
**Pilotanlage für die Verleimung von Holzplatten mit „Lignofast“
Kredit-Nr. A2310.0134, Verfügung Nr. 09.0063.PJ / J065-0154 / 5-10.02**

Dieses Projekt wurde realisiert mit Unterstützung des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) im Rahmen des Aktionsplanes Holz.

Schlussbericht

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage	Seite 1
2. Projektziel	Seite 1
3. Zusammenfassung	Seite 2-4
4. Projektphasen	Seite 4
5. Vorversuche Schilliger	Seite 4
6. Klebstoff-Modifikationen	Seite 5-10
7. Klebstoffauftragstechnologie	Seite 11-14
8. Anlagenkonzept Schilliger	Seite 14-16
9. Bau Pilot- Versuchsanlage	Seite 16-18
10. Projektbeurteilung und Ausblick	Seite 18

1. Ausgangslage

Die Fa. nolax hat ein ultraschnelles reaktives Klebstoff-System „Lignofast®“ entwickelt, welches sich dadurch auszeichnet, dass mit sehr kurzen Presszeiten gearbeitet werden kann. Aufgrund der hohen Reaktionsgeschwindigkeit kann der Klebstoff nur im System eingesetzt werden, d.h. im Zusammenspiel mit einer auf den Klebstoff abgestimmten Dosier-Misch- und Applikationstechnologie und einer kontinuierlich arbeitenden Presse. Eine mögliche Anwendung für diese Technologie ist die Herstellung von Massivholzplatten (MHP). Es wird erwartet, dass die schweizerische Holzindustrie mittels Lignofast® flexibler, schneller und kostengünstiger produzieren kann.

2. Projektziel

Für den Nachweis der Funktionsfähigkeit eines solchen Systems (Proof of concept) und damit für dessen Marktfähigkeit ist die Verfügbarkeit einer Pilotproduktion unabdingbare Voraussetzung. Das Projektziel wurde daher wie folgt definiert:

„Bau einer Referenz-Anlage zur kontinuierlichen Herstellung von Massivholzplatten bei Schilliger-Holz, Küssnacht/Haltikon, SZ“

3. Zusammenfassungen

Das Projekt wurde anfangs 2010 mit dem Ziel „Bau einer Referenz-Anlage bei Schilliger-Holz, Küssnacht/Haltikon, SZ“ zur Herstellung von einlagigen Massivholzplatten gestartet. Vor der Ausarbeitung eines Anlagenkonzeptes wurden die Leistungsfähigkeit und die damit verbundene Investition grob errechnet. Hierzu wurde die Annahme getroffen, dass mit der neuen Anlage ein durchgängiges Wanelement von mind. 11 m Länge hergestellt werden sollte. Dies hätte bedeutet:

- Eine Vervielfachung der Produktionskapazität von heute rund 6-7'000m³ auf 40-60'000m³
- Ein Investitionsvolumen über 2 Mio. Franken

Neben der enormen Kapazitätserweiterung und der hohen Investitionskosten, befanden sich beim Zeitpunkt der Entscheidung das Klebstoffsystem sowie die notwendige Applikationstechnologie noch in der Entwicklungsphase. In Anbetracht dessen, wurde das Risiko für die Anlagenbeschaffung als zu hoch eingestuft.

Stattdessen wurde nach Absprache zwischen dem BAFU und den Mitgliedern des Konsortiums entschieden, dass Alternative eine „Pilot-Versuchsanlage“ zu bauen und bei der Fa. Schilliger zu installieren. Diese Versuchsanlage, welche ausschliesslich durch die Projektmitglieder finanziert wurde, zeichnet sich wie folgt aus:

- Massivholzlamellen bis 3,5m können verarbeitet werden.
- Mit der Anlage können Versuche unter quasi-industriellen Bedingungen durchgeführt werden.
- Sie ermöglicht die Nachweisführung für die Gebrauchstauglichkeit des neuen Produktionssystems (Klebstoff, Applikationstechnik, Presse)
- Die Versuchsanlage kann durch moderate Anpassungen in eine Industrieanlage überführt werden.

Im zweiten Quartal 2012 wurde die Pilot- Versuchsanlage installiert.



Abbildung 1 Pilot-Versuchsanlage bei der Fa. Schilliger

Von links nach rechts sind folgende Elemente zu erkennen:
Hochdruckdosieranlage PSM 90, Lamelleneinzug, Anlagensteuerung,
Durchlaufpresse.

Klebstoffapplikation

Bei Projektbeginn bestand das Ziel darin, MHP mit Lamellenstärken von 10- 50mm herstellen zu können. Dies bedeutet, dass die Austragsleistung der Applikationsdüse zwischen 3 und 15g/Sekunde liegen muss. Das war insofern ein zu lösendes Problem, weil tiefe Austragsraten anlagentechnisch schwierig zu realisieren sind, weil dabei die Dimensionen im Mischkopf in den Mikrometerbereich zu liegen kommen. Im Weiteren gilt es den Sprühverlust so zu minimisieren, dass er je nach Lamellenstärke die 3-5% Grenze nicht überschreitet. Die Optimierung der Misch- und Applikationstechnik bildete darum ein Schwerpunktthema im Projekt. Dadurch konnte u.a. erreicht werden, dass

- der Sprühverlust um die Hälfte von 20 auf 10% reduziert werden und
- die untere Grenze der Austragsleistung von 8g/s auf 6g/s gesenkt werden konnten

Bei weiteren Untersuchungen wurde erkannt, dass die Temperatur des Klebstoffs ebenfalls eine nützliche Stellschraube darstellt. Dadurch konnte ein weiterer Schritt in Richtung der gesetzten Zielwerte (max. Sprühverlust 3-5%, Austragsleistung 3g/s) gemacht werden. Zurzeit sind neue Misch- und Applikationsdüsen in Erprobung. Diese sind mit einem Durchlauferhitzer versehen, mit dessen Hilfe die Klebstoffkomponenten vor dem Mischen kurzzeitig auf über 100°C erhitzt werden können.

Lignofast Klebstoffe

Die Klebstoffentwicklung konnte so weit vorangetrieben werden, dass momentan zwei Varianten zum Verkleben von MHP zur Verfügung stehen. Die unter Laborbedingungen hergestellten Prüfkörper erreichen die geforderten C1, C4 und SWP3 Verbundfestigkeitswerte. Der in den Normen

verlangte Holzbruchanteil wird bislang mit einzelnen Prüfkörpern erreicht, jedoch nicht ausnahmslos in einer kompletten Prüfsérie.

Da es sich um ein praxisorientiertes Entwicklungsprojekt handelt, war es wichtig, das System unter Quasi-Praxisbedingungen zu testen und zu optimieren. Diesbezügliche Versuche scheiterten zunächst an der Mischdüse, bei der es im Dauerbetrieb immer wieder zu Nadelbrüchen kam. Dies führt zu Betriebsunterbrüchen und wäre im Dauerbetrieb nicht tolerierbar. Wie in Kapitel 7.2 näher beschrieben, konnte dieses Problem anlagenseitig gelöst werden, ohne dass Modifikationen an der Klebstoff-Formulierung nötig waren. Es kann also zum gegenwärtigen Zeitpunkt festgestellt werden, dass im Projektverlauf praxistaugliche Klebstoffe entwickelt wurde, welcher von nolax AG aktuell unter der Bezeichnung W45.3058 und W45.3061 für die Verklebung von Holzwerkstoffen am Markt angeboten werden. Im Weiteren wuchsen die Kenntnisse über die Stellschrauben für eventuelle spätere Produkthanpassungen erheblich.

Zusammenfassend wird festgehalten, dass die Entwicklung der auf Polyurea basierten Klebstofftechnologie durch dieses Projekt einen massgeblichen Schub in Richtung Marktfähigkeit erhalten hat. Dieser Fortschritt ist der hervorragenden Zusammenarbeit innerhalb des Konsortiums und der wohlwollenden Beteiligung seitens des Aktionsplans Holz geschuldet.

4. Projektphasen

- a) Vorversuch bei Schilliger Januar 2010, Go-Entscheid gefällt ✓
- b) Modifikationen, Entwicklungen ✓
- c) Anlagenkonzept, überprüfen der Wirtschaftlichkeit ✓
- d) Bau eines Prototypes ✓
- e) Testphase ✓
- f) Anpassungen (diese Arbeiten werden in neuem Projekt weitergeführt)
- g) Markteinführung (ausstehend)

5 Vorversuch bei Schilliger, Haltikon, Küssnacht SZ

Voraussetzung für die Projekt-Durchführung war ein Vorversuch im Januar 2010 auf einer eigens für diesen Versuch modifizierten Presse der Firma Schilliger in Haltikon-Küssnacht SZ. Zusammengefasst können die Ergebnisse wie folgt beschrieben werden: Mit dem Polyurea Klebstoff konnten grundsätzlich Massivholzplatten (MHP) produziert werden. Allerdings wurde die geforderte Presszeit von <30 Sekunden noch nicht erreicht, da die Anfangs-festigkeit des Klebstoff nicht genügte. Ausserdem wurde festgestellt:

- Die Dosierung mit der vorgesehenen Anlage PSM 700 von Isotherm war nicht optimal, da die Anlage ist für eine zu grosse Austragsleistung ausgelegt war.
- Es konnten gute Klebstoff-Auftragsbilder festgestellt werden, aber die Sprühverluste waren noch zu hoch.
- Der eingesetzte Klebstoff Lignofast W45.3053 hatte eine zu kurze offene Zeit für das vorhandene Presssystem.
- die Qualität der produzierten MHP entsprach in der Folge nicht SWP/3 Aussenbereich aus DIN 13354.

Fazit:

Weil die oben zitierten Hürden nicht unüberwindbar schienen, wurde beschlossen, das Projekt auszuführen. Dazu wurde ein Konsortiumsvertrag zwischen Isotherm-Holmag-Schilliger-nolax abgeschlossen.

6. „Modifikationen / Entwicklungen“ Klebstoffsystem Lignofast

Auszug aus dem Klebstoffanforderungsprofil Lignofast für das Verkleben von 1-lagigen Massivholzplatten:

Zielsetzung:	<ul style="list-style-type: none"> • offene Zeit ist einstellbar: 5 - 15 Sekunden • Presszeit = Faktor 3 der offenen Zeit • Auftragsmenge: 100 und 120 g/m² • Verbundfestigkeit; erfüllt die Normen: D4/C4 EN 204-205, Ziel: > 5N/mm² SWP 13353, SWP/3 • Preis: Fr. 12.- pro Kilo(Richtpreis)
---------------------	---

Die Versuche im Januar 2010 bei Schilliger haben gezeigt, dass das eingesetzte Produkt eine zu geringe Anfangsfestigkeit aufweist. Dadurch kann der Klebstoff die Rückstellkräfte von gebogenen Holzlamellen innerhalb der geforderten Presszeit nicht vollständig aufnehmen. Ausserdem wurde mit den Prototypen die gewünschte Kochwasserfestigkeit (DIN 13354, SWP/3) nicht erreicht.

Entwicklungsschwerpunkte:

- Anfangsfestigkeit
- Eindringverhalten
- Verbundfestigkeit

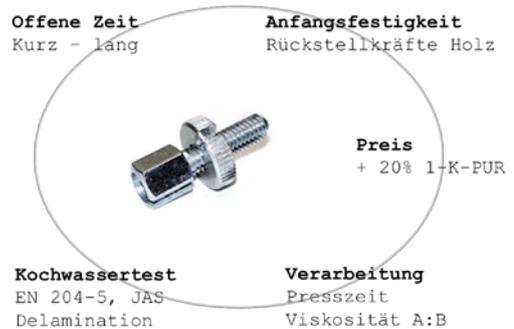


Abbildung 2 Stellschrauben zur Klebstoffoptimierung

In zahlreichen Versuchen wurde ermittelt, welche Faktoren, in welchem Masse, die gesuchten Eigenschaften beeinflussen. Dabei sind die einzelnen Stellschrauben voneinander abhängig und können nicht isoliert betrachtet werden. Es sind dies:

- die Funktionalität der Isocyanat-Komponente
- die Funktionalität des Amingemischs
- die Viskositäten von Isocyanat und Amin
- das Mischverhältnis Isocyanat : Amin (A:B)
- der Isocyanatgehalt des Prepolymers

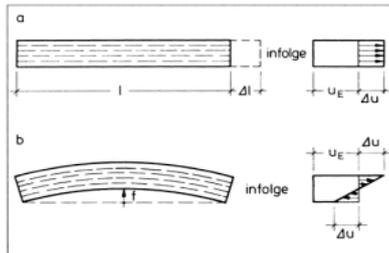
Für die Klebstoffweiterentwicklung wurde eine Entwicklungszusammenarbeit mit einem Rohstoffhersteller eingegangen mit dem Ziel, geeignete Rohstoffe und deren Kombination zu finden.

6.1 Anfangsfestigkeit

Damit die Rückstellkräfte der Holzlamellen aufgenommen werden können, muss der Klebstoff nicht nur die Adhäsion zu den Substraten sondern auch die Kohäsion möglichst rasch aufbauen. Nur dann kann das Pressbett der Durchlaufpresse kurz und kostengünstig ausgeführt werden. Eine kompakte Bauweise ist Voraussetzung für eine Serienfertigung mit der Losgröße eins.

Zur Messung der Anfangsfestigkeiten sind bei diesen schnellen Systemen die traditionellen Prüfmittel nicht geeignet. Daher kommt eine praxisnahe Methode zur Anwendung, bei der die Spannungen mittels eines Rundbogens simuliert werden. Zu diesem Zweck wird eine Kunstharz-Platte mit Klebstoff besprüht und in einer Schablone auf einen Rundbogen

gepresst. Es wird die Zeit gemessen, nach der keine Fugenöffnung in der Randzone sichtbar ist.



Unbehindertes Schwinden/Quellen von Spanplatten infolge Feuchteänderung Δu ; reine Längenänderung Δl infolge $\Delta u = \text{const.}$, b Aufwölbung f infolge $\Delta u \neq \text{const.}$; u_E Einbaufeuchte; aus [1]

Abbildung 3 Verzug

Massivholzlamelle



Abbildung 4

Rundbogenverklebung zu geringer Presszeit



Abbildung 5

Rundbogenverklebung mit genügender Presszeit

Daraufhin wurden zwei Klebstoffsysteme entwickelt welche die geforderte Anfangsfestigkeit erfüllen.

Klebstoff	offene Zeit	Presszeit
Lignofast W45.3058	15 Sekunden	50 Sekunden
Lignofast W45.3061	5 Sekunden	15 Sekunden

6.2 Eindringverhalten von Lignofast

Es ist bekannt, dass das Eindringverhalten des Klebstoffes das Bruchbild wesentlich beeinflusst. In der Dipl.-Arbeit, FH-Rosenheim 2009, Sebastian Meyer, wurde die Eindringtiefe von Lignofast W45.3052 analysiert. Diese Prototype hatte eine offene Zeit von 30 Sekunden und eine Presszeit von 480 Sekunden, war also für Polyurea-Klebstoffe eine vergleichsweise „langsame“ Version. Für das vorliegende Projekt wurden wegen der geplanten kurzen Prozesszeiten Systeme angestrebt, welche offene Zeiten zwischen 5 bis 15 Sekunden aufweisen.

Erwartungsgemäss nimmt mit steigender Reaktionsgeschwindigkeit die Eindringtiefe des Klebstoffs ab. Allerdings folgt dieses Phänomen nicht einer linearen Abhängigkeit. Vielmehr stellt man fest, dass oberhalb einer gewissen Reaktionsgeschwindigkeit sich die Eindringtiefe kaum mehr wesentlich ändert. Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass das Eindringen in den ersten Sekunden des Pressvorganges stattfindet. Wichtig hierbei ist es, dass nach dem Klebstoffauftrag die Viskosität während der ersten Sekunden möglichst tief bleibt. In Kombination mit

dem Pressdruck penetrieren kurzkettige Präpolymere so in die Holzoberfläche ein und stabilisieren diese. Folge daraus sind höhere Verbundfestigkeit und Holzaustriss.

In der Abbildung 6 ist der Vernetzungsaufbau zwischen dem Produkt Lignofast W45.3052 und dem schnellen 2K-PUR RP 3005 anhand von Trombometer-Messungen gegenübergestellt. Hier ist zu erkennen, dass zu Beginn ein Plateau vorhanden ist und anschliessend die Kurven mehr oder weniger Steil ansteigen.

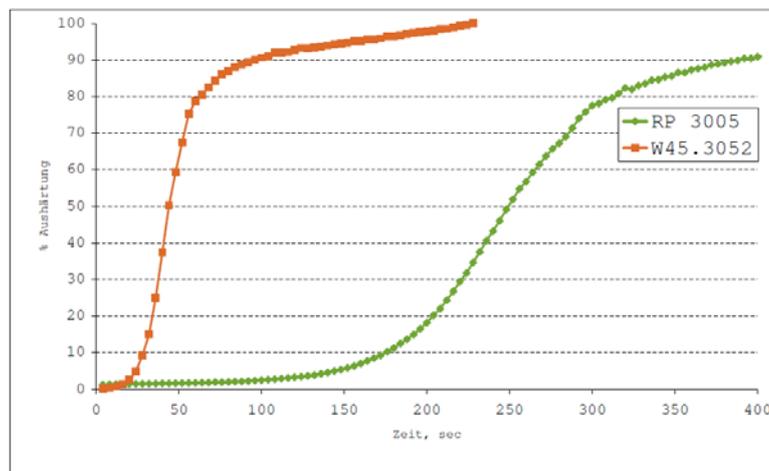


Abbildung 6 Vernetzungsverlauf von 2K Klebstoffen

Bei der Lignofast Weiterentwicklung wurde versucht dieses Start-Plateau auch bei den schnelleren Systemen möglichst lange auszudehnen.

Da bei sehr reaktiven Systemen (offene Zeit 5-15s.) die oben abgebildete Messmethode nicht mehr angewandt werden kann, wurden neue analytische Ansätze zur Verfolgung der Reaktionskinetik gesucht:

- Bei der Fachhochschule Fribourg wurde eine Studie in Auftrag gegeben mit dem Ziel die Reaktionskinetik bei Lignofast besser zu verstehen. Die Arbeit basierte auf der DSC- und IR-ATR Methode und soll relevante Daten zum Reaktionsablauf liefern.
⇒ Die Methode konnte für die ultraschnellen Systeme nicht angepasst werden.
- Weitere Abklärungen ergaben, dass die Dielektrische Analyse (DEA) wie sie heute bereits in der Lacktechnik eingesetzt wird, eine geeignete Methode für unsere Arbeiten sein könnte. Führend auf diesem Gebiet ist die FH-Merseburg, D.

Abklärungen und erste Vorversuche bei Prof. Dr. Thomas Rödel und seinem Team zeigten positive Ergebnisse. Nach dem Ausprüfen von verschiedenen Rohstoffen und Klebstoffformulierungen musste festgestellt werden:

- Es konnten Reaktionsabläufe aufgezeichnet werden.
- Die Auflösung der Messwerte war jedoch zu gering um die Ergebnisse für die Klebstoffweiterentwicklung verwenden zu können. Deshalb konnte auch diese Messmethode für die Entwicklung nicht genutzt werden, so dass weiter mit aufwendigen Verbundprüfungen gearbeitet werden musste.

Die Kosten der Untersuchungen durch die FH-Merseburg von ca. 30'000 EUR (Laufzeit 9 Monate) wurden hälftig von einem Rohstoffhersteller getragen.

Die Eindringtiefenmessungen (Abb. 7-9, Buchenholz) wurden an der ETH Zürich durchgeführt. Die Aufnahme vom Klebstoff W45.3052 stammt aus der Diplomarbeit von Sebastian Meyer. Dabei ist zu beachten, dass der Massstab von den anderen Bildern abweicht (doppelte Vergrößerung).

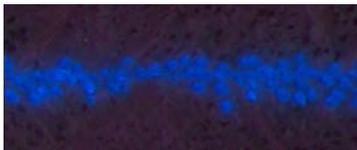


Abbildung 7 Lignofast

W45.3052, offene Zeit 30s

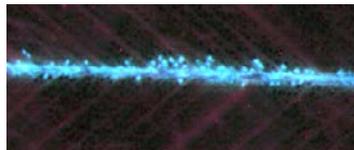


Abbildung 8 Lignofast

W45.3058, offene Zeit 15s

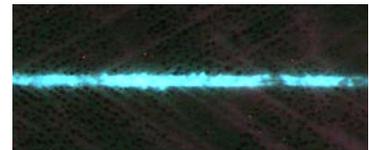


Abbildung 9 Lignofast

W45.3061, offene Zeit 5s

Es ist unschwer zu erkennen, dass sich die Systeme in Ihrem Eindringverhalten unterscheiden. Bei den Zugscherwerten auf Buchenholz (C1, C4) konnten jedoch keine signifikanten Festigkeitsunterschiede gemessen werden. Es scheint so, als ob das Penetrationsverhalten genügend gross ist, um eine gute Verbundfestigkeit zu erreichen.

6.3 Verbundfestigkeit

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Gegenüberstellung der Lignofast Klebstoffe W45.3058/3061 mit unterschiedlichen offenen Zeiten (15/5 Sekunden) und einem handelsüblichen 1K PUR Klebstoff. Die Verklebungen wurden in der Anwendungstechnik von nolax durchgeführt.

Prüfung	Forde- rung	Ein- heit	Semparoc I 12 NV	W45.3058	W45.3061
C1	10 MB	MPa	10.87±1.04 MB	10.9±2.01 AB/MB	11.3±0.92 MB/wAB
C4	4	MPa	6.4±0.55 AB	5.25±0.9 AB	6.14±0.77 AB
SWP3	2.5 5%Q 40%MB	MPa	3.127± 0.537 AB/MB	3.132± 0.606 AB/MB	3.301± 0.675 AB/ wMB
Alterung n. 2 Wochen 80°C	MB	MPa	9.87±0.47 MB	10±1.39 MB	10.35±0.89 MB
Alterung n. 4 Wochen 80°C	MB	MPa	9.27±0.89 MB	9.17±1.43 MB	9.89±0.89 MB
Klimawechsel n. 4 Wochen	keine	MPa	9.47±1.35 AB/KB/MB	8.01±1.54 AB/MB	9.92±1.25 AB/MB
Temp. Stabilität	>160	°C	>160	>160	143.3±6.7

Tabelle 1 Klebstoffgegenüberstellung

MB: Materialbruch; AB: Adhäsionsbruch; KB: Kohäsionsbruch

Betrachtet man die Verbundfestigkeitswerte, könne die schnellen Lignofast Systeme mit dem 1K PU Klebstoff mithalten. Bezüglich des Holzbruches sind leichte Unterschiede feststellbar:

- Bei der C1 Prüfung wird mit den heutigen Systemen nicht in jedem Fall 100% Holzbruch erreicht.
- Dies ist auch bei der SWP 3 Prüfung der Fall. Die geforderten 40% sind bei einzelnen Prüfkörpern zu messen, jedoch noch nicht systematisch in einer kompletten Prüfserie.

Optimierungsarbeiten um den Holzbruchanteil zu erhöhen, vor allem bei der SWP 3 Prüfung, werden fortgesetzt. Die in der Tabelle 1 aufgeführten Messwerte müssen jedoch noch mit Prüfkörpern, welche auf der Pilot-Versuchsanlage hergestellt wurden, bestätigt werden. Dies wird mit den neuen Applikationsdüsen geschehen.

7. Klebstoffauftragstechnologie

Die Lignofast Systeme, welche bei diesem Projekt zu Einsatz kommen, weisen sehr hohe Reaktionsgeschwindigkeiten auf und können nur mit Hochdruck- Gegenstrom Applikationsanlagen verarbeitet werden.



Abbildung 10 Applikationsanlage PSM 90 der Fa. Isotherm



Abbildung 11 Querschnitt durch Misch- und Applikationsdüse

7.1 Mischprinzipien

Die Komponenten gelangen durch Hohlschrauben an die rein metallisch abgedichtete Mischkammer, wo sie mit bis zu 200 bar an der Düsennadel anstehen. Beim Zurückziehen der Düsennadel gelangen die beiden Komponenten in die kleine Mischkammer und treten gemischt durch die kleine Öffnung in Form eines Sprühstrahls aus. Sobald die Düsennadel wieder nach vorne geschoben wird, wird der Vorgang unterbrochen und die Mischkammer gleichzeitig mechanisch gereinigt.

7.2 Auftragstechnik

Zielsetzung:	<ul style="list-style-type: none"> • Holzlamellen zwischen 10-50mm Stärke mit Klebstoff zu beschichten • bei einem max. Sprühverlust von 3-5% • Klebstoffauftrag 100-120g/m² • Bei 10mm Lamellenstärke bedeutet dies eine Austragsleistung von 3g/Sekunde
---------------------	--

Im Laufe des Projekts wurde in den Labors der Fa. Isotherm und nolax, in Zusammenarbeit mit der BFH Biel, zahlreiche Sprühversuche durchgeführt, mit Highspeed Kameras aufgezeichnet, und diese anschliessend ausgewertet.



Abbildung 12 Klebstoffsprühapplikation Highspeed Aufnahme

Dabei wurde festgestellt:

- zu hoher Klebstoff-Verlust beim Sprühen (Over-spray) von 15-20%. Dieser rührt von der hohen Austrittsgeschwindigkeit des Klebstoffs her (ca. 800 m/Minute) => Abprall-Effekte
- Austragsmengen sind zu hoch: Ausstoss 8g/Sekunde
- Klebstoffverteilung im Sprühstrahl noch nicht optimal, hohe Klebstoffkonzentration in der Auftragsmitte.

Um den Sprühverlust zu reduzieren wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Einsatz von Steuerluft
- Sprühstrahl elektrostatisch Laden
- Nutzen der Erfahrungen aus der Automobil- Lackiertechnik; IPA-Fraunhofer Institut Stuttgart
- Modifikation/ Entwicklung neuer Applikationsdüse durch die Fa. Isotherm

Einsatz von Steuerluft

Der Versuch, mit der Steuerluft den Sprühstrahl zu beeinflussen, war leider nicht von Erfolg gekrönt. Die kinetische Energie der Klebstoff Tröpfchen ist so gross, dass letztere durch die Steuer-Luft nur wenig abgelenkt werden. Wird der Luftstrom verstärkt, besteht andererseits die Gefahr, dass der Klebstoff wieder vom Substrat heruntergeblasen wird.



Abbildung 13: Einschnürender Sprühstrahl



Abbildung 14: Mischkammer Nr.3 oben ohne Luft, unten mit Luftunterstützung

Sprühstrahl elektrostatisch laden

Die Versuche mit Gerätschaften der Fa. Wagner Lackiertechnik haben gezeigt:

- 2K Klebstoffe können bis zu einem gewissen Grad elektrostatisch geladen werden.
- durch das Hochdruckgegenstrom-Verfahren wird eine rel. hohe kinetische Energie ins System eingebracht. Die elektrostatische Energie ist zu schwach um den Klebstoff zu bündeln, und den Sprühverlust zu vermeiden.

IPA-Fraunhofer Institut Stuttgart

Nach den ersten Voruntersuchungen musste festgestellt werden, dass auf Grund der hohen Klebstoffreaktivität keine adaptiven Lösungsansätze aus der Automobilindustrie übernommen werden können.

Modifikation/ Entwicklung neuer Applikationsdüse

Nach dem die Klebstoffmodifikationen weitgehend abgeschlossen waren, wurde eine neue Düse, welche auf die Klebstoffviskosität angepasst wurde, entwickelt:

- Sprühverluste konnte halbiert werden
- Austragsleistung von 6g/Sekunde sind möglich
aber:
- Bei geringen Ausstossmengen bricht jedoch die Düsennadel bereits nach wenigen Schüssen ab.

Vorversuche liessen vermuten, dass bei erhöhten Klebstofftemperaturen die Misch- und Applikationseigenschaften stark verbessert würden. Zu diesem Zweck wurde ein kleiner Durchlauferhitzer konstruiert und der Mischkammer vorgeschaltet. Auf diese Weise kann der Klebstoff unmittelbar vor dem Vermischen auf Temperaturen bis zu 120°C erwärmt werden. Damit wurden reproduzierbar folgende Ergebnisse erzielt:

- Geringere Mischdrücke notwendig => reduzierte Klebstoffaustrittsgeschwindigkeit => Klebstoff prallt weniger von der Holzlamelle ab.
- Geringere Tröpfchen-Grösse => Sprühstrahl reißt schöner auf
=> gleichmässigere, breitere Klebstoffverteilung im Sprühstrahl
- Reduzierte Ausstossmengen möglich
- Klebstoff einfacher zu durchmischen => geringere Mischenergie wird benötigt.

Zusätzlich wurde die Steuerung des Nadelmechanismus entscheidend modifiziert, indem eine Kraft-/Weg-Messeinrichtung an der Nadel angebracht und die damit gewonnenen Kennlinien zur Steuerung verwendet wurden. Damit ist es nun möglich, die maximale auf den Stempel wirkende Kraft zu begrenzen. Seitdem diese Modifikation implementiert wurde, sind keine Nadelbrüche mehr vorgekommen.

Nach diesen Modifikationen können nun grössere Testserien gefahren werden

8. Anlagenkonzept Schilliger / Holmag

Mittels der Lignofast Klebstofftechnologie, wird eine kostengünstige Herstellung geklebter Holzelemente angestrebt. Durch hohe Produktionseffizienz und die Möglichkeit rationeller Fertigung kleiner Losgrößen, sollen Wettbewerbsvorteile erzielt werden.

Zielsetzung	<ul style="list-style-type: none"> a) wirtschaftlichere, flexiblere Fertigung von 1-lagigen Massivholzplatten (MHP) b) Bau einer Referenz-Anlage und damit Markteinführung einer neuen Produktionstechnologie.
--------------------	--

Vor der Ausarbeitung des Anlagenkonzeptes wurden folgende Fragen geklärt:

- Investment und Leistungsfähigkeit
- vergleichen Wirtschaftlichkeit

Dabei reiften folgende Erkenntnisse:

8.1 Investment

Heute können bei der Fa. Schilliger einlagige Massivholzplatten bis zu einer Länge von 5m hergestellt werden. Um durchgehende Wandelemente herstellen zu können, wurde für die Investitionsrechnung eine Plattenlänge von 11m angenommen. Der damit errechnete Investitionsbedarf für die Presse allein beträgt ca. € 1.3 Mio.

8.2 Wirtschaftlichkeitsvergleich

Seitens Schilliger wurde die Leistungsfähigkeit auf Basis von zwei verschiedenen Lamellendimensionen berechnet:

- 20 mm x 50 mm x 11000 mm
- 20 mm x 120 mm x 11000 mm
- Leistung: 5 Einschübe pro Minute

Investitionen der Anlage je nach Klebstoff-Konzept (exklusiv Leimauftragsgerät und Anlagenperipherie)

- Standard: ca.: 2.7 Mio. CHF (beheizte Presse)
- Lignofast: ca.: 2.0 Mio. CHF
- Hochfrequenz: ca.: 2.15 Mio. CHF

Daraus ergaben sich folgende Schlüsse:

- Die geplante Anlage hätte eine sehr hohe Kapazität, 40 - 60 000 m³
- Die heute vorhandene Pressenkapazität = 6-7000 m³
- HF-Technologie ist bei Vollauslastung und unter Annahme der heutigen Strompreise am wirtschaftlichsten.
Vorteil: Klebstoffpreis
Nachteile: Zuverlässigkeit, Stromverbrauch, Einbringen von Wasser und Wärme in die Holzplatte
- die Kapazität der geplanten Anlage übersteigt bei weitem den Bedarf der Fa. Schilliger!

=> Aus diesen Gründen wurde das Projekt „neue Presse für MHP“ von Schilliger nicht weiter verfolgt!

8.3 Projektziel: Bau einer Referenz-Anlage und damit Markteinführung einer neuen Produktionstechnologie.

Kurz- und mittelfristig wird bei Schilliger nicht in eine neue 11m Presse investiert. Allerdings wird der Ersatz der alten 5m Plattenpresse geprüft. Wegen der dazu notwendigen Investition von über 2 Mio. Fr. wurde das Risiko, dies mit einer völlig neuen Technologie zu wagen, als zu hoch eingeschätzt.

Um trotzdem die neue Produktionstechnologie mit Lignofast weiter zu entwickeln und ihre grundsätzliche Brauchbarkeit zu demonstrieren, wurde in Absprache mit dem BAFU und dem Konsortium entschieden, eine Pilot-Versuchsanlage zu realisieren. Diese wurde ausserhalb des Projektes mit Mitteln der Konsortiums-Mitglieder finanziert.

9. Bau der Pilot-Versuchsanlage

Für die Realisierung der Pilot- Versuchsanlage wurde die BFH Biel hinzugezogen und mit dem Bau beauftragt..

Auszug aus dem Anforderungsprofil:

Holz:	Fichte, Tanne
Oberfläche:	gehobelt passgenau, <0.1 mm Fugendicke
Dimensionen:	10 - 50 mm Stärke 40-100 mm Breite Lamellen Länge 3,5m
Klebstoff:	Lignofast: offene Zeit 5-15s Auftragsgewicht ca. 100-120 g/m ²
Leistung:	V = 160 m / Minute 20 Einschübe pro Minute
Presse:	Druck = 0.8 N / mm ² Höhenverstellung manuell Pressbetttiefe 1m

Das Anlagenkonzept beruht im Wesentlichen auf Komponenten der Firma Grecon Dimter. Der Vorteil dieses Vorgehens bestand darin, dass viele Standardkomponenten eingesetzt wurden auf die Erfahrung der Herstellerfirma zurückgegriffen werden konnte. Der Bau der Anlage (Konstruktionszeichnungen, Bauteilbeschaffung, Anlagenzusammenbau usw.) erfolgte an der BFH in Biel.

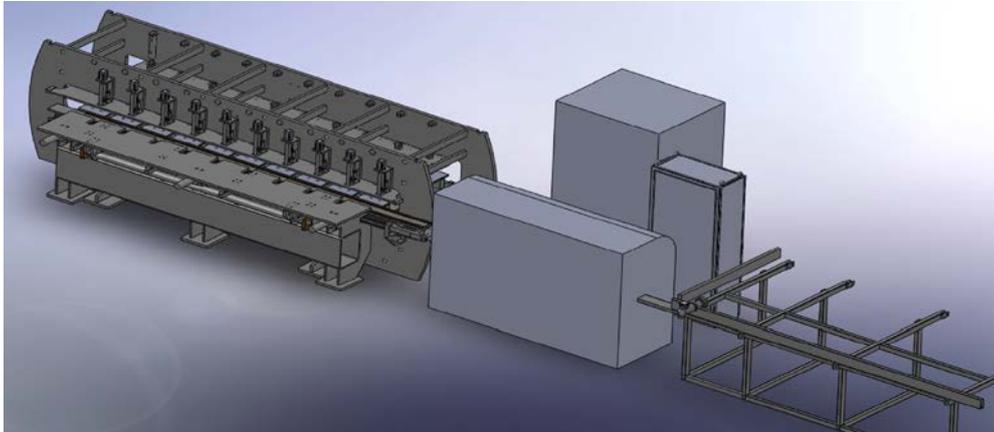


Abbildung 15 Konzeptskizze Pilotanlage BFH Biel

Pilot-Versuchsanlage

Die folgenden Bilder zeigen die Anlage wie sie bei der Fa. Schilliger aufgebaut wurde. Von links nach rechts sind folgende Elemente zu erkennen:

Hochdruckdosieranlage PSM 90, Lamelleneinzug, Anlagensteuerung, Durchlaufpresse.



Abbildung 16 Pilotversuchsanlage Fa. Schilliger AG



Abbildung 17 Lamelleneinzug



Abbildung 18
Applikationskopf



Abbildung 19 Pressenauszug
der Massivholzplatte

Die Anlage ist funktionstüchtig und kann für Applikations- und Klebstoffversuche genutzt werden.

10. Projektbeurteilung und Ausblick

Anlässlich der Schlussbesprechung wurde von den Konsortium-Partnern festgestellt, dass zwar noch keine produktionsreife Anlage vorliege, man aber auf eigene Rechnung weitere Erfahrungen sammeln wolle. Dazu gehören die Herstellung grösserer Produktmengen und die damit verbundenen Prüfungen.

Beim Projektpartner Schilliger soll der Entscheid, ob die Pilotanlage für die reguläre Produktion ausgebaut werden soll, gegen Ende Jahr gefällt werden. Die dabei anzuwendenden Kriterien werden, wie zu Projektbeginn geplant, die Wirtschaftlichkeit und die Produktequalität sein.

Für Isotherm ergeben sich aus dem Projekt zwar keine unmittelbar bevorstehenden Anlagenverkäufe, hingegen fand man Zugang zu der holzverarbeitenden Industrie. Diese wird von Isotherm als ein weiteres zukünftiges Standbein in Erwägung gezogen. Als weiteren positiven Effekt bewertet man den Fortschritt, den man anhand dieses Projektes an der Konstruktion des Misch- und Sprühkopfs gemacht hat.

Nolax konnte auf dem Hintergrund dieses Projektes die Kenntnisse über Polyurea als Holzklebstoff deutlich vertiefen und marktreife Produkte entwickeln. Zwar kommen diese zurzeit nicht bei der Fertigung von Massivholzplatten, wohl aber in der Möbelproduktion zur Anwendung, und dies in Kombination mit Isotherm Anlagen.

5.6.2013 nolax AG