

„Vermeidung von Rissen in Melaminharzimprägnierten Beschichtungspapieren für Holzwerkstoffe“

Risse in Direktbeschichtungen - Nachfolgeprojekt

Melaminharzoberflächen sind hart, strapazierfähig, thermisch belastbar und außer gegen starke Säuren sehr unempfindlich gegen Chemikalien. Mit einem Marktanteil von über 70% und steigenden Produktionszahlen in den letzten Jahren sind melaminharzimprägnierte Papiere das dominierende Beschichtungsmaterial von Holzwerkstoffen für Innenanwendungen.

Risse in melaminharzimprägnierten Papieren sind eine relativ häufig auftretende Schadensausprägung. Typisch sind in Produktionsrichtung verlaufende parallele Risse im Abstand von 2 cm bis 20 cm. Eine weitere häufige Schadensausprägung sind kürzere unregelmäßige Risse, die nur teilweise von der Produktionsrichtung der Papiere beeinflusst sind. Risse, die unmittelbar nach dem Verpressen entstehen, können sofort erkannt und deren Ursache abgestellt werden – solche Risse sind daher weniger problematisch. Äußerst problematisch und kostenintensiv sind vielmehr solche Risse, die Wochen oder Monate nach der Auslieferung auftreten. Die Fehlerquellen für solche verzögert auftretenden Risse sind erheblich schwieriger zu identifizieren und zu beseitigen. Verlässliche Schätzungen der Schadenshäufigkeit derartiger Risse und der damit verbundenen Kosten sind nicht möglich. Am Fraunhofer WKI werden im jährlichen Durchschnitt etwa vier Schadensfälle von in der Praxis auftretenden Rissen untersucht. In vielen Fällen handelt es sich bei Schäden mit Rissen in Melaminharzoberflächen um hohe Schadenssummen von mehreren Zehntausend Euro bis zu einer Million Euro. Die hohen Schadenssummen sind insofern erklärlich, als während der Nutzung vereinzelt auftretende Risse oder Risse in kleineren Objekten oft nicht erkannt werden oder ohne größere Untersuchungen abgewickelt werden. Nur bei Chargenproblemen oder bei Rissen in sehr großen Objekten werden z.B. Institute mit einer Schadensanalyse beauftragt.

Da das Melaminpapier untrennbar mit der Trägerplatte verschweißt wird, lassen sich die Ursachen von Rissen im nachhinein oft nicht eindeutig bestimmen und die Hersteller wissen daher oft nicht, durch welche Maßnahmen solche Risse in der Zukunft vermieden werden sollen. Veröffentlichte Untersuchungen zu der Thematik gibt es annähernd nicht. Vor diesem Hintergrund wurde das IGF-Projekt 18693 N vom 1.09.2016 bis 31.08.2018 durchgeführt, um die Haupteinflussfaktoren auf die Rissbildung von melaminharzimprägnierten Beschichtungen zu bestimmen und Methoden zur Bestimmung des Aushärtungsgrads und mechanischer Eigenschaften zu entwickeln. Die in dem Projekt entwickelten Methoden erlaubten es zum ersten Mal, wichtige mechanische und hygrische Eigenschaften von Melaminpapieren abzuschätzen. Es wurde jedoch auch erkannt, dass die verwendeten Methoden noch weiterentwickelt werden müssen, um verlässliche Aussagen zu den eigentlichen Ursachen von Rissen in DPL zu ermöglichen und die Methoden für die betriebliche Praxis anwendbar zu machen.

In dem hier behandelten Nachfolgeprojekt 20908 N mit der Laufzeit vom 01.11.2019 bis 31.07.2021 wurden mehrere im Vorläuferprojekt entwickelte Untersuchungsmethoden auf eine Vielzahl von Harzen angewendet und Hypothesen zu Einflussfaktoren und Vorhersagemöglichkeiten wurden überprüft.

Das Ziel der Versuche war es, den Einfluss der verwendeten Harze zu untersuchen. Daher mussten alle Harze mit dem gleichen Trägerpapier hergestellt werden. Bei der Firma Surfactor wurde zu diesem Zweck jeweils das gleiche Papier (90 g/m²) mit den folgenden insgesamt 11 Harzen/Harzkompositionen imprägniert, wobei es sich sowohl um Standardharze als auch um experimentelle Harzformulierungen handelte:

- 1 Standard Melamin Kern/Oberfläche leicht flexibilisiert; pigmentiert
- 2 Harnstoff Kern; Melamin Oberfläche
- 3 Harnstoff Kern; Harnstoff/Melamin Oberfläche
- 4 Versuchs-Melamin Kern/Oberfläche
- 5 Versuchs-Melamin stabilisiert Kern/Oberfläche
- 6 Harnstoff Kern/Oberfläche
- 7 Harnstoff Kern (niedrigere Reaktivität); Melamin/Harnstoff Oberfläche
- 8 Harnstoff Kern (niedrigere Reaktivität); Melamin/Harnstoff Oberfläche pigmentiert
- 9 Standard Melamin Kern/Oberfläche flexibilisiert
- 10 Standard Melamin Kern/Oberfläche
- 11 Phenolharz

Als Standardvariante (Parameter B) wurden die 11 Harzkompositionen einblättrig für 25 Sekunden bei 185 °C auf bei 30% rel. Luftfeuchte klimatisierte Spanplatten verpresst. In weiteren Varianten wurden die Ausgangsfeuchte der Spanplatte (Lagerung bei 50% bzw. 15% rel. Luftfeuchte Parameter A und C) und die Pressdauer (Parameter E) variiert; zudem wurde ein zweiblättriger Aufbau (Parameter D) hergestellt. Je Variante und Harz wurden bis zu 11 Platten verpresst. Neben Proben für Biegeprüfungen längs und quer, Proben für Rissprüfungen und einseitig beschichtete Proben zur Quantifizierung von Spannungen wurden auch zwei Varianten freier Filme hergestellt.

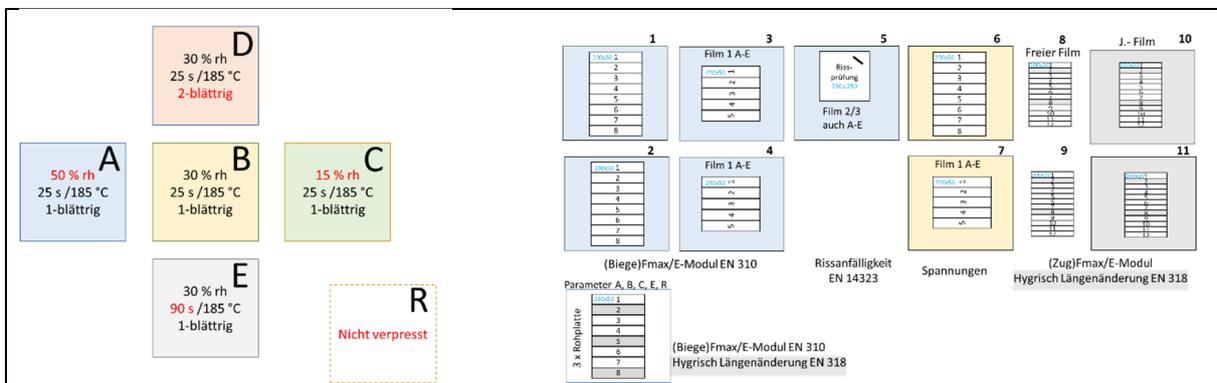


Abbildung 1: Versuchsparmeter als Varianten der Standardvariante B sowie die verpressten Platten für die verschiedenen Untersuchungen.

Die meisten der im Vorläuferprojekt gezeigten Einflussfaktoren wurden auch für andere Harzvarianten bestätigt:

- Zweiblättrige Aufbauten sind wesentlich rissempfindlicher als einblättrige Aufbauten (dies spiegelt sich auch in den am WKI untersuchten Schadensfällen wieder).
- Mit abnehmender Plattenfeuchte steigt die Rissempfindlichkeit.
- Wesentlich zu lange verpresste Platten zeigen eine höhere Rissempfindlichkeit.

Wichtige neue Erkenntnisse des Projekts sind der relativ geringe Einfluss der Harze auf die mechanischen Eigenschaften der Filme (Abbildung 2). Mit Ausnahme von Harz 4 war auch keine Korrelation der Zugfestigkeit mit der Rissempfindlichkeit erkennbar. Auch zwischen der Zugfestigkeit

freier Filme und der Biegefestigkeit von beschichteten Platten waren keine signifikanten Korrelationen ableitbar Abbildung 3. Gleiches gilt für den E-Modul.

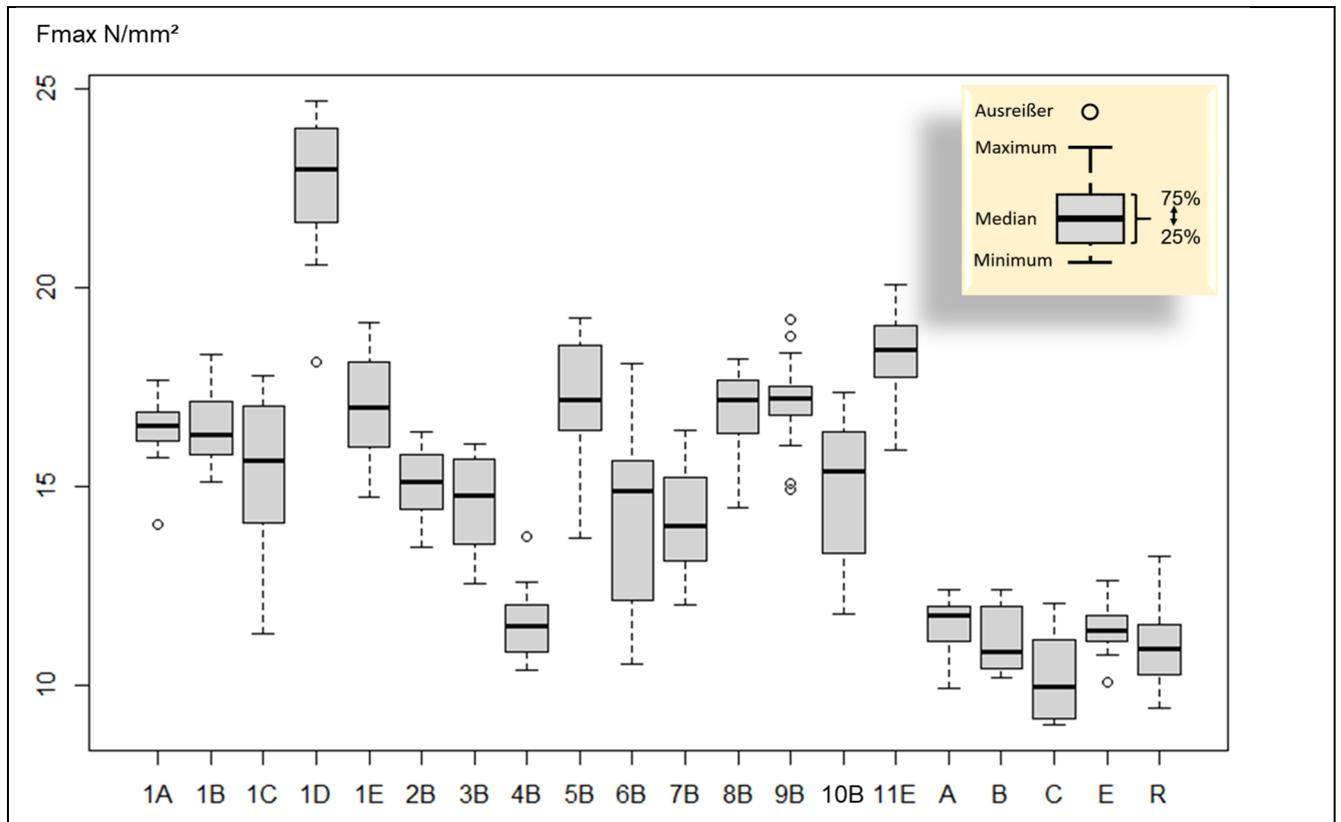


Abbildung 2: Boxplot von F_{max} der Prüfkörper der beschichteten Platten 1 bis 11 sowie der unbeschichteten Platten A, B, C, E und R. Die Biegefestigkeit von beschichteten Spanplatten ist signifikant höher als von unbeschichteten Platten. Film 4B zeigte als einzige Ausnahme die mit Abstand höchste Rissempfindlichkeit.

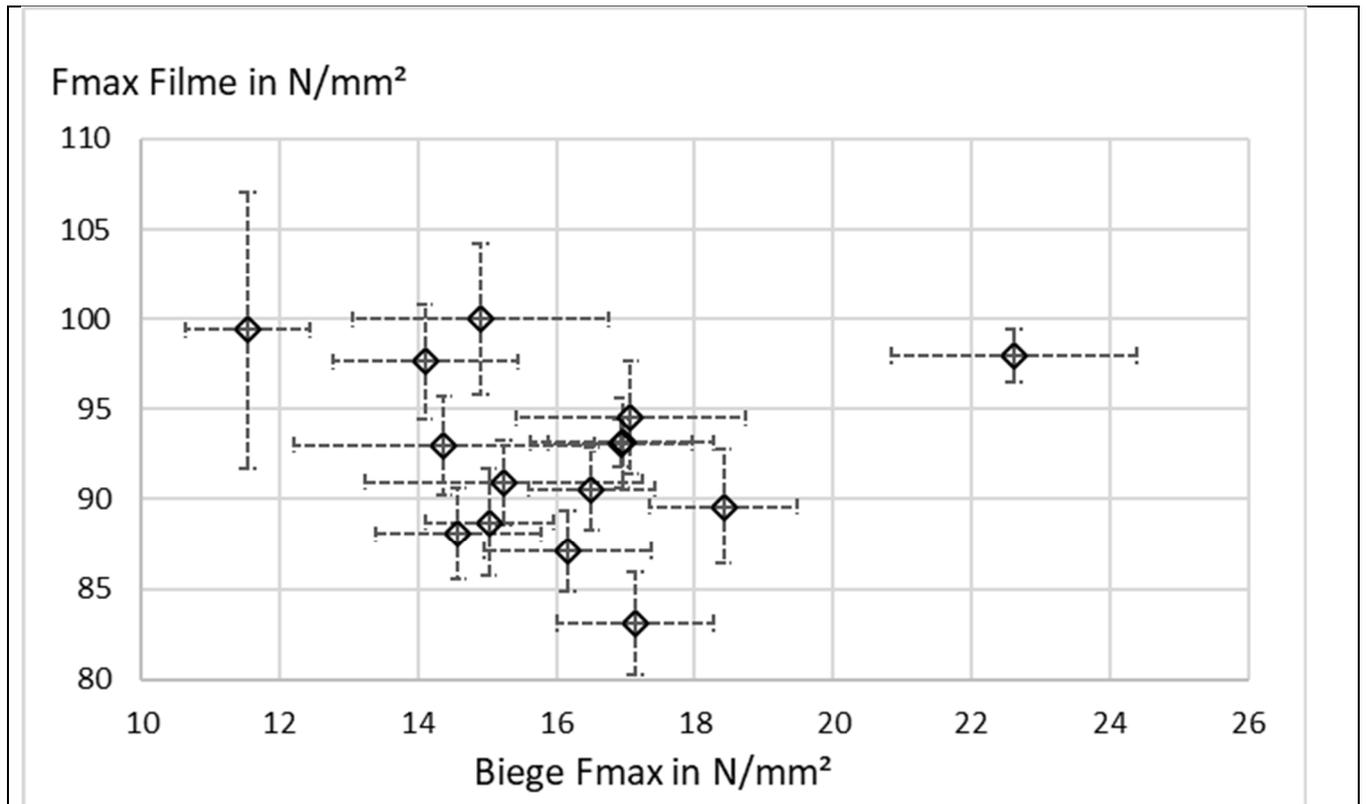


Abbildung 3: Korrelation von F_{max} von Filmen sowie aus der Biegeprüfung. (Die Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung).

In dem Projekt wurde ein relativ großer Einfluss der Harze auf die Quell- und Schwindbewegungen der Filme beobachtet (Abbildung 4). Zudem bestätigte sich die starke Schwindung von ausgehärteten Melaminfilmen. Die Schwindung ist stets größer als die Schwindung von Spanplatten. Dagegen ist die Quellung der Filme teilweise geringer und teilweise höher als die Quellung von Spanplatten. In der Konsequenz führt sowohl eine Auffeuchtung als auch eine Trocknung in den meisten Fällen zu verstärkten Spannungen zwischen der Trägerplatte und den Filmen.

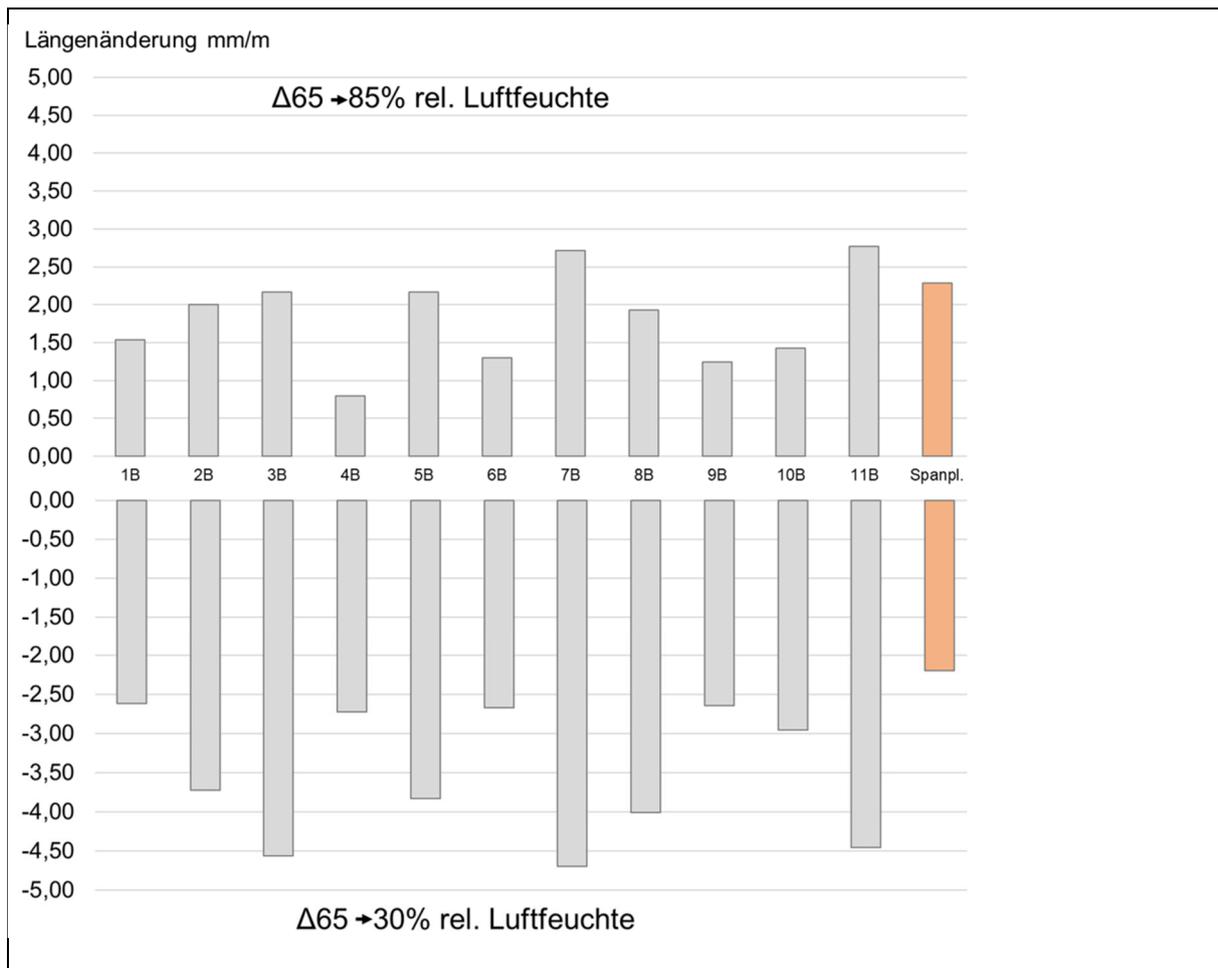


Abbildung 4: Quell- und Schwindmaße von 11 freien Filmen sowie der unbeschichteten Spanplatte gemäß DIN EN 318. Während die Quellung der Spanplatte überwiegend höher ist als die Quellung der Filme, schwinden alle Filme stärker als die Spanplatten.

Aus der hygri-schen Längenänderung von freien Filmen und dem Stichmaß einseitig beschichteter Platten wurden die hypothetischen Stichmaße einseitig beschichteter Platten berechnet. Es zeigt sich ein Zusammenhang der berechneten und der gemessenen Werte. Auffällig ist, dass die berechnete Verformung im Mittel nur etwa 25% bis 30% der gemessenen Verformung beträgt (Abbildung 5). Offensichtlich wird ein Teil der Spannungen als Kriechverformung abgebaut. Wahrscheinlich vorrangig bereits unmittelbar nach der Entnahme aus der Presse, während die Materialien noch heiß und daher gut verformbar sind. Dabei kommt nur eine Kriechverformung der Spanplatte infrage, da die Melaminfilme aufgrund ihres spröden Verhaltens keine nennenswerte Kriechverformung ausbilden können und der Effekt zudem gegenläufig wäre.

Wenn man davon ausgeht, dass 70% der Spannungen durch plastische Verformung der Spanplatte abgebaut werden, kann die während des Aushärtens aus der Schwindung der Filme resultierende Zugspannung berechnet werden. Die Berechnungen ergeben, dass die durch den Schwund der Melaminfilme beim Verpressen entstehenden Randspannungen bis zu 20 N/mm² betragen. Dies entspricht bis zu etwa 20% der Zugfestigkeit der Filme. Die tatsächlichen Spannungen sind tendenziell sogar höher, da diese Messung relativ kurz nach dem Verpressen stattfand und plastische und viskoelastische Verformung wahrscheinlich im Laufe der Zeit zunimmt.

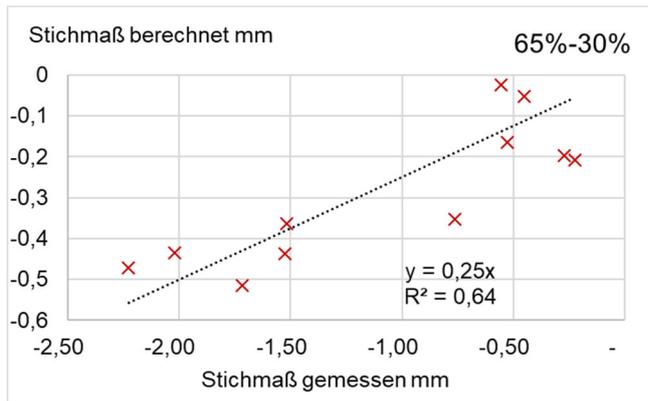


Abbildung 5: Zusammenhang der gemessenen und berechneten Verformung von einseitig beschichteten Platten.

Die Ergebnisse legen nahe, dass die bereits während des Verpressens entstehenden Spannungen zwischen Trägerplatte und Film einen nennenswerten Einfluss auf die Rissentstehung in Melaminfilmen haben könnten. Die Eigenschaften von mit und ohne verbleibende Spannung hergestellten freien Filme (Abbildung 6) bestätigten diese Hypothese. Von den unter Spannung hergestellten Filmen rissen einige spontan (Abbildung 7). Von den Parametern 2, 4 und 10 rissen alle J-Filme kurz nach dem Verpressen, so dass keine weitergehenden Untersuchungen an diesen Proben durchgeführt werden konnten. Interessanterweise handelt es sich bei den Parametern 2, 4 und 10 um genau die Filme, welche auch bei der Rissprüfung die stärkste Rissneigung zeigten. Demnach können Einflussfaktoren wie Trägerplatte und hygrische Eigenschaften der Filme als wenig relevant für die Rissneigung dieser Filme angesehen werden und die Schwindung der Harze beim Verpressen, bzw. die Elastifizierung der Harze und deren Neigung zu internen Rissen wären maßgeblich für die Neigung zur Rissbildung.

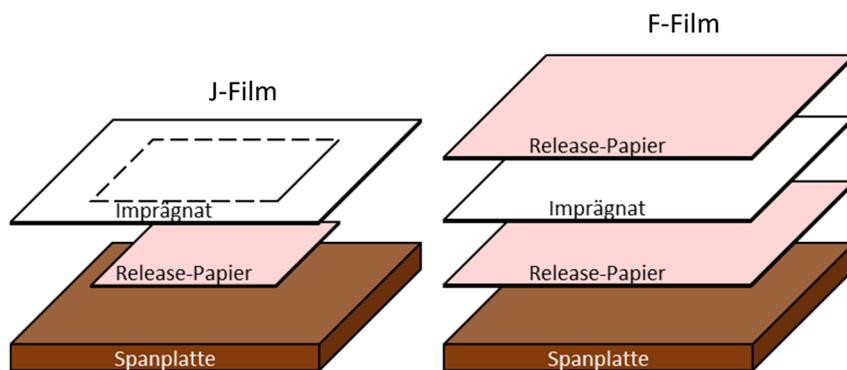


Abbildung 6: Links: Herstellung von J-Filmen mit einem Releasepapier, das nur einen Teil der Spanplatte abdeckt – die Filme verbinden sich an den Rändern fest mit der Trägerplatte und stehen beim Aushärten daher unter Zugspannung. Rechts: F-Filme sind beidseitig auf Releasepapier ausgehärtet. Spätestens beim Öffnen der Presse ist daher ein ungehindertes Schwinden möglich.



Abbildung 7: Aufgeplatzter J-Film. Das unter dem Film liegende Rechteck aus Trennpapier hat das Verbinden des Films mit der Trägerplatte verhindert.

Während im Vorgängerprojekt Mikrorisse (Risse über Papierfasern) als wichtiger Einflussfaktor der Rissentstehung identifiziert wurden, fehlten solche Mikrorisse bei den hier geprüften Materialien vollständig. Da im Vorgängerprojekt nur zwei Varianten des gleichen Harzes verwendet worden waren ist davon auszugehen, dass das dort verwendete Harz im Zusammenspiel mit dem dort verwendeten Papier und den Produktionsbedingungen ursächlich für die Mikrorisse war. Da im aktuellen Projekt elf unterschiedliche Harzvarianten geprüft wurden kann gefolgert werden, dass das Harz selbst wahrscheinlich keinen maßgeblichen Einfluss auf das Vorkommen von Mikrorissen hat.

Während Risse über Papierfasern nicht vorhanden waren, wurden auf allen Filmen - also unabhängig vom Harz - Craquelé-Risse beobachtet, welche wichtige Einblicke in den sonst verborgenen Verlauf der Aushärtung von Filmen ermöglichten. Offensichtlich härtet die Oberfläche der Harze in direktem Kontakt mit den Pressplatten schnell aus, verfestigt sich und reißt aufgrund der Volumenschwindung bei der Kondensationsreaktion. Aus dem Untergrund strömt jedoch noch flüssiges Harz nach und verschließt diese Risse. Release-Papier zwischen dem Film und den Pressblechen verringert die Temperatur bzw. verlangsamt den Temperaturanstieg, wodurch solche Risse vermieden werden. Durch die mechanische Prüfung von mit und ohne Release-Papier hergestellten Filmen wurde allerdings gezeigt, dass die Risse durch das nachströmende Harz ausreichend verschlossen werden und damit keinen Einfluss auf die Zugfestigkeit der Filme haben.

Der im Projekt verfolgte Ansatz, die mechanischen Eigenschaften von Filmen durch eine Biegeprüfung zu quantifizieren und Vorhersagen für die Rissempfindlichkeit zu machen, war nur teilweise erfolgreich. Der mit großem Abstand rissempfindlichste Film 4 hatte zwar die geringste Biegefestigkeit, in der Gesamtschau aus Biegeprüfungen und Zugprüfungen an freien Filmen muss die Vorhersagekraft derzeit jedoch als schwach bezeichnet werden.

Systematische Einflüsse der verwendeten Harze auf die Rissneigung und die mechanischen Eigenschaften wurden nicht beobachtet. Bei den freien Filmen zeigte sich jedoch eine signifikante Verringerung des E-Moduls durch eine hohe Dosierung eines Flexibilisierers sowie ein grundsätzlich niedriger E-Modul des Phenolharzes. Da beide Effekte erwartbar waren, bestätigt dies die grundsätzliche Eignung der Prüfung freier Filme. Gleichzeitig war der Effekt des Flexibilisierers bei den

beschichteten Platten zwar anhand der Rissemempfindlichkeit, aber nicht anhand des E-Moduls bei den Biegeprüfungen erkennbar. Auch der bei freien Filmen geringere E-Modul des Phenolharzes zeigte sich bei der Biegeprüfung beschichteter Platten nicht. Über die Ursachen und Konsequenzen aus dieser Diskrepanz zwischen freien Filmen und beschichteten Platten kann derzeit nur spekuliert werden. Die im Vorläuferprojekt gezeigte Eignung der Vorhersage der mechanischen Eigenschaften mittels Biegeprüfung trifft möglicherweise nur zu, wenn Mikrorisse vorhanden sind. Da im vorliegenden Fall keine Mikrorisse vorhanden waren und die Rissneigung daher andere Ausprägungen/Ursachen hatte, erwies sich die prinzipiell äußerst vielversprechende Methode als ungeeignet.

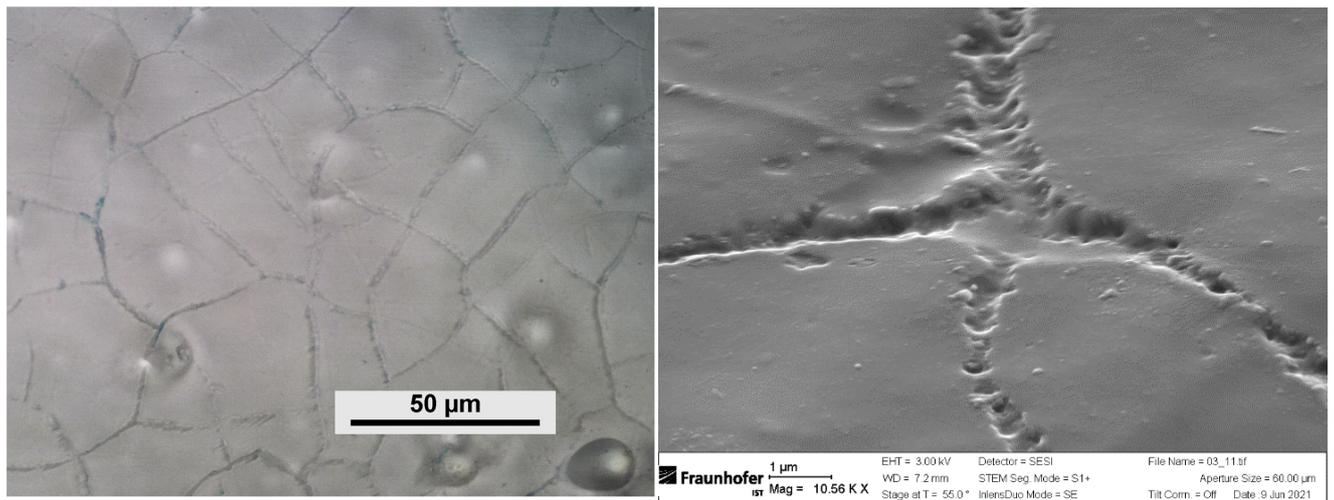


Abbildung 8: Übersicht (links, Auflichtmikroskopie) und Detail (rechts, Elektronenmikroskopie) der auf allen Filmen vorhandenen Risse. Offensichtlich riss die Oberfläche, als sie ein wenig verfestigt war. Die Risse wurden dann jedoch von nachströmendem Harz wieder weitgehend verschlossen.

Ausblick

Spannungen in Direktbeschichtungen sind abhängig sowohl von den Quell- und Schwindbewegungen der Trägerplatte und des Papiers als auch von dem Schwinden des Harzes durch die Kondensationsreaktion beim Verpressen. Für alle Einflussfaktoren gilt zudem, dass auch die Ausgangssituation vor dem Verpressen (Feuchte bzw. Vorkondensation) die Spannungen beeinflussen. Annähernd unbekannt sind die genauen Vorgänge während des Verpressens, wenn sich Schwindung und thermische Ausdehnung überlagern und das Ausmaß der Spannungen zwischen Film und Trägerplatte stark von der sich kontinuierlich ändernden Rheologie des Harzes beeinflusst werden. Die im vorliegenden Projekt beobachteten Craquelé-Risse stellen insofern einen Glücksfall dar, da sie einen kleinen Einblick in die sonst verborgene Dynamik der Aushärtung ermöglichen.

Ein Ansatz, der all diese Faktoren umfasst, erscheint derzeit wenig aussichtsreich, jedoch lassen sich Teilgebiete identifizieren, die isoliert betrachtet bereits wichtige Aufschlüsse zu den Vorgängen während des Verpressens und damit Optimierungen von Prozessen erlauben. Als wichtige Einflussfaktoren wurden in dem Projekt die während des Aushärtens induzierten Spannungen sowie die Eigenschaften des Papiers identifiziert. Der im Projekt verfolgte Ansatz, die resultierenden Spannungen anhand der Verformung von Platten zu identifizieren, war nur bedingt erfolgreich, da die plastische Verformung der noch heißen Platten offensichtlich die Verformung maßgeblich beeinflusst. Um diesen Einfluss zu reduzieren, müsste während des Verpressens und des Abkühlens ein Gegenzug vorhanden sein. Es bietet sich an, diesen Gegenzug in Form eines J-Films herzustellen. Der J-Film kann nach dem Abkühlen freigeschnitten werden, so dass die dann messbare Verformung/Spannung von

der plastischen Verformung der heißen Platten unbeeinflusst bleibt. Wenn derartige Versuche auch nach unterschiedlichen Presszeiten durchgeführt werden, könnten zumindest grundlegende erste Erkenntnisse über die Entstehung der Spannungen ermittelt werden.

Für Schadensanalysen ergibt sich als Konsequenz aus den beiden Projekten, dass eine retrospektive Analyse der Einflussfaktoren fast unmöglich ist und lediglich die resultierenden Materialeigenschaften (Rissbeständigkeit, Biegefestigkeit) überprüfbar sind. Eine Zuordnung zu den relevanten Einflussparametern Papier, Harz, Trägerplatte und Aushärtungsbedingungen erscheint derzeit nur in Einzelfällen möglich.

Das IGF-Vorhaben 20908 N der Forschungsvereinigung Internationaler Verein für Technische Holzfragen e. V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Der vollständige Bericht kann bestellt werden bei: Internationaler Verein für Technische Holzfragen e.V. (iVTH e.V.) Bienroder Weg 54E 38108 Braunschweig