den Parteien eine Frist von 30 Tagen ab Zugang des Änderungswunsches des Auftraggebers, um eine Einigung zu erzielen. Wird keine Einigung erzielt, steht dem Auftraggeber nach Ablauf der Frist ein einseitiges Anordnungsrecht für die von ihm gewünschte Änderung zur Seite. Diese Anordnung ist zwingend in Textform abzugeben, was einerseits dem Besteller vor übereilten Anordnungen schützen, andererseits aber der besseren Beweisbarkeit der Anordnung dienen soll²⁴.

Eine wirksame Anordnung führt zu einer einseitigen angeordneten Vertragsänderung, verbunden mit einer Ausführungspflicht des Auftragnehmers.

22 Gesetzentwurf der Bundesregierung, BT-Drucksache 18/8486, S. 53.

23 DAMMERT/LENKEIT/OBERHAUSER/PAUSE/STRENZ, Das neue Bauvertragsrecht, § 2 Rdn. 80.

24 BT-Drucksache 18/11437, S. 47.

Die Nichteinhaltung dieser Form führt allerdings zur Nichtigkeit des Änderungsbegehrens, wobei der Auftraggeber sich nach einem mündlichen Änderungsverlangen auch noch später wirksam auf die Nichtigkeit des Änderungsbegehrens berufen kann²⁵. In diesem Fall steht dem Auftragnehmer kein vertraglicher Vergütungsanspruch für die Änderungsleistungen zu.

b) Für der Werkerfolg notwendige Änderung, § 650b Abs. 1 Nr. 2 BGB
Wünscht der Auftraggeber eine für den Werkerfolg notwendige Änderung entspricht der grundsätzliche Ablauf dem Verfahren für nicht notwendige Änderungen, mithin Änderungen des Werkerfolges.
Allerdings steht dem Auftragnehmer der ausdrücklich geregelte Einwand der Unzumutbarkeit (§650b Abs. 1 Satz 2 BGB) nicht zu.

3.1.3 Vergütung bei Anordnung der Änderung, § 650c BGB

Hat der Auftraggeber die Änderung berechtigt und formgerecht einseitig angeordnet, ist zwar der Unternehmer zur Ausführung verpflichtet. Mangels entsprechender Vereinbarung fehlt es aber an einer Regelung für die Vergütung.

Dies entspricht im Ergebnis auch der grundsätzlichen Überlegung, die aus der VOB/B bekannt ist. Der Unternehmer ist vorleistungspflichtig. Die Frage der Vergütung für diese Änderung ist im Nachhinein zu klären.

Die VOB/B favorisierte das Modell der sogenannten vorkalkulatorischen Preisfortschreibung, also einer Preisfortschreibung aus der Urkalkulation und im Voraus kalkulierten Nachtragspreisen. Dieser Grundsatz: „Guter Preis bleibt guter Preis und schlechter Preis bleibt schlechter Preis“ wird im neuen Bauvertragsrecht nicht weiter verfolgt.

Die vom Gesetzgeber nunmehr in der Reform des Bauvertragsrechtes verankerte Vergütungsregelung hat dem Unternehmer ein Wahlrecht eingeräumt, die Nachtragsvergütung auf der Grundlage

- der „tatsächlich erforderlichen Kosten“ mit Zuschlägen für allgemeine Geschäftskosten, Wagnis und Gewinn, § 650c Abs. 1 Satz 1 BGB

oder

- der Ansätze in einer vereinbarungsgemäß hinterlegten Urkalkulation, § 650c Abs. 2 BGB

zu bestimmen.

25 BT-Drucksache 18/11437, S. 47.

Nach der Gesetzesbegründung soll das Berechnungsmodell einerseits Anreize für eine korrekte Ausschreibung des Bestellers und eine korrekte sowie nachvollziehbare Kalkulation durch den Unternehmer gewährleisten. Andererseits würde die Möglichkeit der Unternehmer eingeschränkt, durch spekulative Preisbildungen nicht ge-rechtfertigte Preisvorteile zu erzielen²⁶. Im Umkehrschluss ist aber auch der Auftraggeber gehindert, sich auf spekulativ und fehlerhaft zu niedrig kalkulierte Preise zu berufen.

a) Vergütung nach tatsächlichen Kosten, § 650c Abs. 1 BGB

Bei der Vergütung nach tatsächlichen Kosten erfolgt nicht mehr (wie bisher gewohnt) eine Bewertung der geänderten Leistungen anhand der Kalkulation des Nachtragsangebotes, sondern anhand der tatsächlich entstandenen Kosten. Dadurch ist insbesondere eine Berechnung der Aufwendungen nach der ortsüblichen Vergütung möglich. Im Ergebnis soll eine Aufwands- und Kostenermittlung anhand des fertiggestellten Werkes „rückwärts“ erfolgen.

Preise, welche von der Änderung nicht betroffen sind, bleiben erhalten²⁷. Für die Änderung erfolgt eine Ermittlung aus der „*Differenz zwischen den hypothetischen Kosten, die ohne die Anordnung des Bestellers entstanden wären, und den Ist-Kosten, die aufgrund der Anordnung tatsächlich entstanden sind*“²⁸.

Diese Berechnung hat den Vorteil, dass die von der Änderung betroffenen Leistungen nach den aktuellen (tatsächlich entstandenen) Kosten abgerechnet werden können, so dass insbesondere auch unvorhergesehene Preisänderungen in den Preis einfließen können.

Die Berechnung beinhaltet aber auch erhebliches Streitpotential. Dies beginnt bei der geforderten Ermittlung der hypothetisch entstandenen Kosten für die ursprünglich geforderten Leistungen. Aber auch die tatsächlich entstandenen Aufwendungen dürften nicht ohne Streitpotential bleiben. So ist beispielsweise die Ermittlung der Lohnleistungen insoweit diskussionswürdig, weil der Auftraggeber ohne weiteres auch die ermittelte Höhe der Arbeitszeit anzweifeln kann.

Dies stellt zukünftig erhebliche Anforderungen an den Unternehmer, welcher zukünftig sowohl in Vorarbeit, als auch baubegleitend einen hohen Aufwand haben dürfte. Ein zu pauschales Angebot wird bei Leistungsänderungen zu erheblichen Diskussionen führen, wobei der Unternehmer beachten muss, dass er im Gerichtsprozess volumfänglich beweisbelastet ist.

b) Vergütung nach den Ansätzen einer vereinbarungsgemäß hinterlegten Urkalkulation, § 650c Abs. 2 BGB

Ist eine Urkalkulation vereinbarungsgemäß vom Unternehmer

– offenbart

oder

– zumindest hinterlegt

26 BT-Drucksache 18/8486, S. 55.

27 BT-Drucksache 18/8486, S. 55.

28 BT-Drucksache 18/8486, S. 55.

und hinreichend aufgeschlüsselt (eine Nachrechnung der Urkalkulation sieht die Gesetzesbegründung im Gegensatz zu der nach VOB/B gängigen Praxis nicht vor²⁹), kann der Unternehmer seine Preise nach dieser Kalkulation forschreiben. Wählt der Unternehmer diese Variante wird widerleglich vermutet, dass die fortgeschriebenen Preise den tatsächlich erforderlichen Kosten entsprechen.

Aber Achtung:

Diese Fortschreibung setzt voraus, dass die Kalkulation auch entsprechende Preis- und Kostenansätze hat. Insoweit sollten die Einzelpositionen jeweils in die Kostenarten:

- Lohn,
- Stoffe,
- Geräte,
- Fremdleistungen

sowie

- die Zuschläge für Allgemeine Geschäftskosten, Baustellengemeinkosten, Wagnis und Gewinn

beinhalten³⁰.

Im Ergebnis kann der Unternehmer bei dieser Variante analog der aus der VOB/B gewohnten vorkalkulatorischen Preisfortschreibung gemäß § 2 Abs. 5 bzw. § 2 Abs. 6 VOB/B agieren.

3.1.4 Gerichtliche Durchsetzung der Rechts bei Änderungen, § 650d BGB

Der Gesetzgeber hat zukünftig auch prozessuale Möglichkeiten, jedenfalls zur Sicherung und Klärung der gegenseitigen Rechte, eingeführt. Die neu eingeführten prozessualen Rechte führen zwar nicht unmittelbar zur Zahlung einer Abschlagsrechnung, sollen jedoch durch eine sogenannten „einstweilige Verfügung“ zukünftig die jeweiligen Rechte sichern.

Die neue eingeführte einstweilige Verfügung gilt für Streitigkeiten über

- das Anordnungsrecht des Auftraggebers gemäß § 650b BGB,
- die Vergütungsanpassung gemäß § 650c BGB.

Der Antragsteller muss nur Verfügungsanspruch glaubhaft machen (Verfügungsgrund nicht erforderlich).

a) Streitigkeit über das Anordnungsrecht

Die Streitigkeit über das Anordnungsrecht wird eher in erster Linie auf Antrag des AG mit dem Antrag eingeleitet, dass AN verpflichtet ist, Anordnung des Auftraggebers auszuführen (der Unternehmer kann beantragen festzustellen, dass er nicht zur Ausführung der Anordnung verpflichtet ist).

29 DAMMERT/LENKEIT/OBERHAUSER/PAUSE/STRENZ, Das neue Bauvertragsrecht, § 2 Rdn. 116.

30 DAMMERT/LENKEIT/OBERHAUSER/PAUSE/STRENZ, Das neue Bauvertragsrecht, § 2 Rdn. 117.

Gegenstand dieses Verfahrens wird also die Rechtmäßigkeit der Anordnung inklusive der Frage der Unzumutbarkeit, jedoch auch Formalfragen der Änderungsanordnung (Textform eingehalten, Vertretungsmacht des Anordnenden) sein.

b) Streitigkeit über Vergütungsanpassung

Für den Unternehmer bedeutsamer ist die einstweilige Verfügung zur Klärung des Streites über die Vergütungsanpassung. Der Antrag des Unternehmers wird auf Zahlung einer Abschlagszahlung gerichtet sein:

Am Beispiel der 80 %igen Abschlagsvergütung bei angewiesener Änderung, § 650c Abs. 3 BGB sollen die Voraussetzungen für die einstweilige Verfügung dargestellt werden:

Voraussetzungen für 80 %-Vergütung

- Änderungswunsch + Nachtragsangebot + Verstreiben der Einigungsfrist,
- Anordnung der geänderten Leistung,
- Ausführung und Abrechnung bis abgerechneter Leistungsstand,
- Reduzierung auf 80 %.

Berücksichtigt man, dass der Auftraggeber sämtliche materiellen Einwendungen gegen den Auftragnehmer (also neben dem Bestreiten der vorgenannten Voraussetzungen auch die Frage, ob überhaupt eine Änderung oder eine geschuldete Leistung vorliegt, ob Mängel vorliegen oder der Auftragnehmer (vermeintlich) überzahlt ist, dürfte die einstweilige Verfügung eher in der Praxis der Ausnahmefall bleiben, weil viele Fragen durch die Gerichte nicht ohne langwierige Begutachtungen geklärt werden können.

3.1.5 Fazit

Für Baubetriebe wird es zukünftig wichtig sein, eine hinreichend detaillierte Urkalkulation mit dem Angebot zu fertigen und zu unterbreiten. Die gewährleistet die Möglichkeit, anhand der Urkalkulation die Vergütung fortzuschreiben, was zumindest die schwierige und streitbehaftete Rückwärtsrechnung nach den tatsächlichen Aufwendungen verhindern kann und auch eine Beweiserleichterung für die Abrechnung der geänderten Leistungen enthält.

Hinzu kommt die praktikable Erstellung eines Nachtragsangebotes als Verhandlungsgrundlage für den Nachtrag.

Außerdem gilt es unbedingt auf die Förmlichkeit der Änderungsanweisung sowie auch eine klare vertragliche Abgrenzung der Planungsverantwortung zu achten, da anderenfalls ein genereller Anspruchsverlust droht.

3.2 Abschlagszahlung, § 632a BGB

Auch im Bereich der Abschlagszahlungen wurde die Systematik, auf den 1. Blick relativ unscheinbar, jedoch mit erheblichen Auswirkungen, verändert.

3.2.1 Bisherige Rechtslage – Wertzuwachs beim Besteller

Das Recht der Abschlagszahlungen richtete sich nach § 632 a BGB a.F. ursprünglich nach dem Prinzip des Wertzuwachses. Abschlagsrechnungen konnten insoweit in der Höhe verlangt werden, in welcher der Besteller einen Wertzuwachs erhalten hat. Dieses Prinzip hatte allerdings erhebliche Nachteile. Einerseits war der Wertzuwachs teilweise nur schwer ermittelbar und gab Anlass zum Streit. Andererseits waren einzelne Werkunternehmer ohne separat vereinbarte Abschlagszahlungen nur schwer in der Lage, Abschlagsrechnungen zu stellen, weil kein Wertzuwachs beim Besteller entstanden ist. Denken wir beispielsweise an einen Gerüstbauer, der zwar ein Werk (Gerüst) errichtet, jedoch dadurch keinen Wertzuwachs erzeugt, weil das Gerüst wieder beseitigt wird. Ebenso verhält es sich beispielsweise auch mit einem Gutachter. Dieser fertigt zwar ein Gutachten als Werkvertrag, kann aber bis zur Erstellung des Gutachtens keinen Wertzuwachs aufweisen.

Dabei durfte der Auftraggeber nach § 632a Abs.1 Satz 3 BGB a.F. die Zahlung nur wegen unwesentlicher Mängel nicht verweigern, was aber im Umkehrschluss bedeutete, dass bei wesentlichen Mängeln eine Zahlung verweigert werden durfte. Diese Regelung hat sich insoweit als unzureichend bewiesen, als allein die Bewertung der Wesentlichkeit eines Mangels schwierig ist.

3.2.2 Neue Rechtslage – Wert der erbrachten Leistung

Die neue Regelung stellt nicht mehr auf den Wertzuwachs, sondern auf den Wert der erbrachten und nach dem Vertrag geschuldeten Leistungen ab.

Allein durch diese neue Weichenstellung werden die obigen Beispiele in den Kreis der Berechtigten für Abschlagsrechnungen aufgenommen.

Bestehen Mängel am Werk, darf der Auftraggeber einen angemessenen Teil des Werklohnes einbehalten, wobei hier auf § 641 Abs. 3 BGB verwiesen wird (in der Regel das Doppelte der Mängelbeseitigungskosten).

3.3 Fiktive Abnahme, § 640 BGB

Schon in den bisherigen Regelungen des BGB war die Möglichkeit einer fiktiven Abnahme vorhanden, sofern der Besteller zur Abnahme innerhalb einer angemessenen Frist aufgefordert wurde und nicht reagierte, obwohl er hierzu verpflichtet ist, § 640 Abs. 1 Satz 3 BGB a.F. Damit konnte der Besteller die Abnahme durch einfache Erklärung verweigern.

Diese Regelung hat sich als nicht praktikabel bewiesen, weil jegliche Erklärung, selbst ohne Angabe von Mängeln, zur Verhinderung der Abnahme ausreichte.

Um die Regelung praktikabler zu gestalten, wird der Besteller nunmehr gezwungen, zur Verweigerung der Abnahme mindestens einen Mangel zu benennen. Wird die Abnahme unter Benennung eines Mangels verweigert, tritt keine Abnahmewirkung ein, § 640 Abs. 2 Satz 1 BGB.

Dies soll aber nicht darüber hinweg täuschen, dass der Besteller jederzeit berechtigt ist, weitere Mängel nachzuschieben, welche dann für die Bewertung der Abnahmereife trotzdem zu prüfen sind³¹.

3.4 Zustandsfeststellung, Schlussrechnung, § 650g BGB

3.4.1 Zustandsfeststellung bei Verweigerung der Abnahme, § 650g Abs. 1–3 BGB

In den bisherigen gesetzlichen Regelungen, wie der Auftragnehmer bei einer Verweigerung der Abnahme praktikabel mit der Situation umgehen soll, indem er einerseits vollenfänglich für die ordnungsgemäße Werkleistung beweisbelastet ist und andererseits nicht verhindern kann, dass der Auftraggeber in aller Regel vollen Zugriff auf das Bauvorhaben hat und dies häufig auch schon bewohnt bzw. benutzt und dadurch das Werk eventuell beschädigt. Wie soll der Auftragnehmer in solchen Fällen beweisen, dass eine Mängelscheinung durch den Auftraggeber eventuell selbst verursacht oder verstärkt wurde?

Die neuen gesetzlichen Regelungen sollen dem Auftragnehmer die Möglichkeit geben, den Zustand des Bauwerkes zum Zeitpunkt der Abnahmeverweigerung aufzunehmen und festhalten zu können.

a) Gemeinsame Feststellung, § 650g Abs. 1 BGB

Im Falle der Verweigerung der Abnahme durch den Besteller kann der Auftragnehmer nunmehr verlangen, dass der Besteller an einer gemeinsamen Zustandsfeststellung des Werkes mitwirkt.

Hierzu hat der Auftragnehmer mit dem Besteller entweder einen gemeinsamen Termin zu vereinbaren oder innerhalb einer angemessenen Frist einen Termin zu bestimmen, an welchem die Zustandsfeststellung stattfinden soll, § 650g Abs. 2 BGB.

Dabei soll diese gemeinsame Feststellung unter Angabe des Datums von beiden Vertragsparteien unterschrieben werden, § 650g Abs. 1 Satz 2 BGB. Eventuell entstehende Kosten der Zustandsfeststellung soll jede Partei selbst tragen³².

b) Einseitige Feststellung, § 650g Abs. 2 BGB

Verweigert der Besteller die gemeinsame Zustandsfeststellung oder bleibt er dem Termin fern³³, darf der Unternehmer die Zustandsfeststellung einseitig ohne den Besteller vornehmen.

31 BT-Drucksache 18/8486, S. 48.

32 BT-Drucksache 18/8486, S. 60.

33 Dies gilt nicht, wenn er fernbleibt, ohne dass er dies zu verschulden hat.

c) Rechtsfolgen der Zustandsfeststellung, § 650g Abs. 3 BGB

Sowohl die einseitige, als auch die gemeinsame Zustandsfeststellung stellt die (widerrlegbare) Vermutung auf, dass ein offenkundiger Mangel, welcher nicht in der Zustandsfeststellung enthalten ist, nach der Zustandsfeststellung entstanden und vom Besteller zu vertreten sei. Dies wird nur dadurch eingeschränkt, dass die Vermutung dann nicht gelten soll, wenn der Mangel seiner Art nach nicht vom Besteller verursacht worden sein kann, § 650g Abs. 3 Satz 2 BGB.

Offenkundig ist dabei ein Mangel, wenn er bei der Zustandsfeststellung ohne weiteres hätte entdeckt werden müssen, wobei hierfür auch die Sachkunde des Bestellers zu berücksichtigen ist³⁴.

3.4.2 Schlussrechnung, § 650g Abs. 4 BGB

Vor den Neuerungen im Bauvertragsrecht gab es keine gesetzlichen Regelungen für die Abrechnung des Werklohnes. Geregelt war lediglich, dass die Vergütung mit Abnahme bzw. wenn die Abnahme wegen einer Durchgriffsfälligkeit gemäß § 641 Abs. 2 BGB³⁵ entbehrlich ist, fällig wird.

Weil aber in der Praxis auch erheblicher Bedarf an einer prüfbaren Schlussabrechnung besteht, was schon aus dem Informations- und Kontrollinteresse des Bestellers resultiert, bestand hier Reformbedarf.

Künftig ist der Werklohn nur fällig, wenn zusätzlich zur Abnahme oder Entbehrllichkeit der Abnahme (§ 641 BGB) durch den Auftragnehmer

- eine prüffähige Schlussrechnung (§ 650g Abs. 4 BGB)

gestellt wird.

Einwendungen gegen die Prüffähigkeit können innerhalb von 30 Tagen ab Zugang der Schlussrechnung erhoben werden.

Im Ergebnis gelten hier die gleichen Regelungen, wie in § 16 VOB/B.

3.5 Kündigung des Bauvertrages

Die Kündigung des litt auch an verschiedenen praktischen Problemen. So war eine Kündigung auch mündlich möglich, was dann aber zu Problemen in der Beweisbarkeit führte. Spezielle Regelungen für Kündigungen aus wichtigen Grund fehlen auch völlig.

34 BT-Drucksache 18/8486, S. 53.

35 Fälligkeit, wenn Auftraggeber seinerseits Geld von seinem Auftraggeber bekommen hat oder von diesem das Werk abgenommen wurde.

3.5.1 Schriftform der Kündigung, § 650h BGB

Die gesetzlichen Neuregelungen sehen nunmehr vor, dass jede Art von Kündigung künftig schriftlich zu erfolgen hat.

Dabei ist zu beachten, dass das Schriftformerfordernis eine Urkunde mit eigenhändiger Unterschrift erfordert, § 126 BGB. Dies kann zwar auch auf elektronischen Weg erfolgen, was aber eine elektronische Signatur erfordert, § 126a BGB. Eine Kündigung durch „einfache“ E-Mail scheidet daher aus und ist unwirksam.

3.5.2 Außerordentliche Kündigung, § 648a BGB

Auch ein außerordentliches Kündigungsrecht wird nunmehr für das Bauvertragsrecht normiert. Allerdings verzichtet der Gesetzgeber auf die Normierung spezieller Kündigungsgründe wie sie beispielsweise in § 8 VOB/B für den Auftraggeber formuliert sind.

a) Kündigung

Nach § 648a BGB ist ein Werkvertrag kündbar, wenn „*dem kündigendem Teil unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls und unter Abwägung der beiderseitigen Interessen die Fortsetzung des Vertragsverhältnisses bis zur Fertigstellung des Werkes nicht zugemutet werden kann*“.

b) Teilkündigung

Gleichzeitig wird klargestellt, dass eine Teilkündigung bei einem „abgrenzbaren Teil des geschuldeten Werks“ möglich ist.

c) Abmahnung, Kündigungsfrist

Besonders wichtig ist zukünftig, dass ein Recht zu außerordentlichen Kündigung nicht unbeschränkt gilt, sondern im Regelfall eine Frist zur Abhilfe bzw. Abmahnung erforderlich ist, § 648a Abs. 3, 314 Abs. 2 BGB. Außerdem ist die Kündigung nur innerhalb angemessener Frist³⁶ nach Kenntnis des Kündigungsgrundes möglich, § 648a Abs. 3, 314 Abs. 3 BGB.

d) Feststellung des Leistungsstandes

Die gesetzliche Neuregelung sieht dabei auch vor, dass nach der Kündigung „*jede Vertragspartei von der anderen*“ die Mitwirkung an einer „*gemeinsamen Feststellung des Leistungsstandes*“ verlangen kann, § 648a Abs. 4 Satz 1 BGB. Gleichzeitig wird festgelegt, dass die Vertragspartei, welche die Mitwirkung an der Feststellung verweigert oder einen vereinbarten bzw. innerhalb angemessener Frist einseitig festgelegten Termin schulhaft versäumt, die Beweislast für den Leistungsstand zum Zeitpunkt der Kündigung hat, § 648a Abs. 4 BGB.

e) Vergütung

§ 648a Abs. 5 BGB statuiert ausdrücklich, dass der Auftragnehmer Anspruch auf Vergütung für die bis zur Kündigung erbrachten Leistungen hat, unabhängig davon, welche Vertragspartei die Kündigung aus wichtigem Grund zu vertreten hat.

f) Schadensersatz

Gleichzeitig hat der Gesetzgeber klargestellt, dass die Kündigung die Möglichkeit auf Schadensersatz nicht ausschließt, § 648a Abs. 6 BGB.

36 Der Regelfall liegt hier bei ca. 2 Wochen.

4 Architekten- und Ingenieurvertrag

Der Gesetzgeber führt mit dem Architekten- und Ingenieurvertrag erstmals einen eigenen Vertragstypus in das BGB ein. Das BGB regelt hauptsächlich die Hauptleistungspflichten, ohne allerdings den Geltungsbereich der HOAI zu beeinträchtigen. Dabei wird durch den Gesetzgeber zwischen der Leistungs- bzw. Umsetzungsphase (§ 650p Abs. 1 BGB) und einer vorausgehenden Zielfindungsphase (§ 650p Abs. 2 BGB)³⁷ differenziert.

4.1 Vertragliche Hauptleistungspflichten

Der Gesetzgeber äußert sich grundsätzlich nicht, ob für den Architekten- und Ingenieurvertrag eine entsprechende Qualifikation erforderlich ist. Aus dieser Tatsache heraus wird geschlussfolgert, dass die Einordnung rein leistungsbezogen ist und eine entsprechende Qualifikation nicht notwendig ist³⁸.

§ 650p Abs. 1 BGB statuiert dabei lediglich abstrakt die grundsätzlichen Leistungspflichten dahingehend, dass der Unternehmer „die Leistungen zu erbringen hat, die nach dem jeweiligen Stand der Planung und Ausführung des Bauwerkes oder der Außenanlage erforderlich sind“. Die diesbezügliche Formulierung soll klarstellen, dass der tatsächlich zu erbringende Leistungserfolg maßgeblich von der Bestimmung des vertraglichen Leistungs-(Planungs)erfolges abhängt. D.h., für die Bestimmung der geschuldeten Einzelleistungen ist als Bezugspunkt das jeweils vereinbarte Planungs- und Überwachungsziel zu ermitteln. Hieraus wird abgeleitet, welche Leistungen zur Erreichung des Ziels erforderlich sind, mithin vom Unternehmer geschuldet werden. Wird, wie in der Praxis häufig, vertraglich eine Bezugnahme zur HOAI vorgenommen, können hieraus dann die Einzelleistungen (Leistungsphasen) bestimmt werden³⁹, auch wenn die HOAI eigentlich nur reines Preisrecht darstellt⁴⁰ und dadurch nur als Auslegungshilfe dienen kann⁴¹.

Besondere Formvorschriften sind für einen Architekten- und Ingenieurvertrag nicht vorgesehen, so dass man im Ergebnis sagen kann, dass sich hier für die Praxis nichts ändert.

4.2 Zielfindungsphase, Sonderkündigungsrecht

Weit wichtiger ist die Einführung der sogenannten Zielfindungsphase gemäß § 650p Abs. 2 BGB und der hieraus resultierenden Handlungsmöglichkeiten beider Parteien.

4.2.1 Zielfindungsphase, § 650p Abs. 2 BGB

Der Gesetzgeber war mit der gesetzlichen Neuregelung bestrebt, die zum Nachteil des Architekten weit ausgedehnte Praxis und Rechtsprechung der unentgeltliche Akquiseitätigkeit einzuschränken⁴². Gerade durch die Einführung einer vertraglichen

37 DAMMERT/LENKEIT/OBERHAUSER/PAUSE/STRENZ, Das neue Bauvertragsrecht, § 1 Rdn. 1.

38 DAMMERT/LENKEIT/OBERHAUSER/PAUSE/STRENZ, Das neue Bauvertragsrecht, § 4 Rdn. 15.

39 DAMMERT/LENKEIT/OBERHAUSER/PAUSE/STRENZ, Das neue Bauvertragsrecht, § 4 Rdn. 22.

40 BGH, Urteil vom 26.07.2007, VII ZR 42/05.

41 DAMMERT/LENKEIT/OBERHAUSER/PAUSE/STRENZ, Das neue Bauvertragsrecht, § 4 Rdn. 22.

42 BT-Drucksache 18/8486, S. 67.

Pflicht des Architekten an der Ermittlung der Planungsziele soll klargestellt werden, dass bereits zu diesem Zeitpunkt ein entgeltlicher Vertrag geschlossen sein kann.

a) Planungsgrundlage

Besteht insoweit noch keine Definition von Planungszielen, besteht die Hauptpflicht des Auftragnehmers in der Ergründung und Definierung der Ziele des Bestellers und das Erstellen einer Planungsgrundlage. Dabei stellt der Gesetzgeber keinen Bezug zur HOAI her. Unter Heranziehung der HOAI wird man aber sagen können, dass im Rahmen der Zielfindungsphase teilweise Leistungen der Leistungsphase 1 (Grundlagenermittlung) und 2 (Vorplanung), keinesfalls aber der Leistungsphase 3 (Entwurfsplanung) erbracht werden müssen⁴³. Der Gesetzgeber spricht im Hinblick auf die Planungsgrundlage von Skizzen oder die Beschreibung des zu planenden Vorhabens⁴⁴. Der Umfang der Planungsgrundlage hängt logischerweise vor allem davon ab, wie detailliert die Zielvorstellungen beim Besteller vorhanden sind.

b) Kostenschätzung

Neben der Planungsgrundlage ist der Auftragnehmer verpflichtet, dem Besteller eine Kostenschätzung vorzulegen, welche durch den Besteller bestätigt werden muss. Dabei geht es nicht um eine Kostenschätzung im Sinne der DIN276, sondern um eine grobe Einschätzung der zu erwartenden Kosten für die Finanzierungsplanung des Bestellers⁴⁵.

4.2.2 Sonderkündigungsrecht, § 650r BGB

Im Abschluss der Zielfindungsphase hat der Besteller eine Grundlage für die Entscheidung, ob er das von ihm vorgesehene Vorhaben realisieren möchte oder nicht. Aus diesem Grund räumt der Gesetzgeber dem Besteller und dem Auftragnehmer hieran anschließend ein Sonderkündigungsrecht ein.

a) Besteller, § 650r Abs. 1 BGB

Der Besteller kann nach Vorlage der Unterlagen aus der Zielfindungsphase den Vertrag ohne Angabe von Gründen kündigen⁴⁶.

Hierzu gibt ihm der Gesetzgeber eine Kündigungsfrist von 2 Wochen ab Zugang der Unterlagen⁴⁷.

b) Auftragnehmer, § 650r Abs. 2 BGB

Auch ohne Kündigung des Bestellers können Situationen eintreten, in welchem der Besteller auf das Ergebnis der Zielfindungsphase einfach nicht reagiert oder die Zustimmung ausdrücklich verweigert.

Um dieser Situation entgegenzuwirken, ist der Auftragnehmer seinerseits berechtigt, dem Besteller eine angemessene Frist zur Zustimmung zu setzen.

43 DAMMERT/LENKEIT/OBERHAUSER/PAUSE/STRENZ, Das neue Bauvertragsrecht, § 4 Rdn. 42.

44 BT-Drucksache 18/8486, S. 67.

45 BT-Drucksache 18/8486, S. 67.

46 Die Kündigung hat in Schriftform zu erfolgen, § 650q Abs. 1, 650h BGB.

47 Mit der Einschränkung, dass ein Verbraucher über diese Kündigungsfrist sowie die Rechtsfolgen unterrichtet wurde.

Erfolgt innerhalb der Frist keine Erklärung oder liegt eine Verweigerung der Zustimmung vor, darf der Auftragnehmer seinerseits den Vertrag kündigen⁴⁸.

c) Rechtsfolgen, § 650r Abs. 3 BGB

Die Kündigung sowohl des Unternehmers, als auch des Bestellers löst einen Vergütungsanspruch des Unternehmers, beschränkt auf die bis dahin erbrachten Leistungen erbrachten Leistungen aus.

4.3 Teilabnahme, § 650s BGB

In der bisherigen Gesetzeslage gab es für Architekten- und Ingenieure ohne eine entsprechende vertragliche Vereinbarung oder den „good will“ des Auftraggebers keine Möglichkeit, Teilabnahmen zu erwirken⁴⁹. Insbesondere in Fällen der Vollarchitektur (Beauftragung der Leistungsphasen 1–9) führte dies dazu, dass die Leistung des Architekten erst mit Ende der Leistungsphase 9, also mit Ablauf der Gewährleistungszeit der Baubetriebe, abnahmereif war⁵⁰. Dem ging einher, dass die Gewährleistungszeit des Architekten erst zu einem Zeitpunkt begann, in dem die Gewährleistung der Bauunternehmer beendet war.

Diesem unterschiedlichen Haftungs- und Gewährleistungszeiträumen will der Gesetzgeber entgegenwirken und gibt dem Architekten das Recht, eine Teilabnahme ab dem Zeitpunkt zu verlangen, wenn die letzte Leistung der/des bauausführenden Unternehmen abgenommen wurde.

Der Architekt muss aber hierfür selbst aktiv werden, was ihm auch dringend anzuraten ist.

4.4 Gesamtschuldnerische Haftung, § 650t BGB

Eine auf den ersten Blick schöne, in der Praxis aber wenig bedeutsame Regelung findet sich zur sogenannten gesamtschuldnerischen Haftung zwischen Architekten und Bauunternehmern.

Jeder kennt vermutlich die Situation, dass der Auftraggeber aufgrund der in der Rechtsprechung allgemein anerkannten gesamtschuldnerischen Haftung zwischen Architekt und Bauunternehmer, häufig wegen Baumängel zuvorderst den Architekten verklagt, weil er auch in der Wahl des Gegners grundsätzlich frei ist⁵¹. Dies geschieht häufig hauptsächlich unter der Überlegung, dass hinter dem Architekten eine solvente Haftpflichtversicherung steht.

Dieser Entwicklung sollte durch den neu geschaffenen § 650t BGB entgegengewirkt werden, weshalb der Architekt zukünftig bei Überwachungsfehlern eine Haftung verweigern, sofern der Auftraggeber nicht vorher den ausführenden Bauunternehmer erfolglos zur Nachbesserung aufgefordert hat.

48 Die Kündigung hat in Schriftform zu erfolgen, § 650q Abs. 1, 650h BGB.

49 OLG München, Urteil vom 10.02.2015 – 9 U 2225/14 Bau.

50 OLG Celle, Urteil vom 18.06.2015 – 6 U 12/15.

51 OLG Dresden, Urteil vom 19.10.2016 – 13 U 74/16.

Diese vorherige Aufforderung wird voraussichtlich nichts daran ändern, dass der Architekt derjenige sein wird, der vorrangig in die Haftung genommen wird. Die nunmehr erforderliche vorherige Aufforderung zur Mängelbeseitigung beim ausführenden Unternehmer ist in der Praxis in den meisten Fällen schon erfolgt, so dass die Regelung eher keine praktische Auswirkung haben dürfte.

5 Zusammenfassung

Mit dem Bauvertragsrecht sind wichtige Änderungen durch den Gesetzgeber eingeführt, welche in der Praxis lange erwartet und gewünscht wurden. Dadurch wurden für die Baupraxis wichtige und längst überfällige gesetzliche Grundlagen geschaffen, was insbesondere am neu eingeführten Anordnungsrecht oder der Regelung der Rechte beim Materialkauf ersichtlich ist.

Andererseits konnte/wollte der Gesetzgeber beispielsweise mit der Regelung zur gesamtschuldnerischen Haftung keine zielführende Regelung treffen.

Hinzu kommt aber, dass die neuen gesetzlichen Regelungen die Wirksamkeit der bisher gängig genutzten VOB/B in Frage stellen, weil das BGB das gesetzliche Leitbild für die VOB/B als allgemeine Geschäftsbedingung darstellt. So wird beispielsweise das neu eingeführte Anordnungsrecht, dem erst ein Einigungsversuch vorangehen muss, das bisherige reine Anordnungsmodell des § 1 Abs. 3 und Abs. 4 VOB/B einer AGB-rechtlichen Kontrolle nicht standhalten⁵². Dies wird auch auf die Vergütungsregelung bei einer derartigen Änderungsanordnung zutreffen⁵³. Dem Vernehmen nach ist auch schon durch den zuständigen Deutschen Vergabe- und Vertragsausschusses für Bauleistungen (DVA) die Überprüfung der VOB eingeleitet worden, wobei keine Zeitschiene hierfür bekannt ist⁵⁴.



Tilo Pfau

Dr. iur.

- 1991–1993: TU Chemnitz, Studium Techniker für Maschinenbau
- 1994–1999: Friedrich-Schiller-Universität in Jena, Studium Rechtswissenschaften
- 2005–2011: TU Chemnitz, Promotion „Rechtsschutz bei der Vergabe von Bauleistungen unterhalb der Schwellenwerte, unter besonderer Berücksichtigung der Praxis in Sachsen“
- seit 2001: Rechtsanwalt bei Rechtsanwälte Pfau & Kollegen, Chemnitz
- seit 2003: Referententätigkeit für Bauakademie Sachsen, HTW Dresden und verschiedene Firmen

52 DAMMERT/LENKEIT/OBERHAUSER/PAUSE/STRENZ, Das neue Bauvertragsrecht, § 2 Rdn. 92; KNIFFKA, Vortragsskript „Neues Bauvertragsrecht“ vom 20.06.2017, S. 39

53 DAMMERT/LENKEIT/OBERHAUSER/PAUSE/STRENZ, Das neue Bauvertragsrecht, § 2 Rdn. 129; KNIFFKA, Vortragsskript „Neues Bauvertragsrecht“ vom 20.06.2017, S. 42.

54 So KNIFFKA, im Vortrag „Neues Bauvertragsrecht“ am 20.06.2017.

Synopse der wesentlichsten Vorschriften für Reform des Bauvertragsrechts und zur Änderung der kaufrechtlichen Mängelhaftung (BGB mit Gesetzentwurf gemäß Drucksache 18/8486 und Beschlussempfehlung gemäß Drucksache 18/11437 – Gesetz am 10.03.2017 beschlossen

Inhalt

§ 357d Rechtsfolgen des Widerrufs bei Verbraucherbauverträgen	96
§ 356d e Widerrufsrecht bei Verbraucherbauverträgen	96
§ 439 Nacherfüllung	96
§ 440 Besondere Bestimmungen für Rücktritt und Schadensersatz	97
§ 445a Rückgriff des Verkäufers	97
§ 445b Verjährung von Rückgriffsansprüchen	98
Kapitel 1	98
Allgemeine Vorschriften	98
§ 631 Vertragstypische Pflichten beim Werkvertrag	98
§ 632 Vergütung	98
§ 632a Abschlagszahlungen	98
§ 640 Abnahme	102
§ 647a Sicherungshypothek des Inhabers einer Schiffswerft	104
§ 648 Kündigungsrecht des Bestellers	106
§ 648a Kündigung aus wichtigem Grund	106
§ 649 Kostenanschlag	107
§ 650 Anwendung des Kaufrechts	107
Kapitel 2	108
Bauvertrag	108
§ 650a Bauvertrag	108
§ 650b Änderung des Vertrags; Anordnungsrecht des Bestellers	108
§ 650c Vergütungsanpassung bei Anordnungen nach § 650b Absatz 2	109
§ 650d Einstufige Verfügung	110
§ 650d e Sicherungshypothek des Bauunternehmers	110
§ 650e f Bauhandwerkersicherung	110
§ 650f g Zustandsfeststellung bei Verweigerung der Abnahme; Schlussrechnung	112
§ 650g h Schriftform der Kündigung	112
Kapitel 3	112
Verbraucherbauvertrag	112

§ 650h i Verbraucherbauvertrag	112
§ 650i j Baubeschreibung	113
§ 650j k Inhalt des Vertrags	113
§ 650k l Widerrufsrecht	113
§ 650l m Abschlagszahlungen; Absicherung des Vergütungsanspruchs	113
§ 650m n Erstellung und Herausgabe von Unterlagen	114
Kapitel 4	115
Unabdingbarkeit	115
§ 650n o Abweichende Vereinbarungen	115
Untertitel 2	115
Architektenvertrag und Ingenieurvertrag	115
§ 650e p Vertragstypische Pflichten aus Architekten- und Ingenieurverträgen	115
§ 650p q Anwendbare Vorschriften	115
§ 650q r Sonderkündigungsrecht	115
§ 650f s Teilabnahme	116
§ 650s t Gesamtschuldnerische Haftung mit dem bauausführenden Unternehmer	116
Untertitel 3	116
Bauträgervertrag	116
§ 650t u Bauträgervertrag; anwendbare Vorschriften	116
§ 650u v Abschlagszahlungen	116

BGB alte Fassung	BGB neue Fassung
	<p><u>§ 357d Rechtsfolgen des Widerrufs bei Verbraucherbauverträgen</u></p> <p>Ist die Rückgewähr der bis zum Widerruf erbrachten Leistung ihrer Natur nach ausgeschlossen, schuldet der Verbraucher dem Unternehmer Wertersatz. Bei der Berechnung des Wertersatzes ist die vereinbarte Vergütung zugrunde zu legen. Ist die vereinbarte Vergütung unverhältnismäßig hoch, ist der Wertersatz auf der Grundlage des Marktwertes der erbrachten Leistung zu berechnen.</p>
	<p><u>§ 356d e Widerrufsrecht bei Verbraucherbauverträgen</u></p> <p>Bei einem Verbraucherbauvertrag (§ 650h i Absatz 1) beginnt die Widerrufsfrist nicht, bevor der Unternehmer den Verbraucher gemäß Artikel 249 § 3 des Einführungsgesetzes zum Bürgerlichen Gesetzbuch über sein Widerrufsrecht belehrt hat. Das Widerrufsrecht erlischt spätestens zwölf Monate und 14 Tage nach dem in § 355 Absatz 2 Satz 2 genannten Zeitpunkt.</p>
<p>§ 439 Nacherfüllung</p> <p>(1) Der Käufer kann als Nacherfüllung nach seiner Wahl die Beseitigung des Mangels oder die Lieferung einer mangelfreien Sache verlangen.</p> <p>(2) Der Verkäufer hat die zum Zwecke der Nacherfüllung erforderlichen Aufwendungen, insbesondere Transport-, Wege-, Arbeits- und Materialkosten zu tragen.</p>	<p><u>§ 439 Nacherfüllung</u></p> <p>(1) Der Käufer kann als Nacherfüllung nach seiner Wahl die Beseitigung des Mangels oder die Lieferung einer mangelfreien Sache verlangen.</p> <p>(2) Der Verkäufer hat die zum Zwecke der Nacherfüllung erforderlichen Aufwendungen, insbesondere Transport-, Wege-, Arbeits- und Materialkosten zu tragen.</p> <p><i>(3) Hat der Käufer die mangelhafte Sache gemäß ihrer Art und ihrem Verwendungszweck in eine andere Sache eingebaut oder an eine andere Sache angebracht, ist der Verkäufer im Rahmen der Nacherfüllung verpflichtet, dem Käufer die nach seiner Wahl entweder selbst den erforderlichen Aufwendungen für das Entfernen Ausbau der mangelhaften und den Einbau oder das Anbringen der nachgebesserten oder gelieferten mangelfreien Sache vorzunehmen oder dem Käufer die hierfür erforderlichen Aufwendungen zu ersetzen. Der Verkäufer ist auf den Aufwendungssatz beschränkt, wenn</i></p> <p><i>1. dem Ausbau der mangelhaften und dem Einbau der nachgebesserten oder gelieferten mangelfreien Sache durch den Verkäufer ein berechtigtes Interesse des Käufers entgegensteht oder</i></p> <p><i>2. der Verkäufer nicht innerhalb einer vom Käufer bestimmten angemessenen Frist erklärt hat, dass er den Aus- und Einbau selbst vornehmen werde.</i></p>

<p>(3) Der Verkäufer kann die vom Käufer gewählte Art der Nacherfüllung unbeschadet des § 275 Abs. 2 und 3 verweigern, wenn sie nur mit unverhältnismäßigen Kosten möglich ist. Dabei sind insbesondere der Wert der Sache in mangelfreiem Zustand, die Bedeutung des Mangels und die Frage zu berücksichtigen, ob auf die andere Art der Nacherfüllung ohne erhebliche Nachteile für den Käufer zurückgegriffen werden könnte. Der Anspruch des Käufers beschränkt sich in diesem Fall auf die andere Art der Nacherfüllung; das Recht des Verkäufers, auch diese unter den Voraussetzungen des Satzes 1 zu verweigern, bleibt unberührt.</p> <p>(4) Liefert der Verkäufer zum Zwecke der Nacherfüllung eine mangelfreie Sache, so kann er vom Käufer Rückgewähr der mangelhaften Sache nach Maßgabe der §§ 346 bis 348 verlangen.</p>	<p>§ 442 Absatz 1 ist mit der Maßgabe anzuwenden, dass für die Kenntnis des Käufers an die Stelle des Vertragsschlusses der Einbau oder das Anbringen der mangelhaften Sache durch den Käufer tritt.</p> <p>(4) Der Verkäufer kann die vom Käufer gewählte Art der Nacherfüllung unbeschadet des § 275 Abs. 2 und 3 verweigern, wenn sie nur mit unverhältnismäßigen Kosten möglich ist. Dabei sind insbesondere der Wert der Sache in mangelfreiem Zustand, die Bedeutung des Mangels und die Frage zu berücksichtigen, ob auf die andere Art der Nacherfüllung ohne erhebliche Nachteile für den Käufer zurückgegriffen werden könnte. Der Anspruch des Käufers beschränkt sich in diesem Fall auf die andere Art der Nacherfüllung; das Recht des Verkäufers, auch diese unter den Voraussetzungen des Satzes 1 zu verweigern, bleibt unberührt.</p> <p>(5) Liefert der Verkäufer zum Zwecke der Nacherfüllung eine mangelfreie Sache, so kann er vom Käufer Rückgewähr der mangelhaften Sache nach Maßgabe der §§ 346 bis 348 verlangen.</p>
<p>§ 440 Besondere Bestimmungen für Rücktritt und Schadensersatz</p> <p>Außer in den Fällen des § 281 Abs. 2 und des § 323 Abs. 2 bedarf es der Fristsetzung auch dann nicht, wenn der Verkäufer beide Arten der Nacherfüllung gemäß § 439 Abs. 3 verweigert oder wenn die dem Käufer zustehende Art der Nacherfüllung fehlgeschlagen oder ihm unzumutbar ist. Eine Nachbesserung gilt nach dem erfolglosen zweiten Versuch als fehlgeschlagen, wenn sich nicht insbesondere aus der Art der Sache oder des Mangels oder den sonstigen Umständen etwas anderes ergibt.</p>	<p>§ 440 Besondere Bestimmungen für Rücktritt und Schadensersatz</p> <p>Außer in den Fällen des § 281 Absatz 2 und des § 323 Absatz 2 bedarf es der Fristsetzung auch dann nicht, wenn der Verkäufer beide Arten der Nacherfüllung gemäß § 439 Absatz 4 verweigert oder wenn die dem Käufer zustehende Art der Nacherfüllung fehlgeschlagen oder ihm unzumutbar ist. Eine Nachbesserung gilt nach dem erfolglosen zweiten Versuch als fehlgeschlagen, wenn sich nicht insbesondere aus der Art der Sache oder des Mangels oder den sonstigen Umständen etwas anderes ergibt.</p>
	<p>§ 445a Rückgriff des Verkäufers</p> <p>(1) Der Verkäufer kann beim Verkauf einer neu hergestellten Sache von dem Verkäufer, der ihm die Sache verkauft hatte (Lieferant), Ersatz der Aufwendungen verlangen, die er im Verhältnis zum Käufer nach § 439 Absatz 2 und 3 sowie § 475 Absatz 4 und 6 zu tragen hatte, wenn der vom Käufer geltend gemachte Mangel bereits beim Übergang der Gefahr auf den Verkäufer vorhanden war.</p> <p>(2) Für die in § 437 bezeichneten Rechte des Verkäufers gegen seinen Lieferanten bedarf es wegen des vom Käufer geltend gemachten Mangels der sonst erforderlichen Fristsetzung nicht, wenn der Verkäufer die verkauft neu hergestellte Sache als Folge ihrer Mängelhaftigkeit zurücknehmen musste oder der Käufer den Kaufpreis gemindert hat.</p> <p>(3) Die Absätze 1 und 2 finden auf die Ansprüche des Lieferanten und der übrigen Käufer in</p>

	<p><i>der Lieferkette gegen die jeweiligen Verkäufer entsprechende Anwendung, wenn die Schuldner Unternehmer sind.</i> <i>(4) § 377 des Handelsgesetzbuchs bleibt unberührt.</i></p>
	<p><u>§ 445b Verjährung von Rückgriffsansprüchen</u></p> <p>(1) Die in § 445a Absatz 1 bestimmten Aufwendungsersatzansprüche verjähren in zwei Jahren ab Ablieferung der Sache.</p> <p>(2) Die Verjährung der in den §§ 437 und 445a Absatz 1 bestimmten Ansprüche des Verkäufers gegen seinen Lieferanten wegen des Mangels einer verkauften neu hergestellten Sache tritt frühestens zwei Monate nach dem Zeitpunkt ein, in dem der Verkäufer die Ansprüche des Käufers erfüllt hat. Diese Ablaufhemmung endet spätestens fünf Jahre nach dem Zeitpunkt, in dem der Lieferant die Sache dem Verkäufer abgeliefert hat.</p> <p>(3) Die Absätze 1 und 2 finden auf die Ansprüche des Lieferanten und der übrigen Käufer in der Lieferkette gegen die jeweiligen Verkäufer entsprechende Anwendung, wenn die Schuldner Unternehmer sind.</p>
<p>§ 631 Vertragstypische Pflichten beim Werkvertrag</p> <p>(1) Durch den Werkvertrag wird der Unternehmer zur Herstellung des versprochenen Werkes, der Besteller zur Entrichtung der vereinbarten Vergütung verpflichtet.</p> <p>(2) Gegenstand des Werkvertrags kann sowohl die Herstellung oder Veränderung einer Sache als auch ein anderer durch Arbeit oder Dienstleistung herbeizuführender Erfolg sein.</p>	<p><u>Kapitel 1</u></p> <p><u>Allgemeine Vorschriften</u></p> <p><u>§ 631 Vertragstypische Pflichten beim Werkvertrag</u></p> <p>(1) Durch den Werkvertrag wird der Unternehmer zur Herstellung des versprochenen Werkes, der Besteller zur Entrichtung der vereinbarten Vergütung verpflichtet.</p> <p>(2) Gegenstand des Werkvertrags kann sowohl die Herstellung oder Veränderung einer Sache als auch ein anderer durch Arbeit oder Dienstleistung herbeizuführender Erfolg sein.</p>
<p>§ 632 Vergütung</p> <p>(1) Eine Vergütung gilt als stillschweigend vereinbart, wenn die Herstellung des Werkes den Umständen nach nur gegen eine Vergütung zu erwarten ist.</p> <p>(2) Ist die Höhe der Vergütung nicht bestimmt, so ist bei dem Bestehen einer Taxe die taxmäßige Vergütung, in Ermangelung einer Taxe die übliche Vergütung als vereinbart anzusehen.</p> <p>(3) Ein Kostenanschlag ist im Zweifel nicht zu vergüten.</p>	<p><u>§ 632 Vergütung</u></p> <p>(1) Eine Vergütung gilt als stillschweigend vereinbart, wenn die Herstellung des Werkes den Umständen nach nur gegen eine Vergütung zu erwarten ist.</p> <p>(2) Ist die Höhe der Vergütung nicht bestimmt, so ist bei dem Bestehen einer Taxe die taxmäßige Vergütung, in Ermangelung einer Taxe die übliche Vergütung als vereinbart anzusehen.</p> <p>(3) Ein Kostenanschlag ist im Zweifel nicht zu vergüten.</p>
<p>§ 632a Abschlagszahlungen</p> <p>(1) Der Unternehmer kann von dem Besteller für eine vertragsgemäß erbrachte Leistung eine Abschlagszahlung in der Höhe verlangen, in der der Besteller durch die Leistung einen Wertzuwachs erlangt hat. Wegen unwesentlicher Mängel kann die Abschlagszahlung nicht verweigert</p>	<p><u>§ 632a Abschlagszahlungen</u></p> <p>(1) <i>Der Unternehmer kann von dem Besteller eine Abschlagszahlung in Höhe des Wertes der von ihm erbrachten und nach dem Vertrag geschuldeten Leistungen verlangen. Sind die erbrachten Leistungen nicht vertragsgemäß, kann der Besteller die Zahlung eines ange-</i></p>

<p>werden. § 641 Abs. 3 gilt entsprechend.</p>	<p><i>messenen Teils des Abschlags verweigern. Die Beweislast für die vertragsgemäße Leistung verbleibt bis zur Abnahme beim Unternehmer.</i></p>
<p>Die Leistungen sind durch eine Aufstellung nachzuweisen, die eine rasche und sichere Beurteilung der Leistungen ermöglichen muss. Die Sätze 1 bis 4 gelten auch für erforderliche Stoffe oder Bauteile, die angeliefert oder eigens angefertigt und bereitgestellt sind, wenn dem Besteller nach seiner Wahl Eigentum an den Stoffen oder Bauteilen übertragen oder entsprechende Sicherheit hierfür geleistet wird.</p>	<p>Die Leistungen sind durch eine Aufstellung nachzuweisen, die eine rasche und sichere Beurteilung der Leistungen ermöglichen muss. Die Sätze 1 bis 5 gelten auch für erforderliche Stoffe oder Bauteile, die angeliefert oder eigens angefertigt und bereitgestellt sind, wenn dem Besteller nach seiner Wahl Eigentum an den Stoffen oder Bauteilen übertragen oder entsprechende Sicherheit hierfür geleistet wird.</p>
<p>(2) Wenn der Vertrag die Errichtung oder den Umbau eines Hauses oder eines vergleichbaren Bauwerks zum Gegenstand hat und zugleich die Verpflichtung des Unternehmers enthält, dem Besteller das Eigentum an dem Grundstück zu übertragen oder ein Erbbaurecht zu bestellen oder zu übertragen, können Abschlagszahlungen nur verlangt werden, soweit sie gemäß einer Verordnung auf Grund von Artikel 244 des Einführungsgesetzes zum Bürgerlichen Gesetzbuche vereinbart sind.</p>	<p><i>(2) Wenn der Vertrag die Errichtung oder den Umbau eines Hauses oder eines vergleichbaren Bauwerks zum Gegenstand hat und zugleich die Verpflichtung des Unternehmers enthält, dem Besteller das Eigentum an dem Grundstück zu übertragen oder ein Erbbaurecht zu bestellen oder zu übertragen, können Abschlagszahlungen nur verlangt werden, soweit sie gemäß einer Verordnung auf Grund von Artikel 244 des Einführungsgesetzes zum Bürgerlichen Gesetzbuche vereinbart sind.</i></p>
<p>(3) Ist der Besteller ein Verbraucher und hat der Vertrag die Errichtung oder den Umbau eines Hauses oder eines vergleichbaren Bauwerks zum Gegenstand, ist dem Besteller bei der ersten Abschlagszahlung eine Sicherheit für die rechtzeitige Herstellung des Werkes ohne wesentliche Mängel in Höhe von 5 vom Hundert des Vergütungsanspruchs zu leisten. Erhöht sich der Vergütungsanspruch infolge von Änderungen oder Ergänzungen des Vertrages um mehr als 10 vom Hundert, ist dem Besteller bei der nächsten Abschlagszahlung eine weitere Sicherheit in Höhe von 5 vom Hundert des zusätzlichen Vergütungsanspruchs zu leisten. Auf Verlangen des Unternehmers ist die Sicherheitsleistung durch Einbehalt dergestalt zu erbringen, dass der Besteller die Abschlagszahlungen bis zu dem Gesamtbetrag der geschuldeten Sicherheit zurückhält.</p>	<p><i>(3) Ist der Besteller ein Verbraucher und hat der Vertrag die Errichtung oder den Umbau eines Hauses oder eines vergleichbaren Bauwerks zum Gegenstand, ist dem Besteller bei der ersten Abschlagszahlung eine Sicherheit für die rechtzeitige Herstellung des Werkes ohne wesentliche Mängel in Höhe von 5 vom Hundert des Vergütungsanspruchs zu leisten. Erhöht sich der Vergütungsanspruch infolge von Änderungen oder Ergänzungen des Vertrages um mehr als 10 vom Hundert, ist dem Besteller bei der nächsten Abschlagszahlung eine weitere Sicherheit in Höhe von 5 vom Hundert des zusätzlichen Vergütungsanspruchs zu leisten. Auf Verlangen des Unternehmers ist die Sicherheitsleistung durch Einbehalt dergestalt zu erbringen, dass der Besteller die Abschlagszahlungen bis zu dem Gesamtbetrag der geschuldeten Sicherheit zurückhält.</i></p>
<p>(4) Sicherheiten nach dieser Vorschrift können auch durch eine Garantie oder ein sonstiges Zahlungsversprechen eines im Geltungsbereich dieses Gesetzes zum Geschäftsbetrieb befugten Kreditinstituts oder Kreditversicherers geleistet werden.</p>	<p><i>(2) Die Sicherheit nach Absatz 1 Satz 6 kann auch durch eine Garantie oder ein sonstiges Zahlungsversprechen eines im Geltungsbereich dieses Gesetzes zum Geschäftsbetrieb befugten Kreditinstituts oder Kreditversicherers geleistet werden.</i></p>
<p>§ 633 Sach- und Rechtsmangel</p> <p>(1) Der Unternehmer hat dem Besteller das Werk frei von Sach- und Rechtsmängeln zu verschaffen.</p> <p>(2) Das Werk ist frei von Sachmängeln, wenn es die vereinbarte Beschaffenheit hat. Soweit die Beschaffenheit nicht vereinbart ist, ist das Werk frei von Sachmängeln,</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. wenn es sich für die nach dem Vertrag vo- 	

<p>rausgesetzte, sonst</p> <p>2. für die gewöhnliche Verwendung eignet und eine Beschaffung aufweist, die bei Werken der gleichen Art üblich ist und die der Besteller nach der Art des Werkes erwarten kann.</p> <p>Einem Sachmangel steht es gleich, wenn der Unternehmer ein anderes als das bestellte Werk oder das Werk in zu geringer Menge herstellt.</p> <p>(3) Das Werk ist frei von Rechtsmängeln, wenn Dritte in Bezug auf das Werk keine oder nur die im Vertrag übernommenen Rechte gegen den Besteller geltend machen können.</p>	
<p>§ 634 Rechte des Bestellers bei Mängeln</p> <p>Ist das Werk mangelhaft, kann der Besteller, wenn die Voraussetzungen der folgenden Vorschriften vorliegen und soweit nicht ein anderes bestimmt ist,</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. nach § 635 Nacherfüllung verlangen, 2. nach § 637 den Mangel selbst beseitigen und Ersatz der erforderlichen Aufwendungen verlangen, 3. nach den §§ 636, 323 und 326 Abs. 5 von dem Vertrag zurücktreten oder nach § 638 die Vergütung mindern und 4. nach den §§ 636, 280, 281, 283 und 311a Schadensersatz oder nach § 284 Ersatz vergeblicher Aufwendungen verlangen. 	
<p>§ 634a Verjährung der Mängelansprüche</p> <p>(1) Die in § 634 Nr. 1, 2 und 4 bezeichneten Ansprüche verjähren</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. vorbehaltlich der Nummer 2 in zwei Jahren bei einem Werk, dessen Erfolg in der Herstellung, Wartung oder Veränderung einer Sache oder in der Erbringung von Planungs- oder Überwachungsleistungen hierfür besteht, 2. in fünf Jahren bei einem Bauwerk und einem Werk, dessen Erfolg in der Erbringung von Planungs- oder Überwachungsleistungen hierfür besteht, und 3. im Übrigen in der regelmäßigen Verjährungsfrist. <p>(2) Die Verjährung beginnt in den Fällen des Absatzes 1 Nr. 1 und 2 mit der Abnahme.</p> <p>(3) Abweichend von Absatz 1 Nr. 1 und 2 und Absatz 2 verjähren die Ansprüche in der regelmäßigen Verjährungsfrist, wenn der Unternehmer den Mangel arglistig verschwiegen hat. Im Fall des Absatzes 1 Nr. 2 tritt die Verjährung jedoch nicht vor Ablauf der dort bestimmten Frist ein.</p> <p>(4) Für das in § 634 bezeichnete Rücktrittsrecht gilt § 218. Der Besteller kann trotz einer Unwirksamkeit des Rücktritts nach § 218 Abs. 1 die Zahlung der Vergütung insoweit verweigern, als er auf Grund des Rücktritts dazu berechtigt sein würde. Macht er von diesem Recht Gebrauch, kann der Unternehmer vom Vertrag zurücktre-</p>	

<p>ten.</p> <p>(5) Auf das in § 634 bezeichnete Minderungsrecht finden § 218 und Absatz 4 Satz 2 entsprechende Anwendung.</p>	
<p>§ 635 Nacherfüllung</p> <p>(1) Verlangt der Besteller Nacherfüllung, so kann der Unternehmer nach seiner Wahl den Mangel beseitigen oder ein neues Werk herstellen.</p> <p>(2) Der Unternehmer hat die zum Zwecke der Nacherfüllung erforderlichen Aufwendungen, insbesondere Transport-, Wege-, Arbeits- und Materialkosten zu tragen.</p> <p>(3) Der Unternehmer kann die Nacherfüllung unbeschadet des § 275 Abs. 2 und 3 verweigern, wenn sie nur mit unverhältnismäßigen Kosten möglich ist.</p> <p>(4) Stellt der Unternehmer ein neues Werk her, so kann er vom Besteller Rückgewähr des mangelhaften Werkes nach Maßgabe der §§ 346 bis 348 verlangen.</p>	
<p>§ 636 Besondere Bestimmungen für Rücktritt und Schadensersatz</p> <p>Außer in den Fällen der § 281 Abs. 2 und 323 Abs. 2 bedarf es der Fristsetzung auch dann nicht, wenn der Unternehmer die Nacherfüllung gemäß § 635 Abs. 3 verweigert oder wenn die Nacherfüllung fehlgeschlagen oder dem Besteller unzumutbar ist.</p>	
<p>§ 637 Selbstvornahme</p> <p>(1) Der Besteller kann wegen eines Mangels des Werkes nach erfolglosem Ablauf einer von ihm zur Nacherfüllung bestimmten angemessenen Frist den Mangel selbst beseitigen und Ersatz der erforderlichen Aufwendungen verlangen, wenn nicht der Unternehmer die Nacherfüllung zu Recht verweigert.</p> <p>(2) § 323 Abs. 2 findet entsprechende Anwendung. Der Bestimmung einer Frist bedarf es auch dann nicht, wenn die Nacherfüllung fehlgeschlagen oder dem Besteller unzumutbar ist.</p> <p>(3) Der Besteller kann von dem Unternehmer für die zur Beseitigung des Mangels erforderlichen Aufwendungen Vorschuss verlangen.</p>	
<p>§ 638 Minderung</p> <p>(1) Statt zurückzutreten, kann der Besteller die Vergütung durch Erklärung gegenüber dem Unternehmer mindern. Der Ausschlussgrund des § 323 Abs. 5 Satz 2 findet keine Anwendung.</p> <p>(2) Sind auf der Seite des Bestellers oder auf der Seite des Unternehmers mehrere Beteiligt, so kann die Minderung nur von allen oder gegen alle erklärt werden.</p> <p>(3) Bei der Minderung ist die Vergütung in dem</p>	

<p>Verhältnis herabzusetzen, in welchem zur Zeit des Vertragsschlusses der Wert des Werkes in mangelfreiem Zustand zu dem wirklichen Wert gestanden haben würde. Die Minderung ist, soweit erforderlich, durch Schätzung zu ermitteln.</p> <p>(4) Hat der Besteller mehr als die geminderte Vergütung gezahlt, so ist der Mehrbetrag vom Unternehmer zu erstatten. § 346 Abs. 1 und § 347 Abs. 1 finden entsprechende Anwendung.</p>	
<p>§ 639 Haftungsausschluss</p> <p>Auf eine Vereinbarung, durch welche die Rechte des Bestellers wegen eines Mangels ausgeschlossen oder beschränkt werden, kann sich der Unternehmer nicht berufen, soweit er den Mangel arglistig verschwiegen oder eine Garantie für die Beschaffenheit des Werkes übernommen hat.</p>	
<p>§ 640 Abnahme</p> <p>(1) Der Besteller ist verpflichtet, das vertragsmäßig hergestellte Werk abzunehmen, sofern nicht nach der Beschaffenheit des Werkes die Abnahme ausgeschlossen ist. Wegen unwesentlicher Mängel kann die Abnahme nicht verweigert werden. <i>Der Abnahme steht es gleich, wenn der Besteller das Werk nicht innerhalb einer ihm vom Unternehmer bestimmten angemessenen Frist abnimmt, obwohl er dazu verpflichtet ist.</i></p> <p>(2) Nimmt der Besteller ein mangelhaftes Werk gemäß Absatz 1 Satz 1 ab, obschon er den Mangel kennt, so stehen ihm die in § 634 Nr. 1 bis 3 bezeichneten Rechte nur zu, wenn er sich seine Rechte wegen des Mangels bei der Abnahme vorbehält.</p>	<p>§ 640 Abnahme</p> <p>(1) Der Besteller ist verpflichtet, das vertragsmäßig hergestellte Werk abzunehmen, sofern nicht nach der Beschaffenheit des Werkes die Abnahme ausgeschlossen ist. Wegen unwesentlicher Mängel kann die Abnahme nicht verweigert werden. <i>Der Abnahme steht es gleich, wenn der Besteller das Werk nicht innerhalb einer ihm vom Unternehmer bestimmten angemessenen Frist abnimmt, obwohl er dazu verpflichtet ist.</i></p> <p><i>(2) Als abgenommen gilt ein Werk auch, wenn der Unternehmer dem Besteller nach Fertigstellung des Werks eine angemessene Frist zur Abnahme gesetzt hat und der Besteller die Abnahme nicht innerhalb dieser Frist unter Angabe mindestens eines Mangels von Mängeln verweigert hat. Ist der Besteller ein Verbraucher, so treten die Rechtsfolgen des Satzes 1 nur dann ein, wenn der Unternehmer dem Besteller zusammen mit der Aufforderung zur Abnahme auf die Folgen einer nicht erklärten oder ohne Angabe von Mängeln verweigerten Abnahme hingewiesen hat; der Hinweis muss in Textform erfolgen.</i></p> <p>(3) Nimmt der Besteller ein mangelhaftes Werk gemäß Absatz 1 Satz 1 ab, obschon er den Mangel kennt, so stehen ihm die in § 634 Nr. 1 bis 3 bezeichneten Rechte nur zu, wenn er sich seine Rechte wegen des Mangels bei der Abnahme vorbehält.</p>
<p>§ 641 Fälligkeit der Vergütung</p> <p>(1) Die Vergütung ist bei der Abnahme des Werkes zu entrichten. Ist das Werk in Teilen abzunehmen und die Vergütung für die einzelnen Teile bestimmt, so ist die Vergütung für jeden Teil bei dessen Abnahme zu entrichten.</p> <p>(2) Die Vergütung des Unternehmers für ein</p>	

<p>Werk, dessen Herstellung der Besteller einem Dritten versprochen hat, wird spätestens fällig,</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. soweit der Besteller von dem Dritten für das versprochene Werk wegen dessen Herstellung seine Vergütung oder Teile davon erhalten hat, 2. soweit das Werk des Bestellers von dem Dritten abgenommen worden ist oder als abgenommen gilt oder 3. wenn der Unternehmer dem Besteller erfolglos eine angemessene Frist zur Auskunft über die in den Nummern 1 und 2 bezeichneten Umstände bestimmt hat. <p>Hat der Besteller dem Dritten wegen möglicher Mängel des Werks Sicherheit geleistet, gilt Satz 1 nur, wenn der Unternehmer dem Besteller entsprechende Sicherheit leistet.</p> <p>(3) Kann der Besteller die Beseitigung eines Mangels verlangen, so kann er nach der Fälligkeit die Zahlung eines angemessenen Teils der Vergütung verweigern; angemessen ist in der Regel das Doppelte der für die Beseitigung des Mangels erforderlichen Kosten.</p> <p>(4) Eine in Geld festgesetzte Vergütung hat der Besteller von der Abnahme des Werkes an zu verzinsen, sofern nicht die Vergütung gestundet ist.</p>	
<p>§ 642 Mitwirkung des Bestellers</p> <p>(1) Ist bei der Herstellung des Werkes eine Handlung des Bestellers erforderlich, so kann der Unternehmer, wenn der Besteller durch das Unterlassen der Handlung in Verzug der Annahme kommt, eine angemessene Entschädigung verlangen.</p> <p>(2) Die Höhe der Entschädigung bestimmt sich einerseits nach der Dauer des Verzugs und der Höhe der vereinbarten Vergütung, andererseits nach demjenigen, was der Unternehmer infolge des Verzugs an Aufwendungen erspart oder durch anderweitige Verwendung seiner Arbeitskraft erwerben kann.</p>	
<p>§ 643 Kündigung bei unterlassener Mitwirkung</p> <p>Der Unternehmer ist im Falle des § 642 berechtigt, dem Besteller zur Nachholung der Handlung eine angemessene Frist mit der Erklärung zu bestimmen, dass er den Vertrag kündige, wenn die Handlung nicht bis zum Ablauf der Frist vorgenommen werde. Der Vertrag gilt als aufgehoben, wenn nicht die Nachholung bis zum Ablauf der Frist erfolgt.</p>	
<p>§ 644 Gefahrtragung</p> <p>(1) Der Unternehmer trägt die Gefahr bis zur Abnahme des Werkes. Kommt der Besteller in Verzug der Annahme, so geht die Gefahr auf ihn über. Für den zufälligen Untergang und eine</p>	

<p>zufällige Verschlechterung des von dem Besteller gelieferten Stoffes ist der Unternehmer nicht verantwortlich.</p> <p>(2) Versendet der Unternehmer das Werk auf Verlangen des Bestellers nach einem anderen Ort als dem Erfüllungsort, so finden die für den Kauf geltenden Vorschriften des § 447 entsprechende Anwendung.</p>	
<p>§ 645 Verantwortlichkeit des Bestellers</p> <p>(1) Ist das Werk vor der Abnahme infolge eines Mangels des von dem Besteller gelieferten Stoffes oder infolge einer von dem Besteller für die Ausführung erteilten Anweisung untergegangen, verschlechtert oder unausführbar geworden, ohne dass ein Umstand mitgewirkt hat, den der Unternehmer zu vertreten hat, so kann der Unternehmer einen der geleisteten Arbeit entsprechenden Teil der Vergütung und Ersatz der in der Vergütung nicht inbegriffenen Auslagen verlangen. Das Gleiche gilt, wenn der Vertrag in Gemäßheit des § 643 aufgehoben wird.</p> <p>(2) Eine weitergehende Haftung des Bestellers wegen Verschuldens bleibt unberührt.</p>	
<p>§ 646 Vollendung statt Abnahme</p> <p>Ist nach der Beschaffenheit des Werkes die Abnahme ausgeschlossen, so tritt in den Fällen des § 634a Abs. 2 und der §§ 641, 644 und 645 an die Stelle der Abnahme die Vollendung des Werkes.</p>	
<p>§ 647 Unternehmerpfandrecht</p> <p>Der Unternehmer hat für seine Forderungen aus dem Vertrag ein Pfandrecht an den von ihm hergestellten oder ausgebesserten beweglichen Sachen des Bestellers, wenn sie bei der Herstellung oder zum Zwecke der Ausbesserung in seinen Besitz gelangt sind.</p>	
	<p><u>§ 647a Sicherungshypothek des Inhabers einer Schiffswerft</u></p> <p>Der Inhaber einer Schiffswerft kann für seine Forderungen aus dem Bau oder der Ausbesserung eines Schiffes die Einräumung einer Schiffshypothek an dem Schiffsbauwerk oder dem Schiff des Bestellers verlangen. Ist das Werk noch nicht vollendet, so kann er die Einräumung der Schiffshypothek für einen der geleisteten Arbeit entsprechenden Teil der Vergütung und für die in der Vergütung nicht inbegriffenen Auslagen verlangen. § 647 findet keine Anwendung.</p>
<p>§ 648 Sicherungshypothek des Bauunternehmers</p> <p>(1) Der Unternehmer eines Bauwerks oder eines einzelnen Teiles eines Bauwerks kann für seine Forderungen aus dem Vertrag die Einräumung</p>	

<p>einer Sicherungshypothek an dem Baugrundstück des Bestellers verlangen. Ist das Werk noch nicht vollendet, so kann er die Einräumung der Sicherungshypothek für einen der geleisteten Arbeit entsprechenden Teil der Vergütung und für die in der Vergütung nicht inbegriffenen Auslagen verlangen.</p> <p>(2) Der Inhaber einer Schiffswerft kann für seine Forderungen aus dem Bau oder der Ausbesserung eines Schiffes die Einräumung einer Schiffshypothek an dem Schiffbauwerk oder dem Schiff des Bestellers verlangen; Absatz 4 Satz 2 gilt sinngemäß. § 647 findet keine Anwendung.</p>	
<p>§ 648a Bauhandwerkersicherung</p> <p>(1) Der Unternehmer eines Bauwerks, einer Außenanlage oder eines Teils davon kann vom Besteller Sicherheit für die auch in Zusatzaufträgen vereinbarte und noch nicht gezahlte Vergütung einschließlich dazugehöriger Nebenforderungen, die mit 10 vom Hundert des zu sichern den Vergütungsanspruchs anzusetzen sind, verlangen. Satz 1 gilt in demselben Umfang auch für Ansprüche, die an die Stelle der Vergütung treten. Der Anspruch des Unternehmers auf Sicherheit wird nicht dadurch ausgeschlossen, dass der Besteller Erfüllung verlangen kann oder das Werk abgenommen hat. Ansprüche, mit denen der Besteller gegen den Anspruch des Unternehmers auf Vergütung aufrechnen kann, bleiben bei der Berechnung der Vergütung unberücksichtigt, es sei denn, sie sind unstreitig oder rechtskräftig festgestellt. Die Sicherheit ist auch dann als ausreichend anzusehen, wenn sich der Sicherungsgeber das Recht vorbehält, sein Versprechen im Falle einer wesentlichen Verschlechterung der Vermögensverhältnisse des Bestellers mit Wirkung für Vergütungsansprüche aus Bauleistungen zu widerrufen, die der Unternehmer bei Zugang der Widerrufserklärung noch nicht erbracht hat.</p> <p>(2) Die Sicherheit kann auch durch eine Garantie oder ein sonstiges Zahlungsversprechen eines im Geltungsbereich dieses Gesetzes zum Geschäftsbetrieb befugten Kreditinstituts oder Kreditversicherers geleistet werden. Das Kreditinstitut oder der Kreditversicherer darf Zahlungen an den Unternehmer nur leisten, soweit der Besteller den Vergütungsanspruch des Unternehmers anerkennt oder durch vorläufig vollstreckbares Urteil zur Zahlung der Vergütung verurteilt worden ist und die Voraussetzungen vorliegen, unter denen die Zwangsvollstreckung begonnen werden darf.</p> <p>(3) Der Unternehmer hat dem Besteller die üblichen Kosten der Sicherheitsleistung bis zu einem Höchstsatz von 2 vom Hundert für das Jahr zu erstatten. Dies gilt nicht, soweit eine Sicher-</p>	

<p>heit wegen Einwendungen des Bestellers gegen den Vergütungsanspruch des Unternehmers aufrechterhalten werden muss und die Einwendungen sich als unbegründet erweisen.</p> <p>(4) Soweit der Unternehmer für seinen Vergütungsanspruch eine Sicherheit nach den Absätzen 1 oder 2 erlangt hat, ist der Anspruch auf Einräumung einer Sicherungshypothek nach § 648 Abs. 1 ausgeschlossen.</p> <p>(5) Hat der Unternehmer dem Besteller erfolglos eine angemessene Frist zur Leistung der Sicherheit nach Absatz 1 bestimmt, so kann der Unternehmer die Leistung verweigern oder den Vertrag kündigen. Kündigt er den Vertrag, ist der Unternehmer berechtigt, die vereinbarte Vergütung zu verlangen; er muss sich jedoch dasjenige anrechnen lassen, was er infolge der Aufhebung des Vertrages an Aufwendungen erspart oder durch anderweitige Verwendung seiner Arbeitskraft erwirbt oder böswillig zu erwerben unterlässt. Es wird vermutet, dass danach dem Unternehmer 5 vom Hundert der auf den noch nicht erbrachten Teil der Werkleistung entfallenden vereinbarten Vergütung zustehen.</p> <p>(6) Die Vorschriften der Absätze 1 bis 5 finden keine Anwendung, wenn der Besteller</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. eine juristische Person des öffentlichen Rechts oder ein öffentlich rechtliches Sondervermögen ist, über deren Vermögen ein Insolvenzverfahren unzulässig ist, oder 2. eine natürliche Person ist und die Bauarbeiten zur Herstellung oder Instandsetzung eines Einfamilienhauses mit oder ohne Einliegerwohnung ausführen lässt. <p>Satz 1 Nr. 2 gilt nicht bei Betreuung des Bauvorhabens durch einen zur Verfügung über die Finanzierungsmittel des Bestellers ermächtigten Baubetreuer.</p> <p>(7) Eine von den Vorschriften der Absätze 1 bis 5 abweichende Vereinbarung ist unwirksam.</p>	
<p>§ 649 Kündigungsrecht des Bestellers</p> <p>Der Besteller kann bis zur Vollendung des Werkes jederzeit den Vertrag kündigen. Kündigt der Besteller, so ist der Unternehmer berechtigt, die vereinbarte Vergütung zu verlangen; er muss sich jedoch dasjenige anrechnen lassen, was er infolge der Aufhebung des Vertrags an Aufwendungen erspart oder durch anderweitige Verwendung seiner Arbeitskraft erwirbt oder zu erwerben böswillig unterlässt. Es wird vermutet, dass danach dem Unternehmer 5 vom Hundert der auf den noch nicht erbrachten Teil der Werkleistung entfallenden vereinbarten Vergütung zustehen.</p>	<p>§ 648 Kündigungsrecht des Bestellers</p> <p>Der Besteller kann bis zur Vollendung des Werkes jederzeit den Vertrag kündigen. Kündigt der Besteller, so ist der Unternehmer berechtigt, die vereinbarte Vergütung zu verlangen; er muss sich jedoch dasjenige anrechnen lassen, was er infolge der Aufhebung des Vertrags an Aufwendungen erspart oder durch anderweitige Verwendung seiner Arbeitskraft erwirbt oder zu erwerben böswillig unterlässt. Es wird vermutet, dass danach dem Unternehmer 5 vom Hundert der auf den noch nicht erbrachten Teil der Werkleistung entfallenden vereinbarten Vergütung zustehen.</p>
	<p>§ 648a Kündigung aus wichtigem Grund</p> <p>(1) Beide Vertragsparteien können den Vertrag aus wichtigem Grund</p>

	<p><i>ohne Einhaltung einer Kündigungsfrist kündigen. Ein wichtiger Grund liegt vor, wenn dem kündigen Teil unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls und unter Abwägung der beiderseitigen Interessen die Fortsetzung des Vertragsverhältnisses bis zur Fertigstellung des Werks nicht zugemutet werden kann.</i></p> <p><i>(2) Eine Teilkündigung ist möglich; sie muss sich auf einen ab grenzbaren Teil des geschuldeten Werks beziehen.</i></p> <p><i>(3) § 314 Absatz 2 und 3 gilt entsprechend.</i></p> <p><i>(4) Nach der Kündigung kann jede Vertragspartei von der anderen verlangen, dass sie an einer gemeinsamen Feststellung des Leistungsstandes mitwirkt. Verweigert eine Vertragspartei die Mitwirkung oder bleibt sie einem vereinbarten oder einem von der an deren Vertragspartei innerhalb einer angemessenen Frist bestimmten Termin zur Leistungsstandfeststellung fern, trifft sie die Beweislast für den Leistungsstand zum Zeitpunkt der Kündigung. Dies gilt nicht, wenn die Vertragspartei infolge eines Umstands fernbleibt, den sie nicht zu vertreten hat und den sie der anderen Vertragspartei unverzüglich mitgeteilt hat.</i></p> <p><i>(5) Kündigt eine Vertragspartei aus wichtigem Grund, ist der Unternehmer nur berechtigt, die Vergütung zu verlangen, die auf den bis zur Kündigung erbrachten Teil des Werks entfällt.</i></p> <p><i>(6) Die Berechtigung, Schadensersatz zu verlangen, wird durch die Kündigung nicht ausgeschlossen.</i></p>
<p>§ 650 Kostenanschlag</p> <p>(1) Ist dem Vertrag ein Kostenanschlag zugrunde gelegt worden, ohne dass der Unternehmer die Gewähr für die Richtigkeit des Anschlags übernommen hat, und ergibt sich, dass das Werk nicht ohne eine wesentliche Überschreitung des Anschlags ausführbar ist, so steht dem Unternehmer, wenn der Besteller den Vertrag aus diesem Grund kündigt, nur der im § 645 Abs. 1 bestimmte Anspruch zu.</p> <p>(2) Ist eine solche Überschreitung des Anschlags zu erwarten, so hat der Unternehmer dem Besteller unverzüglich Anzeige zu machen.</p>	<p>§ 649 Kostenanschlag</p> <p>(1) Ist dem Vertrag ein Kostenanschlag zugrunde gelegt worden, ohne dass der Unternehmer die Gewähr für die Richtigkeit des Anschlags übernommen hat, und ergibt sich, dass das Werk nicht ohne eine wesentliche Überschreitung des Anschlags ausführbar ist, so steht dem Unternehmer, wenn der Besteller den Vertrag aus diesem Grund kündigt, nur der im § 645 Abs. 1 bestimmte Anspruch zu.</p> <p>(2) Ist eine solche Überschreitung des Anschlags zu erwarten, so hat der Unternehmer dem Besteller unverzüglich Anzeige zu machen.</p>
<p>§ 651 Anwendung des Kaufrechts</p> <p>Auf einen Vertrag, der die Lieferung herzustellender oder zu erzeugender beweglicher Sachen zum Gegenstand hat, finden die Vorschriften über den Kauf Anwendung. § 442 Abs. 1 Satz 1 findet bei diesen Verträgen auch Anwendung, wenn der Mangel auf den vom Besteller gelieferten Stoff zurückzuführen ist. Soweit es sich bei den herzustellenden oder zu erzeugenden beweglichen Sachen um nicht vertretbare Sachen handelt, sind auch die §§ 642, 643, 645, 649</p>	<p>§ 650 Anwendung des Kaufrechts</p> <p>Auf einen Vertrag, der die Lieferung herzustellender oder zu erzeugender beweglicher Sachen zum Gegenstand hat, finden die Vorschriften über den Kauf Anwendung. § 442 Abs. 1 Satz 1 findet bei diesen Verträgen auch Anwendung, wenn der Mangel auf den vom Besteller gelieferten Stoff zurückzuführen ist. Soweit es sich bei den herzustellenden oder zu erzeugenden beweglichen Sachen um nicht vertretbare Sachen handelt, sind auch die §§ 642, 643, 645, 649</p>

<p>und 650 mit der Maßgabe anzuwenden, dass an die Stelle der Abnahme der nach den §§ 446 und 447 maßgebliche Zeitpunkt tritt.</p>	<p>und 649 mit der Maßgabe anzuwenden, dass an die Stelle der Abnahme der nach den §§ 446 und 447 maßgebliche Zeitpunkt tritt.</p>
	<p>Kapitel 2 Bauvertrag § 650a Bauvertrag (1) Ein Bauvertrag ist ein Vertrag über die Herstellung, die Wiederherstellung, die Beseitigung oder den Umbau eines Bauwerks, einer Außenanlage oder eines Teils davon. Für den Bauvertrag gelten ergänzend die folgenden Vorschriften dieses Kapitels. (2) Ein Vertrag über die Instandhaltung eines Bauwerks ist ein Bauvertrag, wenn das Werk für die Konstruktion, den Bestand oder den bestimmungsgemäßen Gebrauch von wesentlicher Bedeutung ist.</p>
	<p>§ 650b Änderung des Vertrags; Anordnungsrecht des Bestellers (1) Begeht der Besteller 1. eine Änderung des vereinbarten Werkerfolgs (§ 631 Absatz 2) oder 2. eine Änderung, die zur Erreichung des vereinbarten Werkerfolgs notwendig ist, streben die Vertragsparteien Einvernehmen über die Änderung und die infolge der Änderung zu leistende Mehr- oder Mindervergütung an. Der Unternehmer ist verpflichtet, ein Angebot über die Mehr- oder Mindervergütung zu erstellen, im Falle einer Änderung nach Satz 1 Nummer 1 jedoch nur, wenn ihm die Ausführung der Änderung zumutbar ist. Macht der Unternehmer betriebsinterne Vorgänge für die Unzumutbarkeit einer Anordnung nach Absatz 1 Satz 1 Nummer 1 geltend, trifft ihn die Beweislast hierfür. Trägt der Besteller die Verantwortung für die Planung des Bauwerks oder der Außenanlage, ist der Unternehmer nur dann zur Erstellung eines Angebots über die Mehr- oder Mindervergütung verpflichtet, wenn der Besteller die für die Änderung erforderliche Planung vorgenommen und dem Unternehmer zur Verfügung gestellt hat. Begeht der Besteller eine Änderung, für die dem Unternehmer nach § 650c Abs. 1 Satz 2 kein Anspruch auf Vergütung für vermehrten Aufwand zusteht, streben die Parteien nur Einvernehmen über die Änderung an; Satz 2 findet in diesem Fall keine Anwendung. (2) Erzielen die Parteien binnen 30 Tagen nach Zugang des Änderungsbegehrungs beim Unternehmer keine Einigung nach Absatz 1, kann der Besteller die Änderung in Textform anordnen. Der Unternehmer ist verpflichtet, der Anordnung des Bestellers nachzukommen, einer Anordnung nach Absatz 1 Satz 1 Nummer 1 jedoch nur, wenn ihm die Ausführung zumutbar ist. Absatz 1</p>

	<p>Satz 3 gilt entsprechend. (3) Zum Erlass einer einstweiligen Verfügung ist es nach Beginn der Bauausführung nicht erforderlich, dass der Verfügungsgrund glaubhaft gemacht wird, wenn zuvor unter Beziehung eines Sachverständigen versucht worden ist, die Streitigkeit einvernehmlich beizulegen. Die Kosten des Sachverständigen sind von beiden Vertragsparteien je zur Hälfte zu tragen.</p>
	<p><u>§ 650c Vergütungsanpassung bei Anordnungen nach § 650b Absatz 2</u></p> <p>(1) Die Höhe des Vergütungsanspruchs für den infolge einer Anordnung des Bestellers nach § 650b Absatz 2 vermehrten oder vermindernden Aufwand ist nach den tatsächlich erforderlichen Kosten mit angemessenen Zuschlägen für allgemeine Geschäftskosten, Wagnis und Gewinn zu ermitteln. Umfasst die Leistungspflicht des Unternehmers auch die Planung des Bauwerks oder der Außenanlage, steht diesem im Fall des § 650b Abs. 1 Satz 1 Nummer 2 kein Anspruch auf Vergütung für vermehrten Aufwand zu.</p> <p>(2) Der Unternehmer kann zur Berechnung der Vergütung für den Nachtrag auf die Ansätze in einer vereinbarungsgemäß hinterlegten Urkalkulation zurückgreifen. Es wird vermutet, dass die auf Basis der Urkalkulation fortgeschriebene Vergütung der Vergütung nach Absatz 1 entspricht.</p> <p>(3) Bei der Berechnung von vereinbarten oder gemäß § 632a geschuldeten Abschlagszahlungen kann der Unternehmer 80 Prozent einer in einem Angebot nach § 650b Absatz 1 Satz 2 genannten Mehrvergütung ansetzen, wenn sich die Parteien nicht über die Höhe geeinigt haben oder eine keine anderslautende gerichtliche Entscheidung ergeht. Wählt der Unternehmer diesen Weg und ergeht keine anderslautende gerichtliche Entscheidung, wird die nach den Absätzen 1 und 2 geschuldete Mehrvergütung erst nach der Abnahme des Werkes fällig. Zahlungen nach Satz 1, die die nach den Absätzen 1 und 2 geschuldete Mehrvergütung übersteigen, sind dem Besteller zurückzugewähren und ab ihrem Eingang beim Unternehmer zu verzinsen. § 288 Absatz 1 Satz 2, Absatz 2 und § 289 Satz 1 gelten entsprechend.</p> <p>(4) Die Parteien können eine andere Vereinbarung für die Vergütungsanpassung treffen. Wird die Vertragsordnung für Bauleistungen Teil B (VOB/B) in der jeweils zum Zeitpunkt des Vertragsschlusses geltenden Fassung gegenüber einem Unternehmer, einer juristischen Person des öffentlichen Rechts oder einem öffentlich-rechtlichen Sondervermögen als Allgemeine Geschäftsbedingungen verwendet, findet § 307 Absatz 1 und 2 in Bezug auf eine Inhaltskontrolle von Bestimmungen zur Berechnung der Ver-</p>

	<p>gütungsanpassung abweichend von § 310 Absatz 1 Satz 3 auch dann keine Anwendung, wenn nur die Bestimmungen der VOB/B zum Anordnungsrecht und zur Vergütungsanpassung ohne inhaltliche Abweichungen insgesamt in den Vertrag einbezogen sind.</p> <p>(5) Zum Erlass einer einstweiligen Verfügung ist es nach Beginn der Bauausführung nicht erforderlich, dass der Verfügungsgrund glaubhaft gemacht wird, wenn zuvor unter Beziehung eines Sachverständigen versucht worden ist, die Streitigkeit einvernehmlich beizulegen. Die Kosten des Sachverständigen sind von beiden Vertragsparteien je zur Hälfte zu tragen.</p>
	<p><u>§ 650d Einstweilige Verfügung</u></p> <p>Zum Erlass einer einstweiligen Verfügung in Streitigkeiten über das Anordnungsrecht gemäß § 650b oder die Vergütungsanpassung gemäß § 650c ist es nach Beginn der Bauausführung nicht erforderlich, dass der Verfügungsgrund glaubhaft gemacht wird.</p>
	<p><u>§ 650d e Sicherungshypothek des Bauunternehmers</u></p> <p>Der Unternehmer kann für seine Forderungen aus dem Vertrag die Einräumung einer Sicherungshypothek an dem Baugrundstück des Bestellers verlangen. Ist das Werk noch nicht vollendet, so kann er die Einräumung der Sicherungshypothek für einen der geleisteten Arbeit entsprechenden Teil der Vergütung und für die in der Vergütung nicht inbegriffenen Auslagen verlangen.</p>
	<p><u>§ 650e f Bauhandwerkersicherung</u></p> <p>(1) Der Unternehmer kann vom Besteller Sicherheit für die auch in Zusatzaufträgen vereinbarte und noch nicht gezahlte Vergütung einschließlich dazugehöriger Nebenforderungen, die mit 10 Prozent des zu sichernden Vergütungsanspruchs anzusetzen sind, verlangen. Satz 1 gilt in demselben Umfang auch für Ansprüche, die an die Stelle der Vergütung treten. Der Anspruch des Unternehmers auf Sicherheit wird nicht dadurch ausgeschlossen, dass der Besteller Erfüllung verlangen kann oder das Werk abgenommen hat. Ansprüche, mit denen der Besteller gegen den Anspruch des Unternehmers auf Vergütung aufrechnen kann, bleiben bei der Berechnung der Vergütung unberücksichtigt, es sei denn, sie sind unstrittig oder rechtskräftig festgestellt. Die Sicherheit ist auch dann als ausreichend anzusehen, wenn sich der Sicherungsgeber das Recht vorbehält, sein Versprechen im Falle einer wesentlichen Verschlechterung der Vermögensverhältnisse des Bestellers mit Wirkung für Vergütungsansprüche aus Bauleistungen zu widerrufen, die der Unter-</p>

	<p>nehmer bei Zugang der Widerrufserklärung noch nicht erbracht hat.</p> <p>(2) Die Sicherheit kann auch durch eine Garantie oder ein sonstiges Zahlungsversprechen eines im Geltungsbereich dieses Gesetzes zum Geschäftsbetrieb befugten Kreditinstituts oder Kreditversicherers geleistet werden. Das Kreditinstitut oder der Kreditversicherer darf Zahlungen an den Unternehmer nur leisten, soweit der Besteller den Vergütungsanspruch des Unternehmers anerkennt oder durch vorläufig vollstreckbares Urteil zur Zahlung der Vergütung verurteilt worden ist und die Voraussetzungen vorliegen, unter denen die Zwangsvollstreckung begonnen werden darf.</p> <p>(3) Der Unternehmer hat dem Besteller die üblichen Kosten der Sicherheitsleistung bis zu einem Höchstsatz von 2 Prozent für das Jahr zu erstatten. Dies gilt nicht, soweit eine Sicherheit wegen Einwendungen des Bestellers gegen den Vergütungsanspruch des Unternehmers aufrechterhalten werden muss und die Einwendungen sich als unbegründet erweisen.</p> <p>(4) Soweit der Unternehmer für seinen Vergütungsanspruch eine Sicherheit nach Absatz 1 oder 2 erlangt hat, ist der Anspruch auf Einräumung einer Sicherungshypothek nach § 650d e ausgeschlossen.</p> <p>(5) Hat der Unternehmer dem Besteller erfolglos eine angemessene Frist zur Leistung der Sicherheit nach Absatz 1 bestimmt, so kann der Unternehmer die Leistung verweigern oder den Vertrag kündigen. Kündigt er den Vertrag, ist der Unternehmer berechtigt, die vereinbarte Vergütung zu verlangen; er muss sich jedoch dasjenige anrechnen lassen, was er infolge der Aufhebung des Vertrages an Aufwendungen erspart oder durch anderweitige Verwendung seiner Arbeitskraft erwirkt oder böswillig zu erwerben unterlässt. Es wird vermutet, dass danach dem Unternehmer 5 Prozent der auf den noch nicht erbrachten Teil der Werkleistung entfallenden vereinbarten Vergütung zustehen.</p> <p>(6) Die Absätze 1 bis 5 finden keine Anwendung, wenn der Besteller</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. eine juristische Person des öffentlichen Rechts oder ein öffentlich-rechtliches Sondervermögen ist, über deren Vermögen ein Insolvenzverfahren unzulässig ist, oder 2. Verbraucher ist und es sich um einen Verbraucherbauvertrag nach § 650 h i oder um einen Bauträgervertrag nach § 650t u handelt. Satz 1 Nummer 2 gilt nicht bei Betreuung des Bauvorhabens durch einen zur Verfügung über die Finanzierungsmittel des Bestellers ermächtigten Baubetreuer. <p>(7) Eine von den Absätzen 1 bis 5 abweichende Vereinbarung ist unwirksam.</p>
--	---

	<p><u>§ 650f q Zustandsfeststellung bei Verweigerung der Abnahme; Schlussrechnung</u></p> <p>(1) Verweigert der Besteller die Abnahme unter Angabe von Mängeln, hat er auf Verlangen des Unternehmers an einer gemeinsamen Feststellung des Zustands des Werks mitzuwirken. Die gemeinsame Zustandsfeststellung soll mit der Angabe des Tages der Anfertigung versehen werden und ist von beiden Vertragsparteien zu unterschreiben.</p> <p>(2) Bleibt der Besteller einem vereinbarten oder einem von dem Unternehmer innerhalb einer angemessenen Frist bestimmten Termin zur Zustandsfeststellung fern, so kann der Unternehmer die Zustandsfeststellung auch einseitig vornehmen. Dies gilt nicht, wenn der Besteller infolge eines Umstands fernbleibt, den er nicht zu vertreten hat und den er dem Unternehmer unverzüglich mitgeteilt hat. Der Unternehmer hat die einseitige Zustandsfeststellung mit der Angabe des Tages der Anfertigung zu versehen und sie zu unterschreiben sowie dem Besteller eine Abschrift der einseitigen Zustandsfeststellung zur Verfügung zu stellen.</p> <p>(3) Ist das Werk dem Besteller verschafft worden und ist in der Zustandsfeststellung nach Absatz 1 oder 2 ein offenkundiger Mangel nicht angegeben, wird vermutet, dass dieser nach der Zustandsfeststellung entstanden und vom Besteller zu vertreten ist. Die Vermutung gilt nicht, wenn der Mangel nach seiner Art nicht vom Besteller verursacht worden sein kann.</p> <p>(4) Die Vergütung ist zu entrichten, wenn</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. der Besteller das Werk abgenommen hat oder die Abnahme nach § 641 Absatz 2 entbehrlich ist, und 2. der Unternehmer dem Besteller eine prüffähige Schlussrechnung erteilt hat. <p>Die Schlussrechnung ist prüffähig, wenn sie eine übersichtliche Aufstellung der erbrachten Leistungen enthält und für den Besteller nachvollziehbar ist. Sie gilt als prüffähig, wenn der Besteller nicht innerhalb von 30 Tagen nach Zugang der Schlussrechnung begründete Einwendungen gegen ihre Prüffähigkeit erhoben hat.</p>
	<p><u>§ 650g h Schriftform der Kündigung</u></p> <p>Die Kündigung des Bauvertrags bedarf der schriftlichen Form.</p>
	<p><u>Kapitel 3</u> <u>Verbraucherbauvertrag</u> <u>§ 650h i Verbraucherbauvertrag</u></p> <p>(1) Verbraucherbauverträge sind Verträge, durch die der Unternehmer von einem Verbraucher zum Bau eines neuen Gebäudes oder zu erheblichen Umbaumaßnahmen an einem bestehenden Gebäude verpflichtet wird.</p>

	(2) Für Verbraucherbauverträge gelten ergänzend die folgenden Vorschriften dieses Kapitels.
	<p>§ 650i i Baubeschreibung <i>Der Unternehmer hat den Verbraucher über die sich aus Artikel 249 des Einführungsgesetzes zum Bürgerlichen Gesetzbuche ergebenden Einzelheiten in der dort vorgesehenen Form zu unterrichten, es sei denn, der Verbraucher oder ein von ihm Beauftragter macht die wesentlichen Planungsvorgaben.</i></p>
	<p>§ 650i k Inhalt des Vertrags <i>(1) Die Angaben der vorvertraglich zur Verfüzung gestellten Baubeschreibung in Bezug auf die Bauausführung werden Inhalt des Vertrags, es sei denn, die Vertragsparteien haben ausdrücklich etwas anderes vereinbart. (2) Soweit die Baubeschreibung unvollständig oder unklar ist, ist der Vertrag unter Berücksichtigung sämtlicher vertragsbegleitender Umstände, insbesondere des Komfort- und Qualitätsstandards nach der übrigen Leistungsbeschreibung, auszulegen. Zweifel bei der Auslegung des Vertrags bezüglich der vom Unternehmer geschuldeten Leistung gehen zu dessen Lasten. (3) Der Bauvertrag muss verbindliche Angaben zum Zeitpunkt der Fertigstellung des Werks oder, wenn dieser Zeitpunkt zum Zeitpunkt des Abschlusses des Bauvertrags nicht angegeben werden kann, zur Dauer der Bauausführung enthalten. Enthält der Vertrag diese Angaben nicht, werden die vorvertraglich in der Baubeschreibung übermittelten Angaben zum Zeitpunkt der Fertigstellung des Werks oder zur Dauer der Bauausführung Inhalt des Vertrags.</i></p>
	<p>§ 650k i Widerrufsrecht <i>Dem Verbraucher steht ein Widerrufsrecht gemäß § 355 zu, es sei denn, der Vertrag wurde notariell beurkundet. Der Unternehmer ist verpflichtet, den Verbraucher nach Maßgabe des Artikels 249 § 3 des Einführungsgesetzes zum Bürgerlichen Gesetzbuche über sein Widerrufsrecht zu belehren.</i></p>
	<p>§ 650l m Abschlagszahlungen; Absicherung des Vergütungsanspruchs <i>(1) Verlangt der Unternehmer Abschlagszahlungen nach § 632a, darf der Gesamtbetrag der Abschlagszahlungen 90 Prozent der vereinbarten Gesamtvergütung einschließlich der Vergütung für Nachtragsleistungen nach § 650c nicht übersteigen. (2) Dem Verbraucher ist bei der ersten Abschlagszahlung eine Sicherheit für die rechtzeitige Herstellung des Werks ohne wesentliche Mängel in Höhe von 5 Prozent der vereinbarten</i></p>

	<p>Gesamtvergütung zu leisten. Erhöht sich der Vergütungsanspruch infolge einer Anordnung des Verbrauchers nach den §§ 650b und 650c oder infolge sonstiger Änderungen oder Ergänzungen des Vertrags um mehr als 10 Prozent, ist dem Verbraucher bei der nächsten Abschlagszahlung eine weitere Sicherheit in Höhe von 5 Prozent des zusätzlichen Vergütungsanspruchs zu leisten. Auf Verlangen des Unternehmers ist die Sicherheitsleistung durch Einbehalt dergestalt zu erbringen, dass der Verbraucher die Abschlagszahlungen bis zu dem Gesamtbetrag der geschuldeten Sicherheit zurückhält.</p> <p>(3) Sicherheiten nach Absatz 2 können auch durch eine Garantie oder ein sonstiges Zahlungsversprechen eines im Geltungsbereich dieses Gesetzes zum Geschäftsbetrieb befugten Kreditinstituts oder Kreditversicherers geleistet werden.</p> <p>(4) Verlangt der Unternehmer Abschlagszahlungen nach § 632a, ist eine Vereinbarung unwirksam, durch die der Verbraucher dazu zu einer Sicherheitsleistung für die vereinbarte Vergütung verpflichtet wird, den Vergütungsanspruch in einem Umfang gemäß § 650e abzusehen, der die nächste Abschlagszahlung oder 20 Prozent der vereinbarten Vergütung übersteigt. Gleiches gilt, wenn die Parteien Abschlagszahlungen vereinbart haben.</p>
	<p><u>§ 650m n Erstellung und Herausgabe von Unterlagen</u></p> <p>(1) Rechtzeitig vor Beginn der Ausführung einer geschuldeten Leistung hat der Unternehmer diejenigen Planungsunterlagen zu erstellen und dem Verbraucher herauszugeben, die dieser benötigt, um gegenüber Behörden den Nachweis führen zu können, dass die Leistung unter Einhaltung der einschlägigen öffentlich-rechtlichen Vorschriften ausgeführt werden wird. Die Pflicht besteht nicht, soweit der Verbraucher oder ein von ihm Beauftragter die wesentlichen Planungsvorgaben erstellt.</p> <p>(2) Spätestens mit der Fertigstellung des Werks hat der Unternehmer diejenigen Unterlagen zu erstellen und dem Verbraucher herauszugeben, die dieser benötigt, um gegenüber Behörden den Nachweis führen zu können, dass die Leistung unter Einhaltung der einschlägigen öffentlich-rechtlichen Vorschriften ausgeführt worden ist.</p> <p>(3) Die Absätze 1 und 2 gelten entsprechend, wenn ein Dritter, etwa ein Darlehensgeber, Nachweise für die Einhaltung bestimmter Bedingungen verlangt und wenn der Unternehmer die berechtigte Erwartung des Verbrauchers geweckt hat, diese Bedingungen einzuhalten.</p>

	<p><u>Kapitel 4</u> <u>Unabdingbarkeit</u> <u>§ 650n o Abweichende Vereinbarungen</u> Von § 640 Absatz 2 Satz 2, den §§ 650h i bis 650k l und 650m n kann nicht zum Nachteil des Verbrauchers abweichen werden. Diese Vorschriften finden auch Anwendung, wenn sie durch anderweitige Gestaltungen umgangen werden.</p>
	<p><u>Untertitel 2</u> <u>Architektenvertrag und Ingenieurvertrag</u> <u>§ 650e p Vertragstypische Pflichten aus Architekten- und Ingenieurverträgen</u> (1) Durch einen Architekten- oder Ingenieurvertrag wird der Unternehmer verpflichtet, die Leistungen zu erbringen, die nach dem jeweiligen Stand der Planung und Ausführung des Bauwerks oder der Außenanlage erforderlich sind, um die zwischen den Parteien vereinbarten Planungs- und Überwachungsziele zu erreichen. (2) Soweit wesentliche Planungs- und Überwachungsziele noch nicht vereinbart sind, hat der Unternehmer zunächst eine Planungsgrundlage zur Ermittlung dieser Ziele zu erstellen. Er legt dem Besteller die Planungsgrundlage zusammen mit einer Kosteneinschätzung für das Vorhaben zur Zustimmung vor.</p>
	<p><u>§ 650e q Anwendbare Vorschriften</u> (1) Für Architekten- und Ingenieurverträge gelten die Vorschriften des Kapitels 1 des Untertitels 1 sowie die §§ 650b, 650d e bis 650g h entsprechend, soweit sich aus diesem Untertitel nichts anderes ergibt. (2) Für die Vergütungsanpassung im Fall von Anordnungen nach § 650b Absatz 2 gelten die Entgeltberechnungsregeln der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure in der jeweils geltenden Fassung, soweit infolge der Anordnung zu erbringende oder entfallende Leistungen vom Anwendungsbereich der Honorarordnung erfasst werden. Im Übrigen ist die Vergütungsanpassung für den vermehrten oder verminderten Aufwand auf Grund der angeordneten Leistung frei vereinbar. Soweit die Vertragsparteien keine Vereinbarung treffen, gilt § 650c entsprechend.</p>
	<p><u>§ 650e r Sonderkündigungsrecht</u> (1) Nach Vorlage von Unterlagen gemäß § 650e p Absatz 2 kann der Besteller den Vertrag kündigen. Das Kündigungsrecht erlischt zwei Wochen nach Vorlage der Unterlagen, bei einem Verbraucher jedoch nur dann, wenn der Unternehmer ihn bei der Vorlage der Unterlagen in Textform über das Kündigungsrecht, die Frist, in der es ausgeübt werden kann, und die Rechtsfolgen</p>

	<p>der Kündigung unterrichtet hat.</p> <p>(2) Der Unternehmer kann dem Besteller eine angemessene Frist für die Zustimmung nach § 650e p Absatz 2 Satz 2 setzen. Er kann den Vertrag kündigen, wenn der Besteller die Zustimmung verweigert oder innerhalb der Frist nach Satz 1 keine Erklärung zu den Unterlagen abgibt.</p> <p>(3) Wird der Vertrag nach Absatz 1 oder 2 gekündigt, ist der Unternehmer nur berechtigt, die Vergütung zu verlangen, die auf die bis zur Kündigung erbrachten Leistungen entfällt.</p>
	<p>§ 650r s Teilabnahme</p> <p>Der Unternehmer kann ab der Abnahme der letzten Leistung des bauausführenden Unternehmers oder der bauausführenden Unternehmer eine Teilabnahme der von ihm bis dahin erbrachten Leistungen verlangen.</p>
	<p>§ 650s t Gesamtschuldnerische Haftung mit dem bauausführenden Unternehmer</p> <p>Nimmt der Besteller den Unternehmer wegen eines Überwachungsfehlers in Anspruch, der zu einem Mangel an dem Bauwerk oder an der Außenanlage geführt hat, kann der Unternehmer die Leistung verweigern, wenn auch der ausführende Bauunternehmer für den Mangel haftet und der Besteller dem bauausführenden Unternehmer noch nicht erfolglos eine angemessene Frist zur Nacherfüllung bestimmt hat.</p>
	<p>Untertitel 3</p> <p>Bauträgervertrag</p> <p>§ 650t u Bauträgervertrag; anwendbare Vorschriften</p> <p>(1) Ein Bauträgervertrag ist ein Vertrag, der die Errichtung oder den Umbau eines Hauses oder eines vergleichbaren Bauwerks zum Gegenstand hat und der zugleich die Verpflichtung des Unternehmers enthält, dem Besteller das Eigentum an dem Grundstück zu übertragen oder ein Erbbaurecht zu bestellen oder zu übertragen. Hinsichtlich der Errichtung oder des Umbaus finden die Vorschriften des Untertitels 1 Anwendung, soweit sich aus den nachfolgenden Vorschriften nichts anderes ergibt. Hinsichtlich des Anspruchs auf Übertragung des Eigentums an dem Grundstück oder auf Übertragung oder Bestellung des Erbbaurechts finden die Vorschriften über den Kauf Anwendung.</p> <p>(2) Keine Anwendung finden die §§ 648, 648a, 650b bis 650d e, 650j k Absatz 1 sowie die §§ 650k l und 650l m Absatz 1.</p>
	<p>§ 650u v Abschlagszahlungen</p> <p>Der Unternehmer kann von dem Besteller Abschlagszahlungen nur verlangen, soweit sie gemäß einer Verordnung auf Grund von Artikel</p>

	<i>244 des Einführungsgesetzes zum Bürgerlichen Gesetzbuche vereinbart sind.</i>
--	--

„Auf ein Schuldverhältnis, das vor dem **01. Januar 2018** entstanden ist, finden die Vorschriften dieses Gesetzes ... in der bis zu diesem Tag geltenden Fassung Anwendung.

... tritt dieses Gesetz am **01. Januar 2018** in Kraft“

Legende:

Änderungen mit Gesetzentwurf der Bundesregierung, BT-Drucksache 18/8486 = **rot**.

Änderungen zum Gesetzentwurf der Bunderegierung (Beschluss vom 10.03.2017, Drucksache 18/11437) = **lila**.

Weiterer Beitrag

Sanierung geschädigter Balkonanlagen – Ein Erfahrungsbericht

Thomas Schneider

1 Einleitung

Sanierungen von Balkonanlagen sind für den interessierten Zimmerer und Planer ein praktisches Schaubild für Konstruktions- und Ausführungsfehler. Holzbauwerke in freier oder teilweiser Bewitterung sind nur dauerhaft, wenn Architekt, Tragwerksplaner und der ausführende Zimmermeister Normen und Fachregeln richtig lesen und kritisch hinterfragen. Erfahrungen mit bewährten Konstruktionsvarianten, Abdichtungsmaterialien, Farbsystemen und den Dauerhaftigkeitsklassen der eingesetzten Holzarten sind dabei ein Pflichtfach. Eine Vielzahl von Ausführungs- und Standortfaktoren einer Balkonkonstruktion gehen über die Beschreibungen der Gebrauchsklassen nach DIN 68800 und der Nutzungsklassen nach EN 1995-1-1 hinaus. Die nachfolgenden Ausführungen sind als Denkanstoß für den Bauausführenden gedacht, um seine eigenen Erfahrungen zu komplettieren.

2 Allgemeine Betrachtungen

Balkonanlagen können unterschiedlicher nicht sein: Wurden sie doch in den Gründerzeitjahren des 19. Jahrhunderts als architektonisches Zierelement an die Gebäude in meist südlichen Richtungen angeordnet, sind Balkone der Gegenwart Standard einer Miet- oder Eigentumswohnung – egal, welche Besonnung vorliegt.

Grundlage einer Balkonsanierung ist die Bestandsaufnahme. Diese umfasst das allgemeine äußere Erscheinungsbild, Baustil und Alter der Konstruktion sowie den Wartungszustand der Balkonkonstruktion bzw. der Veranda. Hieran lassen sich schon viele alte Baufehler, unsachgemäße Sanierungen oder Umnutzungen erkennen, die einen Schaden an der Holzkonstruktion verursacht haben. Weitere Untersuchungen sollten sich auf die Standsicherheit der Konstruktion und das statische System beziehen. Verformungen und Versagen von Holzverbindungen lassen auf Schädigungen oder Überlastungen einzelner Bauteile schließen. Oft waren Umbauten, Reparaturen und Ertüchtigungsmaßnahmen nicht sehr hilfreich für die Dauerhaftigkeit der Konstruktion. Wenn bisher noch nicht geschehen, ist ein Tragwerksplaner zu involvieren.

Die Einordnung der einzelnen Bauglieder der Balkonkonstruktion in eine der Gebrauchsklassen und Nutzungsklassen ist Aufgabe eines Planers. Daraus erschließt sich, inwieweit die Holzart der Bestandshölzer die erforderliche Dauerhaftigkeit aufweist.

Die Beschichtung ist je nach Himmelsrichtung, Intensität der Beschattung durch veränderlichen Baumbestand und Bewuchs der Balkonkonstruktion unterschiedlich beansprucht. Dabei spielen Lösungsmittelart und der über die Jahre aufgebauten Anstrichschichten eine wesentliche Rolle.

Schließlich ist der Zustand der Entwässerung und der Abdeckungen, wenn überhaupt vorhanden, zu begutachten, um die anstehenden Sanierungsarbeiten planen zu können. Ein Fachplaner kann aus der Bestandsaufnahme ein Sanierungskonzept erstellen und den Bauherren über baurechtliche und bautechnische Konsequenzen beraten.

3 Normen und Richtlinien

Ohne Wertung, welche Norm oder Richtlinie wichtiger sei als die andere, will ich auf einige Vorschriften hinweisen, die als Leitfaden zu Planung und Durchführung von Sanierungsarbeiten an Balkonen dienen sollten. Die aktuellen Normen und Fachregeln sind maßgebend für jede Art von Sanierung an Bestandskonstruktionen.

Zimmerer- und Holzbauarbeiten sind in der DIN 18334 von der Ausführung bis hin zu der Abrechnung geregelt. Besteht bei einer zu sanierenden Balkonkonstruktion der Verdacht auf Gefahr für Leib und Leben, sind ein schriftlicher Hinweis und/oder die Meldung bei der zuständigen Bauaufsichtsbehörde dringend geboten. Sind Bauleistungen zur Sanierung in einer Ausschreibung oder Baubeschreibung vorgegeben, sind diese auf Fehler und Unstimmigkeiten zu überprüfen. Die zu erbringende Leistung muss den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Planungsleistungen sind durch den Auftraggeber für den Zimmerer zu erbringen. Dieser Fachplaner legt auch die zukünftige Gebrauchsklasse für die Balkonkonstruktion bzw. der einzelnen Bauteile fest. Holz- und Reparaturverbindungen, Holzarten und Oberflächenqualitäten sind vor der Ausführung mit dem Auftraggeber festzulegen. Sichtbarkeit und Stahlvergütung von statisch notwendigen Befestigungsmitteln sind im Auftrag eindeutig zu beschreiben.

Umnutzungen, Abänderungen des statischen Systems und Rekonstruktionen bedürfen baurechtlicher Genehmigungen durch einen Fachplaner.

Statische Systeme einer Balkonkonstruktion sind in Bezug auf Stabilität, Durchbiegungen und Gebrauchstauglichkeit durch den Eurocode 5 zu bemessen. Gerade bei der Sanierung von klassischen Holzverbindungen wie Versätze oder Zapfenverbindungen sind Vorhölzer und Querschnittsschwächungen nachzuweisen. Lasteintragungen durch Umnutzungen, Verstärkungsvarianten und Reparaturverbindungen sind mit Auftraggeber, Fachplaner, Tragwerksplaner und ausführendem Zimmerer festzulegen. Balkone werden nach EN 1995-1-1 in die Nutzungsklassen 2 und 3 eingruppiert; je nach Gebrauchsklasse und Dauerhaftigkeit der verwendeten Holzarten werden im Eurocode 5 auch die Festigkeitswerte nach DIN 4074 angesetzt.

Hölzer für den Balkonbau sollten den Qualitätskriterien der DIN 4074 entsprechen. Dieses muss vor dem Einbau auch durch den Zimmerer kontrolliert werden. Gerade bei Douglasie ist die zulässige Astigkeit zu kontrollieren. Nicht geeignet sind Bauschnitthölzer aus Fichte und Kiefer oder Konstruktionsvollhölzer mit Keilzinkung,

wenn diese nicht in die Gebrauchsklasse 0 nach DIN 68800 eingeordnet werden können. Die Einordnung der Balkonbauteile in Gebrauchsklassen, Dauerhaftigkeitsklassen und die Anwendung von zusätzlichen baulichen und chemischen Schutzmaßnahmen sind nach DIN 68 800 der aktuellen Ausgabe zu planen.

Brettschichthölzer aus Fichte oder Lärche sind mit einer Lamellenstärke von 40 mm für die Gebrauchsklasse 3.1, mit bestimmten Auflagen bis zur Gebäudeklasse 3, nach Musterbauordnung einsetzbar.

Bauteile aus Fichte und Lärche neigen bei intensiver Sonneneinstrahlung zu erhöhtem Harzaustritt, was die Beschichtung zerstören kann.

Pitchpine oder Pechkiefer, oft an Balkonen und Veranden der Gründerzeit verzimmert, hat eine Dauerhaftigkeit der Klasse 3 – die heutige Verfügbarkeit ist aber sehr begrenzt. Gleiches gilt für die nahezu harzfreie Alaskazeder. Bei Tropenhölzern spricht die oft sehr schwankende Qualität gegen einen wirtschaftlichen Einsatz.

Balkone aus getrockneter Stiel- oder Traubeneiche sind aufgrund der relativ aufwendigen Trocknung und der beschränkten Verfügbarkeit guter Holzqualitäten nur für ausgewählte Bauwerke vorstellbar.

Die Neuauflage der Fachregeln des Zimmererhandwerkes für Balkone und Terrassen ist nun in weiten Teilen der DIN 68 800 angepasst und beschreibt Konstruktionen bis zu einer Gebrauchsklasse 3.2 und den entsprechend einsetzbaren Hölzern. Die darin enthaltenen Grafiken beschreiben übersichtlich je nach Lage der Bauteile deren Einordnung in die Nutzungs- und Gebrauchsklassen.

Konstruktionsvollholz mit Keilzinkung und Balkenschichtholz sind nach den Fachregeln nur in der Gebrauchsklasse 0 einsetzbar.

Brettschichthölzer können mit einer maximalen Lamellenstärke von 35 mm bis zur Gebrauchsklasse 3.2 eingesetzt werden.

Freibewitterte Bauteile nur abzuschrägen finde ich nur theoretisch eine gute Variante, ein Abdeckblech leistet dauerhafteren Schutz. Auf beschriebene Verschleißteile aus Holz sollte verzichtet werden, da der Wartungsaufwand kaum realisierbar scheint. Die Grundsätze der Fachregel des Zimmererhandwerkes sind auch für die Sanierung von Balkonen anwendbar, einzelne Passagen sollten je nach Einsatzort kritisch hinterfragt werden. Offene Balkonkonstruktionen, also Balkone ohne wasserführende Ebene, sind nur sehr bedingt umsetzbar. Die fachgerechte Ausführung ist ähnlich preisintensiv wie der Einbau einer wasserführenden Ebene, nur mit wesentlich mehr risikobehafteten Anschlusspunkten.

Die aufgeführten Geländerlösungen sind bei Sanierungen nur sehr begrenzt anwendbar. Auf den Einsatz von Opferbrettern sollte auch hier verzichtet werden, ein unkontrolliertes Versagen dieser Bauteile kann große Schäden an der Konstruktion verursachen. Durch ein fachgerecht verarbeitetes Abdeckblech lässt sich das Bauteil in die Gebrauchsklasse 3.1 einordnen. Die Konstruktion wird so auch ohne hohen Wartungsaufwand eines Verschleißteiles geschützt.

4 Holzverbindungen

Der Einsatz von Reparaturverbindungen ist an Balkonbauteilen in den Gebrauchsklassen > 3 nur bedingt geeignet und sollte vermieden werden. Auf waagerecht liegende Blattverbindungen und Fugen sollte verzichtet werden. Zapfenlöcher in Schellen, speziell bei Veranden, sind großzügig zu entwässern und Sperrsichten dürfen nicht untergelegt werden. Bei den einzusetzenden Reparaturverbindungen ist der Lauf des Wassers entscheidend für die Dauerhaftigkeit der Sanierungsmaßnahme. Auch bei denkmalgeschützten Balkonkonstruktionen kann mit verdeckt eingesetzten Holzverbindern gearbeitet werden. Eine behutsame Diskussion mit den Denkmalschutzämtern lohnt sich oft, um althergebrachte Baufehler abzustellen. Großzügige Überstände von Schalungen und Abblechungen schützen die Balkonkonstruktion sehr effektiv.

Auch bei modernen, ingenieurtechnischen Holzverbindungen sollte auf eine freie Bewitterung verzichtet werden. Schlitzungen sind durchzuziehen, um auch hier Wasserdurchdringungen in Aussparungen zu vermeiden. Aluminium-Schwalbenschwanzverbindungen sind im Vorteil zu den herkömmlichen Balkenträgern, da diese die angeschlossenen Hölzer auf Abstand halten und keine außenliegenden Bohrungen haben. Der Markt hält eine Vielzahl geeigneter Verbindungsmitte bereit, für fast jedes Anschlussproblem gibt es eine Lösung, die für den Balkonbau brauchbar ist.

5 Abdichtungen

Abdeckungen von wasserführenden Schichten oder für Einzelbauteile sind in den unterschiedlichsten Materialien möglich. Zinkblech und Blei sind in der Denkmalpflege bewährt, Kunststoffabdeckungen sind nunmehr eine erprobte Alternative. Schalungsüberstände schützen in Verbindung mit der Blecheinfassung die darunterliegenden Bauteile effektiv. Abdichtungsebenen von mehrgeschossigen Balkonen münden prinzipiell in einer Dachrinne. Windfedern, Wandanschlüsse und Eindichtungen von Stützen enden oberhalb des Lattenrostes bzw. des Belages. Holzstützen werden mit einem schräg eingefassten wasserabführenden Blech angeschlossen. Handläufe und waagerechte Bauteile aus Holz sollten mit einer Blechabdeckung versehen werden.

6 Anstrichsysteme

Altanstriche sind vor einer weiteren Beschichtung auf deren Lösungsmittel und Anstrichart zu prüfen. Altanstriche müssen mit einem geeigneten Verfahren aufgearbeitet werden und sind auf Festigkeit mit der Holzoberfläche zu kontrollieren. Die Bauteile sind vor einem erneuten Anstrich anzuschleifen, um die Haftung der neuen Anstriche zu verbessern. Sollte ein Holzschutzmittel zum Einsatz kommen, sind die Zulassung, das Prüfprädiat, die Einbringmenge und die Eindringtiefe zu beachten. Nur wenige Präparate sind mit dem Prüfprädiat „W“ für den Einsatz in den Gebrauchsklassen 3.1 und 3.2 geeignet.

Bewährt haben sich, neben einem mehrschichtigen Aufbau des Anstriches, deckende Holzfarben, da diese einen effektiven UV-Schutz bieten.

Der Auftraggeber, sei es der Architekt oder der private Bauherr, ist von den regelmäßigen Wartungsintervallen des Anstriches in Kenntnis zu setzen.

7 Zusammenfassung

Bauherren, die eine Balkonanlage, eine Veranda oder ähnliches in Holz bauen oder sanieren sind gut beraten, einen Fachplaner zu beauftragen. Baurechtliche Risiken und Haftungsfragen werden oft auf den Zimmerer übertragen, ohne dass dieser sich über die eventuellen Folgen bewusst ist. Zimmermeister, Fachplaner und Tragwerksplaner sollten frühzeitig eine Zusammenarbeit für die Planung einer Balkonanierung suchen und somit erneute Fehler in der Konstruktion vermeiden. Die Dauerhaftigkeit einer Balkonkonstruktion hängt von vielen komplexen Faktoren und viel Detailarbeit ab, die im Vorfeld geleistet werden muss.

Jede Balkonkonstruktion, die wiederholt saniert werden muss, ist ein negatives Beispiel für den Holzbau.

Quellen/Literatur

1. DIN 18334 Zimmer- und Holzbauarbeiten, Praxiskommentar zur DIN 18334, Wolfgang Strauß, Adam Sommerrock, WEKA Baufachbuchverlage, 2001
2. DIN 68 800 Teil 1–4, Praxiskommentar zur DIN 68 800, Sonderdruck Sächsischer Holzschutzverband e.V., DIN Deutsches Institut für Normung e.V, Beuth Verlag GmbH, 2013
3. Fachregeln des Zimmererhandwerks 02, Balkone und Terrassen, Bund Deutscher Zimmermeister, 2015
4. DIN 4074 – Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit, Merkblatt zur DIN 4074, Bund Deutscher Zimmermeister, 2003



Schneider, Thomas
B.A. (Architektur)

- 1985–1987: Zimmererlehre im Wohnungsbaukombinat Dresden
1990–1992: Studium an der Ingenieurschule für Holztechnik Dresden
1992–1996: Sägewerk, Gebr. Hille GmbH & Co. KG, Königstein
1995–1997: Ausbildung zum Zimmermeister, Handwerkskammer Dresden
1997–2015: Inhaber Zimmerei WOSCH, Kleinopitz
2004–2006: Fortbildung Restaurator im Zimmererhandwerk, Görlitz/Trebsen
2007–2008: Fortbildung zum Sachverständiger für Holzschutz, EIPOS Dresden
seit 2011: ö.b.u.v. Sachverständiger für das Zimmererhandwerk HWK DD
2013–2016: Studium an der HTW Dresden, Studiengang Architektur



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

Nächste Sachkundelehrgänge/-prüfungen:

Vollzeitkurs:

15.–27.01.2018 (Prüfung am 10.02.2018)

Wochenendkurs, auch für Studenten (Fr/Sa):
14.09.–03.11.2018 (Prüfung am 03.11.2018)

Weitere Informationen: www.sachkunde-holzschutz.de

Nächste Sächsische Holzschutztagung am 17. März 2018 in Dresden

Sächsischer Holzschutzverband e.V.
Zellescher Weg 24 · D-01217 Dresden
Telefon/Fax: +49 351 4662-492
E-Mail: info@holzschutz-sachsen.de
Internet: www.holzschutz-sachsen.de

Autorenverzeichnis

Hezel, Jürgen *Dipl.-Ing.*

Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart, Abteilung Holzkonstruktionen

Leithoff, Hans *Dr.*

Projekt Manager im Bereich Holz- und Materialschutz, Abteilung Preservation and Material Protection (PMP) Janssen Pharmaceutica NV, Beerse/Belgien

Messal, Constanze *Dr. rer. nat.*

Geschäftsführerin bei MICOR Gesellschaft für mikrobielle Prozesse und Materialkunde e.V., Fachbereichsleiterin Schimmelpilze beim Deutschen Holz- und Bautenschutzverband e.V., ö.b.u.v. Sachverständige für mikrobielle Materialzerstörung und Materialschutz der IHK Rostock

Pfau, Tilo *Dr. iur.*

Rechtsanwalt bei Rechtsanwälte Pfau & Kollegen, Chemnitz

Scheiding, Wolfram *Dr. rer. silv.*

Ressortleiter Biologie/Holzschutz am IHD – Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH – und Leiter des Laborbereichs Biologische Prüfung der Entwicklungs- und Prüflabor Holztechnologie GmbH (EPH), Dresden

Schneider, Thomas *B.A. (Architektur)*

ö.b.u.v. Sachverständiger für das Zimmererhandwerk, Dresden

Publikationen (Auszug)

2017

EIPOS (Hrsg.)
Tagungsband
Immobilienbewertung/Sachverständ am Bau
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
226 S., zahlr. farb. Abb., Kartoniert
Fraunhofer IRB Verlag
ISBN (Print) 978-3-8167-9898-9
ISBN (E-Book) 978-3-8167-9924-5

EIPOS (Hrsg.)
Tagungsband der EIPOS-Sachverständigentage Brandschutz 2015
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
220 Seiten, EIPOS-Eigenverlag
ISBN 978-3-9814551-4-4

2016

EIPOS (Hrsg.)
Tagungsband des EIPOS-Sachverständigentages Holzschutz 2016
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
124 S., zahlr. farb. Abb., Kartoniert
Fraunhofer IRB Verlag
ISBN 978-3-8167-9698-5

LEHMANN, GÜNTER
Die effektive Befragung
Ein Ratgeber für die Datenerhebung in der beruflichen und wissenschaftlichen Arbeit
174 Seiten, expert verlag, Renningen
ISBN: 978-3-8169-3287-1

EIPOS (Hrsg.)
Tagungsband der EIPOS-Sachverständigentage Brandschutz 2016
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
146 Seiten, EIPOS-Eigenverlag
ISBN 978-3-9814551-5-1

EIPOS (Hrsg.)
Tagungsband der EIPOS-Sachverständigentage Bauschadensbewertung und Immobilienbewertung 2015
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
241 S., zahlr. farbige Abb., Kartoniert
Fraunhofer IRB Verlag
ISBN 978-3-8167-9413-4

EIPOS (Hrsg.)
Tagungsband der EIPOS-Sachverständigentage Immobilienbewertung und Sachverständ am Bau 2016
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
174 S., zahlr. Abb. u. Tab., Kartoniert
Fraunhofer IRB Verlag
ISBN 978-3-8167-9669-5

2014

2015

EIPOS (Hrsg.)
Tagungsband des EIPOS-Sachverständigentages Holzschutz 2015
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
115 S., zahlr. farb. Abb., Kartoniert
Fraunhofer IRB Verlag
ISBN 978-3-8167-9532-2

EIPOS (Hrsg.)
Tagungsband des EIPOS-Sachverständigentages Holzschutz 2014
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
136 Seiten, zahlr. farbige Abb., Kartoniert
Fraunhofer IRB Verlag
ISBN 978-3-8167-9355-7

EIPOS (Hrsg.)
Tagungsband der EIPOS-Sachverständigentage Brandschutz 2014
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
160 Seiten, EIPOS-Eigenverlag
ISBN 978-3-9814551-3-7

LEHMANN, GÜNTER
Lehren mit Erfolg
194 Seiten, expert verlag, Renningen
ISBN-13: 978-3-8169-3255-0

LEHMANN, GÜNTER
Wissenschaftliche Arbeiten
zielwirksam verfassen und präsentieren
5., völl. neu bearb. Aufl., 285 Seiten
expert verlag, Renningen
ISBN-13: 978-3-8169-3250-5

EIPOS (Hrsg.)
Tagungsband der EIPOS-Sachverständigentage Bauschadensbewertung und Immobilienbewertung 2014
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
170 Seiten, zahlr. farbige Abb., Kartoniert
Fraunhofer IRB Verlag
ISBN 978-3-8167-9227-7

2013

EIPOS (Hrsg.)
Tagungsband des EIPOS-Sachverständigentages Holzschutz 2013
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
136 Seiten, zahlr. farbige Abb., Kartoniert
Fraunhofer IRB Verlag
ISBN 978-3-8167-9132-4

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

EIPOS (Hrsg.)
Tagungsband der EIPOS-Sachverständigentage Immobilienbewertung und Sachverstand am Bau 2013
Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung
263 Seiten, IRB-Verlag
ISBN 978-3-8167-9022-8

2012

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

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

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

2011

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

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

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

2010

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

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

2009

HERTEL, G. H. (Hrsg.)

Brandschutz II

Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung

DIN A5, ca. 200 Seiten, mit CD, FORUM EIPOS,

Band 19, expert verlag, Renningen

ISBN 978-3-8169-2950-5

HERTEL, G. H. (Hrsg.)

Schutz des Holzes III

Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung

DIN A5, ca. 120 Seiten, mit CD, FORUM EIPOS,

Band 20, expert verlag, Renningen

ISBN 978-3-8169-2951-2

2008

HERTEL, G. H. (Hrsg.)

Schutz des Holzes II

Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung

DIN A5, 108 Seiten, mit CD, FORUM EIPOS,

Band 17, expert verlag, Renningen

ISBN 978-3-8169-2882-9

HERTEL, G. H. (Hrsg.)

Brandschutz I

Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung

DIN A5, 190 Seiten, mit CD, FORUM EIPOS,

Band 16, expert verlag, Renningen

ISBN 978-3-8169-2881-2

HERTEL, G. H. (Hrsg.)

Immobilien- und Bauschadensbewertung

Beiträge aus Forschung, Praxis und Weiterbildung.

DIN A5, 194 Seiten mit CD, FORUM EIPOS,

Band 15, expert verlag, Renningen

ISBN 978-3-8169-2833-1

2007

HERTEL, G. H. (Hrsg.)

Schutz des Holzes I

Beiträge aus Praxis, Forschung und Weiterbildung

DIN A5, 180 Seiten, FORUM EIPOS, Band 14,

expert verlag, Renningen

ISBN 978-3-8169-2808-9



Ärgern Sie sich auch so über den unnötigen Austausch von Holzbauteilen?

Haben Sie sich jemals gefragt, ob es nicht möglich ist wertvolle Holzbauteile zu reparieren anstatt sie komplett auszutauschen?

Repair Care liefert seit mehr als 25 Jahren ein **vollständiges Lösungskonzept für dauerhafte Reparatursysteme**. Unsere Produkte wurden von renommierten Instituten wie z.B. dem ift geprüft, wir sind **weltweit aktiv und absoluter Marktführer** in Deutschland, den Niederlanden und England. Reparaturen mit unseren Produkten sind häufig die preisgünstigere und dabei qualitativ hochwertige Alternative!

Mit unserem Gesamtkonzept sind wir ein zuverlässiger **Partner für Wobaus, Architekten und Fachhandwerksbetriebe**. Dazu gehören unter anderem zertifizierte Schulungen für Anwender und die Begleitung von Reparaturprojekten.

Neugierig geworden? Nehmen Sie Kontakt mit uns auf:
Tel. 030-41706376
salesde@repair-care.com



Typische Holzschäden im unteren Bereich von Holzfenstern



Ausbesserung mit Repair Care: erhalten statt austauschen



Holzfenster nach der Renovierung mit Repair Care Produkten

BESTE DAUERHAFTE HOLZREPARATURLÖSUNG

www.repair-care.de

Premium-Holzanstriche für das Handwerk

Umweltgerecht, rationell und langlebig



remmers.com

 **remmers**

Schonende Behandlung von historischen Objekten Präzisionsbegasung gegen holzzerstörende Insekten



GROLI
Schädlingsbekämpfung
GmbH Dresden

□ www.groli.de
✉ info@groli.de
② 0351 - 454 15 48 0

COMPONO® und GIFAfloor PRESTO – Das ideale Bodensystem für die Sanierung von alten Holzbalkendecken

Alte und geschädigte Holzbalkendecken unter fast vollständigem Erhalt der Originalsubstanz sanieren mit modifiziertem Polymerverguss in Kombination mit der Gipsfaserplatte „GIFAfloor PRESTO“

ZIELE

- Statische Ertüchtigung mit dem Polymervergussystem „Compono®“ und den Gipsfaserdeckenplatten „GIFAfloor PRESTO“
- Schallschutz
- Brandschutz

VORTEILE

- Geringer Eingriff in den Bestand
- Erhalt der historischen Deckenbalkenuntersicht
- Geringe Aufbauhöhe
- Einfache Verarbeitung
- Querstöße ohne Hinterfütterung
- Höhenausgleich
- Kleine Baustelleneinrichtung

Jetzt informieren auf www.bennert.de oder www.balkendecke.de





WIR SIND DA, WO DAS HOLZ GEFORMT WIRD.

Vor allem aber sind wir ganz nah bei Ihnen: Durch den persönlichen Kontakt mit unseren Verkäufern im Außendienst und in über 400 Niederlassungen.

Durch ständige Präsenz und Erreichbarkeit per Internet, App und Telefon.

Und durch viele Services, die Ihnen die tägliche Arbeit erleichtern.

Entdecken Sie 100% Qualität und 100% Service – überall und zu jeder Zeit.

Über 1500 mal in Europa und immer in Ihrer Nähe: www.wuerth.de

NAH. NÄHER.
WÜRTH!

EIPOS
CERT

Fachlich kompetent. Beruflich erfahren.

Persönlich zertifiziert nach DIN 17024!

Für Ihre Karriere
mit Sachverstand



IMMOBILIENBEWERTUNG



*akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC17024



SCHÄDEN AN GEBÄUDEN*



*akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC17024



BRANDSCHUTZ

Akkreditierungsverfahren läuft

www.eiposcert.de

WEITER BILDUNG ERHALTEN UND SANIEREN

SCHÄDEN AN GEBÄUDEN – STUFE I + II

Stufe I: Sachverständiger für Schäden an Gebäuden (EIPOS)
139 UE, 6 Präsenzkurse

Stufe II: Geprüfter Sachverständiger für Schäden an Gebäuden (EIPOS)
132 UE, 8 Präsenzkurse

BAUTENSCHUTZ UND BAUSANIERUNG

Sachverständiger für Bautenschutz und Bausanierung (EIPOS)
132 UE, 6 Präsenzkurse

HOLZSCHUTZ

Geprüfter Sachverständiger für Holzschutz (EIPOS)
177 UE, 11 Präsenzkurse

BAUWERKSINSTAND SETZUNG NACH WTA

Fachplaner für Bauwerksinstandsetzung nach WTA (EIPOS)
77 UE, 5 Präsenzkurse



ANMELDUNG UND DETAILS
WWW.EIPOS.DE

KOMPETENZ WEITERBILDUNG BAU

EIPOS ist ein Unternehmen der TU Dresden Aktiengesellschaft und seit mehr als 25 Jahren einer der führenden Anbieter berufsbegleitender Weiterbildung für das Bauwesen. Anerkannte Fortbildungen zum Experten, Fachplaner oder Sachverständigen für die wichtigsten Praxisfragen rund um Planung, Erstellung, Erhalt und Bewirtschaftung von Gebäuden bilden den Schwerpunkt.

Das Weiterbildungsportfolio umfasst zudem Master-Studiengänge, eine breite Palette an Seminaren, individuell konzipierte Inhouse-Schulungen und jährlich stattfindende Tagungen.

EIPOS steht für strukturierte und praxisorientierte Lehrinhalte, anerkannte Abschlüsse und ein lebendiges Miteinander im EIPOS-Netzwerk. Die Weiterbildungen vermitteln Praxiswissen mit theoretischer Fundierung und befähigen Teilnehmer, neue Kompetenzen in ihrer beruflichen Tätigkeit gewinnbringend einzusetzen. **QUALIFIKATION SCHAFFT ZUKUNFT!**

HERAUSGEBER

EIPOS Europäisches Institut für postgraduale Bildung GmbH

Ein Unternehmen der TUDAG Technische Universität Dresden AG

Freiberger Straße 37, 01067 Dresden

Tel. 0351 404 70 42-10, Fax 0351 404 70 42-20

eipos@eipos.de, www.eipos.de

ISBN 978-3-8167-9980-1



9 783816 799801

Fraunhofer IRB ■ Verlag