

# Entwicklung von Prüfmethode zur Beurteilung der Klebungsqualität von Mehrschichtparkett

**Jens Gecks, Gerhard Grüll, Rico Emmler, Peter Schober**

Für die Klebung der Schichten in Mehrschichtparkett existieren in Europa keine Regelungen und keine Prüfvorschriften. Ziel der Untersuchungen war die Entwicklung einer Prüfmethode zur Bewertung der Klebungsqualität. Nach einem Methodenvergleich wurden zahlreiche Materialvarianten unterschiedlichen mechanischen und Delaminierungsprüfungen unterzogen. Die Proben wurden vorab Temperatur- und Feuchtebeanspruchungen ausgesetzt. Die ausgewählten Methoden wurden in einem Ringversuch validiert. Es wurde untersucht, ob die Methoden in der werkseigenen Produktionskontrolle beim Hersteller anwendbar sind. Im Ergebnis wurde eine Werknorm erarbeitet, in der eine Delaminierungsprüfung beschrieben ist. Je nach Zweck der Untersuchung werden die Proben vor der Prüfung einer Trockenlagerung oder einer Kaltwasserlagerung mit anschließender Rücktrocknung unterzogen.

**Schlüsselwörter:** Prüfmethode, Klebungsqualität, Mehrschichtparkett

## Einleitung

Parkett gilt als hochwertiger Fußbodenbelag. Aus Gründen einer besseren Dimensionsstabilität und aus wirtschaftlichen Erwägungen wird anstelle von massivem Parkett heute häufig Mehrschichtparkett eingesetzt, das aus zwei oder drei Schichten besteht. Während Zweischichtparkett auf den vorbereiteten Untergrund geklebt wird, kann Dreischichtparkett auch schwimmend verlegt werden. Die Deckschichten bestehen aus dekorativen Hölzern mit hoher Verschleißfestigkeit, dies sind zumeist Laubhölzer mit großer Dichte und Härte. Die Trägerschicht hingegen wird oft aus Nadelholzstäbchen oder Holzwerkstoffen, zum Beispiel Faserplatten hoher Dichte, hergestellt. Die Faserrichtung einer Massivholzträgerschicht verläuft gegenüber der Faserrichtung der Deckschicht im Winkel von 90°, wodurch sich ein Sperreffekt gegenüber Quellen und Schwinden ergibt. Der nur beim Dreischichtparkett vorhandene Gegenzug wird im Allgemeinen durch ein im Verhältnis zu den anderen Schichten dünnes Nadelholz furnier ausgebildet. Trägerschichten aus Holzwerkstoffplatten führen ebenfalls zu einer Dimensionsstabilisierung. Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich, dass jede der Lagen unterschiedliche Eigenschaften in Bezug auf Festigkeit und Steifigkeit, Quell- und Schwindverhalten sowie Klebbarkeit aufweist.

Fußbodenbeläge müssen unterschiedlichen Beanspruchungen widerstehen. Innere Spannungen treten einerseits durch mechanische Belastungen, andererseits durch klimatische Einflüsse auf. Insbesondere in modernen Gebäuden mit Lüftungsanlagen oder bei Verwendung von Fußbodenheizungen treten große

Schwankungen der relativen Luftfeuchte und der Temperatur im Belag auf. Die in den einzelnen Schichten entstehenden Spannungen unterscheiden sich durch ihre Größe und ihre Richtung. Die Ausführung der Klebstoffschicht zwischen den Schichten ist deswegen von hoher Wichtigkeit: Sie muss diese Spannungen aufnehmen und abführen. Da in der Praxis eher Deckschichtablösungen auftreten, werden die Untersuchungen an der Klebfuge zwischen Deckschicht und Trägerschicht durchgeführt. Durch die Verwendung von Holzarten mit signifikant voneinander abweichenden Eigenschaften für diese Schichten ist für diese Klebstoffschicht mit großen Spannungen zu rechnen.

Trotz der großen Bedeutung der Klebungsqualität für die Gebrauchstauglichkeit des Mehrschichtparketts gibt es in Europa keine normativ geregelte oder allgemein anerkannte Prüfmethode, mit der die auftretenden Stressszenarien realistisch nachgebildet und die Klebungsqualität beurteilt werden können. Derartige Prüfmethode existieren in Japan (z. B. *JAS 240*, 2003; *JAS 233*, 2003) sowie in den USA (ANSI-, HPVA EF-Standards). Bei der Anwendung dieser Methoden werden die Parkette starken Temperatur- und Feuchteinflüssen ausgesetzt. Wird die Prüfung bestanden, kann man davon ausgehen, dass die Bodenbeläge höchsten Feuchte- und Temperaturbeanspruchungen standhalten. Es hat sich jedoch auch gezeigt, dass in der europäischen Praxis funktionierende Parkettaufbauten, deren Schichtenklebung zum Beispiel mit PVAc-Klebstoffen erfolgte, diese Prüfung nicht bestehen.

Ein Ziel des europäischen Forschungsprojektes EURO-

Tab. 1: Ausgewählte Vorbehandlungsverfahren

Tab. 1: Selected pre-treatment procedures

Vorbehandlung Nr.	Quelle	Schritt 1	Schritt 2	Schritt 3	Schritt 4	Schritt 5
PT 1	WPK eines Herstellers	100 h Trocknung bei 60 °C	-	-	-	-
PT 2	Neu	3 d bei 90 % relativer Luftfeuchte und 60 °C	24 h Trocknung bei 60 °C	Klima 50 % relative Luftfeuchte, 23 °C über das Wochenende	3 d bei 90 % relativer Luftfeuchte und 60 °C	24 h Trocknung bei 60 °C
PT 3	Neu	6 h in Wasserbad bei 24 °C ± 3 K	18 h Trocknung bei 80 °C	-	-	-
PT 4	Neu	24 h in Wasserbad bei 20 °C	18 h Trocknung bei 80 °C	-	-	-
PT 5	JAS Type II Flooring	2 h in Wasserbad bei 70 °C ± 3 K	3 h Trocknung bei 60 °C ± 3 K bis 102-105 % der Ausgangsmasse	-	-	-
PT 6	EN 13353 (2011) WP/2, EN 314-1 (2004) Class 2	6 h in kochendem Wasser	1 h in Wasserbad bei 20 °C	Nur für Delaminierung: 24 h Trocknung bei 60 °C	-	-

PARQUET war deshalb die Entwicklung von standardisierten Prüfmethode zur Beurteilung der Klebungsqualität von Mehrschichtparkett, das in Europa auftretenden klimatischen Beanspruchungen standhält. Damit sollte ein europäisch einheitliches Qualitätsniveau geschaffen werden. In dem Forschungsprojekt arbeiteten Wissenschaftler des Instituts für Holztechnologie Dresden (IHD) und der Holzforschung Austria gemeinsam mit Vertretern der europäischen Parkett- und Klebstoffindustrie an der Methodenentwicklung.

## Material und Methoden

### Screening und Auswahl der Prüfmethode

Im ersten Schritt wurde eine Liste von Prüfmethode, die bisher für die Bewertung von Klebungen in lagenweise aufgebauten Holzprodukten angewendet werden, zusammengestellt. Grundlage dafür waren Fragebögen zur werkseigenen Produktionskontrolle der Hersteller von Mehrschichtparkett, Erfahrungen von Prüfinstituten und Recherchen in der Literatur und im Normenwerk. Es zeigte sich, dass die Methoden meist zweistufig aufgebaut waren: Einer klimatischen oder Feuchtevorbehandlung folgte eine mechanische Prüfung oder visuelle Beurteilung. Durch die Vorbehandlung werden Stresssituationen, denen die Böden im Gebrauch ausgesetzt sind, nachgebildet. Für die Methodenauswahl wurden deshalb die beiden Stufen separat betrachtet, um sie anschließend miteinander zu kombinieren.

Aus 18 gelisteten Vorbehandlungsverfahren wurden sechs ausgewählt, die in den Screeningversuchen Anwendung fanden (siehe Tab. 1). Dabei wurden Feuchte- und Temperaturbeanspruchung variiert. Neben einer Vorbehandlung mit ausschließlicher Trocknung (PT 1), Wechselbeanspruchungen durch Klimamalagerung und Trocknung (PT 2) sowie Kaltwasserlagerungen mit Trocknung (PT 3 und PT 4) wurden auch Lagerungen in warmem (PT 5) und kochendem Wasser (PT 6) mit Trocknung ausgewählt. Für alle Trocknungsprozesse wurde ein Temperaturschrank mit einstellbarer Temperatur verwendet.

Zur Beurteilung der Klebung nach der Vorbehandlung wurden vier Methoden ausgewählt: zwei Methoden zur Bewertung der Delaminierung an den Querschnitten und zwei mechanische Prüfungen:

- Messung der Delaminierung an Prüfkörpern mit den Maßen von 75 mm x 75 mm, entsprechend dem japanischen Standard *JAS 240* (2003) (JAS Type II),
- Messung der Delaminierung an Prüfkörpern mit einer Länge von 100 mm und der Breite des gesamten Parkettelementes,
- Durchführung einer Abhebefestigkeitsprüfung nach *EN 311* (2002),
- Durchführung einer Druckscherprüfung nach *EN 13354* (2008).

Nach der Messung der Delaminierungslänge wurden die Klebfugen bei den beiden erstgenannten Prüfungen mit dem in *DIN 53255* (1964) beschriebenen Werkzeug aufgestochen, um den Anteil des Holzbruchs und die Art des Versagens untersuchen zu können.

Für die Screeningversuche wurden 16 Materialvarianten ausgewählt (siehe Tab. 2). Als Referenzmaterial wurde ein zweischichtiges Parkett mit einer 3,6 mm dicken Deckschicht aus Buche und einer Trägerschicht aus Fichtestäbchen ausgewählt. Die beiden Schichten wurden mit einem PVAc-Klebstoff der Klasse D3 nach *EN 204* (2001) geklebt. Um die Einflüsse verschiedener Parameter auf die Klebungsqualität systematisch untersuchen zu können, wurden folgende Parameter variiert:

- Anzahl der Schichten (zweilagig und dreilagig),
- Holzart der Decklage (Buche und Eiche),
- Material der Trägerschicht (Fichtestäbchen und Faserplatte),
- Klebstoff (PVAc (Polyvinylacetat) Klasse D3, PVAc Klasse D4, UF-Harz (Harnstoff-Formaldehyd-Harz), EPI (Emulsions-Polymer-Isocyanat-Klebstoff) und PUR-Hotmelt (Polyuretan-Schmelzklebstoff)).

Bei den Materialvarianten B13, B15 und B16 handelte es sich um industriell hergestelltes Parkett, die anderen Varianten wurden zur Sicherstellung identischer Herstellbedingungen speziell

**Tab. 2: Ausgewählte Materialvarianten (Methodenscreening)**

*Tab. 2: Selected material variants (screening methods)*

Variante	Variation	Klebstoff	Deckschicht	Deckschichtdicke	Trägerschicht	Lagenanzahl
B01	Referenz	PVAc D3	Buche	3,6 mm	Fichte	2
B02	Fehklebung	PVAc D3, geringe Menge	Buche	3,6 mm	Fichte	2
B03	Fehklebung	PVAc D3, lange offene Zeit	Buche	3,6 mm	Fichte	2
B04	Deckschicht	PVAc D3	Eiche	3,6 mm	Fichte	2
B05	Trägerschicht	PVAc D3	Buche	3,6 mm	HDF	2
B06	Lagenanzahl	UF	Buche	3,6 mm	Fichte	3
B07	Klebstoff	UF	Buche	3,6 mm	Fichte	2
B08	Klebstoff	PVAc D4	Buche	3,6 mm	Fichte	2
B09	Klebstoff	EPI	Buche	3,6 mm	Fichte	2
B10	Klebstoff, Deckschicht	UF	Eiche	3,6 mm	Fichte	2
B11	Klebstoff, Deckschicht	PVAc D4	Eiche	3,6 mm	Fichte	2
B12	Klebstoff, Deckschicht	EPI	Eiche	3,6 mm	Fichte	2
B13	Klebstoff, Deckschicht	PUR-Hotmelt	Eiche	3,6 mm	Fichte	2
B14	Lagenanzahl, Trägerschicht, Deckschicht	UF	Eiche	3,6 mm	HDF	3
B15	Importware	Unbekannt	Eiche	3,6 mm	Unbekannt	3
B16	Lagenanzahl, Deckschicht	PVAc D3	Eiche	3,6 mm	Fichte	3

für das Forschungsprojekt auf einer Industrieanlage gefertigt. Mit der zu entwickelnden Prüfmethode sollte es möglich sein, Fehklebungen eindeutig zu erkennen. Aus diesem Grund wurden zwei Materialvarianten in die Untersuchungen einbezogen, die absichtlich fehlerhaft geklebt wurden: Bei der Variante B02 wurde eine gegenüber der Herstellerempfehlung um ca. 30 % geringere Menge Klebstoff aufgebracht, bei der Variante B03 wurde die offene Wartezeit von empfohlenen 20 s auf 480 s verlängert. Die Prüfkörper wurden nach einem vorab festgelegten Zugschnittplan ausgeformt. Aus jeder Materialvariante wurden sechs Prüfkörper je Vorbehandlung und Prüfmethode zugeschnitten. Damit wurde eine Datenbasis von 2.304 Einzelergebnissen geschaffen.

**Ringversuch**

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Screeningversuche wurden zwei Prüfmethode ausgewählt: der Delaminierungsversuch an Prüfkörpern mit einer Länge von 100 mm und einer Breite, die der Elementbreite entsprach, sowie der Abhebeversuch nach EN 311 (2002). Im Vorfeld der Delaminierungsversuche wurden die Vorbehandlungsverfahren PT 1, PT 3 und PT 5 durchgeführt (siehe Tab. 1). Die Prüfkörper für die Durchführung der Abhebefestigkeitsversuche wurden aufgrund der Erfahrungen bei den Screeningversuchen lediglich der Vorbehandlung PT 1 unterzogen.

Die für den Ringversuch verwendeten Materialien sind in Tab. 3 aufgeführt. Bei Variante B03 (gegenüber der Referenzvarian-

te mit längerer offener Zeit hergestelltes Zweischichtparkett) handelte es sich um Material aus den Screeningversuchen. Die anderen Materialien waren industriell hergestellt und wurden von den Projektpartnern zur Verfügung gestellt. Um einen eventuellen Einfluss einer Beschichtung auf das Versuchsergebnis erkennen zu können, wurden die Parkette jeweils mit und ohne Beschichtung mit einem UV-Lack hergestellt. Zusätzlich zu den bisher untersuchten Decklagen wurde eine Variante mit einer Decklage aus Räumereiche einbezogen.

Am Ringversuch nahmen drei Prüfinstitute, zwei Parketthersteller und zwei Klebstoffhersteller teil.

**Methodenvalidierung für die werkseigene Produktionskontrolle**

Ein Ziel des Projektes bestand darin, eine für die werkseigene Produktionskontrolle (WPK) beim Hersteller anwendbare Prüfmethode zu erarbeiten. Hierfür war es erforderlich zu untersuchen, ob ein direkt nach der Entnahme des Materials aus der Produktion entnommener Test zu gleichen Ergebnissen führt wie ein Test, der nach Aushärtung des Klebstoffs durchgeführt wird. Direkt aus der Produktion wurden hierfür Proben von sieben Produkten entnommen (siehe Tab. 4). Die daraus hergestellten Prüfkörper (100 mm x Elementbreite) wurden nach 24 Stunden und 28 Tagen den Vorbehandlungen PT 1, PT 3 und PT 5 (siehe Tab. 1) unterzogen, anschließend wurde die Delaminierung gemessen. Das Vorbehandlungsverfahren PT 1 wurde dahingehend modifiziert, dass die Delaminierung bereits

**Tab. 3: Materialvarianten (Ringversuch)**

Tab. 3: Variants of material (round robin test)

Variante	Klebstoff	Deckschicht	Deckschichtdicke	Trägerschicht	Lagenanzahl	Beschichtung
B03	PVAc D3, lange offene Zeit	Buche	3,6 mm	Fichte	2	Ohne
B21	PVAc D3	Buche	3,6 mm	Fichte	2	Ohne
B22	EPI	Buche	3,6 mm	Fichte	2	Ohne
B23	PUR-Hotmelt	Eiche	3,6 mm	Fichte	2	Ohne
B24	UF	Eiche	3,6 mm	Fichte	3	Ohne
B25	UF	Räuchereiche	3,6 mm	Fichte	3	Ohne
B03C	PVAc D3, lange offene Zeit	Buche	3,6 mm	Fichte	2	UV-Lack
B21C	PVAc D3	Buche	3,6 mm	Fichte	2	UV-Lack
B22C	EPI	Buche	3,6 mm	Fichte	2	UV-Lack
B23C	PUR-Hotmelt	Eiche	3,6 mm	Fichte	2	UV-Lack
B24C	UF	Eiche	3,6 mm	Fichte	3	UV-Lack
B25C	UF	Räuchereiche	3,6 mm	Fichte	3	UV-Lack

nach 24 Stunden Trocknung bei 60 °C bewertet wurde. In den vorangegangenen Versuchen hatte sich gezeigt, dass nach dieser Zeit Fehlklebungen bereits deutlich detektiert werden können. Eine Verkürzung der Trocknungszeit war erforderlich, um Fehlklebungen möglichst zeitnah zum Produktionsprozess zu erkennen. Für diese Versuche wurde die Referenzvariante mit Fehlklebung (Variante B03) nochmals produziert.

## Ergebnisse und Diskussion

### Methodenscreening, Auswahl der Prüfmethode

Aufgrund der Fülle der Ergebnisse werden im Folgenden ausgewählte Ergebnisse vorgestellt.

#### Fehlklebung einer Buchendecklage

Die Materialvarianten B01, B02 und B03 besaßen jeweils den gleichen Aufbau: eine Deckschicht aus Buchenholz und eine Trägerschicht aus Fichtestäbchen. Die Schichtenklebung erfolgte mit einem PVAc-Klebstoff der Klasse D3. Sie unterschieden sich dadurch, dass bei der Variante B01 die vom Klebstoffhersteller empfohlenen Parameter eingehalten wurden (Auftragsmenge: ca. 140 g/m<sup>2</sup>, offene Wartezeit: ca. 20 s), während bei

Variante 2 weniger Klebstoff aufgetragen wurde, bei Variante B03 die offene Wartezeit überschritten wurde.

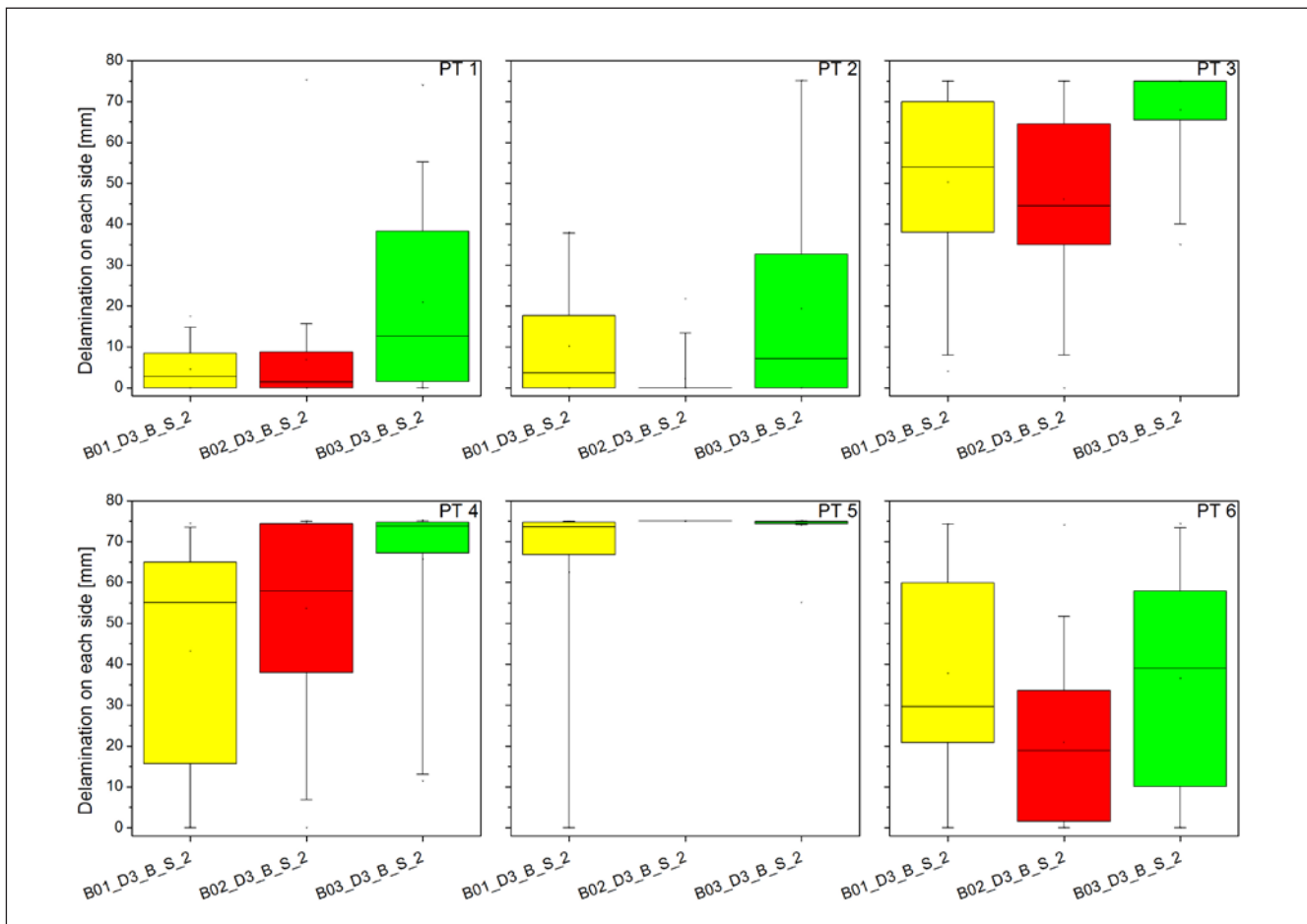
Die Ergebnisse der durchgeführten Prüfungen sind in den Abb. 1 bis 4 in Boxplots dargestellt. Die obere Grenze jeder Box entspricht dem 75 %-Quantil, die untere Grenze dem 25 %-Quantil, die Linie in der Box dem 50 %-Quantil. Außerdem sind die Extremwerte zu sehen. In jeder der Abbildungen sind die Ergebnisse separat für jedes Vorbehandlungsverfahren (PT 1 bis PT 6, siehe Tab. 1) aufgeführt.

Bei der Delaminierungsprüfung an kleinen Prüfkörpern (75 mm x 75 mm) wurde die Delaminierung auf jeder der vier Querschnittsseiten erfasst und als Einzelwert in die Auswertung eingegeben, siehe Abb. 1. Bei den Vorbehandlungen PT 1 bis PT 4 hebt sich die Fehlklebung, die durch eine zu lange offene Zeit hervorgerufen wurde, deutlich von den Ergebnissen der beiden anderen Varianten ab. Die Fehlklebung durch eine zu geringe Auftragsmenge konnte nicht eindeutig ermittelt werden. Bei Vorbehandlung PT 5 versagten die Klebfugen aller Varianten. Die im Verhältnis dazu geringen Delaminierungen bei Vorbehandlung PT 6 sind auf eine offensichtlich während der 24-stündigen Trocknungszeit stattfindende erneute Klebung des thermoplastischen Klebstoffs zurückzuführen.

**Tab. 4: Materialvarianten für WPK-Versuche**

Tab. 4: Materialvarianten für WPK-Versuche

Variante	Klebstoff	Deckschicht	Deckschichtdicke	Trägerschicht	Lagenanzahl
B03	PVAc D3, lange offene Zeit	Buche	3,6 mm	Fichte	2
B31	PVAc D3	Eiche	4,4 mm	Fichte	2
B32	PVAc D3	Eiche	4,6 mm	Eiche	2
B33	PVAc D3	Eiche	4,1 mm	HDF	2
B34	UF	Eiche	4,0 mm	Fichte	3
B35	UF	Buche	4,0 mm	Fichte	3
B36	UF	Eiche	4,1 mm	Fichte	3
B37	PVAc D3	Eiche	4,0 mm	HDF	2



**Abb. 1: Delaminierung der kleinen Proben (75 mm x 75 mm) – PVAc-D3-Klebstoff, Decklage Buche, n = 4 x 6 (B01: normale Klebung, B02: zu wenig Klebstoff, B03: lange offene Zeit; siehe auch Tab. 2)**

*Fig. 1: Delamination of small specimens (75 mm x 75 mm) – PVAc D3 adhesive, surface layer beech, n = 4 x 6 (B01: normal bonding, B02: bonding with too little adhesive, B03: adhesive with long reaction time; see also Tab. 2)*

Die Delaminierungsprüfung mit großen Prüfkörpern (100 mm x Elementbreite) führte zu tendenziell gleichen Ergebnissen, jedoch war deren Streuung in den meisten Fällen geringer, siehe Abb. 2. Bei dieser Prüfung wurde der gesamte Querschnitt in die Untersuchung einbezogen, die Messung erfolgte an den beiden Querschnittskanten. Bereits bei Vorbehandlung PT 1 wurde die fehlgeklebte Variante B03 identifiziert. Ab Vorbehandlung PT 4 wurde eine fast 100 %-ige Delaminierung an den Querschnittskanten festgestellt.

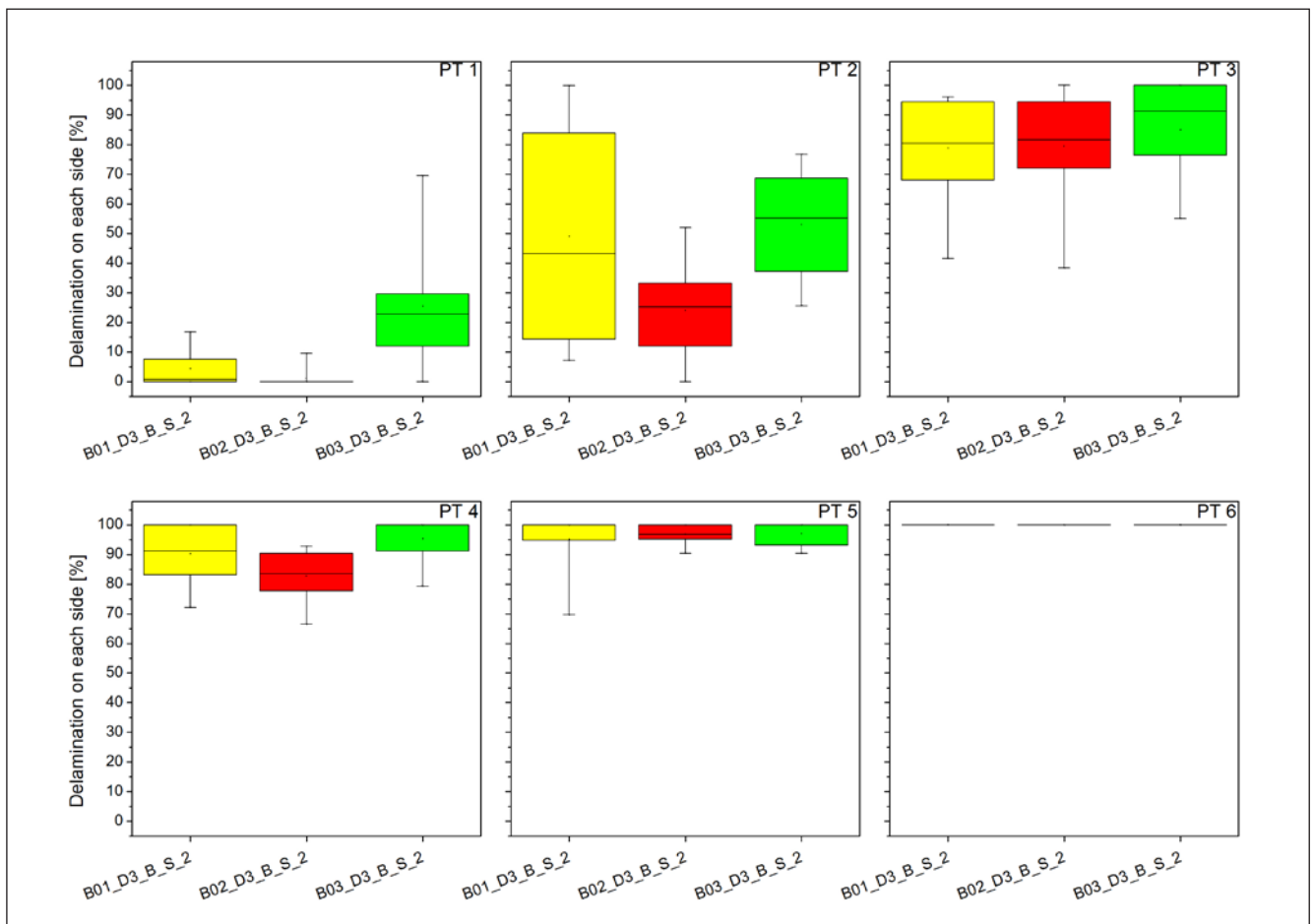
Bei Vorbehandlung PT 1 wurde die Ausbildung der Delaminierung zusätzlich nach 24 h, 48 h und 72 h gemessen. Dabei zeigten sich bei der fehlgeklebten Variante B03 bereits nach einem Tag deutliche Delaminierungen. Dies bedeutet, dass Fehler in der Produktion, die auf eine Fehlklebung zurückzuführen sind, bereits nach einer 24-stündigen Lagerung bei 60 °C erkennbar sind. Die Holzfeuchtemessung (Darrmethode) ergab, dass nach dieser Zeit die Holzfeuchte von anfänglich ca. 8 % auf ca. 2 % zurückgegangen ist. Bis zum Ende der 100-stündigen Trockenlagerung ändert sie sich nicht mehr signifikant. Dessen ungeachtet bilden sich auch in diesem Zustand weitere Delaminierungen aus.

Nach den beiden Delaminierungsversuchen wurden alle Prüf-

körper aufgestochen, um den Holzbruchanteil zu ermitteln und das Bruchbild zu bewerten. Die Bruchbilder bestätigten die Ergebnisse der Delaminierungsmessungen.

Erfolgreiche Abhebefestigkeitsversuche konnten lediglich nach Trockenlagerung (PT 1) durchgeführt werden, siehe Abb. 3. Die Ursache dafür ist darin zu suchen, dass die Stahlpilze nicht so auf die Parkettoberfläche aufgeklebt werden konnten, dass eine Klebfestigkeit entsteht, die auch nach Feuchte- und Nassvorbehandlungen ausreichend groß ist. Bei diesen Vorbehandlungen kam es zum Versagen zwischen Prüfpilz und Prüfkörper. Dessen ungeachtet brachte diese Methode aufgrund der numerischen Ergebnisse eine sehr feine Abstufung zwischen den Varianten. Gegenüber der normal geklebten Variante zeigen die beiden fehlgeklebten Materialien deutlich niedrigere Festigkeiten.

Ein ebenso präzises Ergebnis konnte bei den Druckscherversuchen herausgearbeitet werden, siehe Abb. 4. Als Vorteil erwies sich, dass die Prüfung nach allen Vorbehandlungen durchgeführt werden konnte. Die Scherfestigkeiten nahmen bei steigender Feuchtebelastung ab, eine Abstufung zwischen den Varianten war bis zur Vorbehandlung PT 4 deutlich erkennbar. Bei Heiß- und Kochwasservorbehandlung sank die Festigkeit jedoch auf ein Maß, bei dem keine Differenzierung mehr möglich war.



**Abb. 2: Delaminierung der großen Proben (100 mm x Elementbreite) – PVAc-D3-Klebstoff, Decklage Buche, n = 2 x 6 (B01: normale Klebung, B02: zu wenig Klebstoff, B03: lange offene Zeit; siehe auch Tab. 2)**

Fig. 2: Delamination of large specimens (100 mm x width of element) – PVAc D3 adhesive, surface layer beech, n = 2 x 6 (B01: normal bonding, B02: bonding with too less adhesive, B03: adhesive with long reaction time; see also Tab. 2)

### Vergleich der Klebstoffe

In die Untersuchungen wurden Parkette einbezogen, die mit PVAc-Klebstoffen der Klassen D3 und D4, UF-Harz, EPI und PUR-Schmelzkleber geklebt wurden. Die Auswertung erfolgte getrennt nach Parketten mit Buchen- und Eichendeckschicht. Die Ergebnisse werden am Beispiel der Delaminierungsprüfung mit großen Prüfkörpern dargestellt.

Im Falle fachgemäßer Klebung trat bei Vorbehandlung PT 1 bei keinem der Klebstoffe eine Delaminierung auf. Beginnend bei Vorbehandlung PT 2 wiesen die Prüfkörper mit PVAc-Klebung Delaminierungen auf, die mit zunehmender Feuchtebelastung steigen. Der D4-Klebstoff wies jeweils etwas geringere Delaminierungen auf.

Die im Projekt verwendeten EPI- und Schmelzklebstoffe zeigten bei allen Vorbehandlungen keine oder nur sehr geringe Delaminierungen. Das mit UF-Harz geklebte Parkett versagte bei Kochwasservorbehandlung (PT 6) völlig, bei Heißwasserlagerung (PT 5) traten Delaminierungen von ca. 40 % auf.

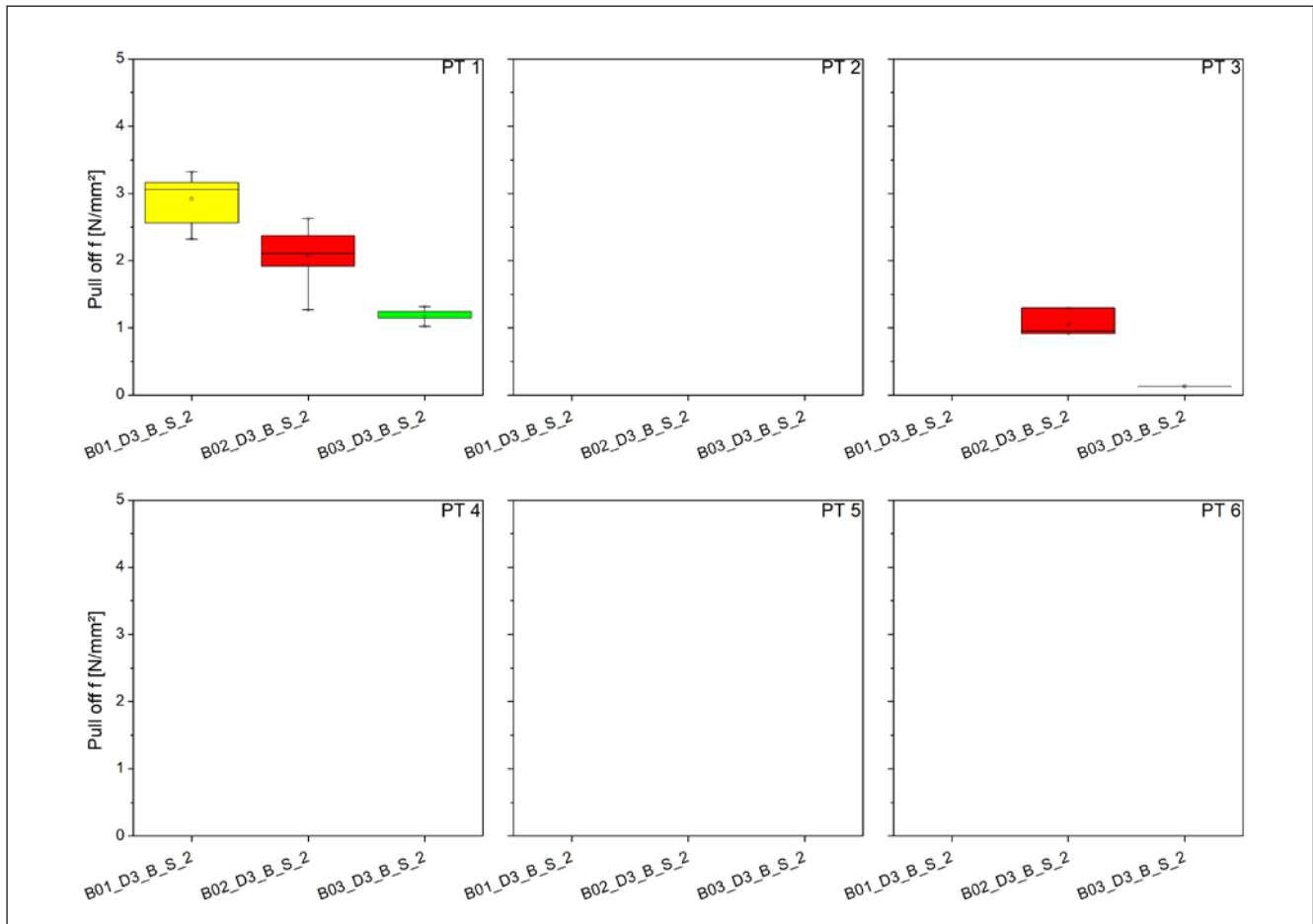
Bei den mit einer Buchendeckschicht versehenen Parketten traten bei gleichen Klebstoffen und gleichen Vorbehandlungen größere Delaminierungslängen auf. Eine Differenzierung war hier deutlich besser möglich. Dieser Umstand ist auf das ausge-

prägte Quell- und Schwindverhalten der Holzart Buche zurückzuführen. Die grundlegenden Aussagen bleiben aber gegenüber den Ergebnissen bei Eichenparkett unverändert, ein eventuelles Totalversagen tritt jedoch bereits bei geringeren Feuchtebelastungen ein. Bei Vorbehandlung PT 1 (Trockenlagerung) traten auch bei den PVAc-Klebstoffen Delaminierungen im Bereich von 0 % bis 10 % auf.

### Methodenauswahl

Auf der Grundlage der ermittelten Ergebnisse wurden für den weiteren Projektverlauf zwei Prüfmethode und drei Vorbehandlungen ausgewählt. Die Kriterien für die Methodenauswahl waren die generelle Durchführbarkeit der Prüfung für möglichst viele Materialvarianten, die Anwendbarkeit in der werkseigenen Produktionskontrolle und im Rahmen von Entwicklungstätigkeiten beim Hersteller sowie die Differenzierbarkeit der Ergebnisse.

Für eine Delaminierungsprüfung spricht, dass nur eine einfache Ausrüstung erforderlich ist. Sie beschränkt sich auf ein Längenmessmittel, eventuell eine Lupe und ein Aufstechwerkzeug. Gegenüber den mechanischen Prüfungen führt sie allerdings zu weniger differenzierenden Ergebnissen. Die Prüfung an großen



**Abb. 3: Abhebefestigkeit – PVAc-D3-Klebstoff, Decklage Buche, n = 6 (B01: normale Klebung, B02: zu wenig Klebstoff, B03: lange offene Zeit; siehe auch Tab. 2)**

Fig. 3: Lift-off strength – PVAc D3 adhesive, surface layer beech, n = 6 (B01: normal bonding, B02: bonding with to less adhesive, B03: adhesive with long reaction time; see also Tab. 2)

Prüfkörpern, die über die gesamte Elementbreite entnommen werden, betrachtet die Klebungsqualität des gesamten Produktes und nicht nur eines Teils des Querschnitts. Diese Überlegungen führten dazu, die Delaminierungsprüfung an großen Prüfkörpern in die weiteren Untersuchungen einzubeziehen.

Mechanische Tests führen zu numerischen Ergebnissen, die Unterschiede in der Klebung sehr gut wiedergeben. Aufgrund der Prüfkörpergröße können keine Aussagen über die Elementbreite abgeleitet werden. Die Prüfkörperherstellung ist aufwendig, für die Prüfung ist das Vorhandensein einer Festigkeitsprüfmaschine notwendig. Beim Abhebefestigkeitsversuch ist das Aufkleben des Prüfpilzes im Falle von Feuchtevorbehandlung schwierig. Um Vergleichsdaten zum Delaminierungstest zu erhalten, wurde dennoch der Abhebetest ausgewählt, weil damit Ergebnisse erreicht werden können, die zu einer guten Differenzierung der Klebstoffe führen. Die Prüfkörper für diesen Test wurden ausschließlich einer Trocknung unterzogen.

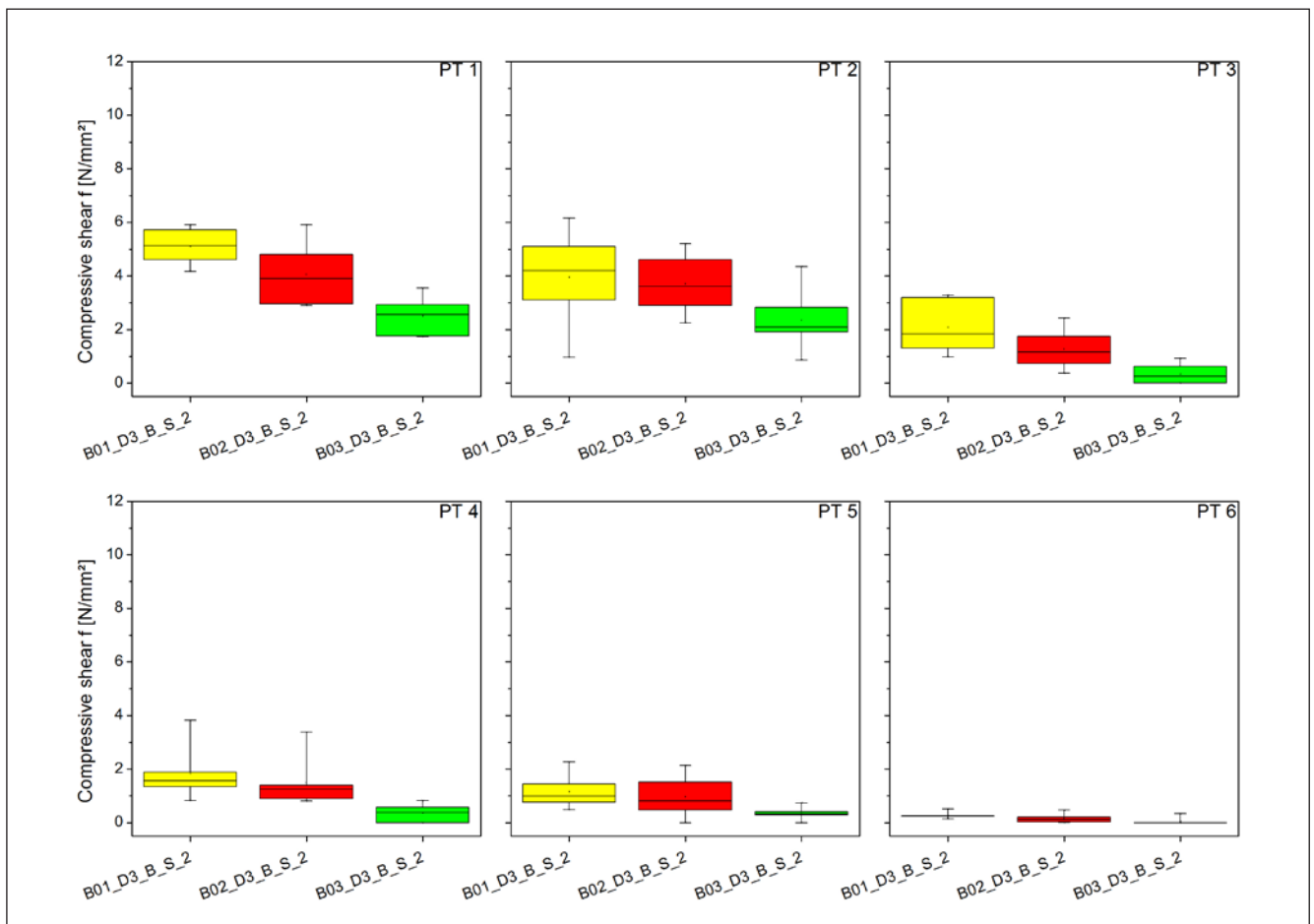
Als Vorbehandlungsverfahren wurden die Trockenlagerung (PT 1), eine Kaltwasserlagerung mit anschließender Trocknung (PT 3) und die Heißwasserlagerung mit anschließender Trocknung (PT 5) ausgewählt (siehe Tab. 1). Die apparative Ausrüstung beschränkt sich dabei auf einen Trockenofen und ein temperier-

bares Wasserbad. Während mit der Trockenlagerung eine Detektion von Fehlklebungen möglich ist, können bei den Methoden mit Wasserlagerung Unterschiede zwischen den Produktqualitäten bei fehlerfreier Klebung gut herausgearbeitet werden. Der Nachteil der Methoden mit Wasserlagerung besteht darin, dass Parkette mit einer Trägerschicht aus einer Faserplatte nicht geprüft werden können. Die Wechselklimalagerung führt zwar zu gut differenzierbaren Ergebnissen, jedoch ist das Vorhandensein eines Klimaschranks erforderlich. Die Kochwassermethode wurde verworfen, da sie nur für wenige Materialien mit extrem hoher Feuchte- und Temperaturbeständigkeit geeignet ist.

### Ringversuch

Mit dem Ringversuch sollte nachgewiesen werden, dass bei Anwendung der ausgewählten Vorbehandlungs- und Prüfmethode vergleichbare Ergebnisse erzielt werden. Dafür wurden die in den einzelnen Arbeitsschritten notwendigen Handlungen des Laborpersonals in einer Methodenbeschreibung detailliert zusammengefasst.

Nach Rückmeldung aus den einzelnen Laboratorien konnte festgestellt werden, dass die Methoden prinzipiell anwendbar sind. Sehr gut übereinstimmende Ergebnisse wurden immer dann



**Abb. 4: Scherfestigkeit (Druckscherversuch) – PVAc-D3-Klebstoff, Decklage Buche, n = 6 (B01: normale Klebung, B02: zu wenig Klebstoff, B03: lange offene Zeit; siehe auch Tab. 2)**

*Fig. 4: Shear strength (compression shear test) – PVAc D3 adhesive, surface layer beech, n = 6 (B01: normal bonding, B02: bonding with to less adhesive, B03: adhesive with long reaction time; see also Tab. 2)*

erzielt, wenn die Delaminierungen im sehr niedrigen Bereich von 0 % bis 10 % oder im sehr hohen Bereich von 90 % bis 100 % lagen. Im dazwischen liegenden Bereich traten sowohl innerhalb der jeweiligen Labore als auch zwischen den Laboren teils stark streuende Ergebnisse auf. Die Ursache ist darin zu suchen, dass mit der jeweiligen Vorbehandlung bei dem entsprechenden Parkettssystem der Zustand erreicht wurde, bei dem die Delaminierungen beginnen. Nur geringfügige Abweichungen bei den Prüfbedingungen (zum Beispiel Wassertemperatur oder Dauer der Wasserlagerung) führen in diesem Zustand zu großen Abweichungen in den Ergebnissen.

Grundsätzlich wurde die Gültigkeit der Ergebnisse aus den Screeningversuchen bestätigt. Eine fachgerechte Klebung vorausgesetzt, traten bei Vorbehandlung PT 1 keine Delaminierungen auf. Die fehlgeklebte Variante B03 wurde eindeutig in allen Laboren detektiert. Die Mittelwerte lagen bei über 5 %, Einzelwerte bei bis zu 100 %.

Bei der Vorbehandlung PT 3 (Kaltwasserlagerung mit anschließender Rücktrocknung) wurden bei allen Teilnehmern sehr hohe Delaminierungen (zwischen 90 % und 100 %) bei der fehlgeklebten Variante B03 ermittelt. Die ebenfalls mit einem PVAc-D3-Klebstoff hergestellte Variante B21 ohne Fehlkle-

bung wies mittlere Delaminierungen im Bereich von 30 % bis 70 % auf, beim EPI-Klebstoff lag der Wert zwischen 10 % und 50 %. Die bisher genannten Varianten besaßen eine Buchendeckschicht. Die beiden mit Eichendeckschicht versehenen und mit UF-Harz bzw. PUR-Schmelzkleber hergestellten Parkette wiesen deutlich geringere Delaminierungen im Bereich von 0 % bis 10 % auf. Es hat sich deutlich gezeigt, dass mit der gewählten Vorbehandlung eine sehr gute Differenzierung zwischen einzelnen Produkten möglich ist. Neben der Detektierung von Fehlern bei der Herstellung ist diese Methode auch für die Bewertung von Produktaufbauten anwendbar.

Im Falle der Vorbehandlung PT 5 treten gegenüber PT 3 größere Delaminierungen auf. Die Streuung der Ergebnisse nahm bei einigen Varianten deutlich zu. Die mit PVAc-Klebstoff geklebten Varianten wiesen auch bei ordnungsgemäßer Klebung Delaminierungen von über 90 % auf. Für dieses in der Praxis in Europa bewährte System ist diese Methode demnach zu hart.

Nach der Messung der Delaminierungen wurden die Klebfugen aufgestochen, um den Holzbruchanteil zu bestimmen. Hierbei gab es signifikante Unterschiede zwischen den Teilnehmern, die die Streuungen bei den Angaben zur Delaminierung deutlich überschritten. Es erscheint also nicht sinnvoll, den Holzbruch-



anteil zu quantifizieren. Jedoch liefert das Bruchbild eine sehr gute Möglichkeit zur qualitativen Bewertung der Klebfuge.

Die Abhebeversuche lieferten Ergebnisse mit relativ geringen Streuungen. Problematisch war, dass die Mittelwerte, die von den Laboren für eine bestimmte Materialvariante ermittelt wurden, sich deutlich voneinander unterschieden. So lagen die Mittelwerte beim mit EPI-Klebstoff hergestellten Material beispielsweise zwischen 1,5 N/mm<sup>2</sup> und 2,5 N/mm<sup>2</sup>. Grund dafür könnten unterschiedliche Vorgehensweisen beim Einfräsen der Ringnut oder nicht genau zentrischer Zug sein. Bei allen Versuchen wurde ein hoher Holzbruchanteil festgestellt.

Im Ringversuch wurde auch der Einfluss einer Beschichtung auf die Ergebnisse untersucht, indem Parallelproben mit und ohne Beschichtung, aber mit ansonsten unverändertem Aufbau getestet wurden. Die Unterschiede bei den Vergleichsproben waren äußerst gering, eine eindeutige Tendenz bezüglich steigender oder sinkender Delaminierungsneigung konnte nicht festgestellt werden.

Schließlich wurde auch geprüft, wie die Methode bei einem Parkett, dessen Deckschicht aus Räuchereiche bestand und das mit UF-Harz geklebt wurde, anwendbar ist. Bei Vorbehandlung PT 1 traten keine Delaminierungen auf, das Räuchereichenparkett verhielt sich also wie die anderen ordnungsgemäß geklebten Parkette auch. Bei den Vorbehandlungen PT 3 und PT 5 zeigten sich aber gegenüber der Variante B24 (gleicher Klebstoff, aber Deckschicht aus nicht geräucherter Eiche) deutlich größere Delaminierungen.

### Validierung für die werkseigene Produktionskontrolle

Nach der Trockenlagerung (PT 1) wiesen nur die Proben der fehlgeklebten Variante B03 Delaminierungen auf. Die Untersuchungen ergaben weiterhin, dass im Falle der Vorbehandlungen PT 3 und PT 5 bei den 24 Stunden nach der Entnahme aus der Produktion entnommenen Proben im Allgemeinen geringfügig größere Delaminierungen auftraten als bei den Prüfungen nach 28 Tagen. Bei einer mit einem UF-Harz geklebten Materialvariante war ein umgekehrter Trend erkennbar.

Wurden die Proben nach 24 Stunden Lagerung bei 60 °C im Trockenschrank entnommen und bewertet, traten Delaminierungen ebenfalls ausschließlich bei Variante B03 auf.

### Fazit

Im Rahmen des Projektes EUROPARQUET wurden Prüfmethode zur Feststellung der Klebungsqualität von Mehrschichtparkett erarbeitet. Nach einer Stärken- und Schwächenanalyse der angewendeten Verfahren in den umfangreichen Forschungsarbeiten (mehr als 4.000 Einzelergebnisse) wurden geeignete Methoden ausgewählt und beschrieben. Die Methoden wurden in der HFA-Arbeitsanweisung Nr. HFAAA B 214 und gleichlautend in der IHD-Werknorm *IHD-W 482* (2016) beschrieben. Es handelt sich um Delaminierungstests an Proben mit einer Länge von 100 mm und einer Breite, die der Elementbreite entspricht. Je nach Ziel der Untersuchung wurden zwei Vorbehandlungen integriert:

- PT 1: Lagerung im Trockenofen bei 60 °C über 100 Stunden,

- PT 2: Lagerung im 20 °C warmen Wasser über sechs Stunden und anschließende Rücktrocknung bei 80 °C über 18 Stunden.

Die Vorbehandlung PT 1 ist zum Nachweis einer Mindestproduktqualität geeignet. Hiermit können Fehlklebungen eindeutig detektiert werden. Die Methode differenziert jedoch im Falle ordnungsgemäßer Herstellung nicht ausreichend zwischen Produkten. Ungünstige Aufbauten sind mit ihr unter Umständen nicht erkennbar.

Die Vorbehandlung PT 2 kann zum Vergleich von Parkettaufbauten oder Klebstoffsystemen verwendet werden. Ihre Anwendung führt zu Ergebnissen, die eine Differenzierung von Produkten ermöglicht. Aufbauten, die sich in der Praxis als problematisch erweisen, werden mit dieser Vorbehandlung gut erkannt. Die Methode ist nicht für HDF-Träger anwendbar.

Die im Projekt erarbeiteten Methoden sind gut für die Bewertung der in Europa üblicherweise eingesetzten Mehrschichtparkette geeignet. Fehlklebungen werden sicher detektiert. Gleichzeitig werden die häufig als Schichtenklebstoff verwendeten PVAc-D3-Klebstoffe und die daraus hergestellten Parkette nicht diskriminiert.

### Danksagung

Das Forschungsprojekt EUROPARQUET wurde durch die österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) und als Vorhaben 103 EBR/1 der Forschungsvereinigung Trägerverein Institut für Holztechnologie Dresden e. V. (TIHD) über die AiF durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) gefördert. Das Projekt wurde durch den Fachverband der Holzindustrie Österreichs, den Europäischen Verband der Parkettindustrie (FEP) und Firmen der europäischen Parkett-, Klebstoff- und Beschichtungsmittelindustrie unterstützt.

### ABSTRACT

#### *Development of test methods for assessing the bonding quality of multi-layer parquet*

*For bonding of multi-layer parquet no European specification or test method exist. The aim of the investigations was the development of a test method to assess the bonding quality. After a comparison of methods numerous variants of materials were tested using different mechanical and delamination methods. The samples were subjected to temperature and moisture stresses prior to testing. Selected methods were validated in a round robin test. It was examined whether the methods can be used in factory production control at the manufacturer. As a result a work standard containing a description of a delamination test was prepared. Depending on the purpose of the test the samples are stored under dry conditions or in cold water followed by drying prior to the assessment.*

**Keywords:** *Test methods, bonding quality, multi-layer parquet*

## Literatur

*ANSI/HPVA EF (2012) American National Standard for Engineered Wood Flooring*

*Belleville B (2008) Rôle de l'interface bois-adhésif dans les lames de plancher d'ingénierie. Master's Thesis, Université Laval, Québec, Kanada*

*Belleville B, Blanchet P, Cloutier A, Deteix J (2008) Wood-Adhesive Interface Characterization and Modeling in Engineered Wood Flooring. Wood and Fiber Science 40 (4): 484-494*

*Blanchet P (2008a) Contribution of engineered wood flooring components to its hygromechanical behavior. Forest Prod. J. 58 (7/8): 19-23*

*DIN 53255 (1964) Prüfung von Holzleimen und Holzverleimungen – Bestimmung der Bindefestigkeit von Sperrholzleimungen (Furnier- und Tischlerplatten) im Zugversuch und im Aufstechversuch*

*EN 1910 (2013) Holzfußböden und Wand- und Deckenbekleidungen aus Holz – Bestimmung der Dimensionsstabilität*

*EN 204 (2001) Klassifizierung von thermoplastischen Holzklebstoffen für nichttragende Anwendungen*

*EN 311 (2002) Holzwerkstoffe – Abhebefestigkeit der Oberfläche – Prüfverfahren*

*EN 314-1 (2004) Sperrholz – Qualität der Verklebung – Teil 1: Prüfverfahren*

*EN 13353 (2011) Massivholzplatten (SWP) – Anforderungen*

*EN 13354 (2008) Massivholzplatten (SWP) – Qualität der Verklebung – Prüfverfahren*

*IHD-W 482 (2016) Prüfung der Verklebung von Mehrschichtparkett*

*JAS 233 (2003) Plywood*

*JAS 240 (2003) Flooring*

*Niemz P (1993) Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen*

*Niemz P, Sonderegger W (2017) Holzphysik – Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, München*

## Autoren

**Dipl.-Ing. Jens Gecks** studierte an der Technischen Universität Budapest Bauingenieurwesen und schloss das Studium als Diplom-Ingenieur für konstruktiven Ingenieurbau ab. Nach Tätigkeiten im Gewerbe- und im Holzbau ist er seit 2003 am Institut für Holztechnologie Dresden (IHD), Zellescher Weg 24, 01217 Dresden, als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig. Seit 2015 führt er den Laborbereich Werkstoff- und Produktprüfung im EPH. Seine Tätigkeitsfelder liegen in der Charakterisierung von Holz und Holzwerkstoffen bezüglich ihrer physikalisch-mechanischen Eigenschaften, der Untersuchung von Klebungen in Holzprodukten sowie in der Prüfung von Dämmstoffen. [jens.gecks@ihd-dresden.de](mailto:jens.gecks@ihd-dresden.de)

**DI Dr. Gerhard Grill** ist Absolvent der Studienrichtung Holzwirtschaft an der Universität für Bodenkultur (BOKU) in Wien und Leiter der Abteilung Holzschutz und Bioenergie an der Holzforschung Austria. Seit 2009 ist er Vorsitzender des österreichischen Normenkomitees ASI K 050 „Beschichtungsstoffe“ und Lehrbeauftragter an der Universität für Bodenkultur in Wien. Die Schwerpunkte seiner Arbeit sind Beschichtungen auf Holz, Holzschäden und Holz-anatomie.

**Dr.-Ing. Rico Emmmler** absolvierte zunächst eine Ausbildung zum Möbeltischler mit Abitur. Er studierte Holz- und Faserwerkstofftechnik an der Technischen Universität Dresden, an der er 2001 zu Prüfverfahren zum Alterungsverhalten von Lackierungen promovierte. Seit 1993 war Emmmler als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Holztechnologie Dresden (IHD) tätig. 2005-2015 leitete er das Ressort Oberfläche am IHD und den akkreditierten Laborbereich Oberflächenprüfung des Entwicklungs- und Prüflabors Holztechnologie (EPH). Seit 2016 ist er Geschäftsführer des EPH, der Tochtergesellschaft des IHD.

**Dipl.-HTL-Ing. Klaus Peter Schober** ist Absolvent der Holztechnik an der HTL Mödling und nachgraduiert zum Dipl.-HTL-Ing. Er ist seit 1982 an der Holzforschung Austria im Bereich Fenster- und Türentechnik, Holzhausbau und Fassadentechnik tätig und Leiter der Abteilung Bautechnik. In dieser Zeit wurde von ihm eine Vielzahl von Forschungsprojekten durchgeführt, unter anderem als Projektleiter bei Projekten wie „Grundlagen zur Entwicklung einer neuen Holzfenstergeneration“, „Holz-Glas-Kleben“, „Holzhausbau – Architektur versus Technik“, „dataholz.com“ oder „Sicherheitsrelevante Grundlagendaten für Parkettböden“. Schober wurde mit dem Josef-Umdasch-Preis und mehreren Kooperationspreisen für seine Entwicklungsprojekte mit klein- und mittelständigen Unternehmen ausgezeichnet.