



## **IGF-Forschungsvorhaben 20441 BR**

### **PUMA**

**Entwicklung von PUR-Schmelzklebstoff-Formulierungen mit erhöhtem polaren Anteil zur dauerhaften Verklebung von Materialien mit unterschiedlichen Materialeigenschaften**

Durchgeführt von

**Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH**

**Projektleitung: Prof. Dr. habil. Mario Beyer**

**FILK Freiberg Institute**

**Projektleitung: Dr. habil. Bernd Morgenstern**

**Laufzeit: 01.02.2019 - 30.06.2021**

## **Ausgangssituation und Zielstellung**

Werden Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften wie Ausdehnungskoeffizienten, chemische Basis und Polarität oder Porosität miteinander flächig verklebt, muss der Klebstoff beide Materialeigenschaften adressieren, um eine Haftung zu gewährleisten und auftretende Spannungen auszugleichen. Ein typischer Verbund, der hinsichtlich der zuvor genannten Materialeigenschaften für einen Klebstoff herausfordernd ist, ist derjenige aus Aluminium mit Holz(-werkstoffen). Während Aluminium eine sehr glatte, unstrukturierte Oberfläche besitzt und damit der Klebstoff nur über adhäsive Wechselwirkungen interagiert, penetriert der Klebstoff – sofern hinreichend fluid bzw. bei hinreichendem Druck – die Holz- bzw. Holzwerkstoffoberflächen und verankert sich dort nach der Aushärtung. Als weitere Herausforderungen kommen stark unterschiedliche thermische bzw. feuchteinduzierte Ausdehnungskoeffizienten hinzu, die bei entsprechender Belastung zu Materialspannungen führen, welche entsprechend vom Klebstoff abgebaut werden müssen.

Bedingt durch ihre chemische Struktur besitzen viele Werkstoffe ein Mindestmaß an Polarität, welche für starke, bindende Wechselwirkungen wie Wasserstoffbrückenbindungen zur Verfügung steht. Bisherige Hotmelts zeigen zum Teil eine geringe Polarität, sodass polare, adhäsive Wechselwirkungen mit inerten Oberflächen wie Aluminium relativ gering ausfallen und es unter wiederholt wechselnden klimatischen Bedingungen zu Ablösungen kommt.

Um die polaren Bestandteile von Hotmelts zu erhöhen sollten, zunächst Polymer-Blends hergestellt und unter anwendungsnahen Bedingungen appliziert werden. Die dabei hergestellten Aluminium-Furnier Verbundmaterialien sollten ausführlich charakterisiert werden, um Rückschlüsse auf die Qualität der Hotmelts zu ermöglichen.

### **1. Darstellung der Ergebnisse**

Im Vorhaben wurde zunächst eine Bewertungsgrundlage für die Leistung von Schmelzklebstoffen im Verbund aus Furnier und Aluminium geschaffen. Hierzu eignete sich neben der Haftfestigkeitsprüfung nach ISO 4624 vor allem die Prüfung der Wechselklimabeständigkeit in Anlehnung an RAL-GZ 434 Pkt. 2.5.3. Darüber hinaus wurde eine Korrelation zwischen rheologischen Messwerten und den Ergebnissen von Wechselklimaprüfungen untersucht, welche die Entwicklung einer schnellen Screening-Methode als Ersatz für Wechselklimaprüfungen erlaubt.

Auf Basis der entwickelten Bewertungsgrundlage wurden Applikationsstudien mit unterschiedlichen Schmelzklebstoffen (Polyurethan (PUR)-, Polyolefin (PO)-, Ethylvinylacetat (EVA)-Systeme, modifizierte kommerzielle Systeme sowie Blends mit bislang nicht untersuchten Polymeren, insbesondere mit Polyvinylbutyral (PVB)) durchgeführt.

#### **1.1. Entwicklung einer diskontinuierlichen Applikationsmethode für Hotmelts**

In der industriellen Praxis werden Hotmelt-Systeme in aller Regel kontinuierlich über Walzen appliziert. Diese großtechnische Applikationsmethode eignet sich nicht zur Untersuchung kleinerer Mengen an Hotmelts, daher wurde zunächst eine diskontinuierliche Applikationsmethode auf Basis von extrudierten Folien und Heizpressvorrichtungen entwickelt.

In der Applikationsstudie konnten Bedingungen ausgearbeitet werden, welche zu ähnlichen Ergebnissen führen wie kontinuierliche Applikationsmethoden. In folgender Tabelle 1 sind die Applikationsbedingungen, sowie dabei resultierende Blasenbildungen, für ein Hotmeltsystem (Bezeichnung HM2) exemplarisch dargestellt.

**Tabelle 1.** Visuelle Bewertung der Blasenbildung des HM2 durch partielle Enthaftung des Furniers: **rot** = starke Blasenbildung, **gelb** = schwache Blasenbildung, **grün** = keine Blasenbildung

HM 2		Presszeit [s]						
		2	4	6	8	10 (1)*	10 (2)*	12
Betriebs- druck [bar]	13	31,75 cm <sup>2</sup>	20,25 cm <sup>2</sup>	0,75 cm <sup>2</sup>	0 cm <sup>2</sup>	1 cm <sup>2</sup>	23 cm <sup>2</sup>	20,25 cm <sup>2</sup>
	33	50 cm <sup>2</sup>	3,25 cm <sup>2</sup>	1 cm <sup>2</sup>	0 cm <sup>2</sup>	27,5 cm <sup>2</sup>	2 cm <sup>2</sup>	18 cm <sup>2</sup>
	53	24,75 cm <sup>2</sup>	7,5 cm <sup>2</sup>	0 cm <sup>2</sup>	0 cm <sup>2</sup>	4 cm <sup>2</sup>	3,5 cm <sup>2</sup>	20,25 cm <sup>2</sup>
	71	0 cm <sup>2</sup>	2,5 cm <sup>2</sup>	0 cm <sup>2</sup>	0 cm <sup>2</sup>	0 cm <sup>2</sup>	0 cm <sup>2</sup>	0 cm <sup>2</sup>

\* Der Versuch bei 10 s Presszeit wurde wiederholt.

Es wird ersichtlich, dass eine Presszeit von 8 s sowie ein Betriebsdruck von 71 bar gute Ergebnisse lieferten. Für alle weiteren geprüften Systeme ergaben sich ähnliche Muster, sodass diese Pressbedingungen als Standard für alle weiteren Applikationen verwendet wurden.

## 1.2. Modifikation von Hotmelts

### Hotmeltfolienextrusion

Da Hotmelts bei Raumtemperatur im festen Zustand vorliegen, müssen sie zur Modifikation mit weiteren Komponenten aufgeschmolzen und vermischt werden. Hierfür eignen sich insbesondere Extrusionsverfahren, wenn die Ausgangskomponenten in Form von Granulaten vorliegen. Im vorgestellten Projekt wurde ein Folienextrusionsverfahren verwendet, welches verarbeitungsfähige Schmelzklebstofffolien für die diskontinuierliche Applikation lieferte. Dafür wurde ein Einschneckenextruder HAAKE™ Rheomex 302 verwendet, der über die Plattform HAAKE™ PolyLab™ OS [Thermo Electron (Karlsruhe) GmbH, Karlsruhe, D] angetrieben und gesteuert wurde. Die Polymere wurden dem Extruder in Form von Compounds über den Befülltrichter zugeführt. Der Abzug und die Kühlung der Folien erfolgte mit einem chill-roll-System. Die angewandten Extrusionsbedingungen waren:

- Extruderschnecke 3-Zonenschnecke mit Mischkopf
- Drehzahl 150 min<sup>-1</sup>
- Düse 300-mm-Breitschlitz
- Düsentemperatur 140 – 160 °C
- Düsenpalt 0,15 – 0,2 mm
- Abzug 0,3 – 1 m·min<sup>-1</sup>
- Kühlwalze (chill-roll) 40 °C

Insgesamt wurden acht verschiedene applikationsfähige Hotmeltfolien hergestellt. Die Zusammensetzung und die Beschaffenheit dieser HM-Folien sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Verschiedentliches Auftreten von Inhomogenitäten wurde als Hinweis auf Unverträglichkeiten der Komponenten gewertet.

**Tabelle 2.** Zusammensetzung und Beschaffenheit extrudierter HM-Folien (m% - Masseprozent)

Bezeichnung	Zusammensetzung / m%			
	EVA	PO	MAPE	PVB
B3C	-	100	-	-
B3A	-	80	20	-
B1C	100	-	-	-
B1B	90	-	10	-
B1A	80	-	20	-
P3	-	-	20	80
P4	-	-	80	20
P5	20	-	80	-

### *Thermogepresste HM-Folien*

Mit dem Ziel, die Güte und insbesondere die Homogenität von HM-Folien aus den Polymermischungen zu verbessern, wurde zusätzlich ein Zwei-Schritt-Verfahren zur Folienherstellung angewandt. Im ersten Schritt wurden aus den zu mischenden Polymeren unter Verwendung eines Laborinnenmischers (Kneters) HAAKE™ Polymix 600, der über die Plattform HAAKE™ PolyLab™ OS [Thermo Electron (Karlsruhe) GmbH, Karlsruhe, D] angetrieben und gesteuert wurde und mit Walzenrotoren ( $100 \text{ min}^{-1}$ ) ausgerüstet war, jeweils 40 g Compound hergestellt. Die Kammertemperatur beim Compoundieren betrug  $160 \text{ }^\circ\text{C}$ . Es wurden gut durchmischte Blends erhalten. Sie wurden im zweiten Schritt mit einer Laborpresse Polystat 300S (VOGT Labormaschinen GmbH, Berlin, D) zu Folien verformt (Pressbedingungen:  $160 \text{ }^\circ\text{C}$ , 10 bar, 5 min). Auf diese Weise wurden modifizierte HM-Folien mit einer Dicke von ca.  $150 \text{ }\mu\text{m}$  hergestellt, deren Zusammensetzung aus der Tabelle 3 ersichtlich ist.

**Tabelle 3.** Zusammensetzung der durch Thermopressen erzeugten Hotmelt-Folien

Bezeichnung	Zusammensetzung / Ma%		
	EVA	PO	PVB
V1	-	95	5
V2	-	90	10
V3	95	-	5
V4	90	-	10

### **1.3. Prüfung der Oberflächenenergie**

Ein wichtiger Parameter für Bewertung der Benetzbarkeit einer Feststoffoberfläche ist die Oberflächenenergie. Diese wurde mittel Bestimmung des Kontaktwinkel mit verschiedener Testflüssigkeiten sowohl auf den Schmelzklebstofffolien als auch auf der Oberfläche der verwendeten Aluminiumplatten durchgeführt. Dazu kam ein Kontaktwinkelmesssystem OCA 20 der Fa. DataPhysics Instruments GmbH, Filderstadt, zum Einsatz. In folgenden Tabellen sind die Ergebnisse zusammengefasst:

**Tabelle 4.** Bestimmung der Oberflächenenergie an Aluminiumplatten

Oberflächen	Atmosphärendruckplasma					
	Aluminium unbehandelt		Aluminium 10 [m/s]		Aluminium 2 [m/s]	
Testflüssigkeit	H <sub>2</sub> O	DIM	H <sub>2</sub> O	DIM	H <sub>2</sub> O	DIM
Kontaktwinkel (Mittelwert (MW)) [°]	84,04	54,60	51,73	44,42	39,42	43,47
Disperser Anteil [mN/m]	27,89		25,98		24,17	
Polarer Anteil [mN/m]	3,75		23,19		33,26	
OFE [mN/m]	<b>31,64</b>		<b>49,16</b>		<b>57,43</b>	

**Tabelle 5.** Bestimmung der Oberflächenenergie an einem PO- (HM1) und einem EVA-Hotmelt (HM2)

Oberflächen	HM1		HM2	
	Testflüssigkeit	H <sub>2</sub> O	DIM	H <sub>2</sub> O
Kontaktwinkel (MW) [°]	89,92	60,16	102,44	62,78
Disperser Anteil [mN/m]	25,77		27,32	
Polarer Anteil [mN/m]	2,39		0,08	
OFE [mN/m]	<b>28,15</b>		<b>27,4</b>	

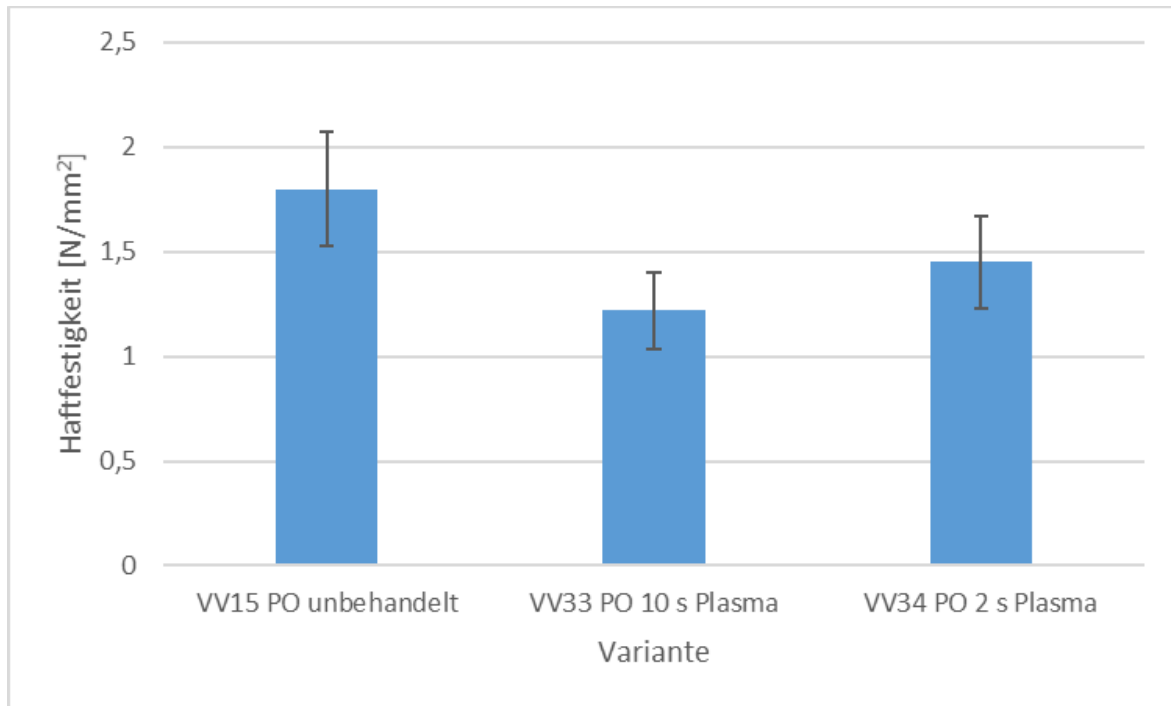
**Tabelle 6.** Bestimmung der Oberflächenenergie an 2 PUR-Hotmelts

Variante	PUR3 200 µm		PUR3 100 µm		PUR4 200 µm		PUR4 100 µm	
	Testflüssigkeit	H <sub>2</sub> O	DIM	H <sub>2</sub> O	DIM	H <sub>2</sub> O	DIM	H <sub>2</sub> O
Kontaktwinkel (MW) [°]	82,56	41,85	78,96	42,35	80,36	44,11	79,91	41,42
Disperser Anteil [mN/m]	35,66		34,24		33,58		35,09	
Polarer Anteil [mN/m]	2,43		3,91		3,58		3,38	
OFE [mN/m]	<b>38,08</b>		<b>38,15</b>		<b>37,16</b>		<b>38,47</b>	

Die Oberflächenenergien der EVA- und PO-Hotmelts sind etwas geringer als die der unbehandelten Aluminiumoberfläche. Die polaren Anteile der OFE zeigen einen ähnlichen Trend, allerdings ist derjenige des PO-Klebstoffs mit 0,08 mN/m sehr gering und lässt eine schlechte Benetzung des Aluminiums vermuten. Die OFE-Werte der ausgehärteten PUR-hotmelts sind dagegen etwas höher als die des Aluminiums mit vergleichbaren polaren Anteilen. Hier kann von ausreichender Vernetzung und der Ausbildung einer festen Klebverbindungen ausgegangen werden. Es wurde der Einfluss der Oberflächenbehandlung von Aluminium mit einem Atmosphärendruckplasma untersucht. Hierbei wurde die Vorschubgeschwindigkeit und damit die Kontaktzeit zwischen Oberfläche und Plasma variiert und die Oberflächenenergie direkt nach Behandlung und noch einmal nach 17 Stunden bestimmt. Es ergaben sich deutlich höhere gemittelte Oberflächenenergien im Bereich von 50,83 – 57,43 mN/m, welche nach 17 Stunden um 4,46 mN/m auf 44,70 – 49,16 mN/m sanken. Erfahrungsgemäß wirkt sich eine derart große Differenz der Oberflächenenergien, insbesondere deren polarer Anteile der Fügeoberfläche und der Klebstoffoberfläche negativ auf die Haftfestigkeit aus. Daher ist davon auszugehen, dass durch die Plasmabehandlung des Aluminiums dessen OFE über das Optimum hinaus erhöht wurde.

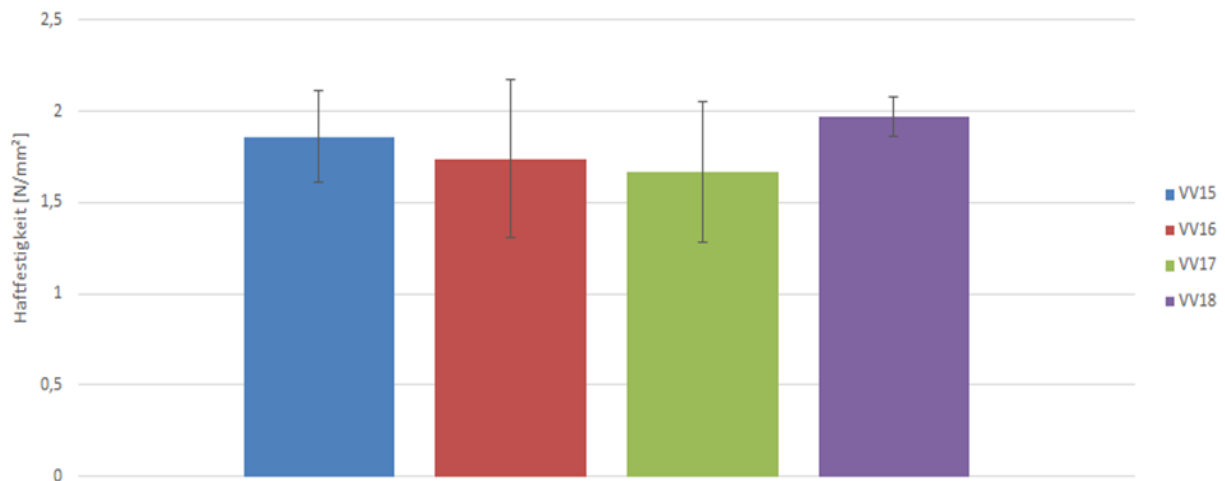
#### 1.4. Haftfestigkeitsprüfung von Verbundmaterialien

Zur Untersuchung des Einflusses der Plasmabehandlung und der daraus resultierenden Oberflächenenergie auf die Haftfestigkeit wurden Beispielverbunde nach ISO 4624 geprüft. Es ergab sich im Vergleich zu unbehandelten Prüfmustern eine breitere Streuung in der Haftfestigkeit sowie eine leicht verringerte gemittelte Haftfestigkeit nach Plasmabehandlung (Abbildung 1).



**Abb. 1:** Beispiel einer Haftfestigkeitsmessung vier unterschiedlicher Systeme (unmodifizierte EVA bzw. PO-Schmelzklebstoffe)

Zusätzlich wurden ca. 150 weitere Varianten hergestellt. Hierbei wurden folgende Parameter variiert: Presszeit, Pressdruck, Klebstoffauftrag (Masse pro Fläche), eingesetzte Hotmelts, Furnier, Aluminium (Vorbehandlung der Metalloberfläche durch Plasma). Die die Ergebnisse der Haftfestigkeitsbestimmung aller Varianten zeigte eine relative geringe Varianz zwischen den Systemen. In Abbildung 2 ist dies beispielhaft für vier Varianten dargestellt: alle geprüften Systeme lagen im Festigkeitsbereich zwischen 1,7 bis 2,3 N/mm<sup>2</sup>. Damit erwies sich die Haftfestigkeitsprüfung als wenig geeignet, Klebstoffmodifikationen und Vorbehandlungsmethoden bezüglich ihres Einflusses auf den Holz-Aluminium-Verband zu bewerten.



**Abb. 2:** Haftfestig bei vier unterschiedlicher Systeme (PO-Schmelzklebstoff HM1); Presstemperatur 200 °C, Pressdruck: 33 bar (VV15 und VV16) bzw. 13 bar (VV17 und VV18), Presszeit; 6 s (VV15 und VV17) bzw. 2 s (VV16 und VV18)

### 1.5. Wechselklimabeanspruchung von Verbundmaterialien

Aufgrund der geringen Differenzierbarkeit der geprüften Systeme durch die Haftfestigkeitsprüfung wurden alternative Untersuchungen auf Basis von Wechselklimabeanspruchungen durchgeführt. Diese zeigten deutliche Unterschiede zwischen unterschiedlichen Klebstoffen und deren Verbundsystemen, womit die Bewertung der modifizierten Systeme gegenüber kommerziellen Systemen ermöglicht werden konnte.

Es wurden insg. 14 verschiedene Varianten der Furnier-Aluminium-Verbunde hergestellt. Hierbei wurden sowohl kommerzielle als auch modifizierte Klebstoffe zur Herstellung der Verbunde verwendet. Diese Beispielverbunde wurden in Anlehnung an RAL-GZ 434 Pkt. 2.5.3. charakterisiert.

In folgenden Tabellen 7 und 8 werden die Prüfergebnisse kurz zusammengefasst.

**Tabelle 7.** Zusammenfassung der Ergebnisse der Erstprüfung Wechselklimabeanspruchung (r – radial, l – longitudinal, q – tangential)

Fehlerbild	B3C/HM1 (PO)			B1C/HM2 (EVA)			B1B (EVA/MA-PE)			B1A (EVA/MA-PE)		
	r	l	q	l	r	r	r	l	q	r	l	q
Riss	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enthaftung	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0
Blase	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x
Quellung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B3A (PO/MA-PE)			P3 (MA-PE/PVB)			P4 (MA-PE/PVB)			P5 (MA-PE/EVA)		
	r	l	q	r	l	q	r	l	q	r	l	q
Riss	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enthaftung	0	0	0	0	x	0	0	0	0	x	0	0
Blase	0	0	0	0	x	x	0	0	0	0	0	x
Quellung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Die Varianten B3C und B1C stellen kommerzielle Referenzen auf Basis von Polyolefin und Ethylvinylacetat dar, alle weiteren Varianten stellen modifizierte Systeme dar. Die Varianten B1A, B1B und

B3A wiesen nach Extrusion leider inhomogene Erscheinungsbilder auf, womit die Aussagekraft der Untersuchungen bzgl. Wiederholbarkeit nur bedingt gegeben ist. Um die Menge der Prüfkörper etwas zu reduzieren, wurden weitere Prüfungen nur noch mit homogenen Klebstoffen durchgeführt. In folgender Tabelle 8 sind Zweitprüfungen mit doppelter Anzahl an Prüfkörpern (PK 1 und 2) dargestellt.

**Tabelle 8.** Zusammenfassung der Ergebnisse der Zweitprüfung Wechselklimabeanspruchung

Fehlerbild	B3C/HM1 PK1	B3C/HM1 PK2	B1C/HM2 PK1	B1C/HM2 PK2	P3 PK1
Riss	0	0	0	0	0
Enthftung	0	x	0	0	0
Blase	x	x	0	0	x
Quellung	0	0	0	0	0
	P3 PK2	P4 PK1	P4 PK2	P5 PK1	P5 PK1
Riss	0	0	0	0	0
Enthftung	0	0	0	0	0
Blase	x	0	0	x	0
Quellung	0	0	0	0	0

Die Systeme des Thermopressens (siehe Tab. 3) V1-V4 sowie zwei kommerzielle PUR-Systeme wurden ebenfalls mittels Wechselklimaprüfung charakterisiert (Tabelle 9).

**Tabelle 9.** Zusammenfassung der Ergebnisse der Wechselklimabeanspruchung weiterer nicht-reaktiver sowie reaktiver Systeme

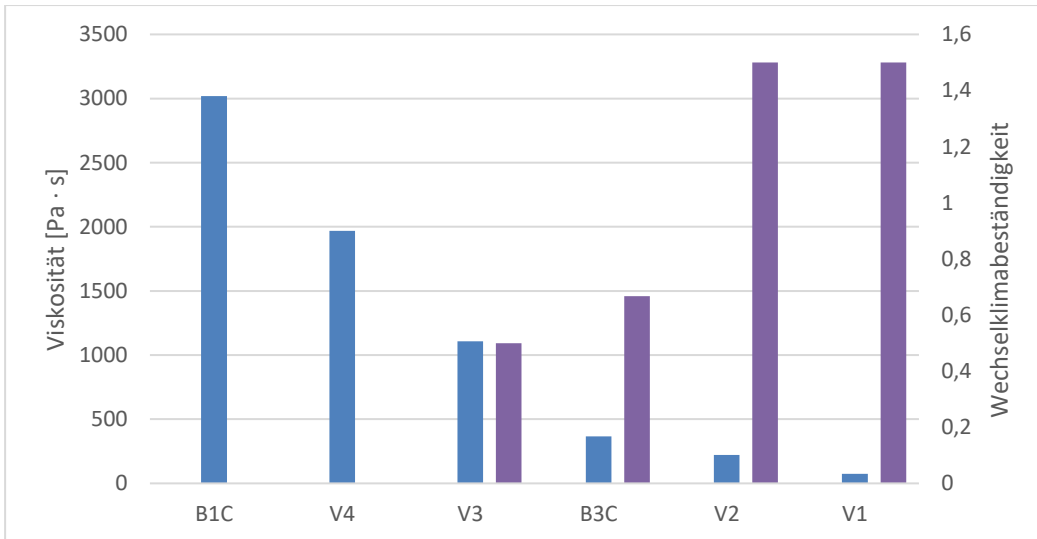
Fehlerbild	V1 PO/PVB PK1	V1 PO/PVB PK2	V2 PO/PVB PK1	V2 PO/PVB PK2	V3 EVA/PVB PK1	V3 EVA/PVB PK2	V4 EVA/PVB PK1	V4 EVA/PVB PK2
Riss	0	0	0	0	0	0	0	0
Enthftung	x	x	x	x	0	0	0	0
Blase	0	x	0	x	0	x	0	0
Quellung	0	0	0	0	0	0	0	0
	PUR3 200 µ PK1	PUR3 200 µ PK2	PUR3 100 µ PK1	PUR3 100 µ PK2	PUR4 200 µ PK1	PUR4 200 µ PK2	PUR4 100 µ PK1	PUR4 100 µ PK2
Riss	0	0	0	0	0	0	0	0
Enthftung	0	0	0	0	0	0	0	0
Blase	0	0	0	0	0	0	0	0
Quellung	0	0	0	0	0	0	0	0

Aus den Ergebnissen der Wechselklimaprüfung lässt sich ableiten, dass reaktive Hotmelts ausreichende Festigkeiten und Wechselklimabeständigkeiten aufweisen und daher kein Potential zur Verbesserung ihrer Eigenschaften in Bezug auf ihre Anwendung in Aluminium-Holz-Verbunden mit intensiven klimatischen Belastungen aufweisen. Klassische Hotmelts auf PO Basis erwiesen sich im untersuchten Verbund unter den gegebenen Klimabedingungen (u.a. tiefe Temperaturen) als unzureichend, wohingegen EVA-Hotmelts gute Eigenschaften aufwiesen. Der Zusatz von MSA-gegraftetem PE zu PO-hotmelts führte allerdings zu sichtbaren Leistungsverbesserungen unter Wechselklimabedingungen. Die vorgestellten Prüfungen zeigten eine hohe Wechselklimabeständigkeit von EVA-PVB-Blends. Hinsichtlich ihres Potentials für einen Einsatz in kommerziellen Systemen sind allerdings weitere Untersuchungen notwendig. Dieses Polymer wurde bisher für Schmelzklebstoffe im Aluminium-Furnier-Verbund nicht verwendet.

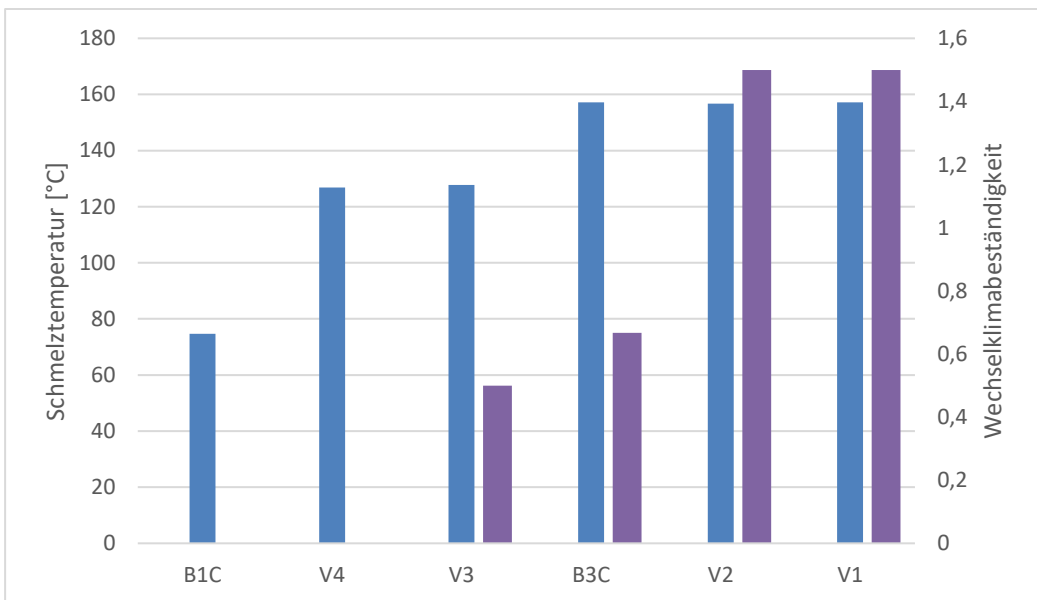


### 1.6. Entwicklung einer Screeningmethode auf Basis rheologischer Messungen

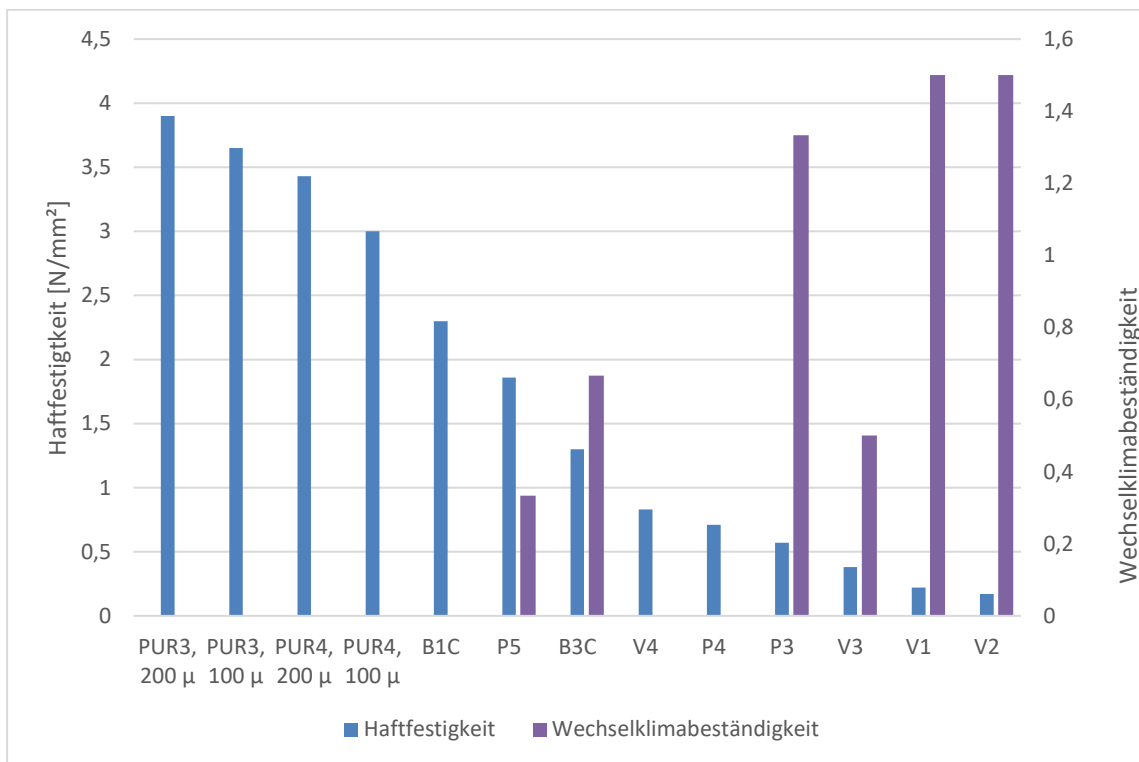
Es wurde eine Studie zur Korrelation rheologischer Messwerte mit den Bewertungen der Wechselklimaprüfung (Abbildungen 3, 4) sowie eine Korrelation zwischen Haftfestigkeiten und den Bewertungsnoten der Wechselklimaprüfung (Abbildung 5) durchgeführt.



**Abb. 3:** Zusammenhang zwischen der Viskosität der Klebstoffe am Erweichungspunkt sowie der Fehlerhäufigkeit in der Wechselklimaprüfung. Blaue Balken: Viskosität am Glas-/Erweichungspunkt, violette Balken: gemittelte Fehlerhäufigkeit nach Wechselklimabeanspruchung



**Abb. 4:** Zusammenhang zwischen der Temperatur am Erweichungspunkt der Klebstoffe sowie der Fehlerhäufigkeit in der Wechselklimaprüfung. Blaue Balken: Temperatur am Erweichungspunkt, violette Balken: gemittelte Fehlerhäufigkeit nach Wechselklimabeanspruchung



**Abb. 5:** Darstellung des Zusammenhangs zwischen Haftfestigkeit der Klebstoffe und Wechselklimabeständigkeit entsprechender Verbünde. Blaue Balken: gemittelte Haftfestigkeit, violette Balken: gemittelte Fehlerhäufigkeit nach Wechselklimabeanspruchung

Für rheologische Messwerte lassen sich aus den durchgeführten Untersuchungen folgende Korrelationen ableiten:

- Je höher die Viskosität am Glas-/Erweichungspunkt, desto geringer die Fehlerbilder bei Wechselklimabeanspruchung
- Je höher die Temperatur am Erweichungspunkt, desto häufiger die Fehlerbilder bei Wechselklimabeanspruchung

Dies spiegelt die Neigung zur Versprödung der Klebstofftypen mit hoher Schmelztemperatur wieder, die bei niedriger Temperatur zu Enthaltungen aufgrund des Entstehens von ausdehnungsbedingten Spannungen in der Klebfuge entstehen können. Für die Korrelation der Haftfestigkeit mit der Wechselklimabeanspruchung ergibt sich kein so klares Bild, allerdings ist der Trend zu beobachten, dass hohe Haftfestigkeit häufig mit hoher Klimawechselbeständigkeit einhergeht. Das wird vor allem für die reaktiven PUR-hotmelts deutlich. Hier sind weitere Untersuchungen notwendig.

### 1.7. Zusammenfassung

Es wurde festgestellt, dass Variation von Verfahrensparametern (Presszeit, Pressdruck, Auftragsmenge) zur Applikation von Schmelzklebstoffen in der diskontinuierlichen Herstellung von Aluminium-Furnier-Verbunden in den meisten Fällen zu kaum unterscheidbaren Ergebnissen im Eigenschaftsprofil führt. Einzig die eingesetzten Klebstoff-Systeme führten zu deutlichen Unterschieden in den jeweiligen Prüfergebnissen. Aus diesem Grund wurden spätere Klebstoff-Applikationen mit einheitlichen Parametern durchgeführt.

Es wurde eine Oberflächenaktivierung mittels Atmosphärendruckplasma und die daraus resultierenden Eigenschaftsänderungen in Referenz zu nicht-aktivierten Varianten untersucht. Dabei zeigte sich, dass eine zu starke Erhöhung der polaren Oberflächeneigenschaften die Haftfestigkeit der Klebung verringert.

Es wurden Schmelzklebstoffe mit polaren Komponenten modifiziert und auch bislang nicht untersuchte Blends thermoplastischer Polymere hergestellt, welche vergleichbare oder bessere Wechselklimabeständigkeiten im Vergleich zu den am Markt verfügbaren nichtreaktiven Schmelzklebstoffen aufweisen. Insbesondere die Modifizierung von EVA- und PO-hotmelts mit polaren Additiven führte zu Erkenntnissen, die für die Formulierung neuer Klebstoffsysteme relevant sein können. Insbesondere der Einsatz von mit Maleinsäureanhydrid graftedem Polyethylen sowie der Einsatz von Polyvinylbutyral in Blends mit Ethylvinylacetat-Hotmelts zeigte das Potential, die Bandbreite der bisher am Markt verfügbaren Klebstoffe in diesem Anwendungsbereich zu erweitern.

### **Danksagung**

Das IGF-Vorhaben 20441 BR der Forschungsvereinigung Trägerverein Institut für Holztechnologie Dresden e.V. (TIHD) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Der vollständige Bericht kann bestellt werden bei:

**Trägerverein Institut für Holztechnologie Dresden e.V.**  
**Zellescher Weg 24**  
**01217 Dresden**