

Schlussbericht zum Projektvorhaben

„Substitution von Harnstoff-Formaldehydharzen durch modifizierte Ligninsulfonate in Holzwerkstoffen“

<u>Zuwendungsempfänger:</u>	Universität Kiel, Ökologie-Zentrum Fachabteilung Ökotechnik und Ökosystementwicklung Olshausenstr. 40 24098 Kiel
<u>Kooperationspartner:</u>	Universität Hamburg Zentrum Holzwirtschaft Leuschnerstr. 91 21031 Hamburg
<u>Förderkennzeichen:</u>	22009905 / 05NR099
<u>Laufzeit des Vorhabens:</u>	01.01.2006 – 30.04.2009

Schlussbericht zum Projektvorhaben „Substitution von Harnstoff-Formaldehydharzen durch modifizierte Ligninsulfonate in Holzwerkstoffen“

Inhaltsverzeichnis

1 Ziel	4
2 Einleitung	5
2.1 Überblick zur Holzwerkstoff- und Leimharzbranche	5
2.2 Stand der Wissenschaft und Technik	8
2.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	11
2.4 Kooperationen und Arbeitsteilung	11
2.4.1 Kooperation in der Forschung	11
3 Ergebnisse	12
3.1 Ergebnisse zur Verwendung von UF-Harz 1	12
3.1.1 Kompatibilitätsprüfung des Ligninklebstoffes mit UF-Harz 1	12
3.1.1.1 Topfzeiten	13
3.1.1.2 Gelierzeiten	14
3.1.1.3 Überprüfungen der Klebeeigenschaften mit ABES	15
3.1.1.4 Kleine Probenplattenherstellung mit der IPATES	17
3.1.2 Herstellung von MDF-Laborplatten	20
3.1.2.1 Fasermaterialien	20
3.1.2.2 Beleimung	21
3.1.2.3 Pressvorgang	21
3.1.2.4 Vorbereitungen zur Bestimmung der Platteneigenschaften	22
3.1.3 Platteneigenschaften hergestellt mit UF-Harz 1 und dessen Substitution durch Ligninklebstoff	23
3.1.3.1 Quersugfestigkeiten und Quellung der Platten hergestellt mit UF-Harz 1 und dessen Substitution mit Industriefasern I	23
3.1.4 Untersuchungen der Platten auf Formaldehydgehalte und VOC's	25
3.1.4.1 Quersugfestigkeiten und Quellung der Platten hergestellt mit UF-Harz 1 und Industriefasern II	26
3.1.4.2 Untersuchungen der Platten hergestellt mit UF-Harz 1 und dessen Substitutionen auf Formaldehydgehalte und Formaldehydemissionen	26

3.2 Ergebnisteil mit UF-Harz 2	28
3.2.1 Kompatibilitätsprüfung des Ligninklebstoffes mit UF-Harz 2	28
3.2.1.1 Topfzeiten	28
3.2.1.2 Gelierzeiten	28
3.2.2 Herstellung von MDF-Laborplatten	29
3.2.3 Platteneigenschaften hergestellt mit UF-Harz 2 und dessen Substitution durch Ligninklebstoff	29
3.2.3.1 Querzugfestigkeiten und Quellung der Platten hergestellt mit UF-Harz 2 und dessen Substitution mit Industriefasern III	29
3.2.4 Untersuchungen der Platten auf Formaldehydgehalte	31
3.2.4.1 Querzugfestigkeiten und Quellung der Platten hergestellt mit UF-Harz 2 und Laborfasern IV	31
3.2.4.2 Untersuchungen der Platten hergestellt mit UF-Harz 2 und dessen Substitutionen auf Formaldehydgehalte	32
3.2.5 Versuche zur Reproduzierbarkeit der Platteneigenschaften durch einen Holzwerkstoffhersteller	33
4 Zusammenfassungen der Ergebnisse zur Formaldehyduntersuchung	36
5 Ausblick: Verwertung der Ergebnisse und weiterer Forschungsbedarf Verwertung	37
6 Erkenntnisse von Dritten	38
7 Veröffentlichung	38
8 Literatur	39

1 Ziel

Ziel des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens war die Erprobung und Prüfung eines auf der Basis von nachwachsenden Rohstoffen entwickelten Ligninklebstoffes als Substitutionsprodukt für Harnstoff-Formaldehydharze (UF-Harze) bei der Herstellung von Mitteldichten Faserplatten (MDF, Rohdichten von ungefähr 750kg/m³) bzw. Hochdichten Faserplatten (HDF, Rohdichten von über 800kg/m³).

Die Verarbeitung des Ligninklebstoffes als alleiniges Bindemittel in Faserplatten erschien aufgrund der geringen Wasserbeständigkeit als nicht erfolgsversprechend, um der Industrienorm genügen zu können.

Die durchgeführten Forschungsarbeiten sollten zeigen, in wieweit eine Veränderung der Plattenqualitäten beobachtet werden kann in Abhängigkeit von der Substitution der UF-Harze durch den Ligninklebstoff in Bezug auf die Eigenschaften Querkzugfestigkeit und vor allem in Bezug auf das Quellungsverhalten der hergestellten Faserplatten.

Aufgrund der Verwendung von ausschließlich gesundheitsunbedenklichen Rohstoffen zur Herstellung des Ligninklebstoffes wurde in den Faserplatten sowohl eine Verminderung der Formaldehydhalte als auch eine Reduzierung der VOC's (volatile Organic Compounds) angestrebt.

Der Schwerpunkt der Arbeiten lag in

- der labortechnischen Substitution von UF-Harz mit dem modifizierten Ligninklebstoff
- der Herstellung von Faserplatten mit geeigneten Klebstoffformulierungen im Labormaßstab und deren Materialprüfung
- dem Nachweis der Emissionen der hergestellten Faserplatten
- der Umsetzung der Ergebnisse auf den industriellen Maßstab

In der vorliegenden Dokumentation werden die Forschungsergebnisse dargelegt, die durch die Teilsubstitution von Harnstoff-Formaldehyd-Harzen unterschiedlicher Produzenten (UF-Harz 1, UF-Harz 2 und UF-Harz 3) mit dem Ligninklebstoff erzielt wurden.

2 Einleitung

2.1 Überblick zur Holzwerkstoff- und Leimharzbranche

In Europa (ohne Russland) wurden im Jahre 2005 etwa 60,45 Mio m³ Holzwerkstoffplatten hergestellt mit einem Gesamtwert von 19,8 Mrd. € (EUWID 2006). Im Bereich der Holzwerkstoffe nimmt die Herstellung von Mitteldichten Faserplatten (MDF) einen bereits beachtlichen Anteil von 22% ein.

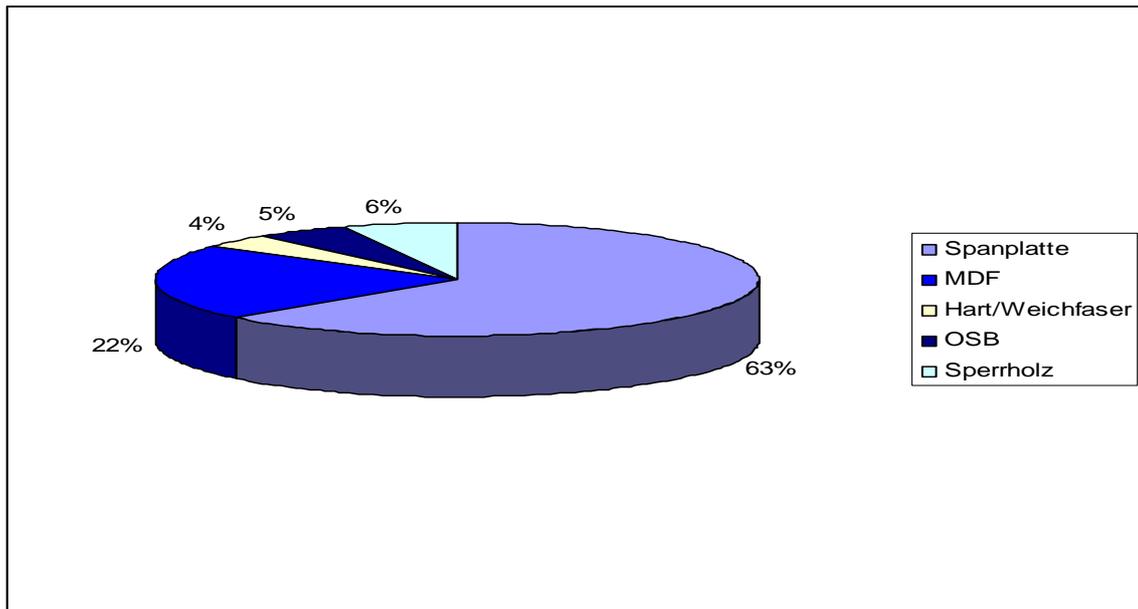


Abbildung 1: Herstellung von Holzwerkstoffen in Europa (ohne Russland) im Jahr 2005

Dies entspricht einer Jahresproduktion für das Jahr 2005 von ungefähr 13,5 Mio m³ (s.Abb.2). Die jährlichen Zuwachsraten für Mitteldichte Faserplatten in Europa sind geprägt von stetig steigenden Produktionszahlen. Die Zuwachsraten liegen in den letzten Jahren durchschnittlich bei über 6%.

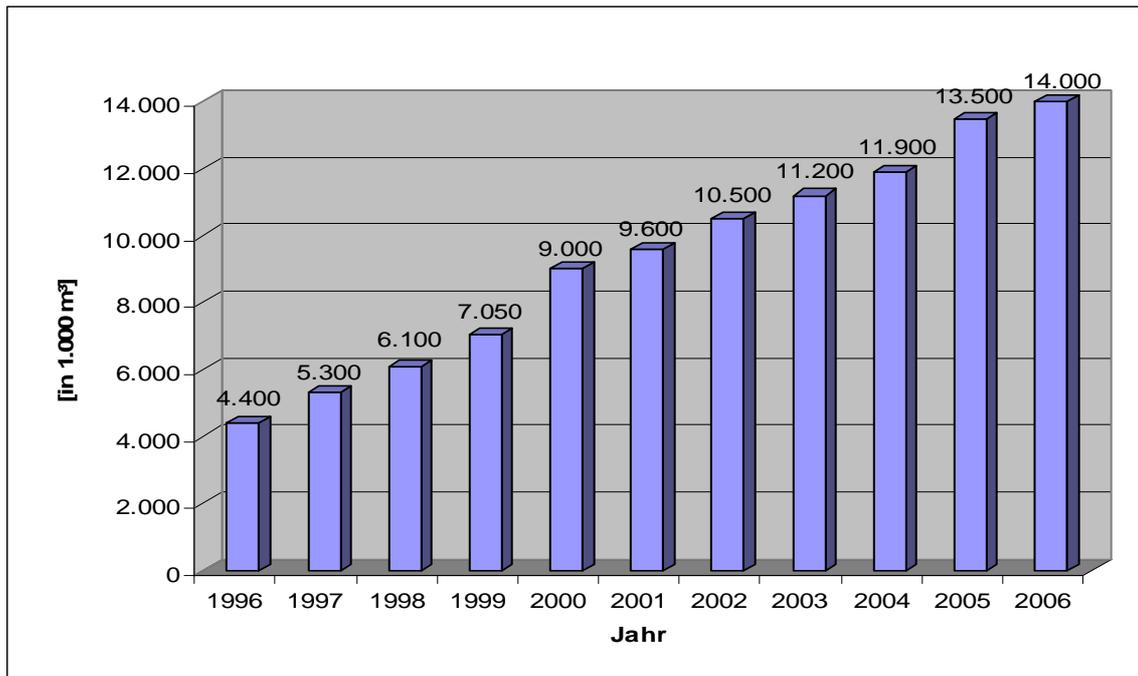


Abbildung 2: MDF-Produktion in Europa (MDF-Magazin 2000-2008)

Vor allem im Bereich der Laminatproduktion, bei der als Trägermaterial die MDF- bzw. HDF-Platte mit Rohdichten über 800 kg/m³ eingesetzt wird, sind Produktions- und Absatzzuwächse zu verzeichnen. Allerdings hat im zweiten Halbjahr 2008, mit den beginnenden Wirtschaftsveränderungen die Nachfrage nach Laminaten nachgegeben. Dies schlägt sich deutlich in der Jahresbilanz nieder. Im Jahr 2008 wurde nur die Absatzmenge des Jahres 2006 erreicht.

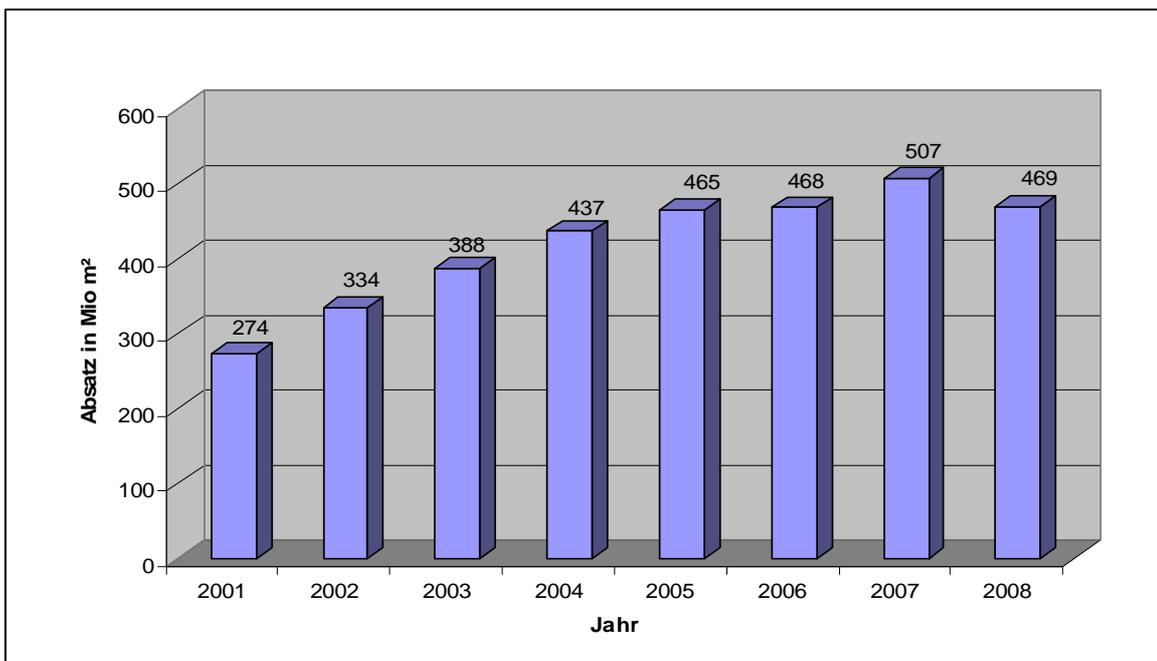


Abbildung 3: Laminatabsatz der 19 EPLF-Mitglieder (Europäischer Verband der Laminatbodenhersteller) aus europäischer Produktion (EUWID 2009 und HZB 2008)

Der jährliche Verbrauch an Leimharzen im Jahre 1996 betrug laut Dunky (1997) in Europa ca. 2,5 Mio t Festharz, entsprechend etwas mehr als 3,5 Mio t in Lieferform. Den deutlich größten Anteil nehmen die aminoplastischen Harze (Harnstoff-, Melamin-Formaldehydharze) mit ca. 85% ein, ca. 10% phenolische Harze (Phenol- und Resorcin-Harze) und ca. 5% Isocyanate.

Aktuellere Zahlen über den Leimharzverbrauch konnten nicht recherchiert werden.

Durch die überwiegende Verwendung von Faserplatten im Wohnbereich (in Möbeln und als Laminat) muss sich gerade auch dieser Holzwerkstoff aufgrund seiner Formaldehyd-emissionen der Forderung nach neuen strengeren Anforderungen der Gefahrstoff-Verordnung (Chemikalienverbots-Verordnung) stellen.

Die Einführung von neuen Richtwerten für Formaldehydhalte in Holzwerkstoffen steht gerade in jüngster Zeit im Mittelpunkt der Diskussion. Die Fachwelt ist sich dabei aber noch uneinig, in wieweit die Gesetzgebung noch strengere Grenzwerte beschließen wird. Von Seiten der Holzwerkstoffverarbeiter werden aufgrund der Globalisierung bereits jetzt wesentlich strengere Richtwerte gefordert, um den bereits bestehenden niedrigeren Formaldehyd-Richtwerten aus USA und Japan zu genügen. Derzeit liegt der Perforatorgrenzwert für MDF in Europa bei 7,0 ppm. Es wird damit gerechnet, dass in nächster Zeit in Europa der gesetzlich zulässige Perforatorwert für Faserplatten auf 5,0 ppm herabgesetzt werden könnte. Der schwedische Konzern IKEA scheint hier eine Vorreiterrolle zu übernehmen. Das Unternehmen plädiert bereits heute für einen Grenzwert von 5,0mg/100g und verlangt von seinen Zulieferanten die Einhaltung dieses Grenzwertes.

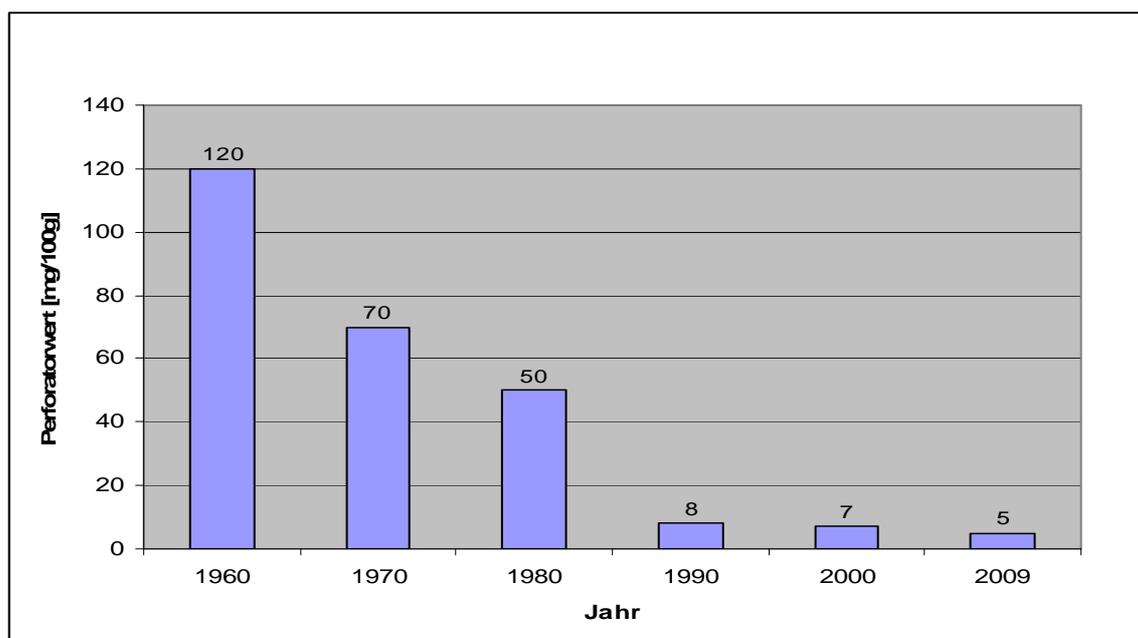


Abbildung 4: Änderungen des Perforatorwertes gemäß EN 120 in den letzten fünf Jahrzehnten (Roffael, 2006 und Anonymus, 2008)

Die kontinuierliche verschärften Formaldehyd-Grenzwerte konnten bisher von den Klebstoffherstellern und Holzwerkstoffherstellern eingehalten werden. Marutzky (2000) hielt sogar für das Jahr 2000 die Frage der nachträglichen Formaldehydabgabe aus Holzwerkstoffen durch den Einsatz von Harnstoff-Formaldehydharzen mit reduziertem Formaldehydanteil als gelöst. Die Einstellung von niedrigmolaren Harnstoffharzen lässt sich aber nur zu Ungunsten der Reaktivität dieser Klebstoffsysteme realisieren, d.h. es müssen unter Umständen längere Presszeiten gewählt werden, um gleiche Plattenqualitäten zu erhalten.

Als weitere Möglichkeit der Emissionsverminderung aus Faserplatten nutzen die Holzwerkstoffhersteller Zusätze von Formaldehydfängersubstanzen. Auch gezielte Veränderungen bei der Pressführung, der Pressprogramme oder verlängerte Presszeiten können zur Verminderung des Formaldehydgehaltes beitragen. Auch hier gilt die Anforderung, dass die Plattenqualitäten dadurch nicht in Mitleidenschaft gezogen werden sollen (z.B. durch Veränderung des Rohdichteprofiles oder durch Hydrolyse des Harzes).

Die Vorurteile der Holzverarbeitenden Industrie gegenüber neuen formaldehydfreien Klebstoffsystemen bestehen vor allem in Bezug auf die Anforderungen an die technischen Eigenschaften, die zum Beispiel von Klebstoffen auf Basis biogener Grundstoffe bisher nicht erfüllt werden konnten (Dunky, 1997). Dazu gehören

- ein günstiges Preis-Leistungs-Verhältnis
- eine hohe Reaktivität, die eine rationelle Produktion mit modernen und vor allem schnellen Pressanlagen erlaubt
- eine einfache Handhabung beim Einsatz
- geringe Schwankungen in der chemischen Zusammensetzung, die die rationelle Herstellung eines Produktes mit gleich bleibenden verwendungsrelevanten Eigenschaften erlaubt.

Zu den oben aufgeführten Punkten wird in diesem Bericht Stellung genommen.

Seit über 100 Jahren gibt es Forschung mit dem Ziel Lignine als kostengünstige Abfallprodukte der Zellstoffindustrie in Klebstoffen zu nutzen. Alle Forschungsarbeiten haben den Labor- bzw. Technikumbereich nicht verlassen. Eine industrielle Umsetzung ist nicht erfolgt.

2.2 Stand der Wissenschaft und Technik

In einem vorangegangenen, von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe geförderten Forschungsprojekt wurde ein neuartiger Holzklebstoff auf der Basis von Ligninsulfonaten (sog. modifizierter Ligninklebstoff) entwickelt.

Die bislang durchgeführten Forschungsarbeiten (Schwarz, 2004) zielten im Gegensatz zu bisherigen Arbeiten im Bereich Holzklebstoffe darauf ab, sich von den gängigen

Vernetzungsreaktionen durch den Zusatz von Formaldehyd zu lösen. Es wurden fast ausschließlich Substanzen aus dem Bereich nachwachsender Rohstoffe eingesetzt, um aus Sicht der Rohstoffkomponenten einen umweltfreundlichen, gesundheitsunbedenklichen Klebstoff zu erhalten.

Die Modifizierungen der Ligninsulfonate basieren nicht auf einer verfahrenstechnisch aufwändigen Methode, sondern bestehen z.B. in der Zumischung kohlenhydrathaltiger Substanzen zu dem Rohklebstoff, wodurch im o.g. Projekt bereits eine wesentliche Verbesserung der Wasserbeständigkeit erreicht werden konnte.

Der Prototyp des modifizierten Ligninklebstoffes wurde bisher im Labor auf Flächenverleimung (z.B. Massivhölzer, Furniere, Beschichtungen) erprobt und ist prinzipiell für den Innenbereich geeignet. Bei Verklebungen unter Normalklima konditionierter Buchen- und Birkenfurnierhölzer konnten nach DIN 204 / 205 Zugscherfestigkeiten um 5 N/mm² nachgewiesen werden. Die Reaktivität dieses Klebstoffes ist so hoch, dass er kaltklebefähig ist. Heißverklebungen wurden nur am Rande durchgeführt. Aber auch hier waren die erzielten Ergebnisse vielversprechend.

Über Lignine und ihre Einsatzmöglichkeiten in der Holzwerkstoffindustrie existiert ein reichhaltiges Schrifttum. Tatsächlich realisierte Einsatzmöglichkeiten für Lignine in der Holzwerkstoffindustrie sind jedoch selten (DUNKY und NIEMZ, 2002).

So konnten Lignine, die aufgrund ihrer chemischen Struktur auch als Substitutionsprodukt von Phenol gelten, als Teilsubstituent in Phenol-Formaldehydharzen verwendet werden, ohne die Eigenschaften des Leimharzes zu verändern. Dieses wurde aber nur kurzzeitig im KARATEX-Verfahren (FORSS und FUHRMANN, 1976) industriell genutzt.

Harnstoff-Formaldehydharze konnten in der industriellen Herstellung von Holzwerkstoffen durch ligninhaltige Sulfitablauge substituiert werden. Durch den Zusatz von Ligninen zu Harnstoffharzen wird die Formaldehydemission deutlich vermindert. Dabei ist sich die Fachwelt nicht einig darüber, ob eine Verminderung durch den geringeren Formaldehydanteil im Harz erfolgt (ROFFAEL, 1979) oder das Lignin sogar als Formaldehydfänger durch Reaktion mit freiem Formaldehyd agiert (PIZZI, 1994).

Die Streckung von UF-Harzen mit ligninhaltiger Sulfitablauge zur Erhöhung der Kaltklebrigkeit wurde von der BASF zeitweise technisch praktiziert. In einigen West-Europäischen Spanplattenwerken fanden die Klebstoffe praktische Anwendung (PIZZI, 1994). Auch andere Betriebe der BRD haben Sulfitablauge in UF-Harzen verwendet, um Harz und damit Kosten einzusparen. Seit der Einführung der formaldehydarmen Verleimung mit Molverhältnissen von etwa U:F 1:1 wird der Einsatz von Sulfitablaugen aber nicht mehr praktiziert (ROFFAEL, 1998).

Es gibt einige Patente, die die Substitution von Harnstoff-Formaldehydharzen durch ligninhaltige Sulfitablaugen beinhalten.

In einem Patent von ARNOLDT (1965) von der BASF wird beschrieben, dass die Presszeit für Spanplatten um die Hälfte reduziert werden kann, wenn dem UF-Harz 10-30% Sulfitablauge zugesetzt wird. Als Katalysator wird hier Schwefelsäure verwendet. Die Platten mussten eine thermische Nachbehandlung erhalten, um die notwendigen Festigkeitseigenschaften nach Norm zu erfüllen.

SCHMIDT-HELLERAU (1973 und 1977) - ebenfalls BASF - fand heraus, dass die Zugabe von 10% Sulfitablauge zu dem UF-Harz die Kaltklebekraft der Harze verbessert.

EDLER (1979) von der SVENSK SELENINDUSTRI beschreibt ein UF-Harz, das zu 33% durch Ammonium-Sulfitablauge ersetzt werden kann. Durch einen zu hohen Ammoniumgehalt kann es zu überschüssiger Bildung von Sulfonsäuregruppen kommen, die zu einer sehr schnellen Härtung des Harzes führten. Dies bewirkt verminderte Festigkeitseigenschaften der Spanplatten. Bei einem zu niedrigem Ammoniumgehalt wird die Härtungszeit andererseits zu lang. Die Wassertoleranz der UF-Harze ist aber signifikant verbessert.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Substitution von UF-Harzen bei bisher durchgeführten Forschungsansätzen durch unbehandelte flüssige Sulfitablauge erfolgte, die neben Ligninsulfonaten auch andere wasserlösliche Holzreststoffe enthält. Die Klebkraft sowie die Wasserbeständigkeit zeigten sich dabei als recht gering, so dass bereits geringe Substitutionsmengen zur Verschlechterung der Klebstoffeigenschaften der UF-Klebstoffsystems führten.

Die **Neuartigkeit des hier durchgeführten Projektes** ist, dass ein modifizierter ligninsulfonathaltiger Klebstoff zur Substitution der UF-Harzen eingesetzt werden sollte, der seine guten Klebstoffeigenschaften bereits in Vorversuchen unter Beweis gestellt hat. Vorversuche an Klebstoffproben, bei denen UF-Harze + Härter und modifizierte Ligninsulfonatklebstoffe in unterschiedlichen Anteilen vermischt wurden, zeigten, dass vermutlich mehr als 50% des UF-Harzes durch den Ligninsulfonatklebstoff ersetzt werden können, ohne dass eine Verringerung der hydrophoben Eigenschaften der UF-Harze eintritt. Nach einer Aushärtungszeit von 48 h wurden diese ausgehärteten Klebstoffproben im kalten Wasser gelagert. Nach 72 h Wasserlagerung wurde eine Härteprüfung der Klebstoffproben mit einem spitzen Gegenstand durchgeführt. Bei der Härteprüfung waren keine Unterschiede zwischen konventionellen Klebstoffansätzen und deren Substitution mit dem Ligninklebstoff erkennbar.

2.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die bevorzugte Frage, die von beteiligten Firmen im Zuge des Projektes gestellt wurde, war überraschenderweise nicht die nach den technischen Eigenschaften der Plattenqualitäten durch Verwendung des teilsubstituierten UF-Harzes, sondern die nach der Rohstoffverfügbarkeit und den kalkulierbaren Herstellungskosten des Ligninklebstoffes.

Laut Aussagen der Industrie (Angabe Frühjahr 2007) beliefen sich die Einkaufspreise von UF-Harzen auf ca. 0,50 €/kg Feststoff, der als Richtpreis für das Substitutionsprodukt dienen sollte. Die starke Preisabhängigkeit des UF-Harzes wird exemplarisch durch die Turbulenzen im Energiesektor und im speziellen in der Erdölbranche im Jahr 2008 deutlich, die starke Preisschwankungen bei den UF-Harzen auslösten. Nach Angaben des Europäischen Wirtschaftsdienstes für Holz und Holzwerkstoffe lag der Preis für UF-Harze im Dritten Quartal 2008 sogar bei etwa 0,61 €/kg Festharz. Ende des Jahres 2008 beruhigte sich der Markt wieder. Im Dezember wurde eine durchschnittliche Preisspanne von 0,46-0,49 €/kg Festharz erreicht (EUWID Holz, 2008).

Die kalkulierten Kosten des Ligninklebstoffes (Kalkulation Mitte 2007) lagen in einer Preisspanne von 0,47-0,49 €/kg Feststoff und liegen damit etwas niedriger als reine UF-Harze (s.o. Preisangaben).

Die Kostenermittlung zur Herstellung des Ligninklebstoffes war auf eine geringe Produktion von nur 5t/Monat bezogen. Es ist anzunehmen, dass bei einer Mengenerhöhung der Vertriebspreis deutlich niedriger liegen könnte.

Würde der Ligninklebstoff nur 0,01 €/kg Feststoff günstiger sein als UF-Harz, könnte eine Firma mit einer MDF-Kapazität von 400.000 m³/a bei einer nur 30%igen Substitution ihrer Harzmenge 101.000,-€ Einsparung pro Jahr bei den Harzkosten verbuchen.

Die Verfügbarkeit des Ligninrohstoffes stellt zur Zeit kein Problem dar, weil derzeit nur etwa 25% des anfallenden Reststoffes in die stofflichen Weiterverarbeitung gelangen.

2.4 Kooperationen und Arbeitsteilung

2.4.1 Kooperationen in der Forschung

Ein Teil der Projektarbeit wurde an der **Universität Hamburg** durchgeführt. Das Zentrum Holzwirtschaft der Universität Hamburg, Arbeitsbereich mechanische Holztechnologie, stellte seine Technikumskapazitäten für die Untersuchungen zur Verfügung. Zur Herstellung von Holzwerkstoffplatten befinden sich dort Beleimungs-, Streu- und Pressanlagen im Labormaßstab. Für den Probenzuschnitt konnte die dortige Tischlerei genutzt werden. Zudem standen Klimakammern und Prüfeinrichtungen zur Ermittlung der physikalischen und elastomechanischen Eigenschaften der Probeplatten zur Verfügung.

Am **Institut für Holzforschung Dresden** wurden die ersten Formaldehydmessungen der in Hamburg hergestellten Laborfaserplatten im Fremdauftrag durchgeführt.

Im späteren Verlauf der Projektarbeit beteiligte sich das Institut weiterhin durch kostenneutrale Herstellung von unbelasteten, natürlichen Faserstoffen in seiner Laborrefineranlage und die Lieferung dieses Materials nach Hamburg speziell für weitere Formaldehyduntersuchungen.

3. Ergebnisse

Aufgrund des Wechsels bei der Industriebeteiligung während der Projektlaufzeit, gliedern sich die Versuche der Substitution von UF-Harzen mit modifizierten Ligninsulfonaten in zwei Teile:

Im ersten Teil wurden die Versuche mit UF-Harz 1 durchgeführt. Im zweiten Teil der Forschungsarbeiten wurden die Versuche unter Verwendung des UF-Harzes 2 bzw. zum Teil auch mit UF-Harz 3 durchgeführt.

Die Firmennamen wurden bewusst anonymisiert, weil seitens der Partner Bedenken bestanden hinsichtlich einer Nennung der Firmen in direktem Zusammenhang mit Untersuchungsergebnissen zu ihren Produkten.

3.1 Ergebnisse zur Verwendung von UF-Harz 1

3.1.1 Kompatibilitätsprüfung des Ligninklebstoffes mit UF-Harz 1

In labortechnischen Vorversuchen wurde zunächst die Verträglichkeit beider Klebstoffsysteme (UF-Harz und Ligninklebstoff) bei unterschiedlichen Substitutionsgraden eingehend überprüft.

Die Ermittlung der Topf- und Gelierzeiten ergibt dabei wichtige Messdaten für die industrielle Verarbeitung der Mischklebstoffe im Produktionsablauf.

Die wesentliche Aufgabe bestand darin, den Ligninklebstoff den Eigenschaften der UF-Harze für den Einsatzbereich MDF anzugleichen und Rückschlüsse über das Abbindeverhalten der Substitutionen zu erhalten.

Gerade die klebstofftechnischen Einstellungen, wie Feststoffgehalt, Viskosität und pH-Wert des Ligninklebstoffes nehmen einen wesentlichen Einfluss auf das Aushärteverhalten der resultierenden Klebstoffmischungen.

Im Vergleich wurden die Topf- und Gelierzeiten gemessen

- als Referenz an den Harnstoff-Formaldehydharzen mit steigendem Härterzusatz bezogen auf Feststoffanteil UF-Harz
- an den substituierten UF-Harzen mit Anteilen von 10-80% Ligninklebstoff mit steigendem Härterzusatz bezogen auf Feststoffanteil der UF-Harze.

Für vergleichende Bedingungen wurden die Mischleime jeweils auf einen Feststoffgehalt von 52% eingestellt. Die zur Messung verwendete Klebstoffmenge entsprach 3g, die in Reagenzgläsern der relevanten Temperatur im Wasserbad zugeführt wurden.

Die Bestimmung der Topf- und Gelierzeiten wird nachfolgend an jeweils einem optimal aufeinander abgestimmten Beispiel veranschaulicht.

3.1.1.1 Topfzeiten

Die Topfzeit gibt die Zeitspanne an, in der ein Klebstoffansatz nach dem Mischen aller Bestandteile für eine bestimmte Verwendung gerade noch verarbeitungsfähig ist, d.h. im Falle der Faserplattenherstellung die Zeitspanne zwischen Klebstoffauftrag auf die Fasern, Formen des Faserfließes bis zum Schließen der Presse. Für die Verarbeitbarkeit ist demnach eine lange Topfzeit von Vorteil. In der labortechnischen Prüfung wird der Klebstoff im Wasserbad auf 40°C erwärmt und dabei die Zeit in Minuten gestoppt bis der Klebstoff eine Viskosität erreicht, in der er nur noch gering fließfähig ist.

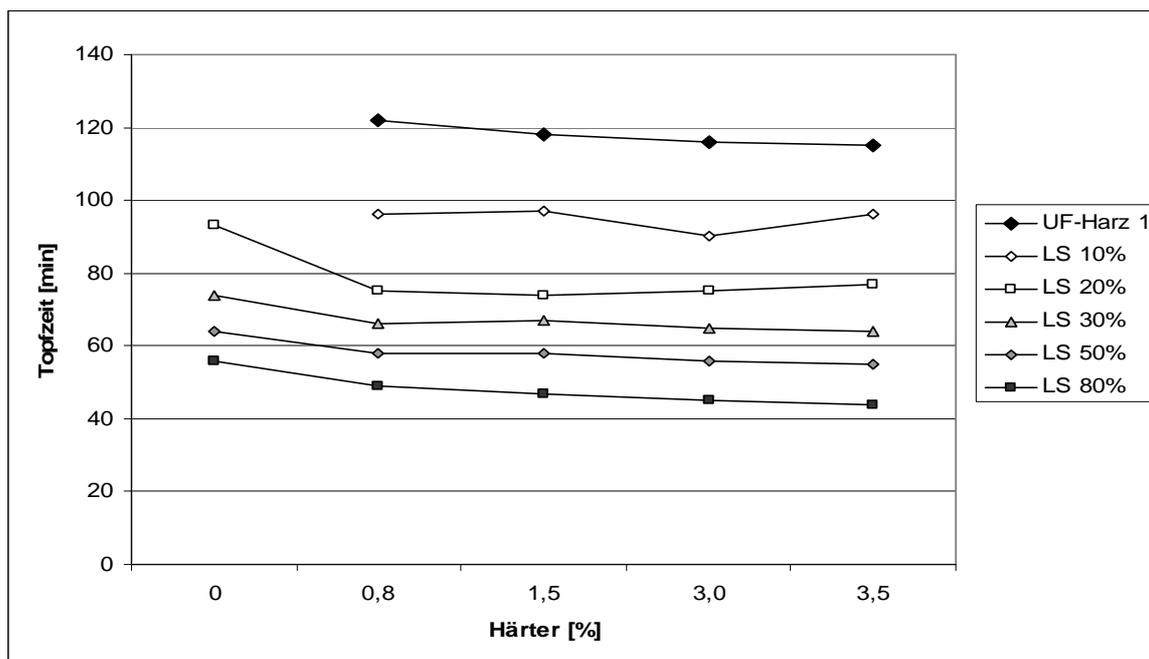


Abbildung 5: UF-Harz 1: Topfzeiten der UF-Referenz und substituiertes UF-Harz mit unterschiedlichen Anteilen an modifizierten Ligninsulfonaten (10, 20, 30, 50 und 80%) bei unterschiedlicher Härterzugabe

Die in Abbildung 5 dargestellten Topfzeiten des UF-Harzes 1 liegen mit 120 min sehr hoch. Der Einfluss der Härterzugabe wird durch die etwas verringerte Topfzeit erkennbar. Ohne Härterzugabe ist kein Viskositätsanstieg beim UF-Harz vorhanden (daher keine Angabe).

Durch die Substitution des UF-Harzes durch Ligninklebstoff werden die Topfzeiten wesentlich verkürzt. Bereits bei 10% Ersatz des UF-Harzes durch den Ligninsulfonat-Klebstoff verkürzt sich die Topfzeit auf unter 100 min.

Nach Erfahrung aus der Industrie reicht eine Topfzeit von 60 min aus, um eine Aushärtung des Klebstoffes vor der Presse zu vermeiden. Bezogen auf die Ergebnisse in Abbildung 5 bedeutet dies, dass eine Substitution des UF-Harzes durch den Ligninklebstoff von bis zu 30% produktionstechnisch möglich wäre, ebenso der Ersatz durch 50% Ligninklebstoff bei Verzicht auf den Härterzusatz.

3.1.1.2 Gelierzeiten

Die Gelierzeit gibt die Zeitspanne an, in der der Klebstoff abbindet, d.h. von dem flüssigen in den festen Zustand übergeht. Bezogen auf die Faserplatten gibt diese Messgröße Aufschluss über die benötigte Presszeit in der Heißpresse bis zur Aushärtung des Faserkuchens. Diese sollte demzufolge möglichst kurz sein, um Energiekosten zu verringern. Für die labortechnische Prüfung wird hierbei der Klebstoff im Wasserbad auf 100°C erwärmt und dabei die Zeitspanne des Abbindens in Sekunden notiert.

Bei den Gelierzeiten ergibt sich im Vergleich zur Topfzeit innerhalb der Messreihe ein umgekehrtes Bild. Die Aushärtung des UF-Harzes erfolgt nach kurzen Zeiten. Durch Substitution mit dem Ligninklebstoff wird die Aushärtung des UF-Harzes zunehmend verzögert. Der Einfluss des Härters wird hierbei sehr deutlich. Durch Erhöhung der Härterzugabe wird unabhängig von dem Substitutionsgrad eine wesentliche Verkürzung der Gelierzeiten bewirkt. Industriell werden UF-Harze mit einer Härtermenge von 0,8 % angesetzt. Im Versuch zeigte diese Kombination eine Gelierzeit von 115 Sekunden. Eine Gelierzeit dieser Größenordnung wird auch bei 50% iger Substitution des UF-Harzes durch den Ligninklebstoff bei geeigneter Härterzugabe von 3,0 % erreicht.

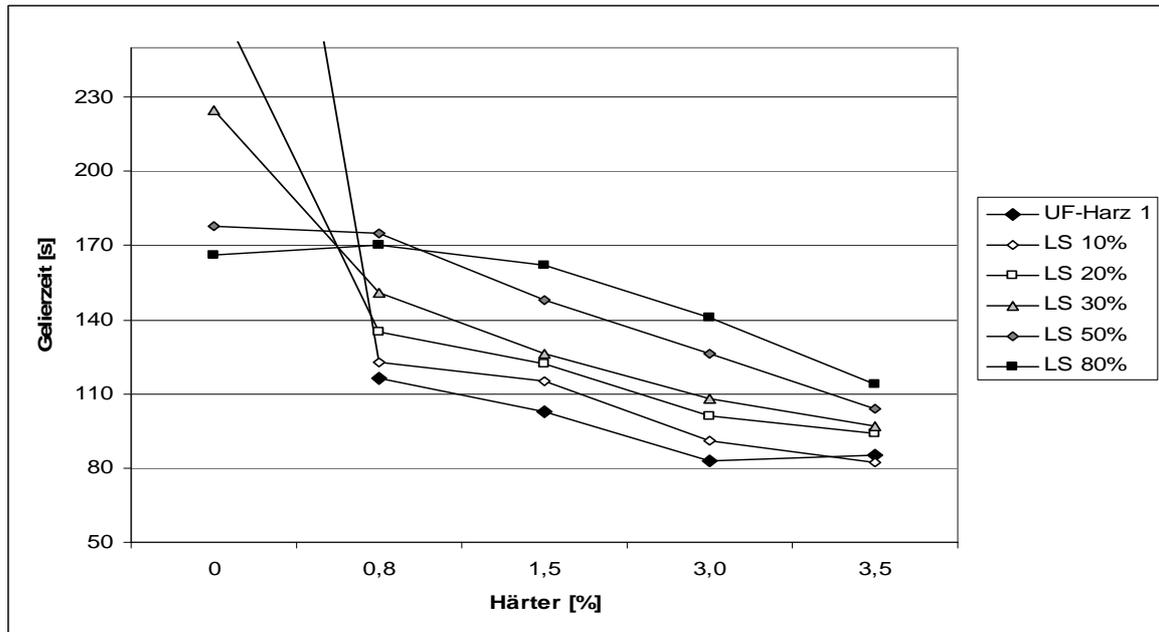


Abbildung 6: UF-Harz 1: Gelierzeiten der UF-Referenz und substituiertes UF-Harzes mit unterschiedlichen Anteilen an modifizierten Ligninsulfonaten (10, 20, 30, 50 und 80 %) bei unterschiedlicher Härterzugabe

3.1.1.3 Überprüfungen der Klebeeigenschaften mit ABES

ABES (Automated Bonding Evaluation System) ist ein einfaches und schnelles Verfahren zur Charakterisierung der Festigkeitsentwicklung an Klebstoffen bzw. an Klebstoffkombinationen. Die Methodik beruht darauf, dass zwei Furnierstreifen von 20mm Breite auf etwa 4-5mm überlappend miteinander verklebt werden, wobei die Parameter Presstemperatur, Presszeit und gegebenenfalls der Pressdruck variiert werden können.

Über die im unmittelbaren Anschluss durchgeführte Längszugscherfestigkeitsprüfung lassen sich Unterschiede in den Klebharzsystemen ermitteln, die durch die Geschwindigkeit der Festigkeitsausbildung der Leimfuge bedingt sind.

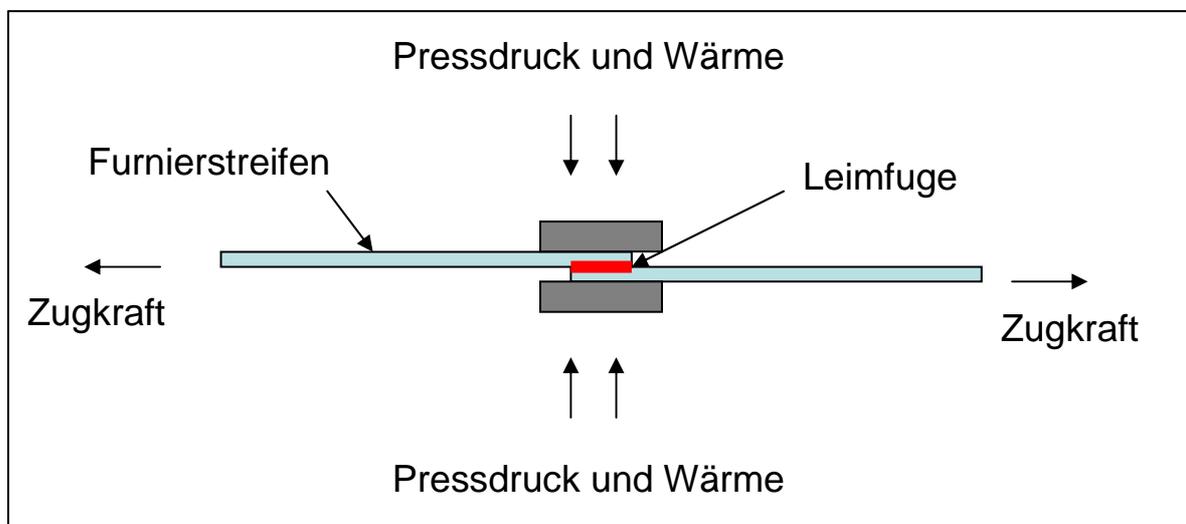


Abbildung 7: Schematische Darstellung der Zugscherprüfung mit „ABES“

Aus den Messwerten dieser Flächenverklebungen lassen sich jedoch nur begrenzt Rückschlüsse auf die Klebstoffeigenschaften in Faserplatten ziehen. Die Methode dient eher als Unterscheidungskriterium für das Reaktivitätsverhalten von Klebstoffen unterschiedlicher Zusammensetzung (WEBER, 2007).

In früheren Forschungsarbeiten wurde beschrieben (siehe Kap. 2.2), dass die Reaktivität und damit verbunden die Härtungsgeschwindigkeiten bei der Substitution von UF-Harzen mit Ligninsulfonaten bei der Heißverpressung zu einer Verkürzung der Presszeiten führt. Vom Industriepartner wurde allerdings mit verlängerten Presszeiten gerechnet. Andeutungsweise lassen auch die in diesem vorliegenden Forschungsprojekt ermittelten Gelierzeiten (Kap. 3.1.1.2) eine Verlängerung vermuten.

Als Trägermaterial wurden Furnierstreifen aus Fichtenholz verwendet, die vor der Verklebung im Normklima (20°C / 65 % Luftfeuchte) klimatisiert wurden.

Die Versuche wurden mit dem UF-Harz 1 als alleiniges Bindemittel (Referenzwert) und mit 30 % und 50 % Ligninklebstoffsubstitution durchgeführt. Es wurde bei unterschiedlichen Presstemperaturen von 100°C, 120°C und 150°C und variierten Presszeiten der Härtungsverlauf vermessen. Bei allen Temperaturbereichen ergab sich ein sehr ähnliches Aushärtungsverhalten bei den Klebstoffmischungen. Bei höheren Temperaturen wurde allerdings eine höhere Festigkeitsausbildung erzielt. Exemplarisch für alle Temperaturbereiche werden hier die Festigkeitsergebnisse bei Presstemperaturen von 150°C dokumentiert.

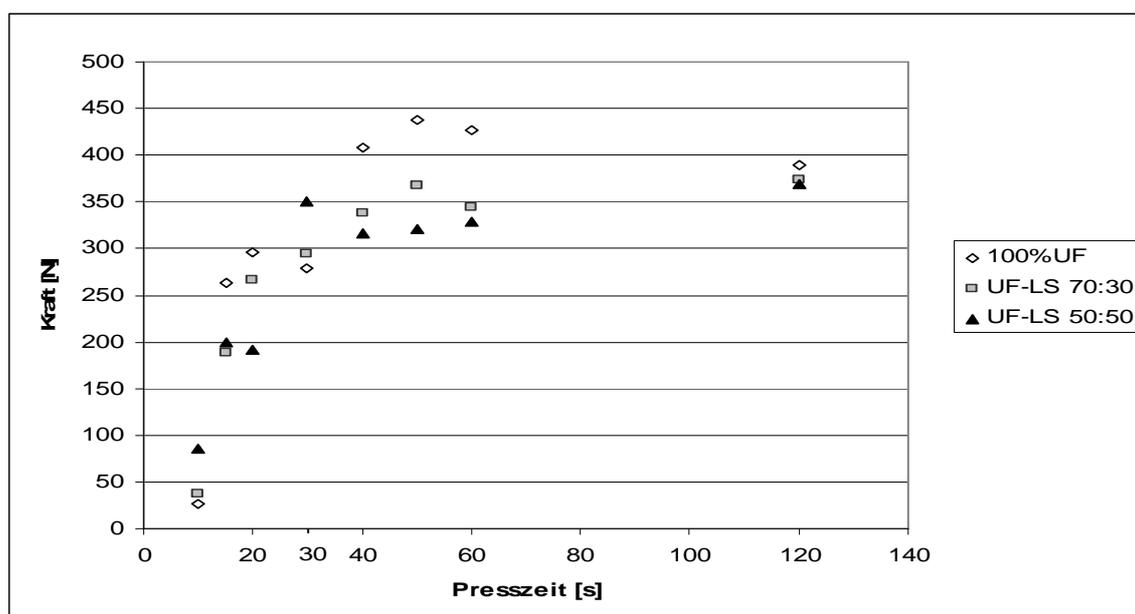


Abbildung 8: Entwicklung der Zugscherfestigkeit bei UF-Harz 1 als Referenz und mit 30 % und 50 % Ligninklebstoffsubstitution bei 150°C Presstemperatur

Mit zunehmender Presszeit werden bei allen Klebharzvarianten höhere Festigkeiten erzielt. Während die Substitutionsvarianten bei geringeren Presszeiten unter 20s höhere Festigkeitswerte als die UF-Harz Referenz zeigten, kehrt sich dieses Verhalten bereits bei 30s Presszeit um. Bei längeren Presszeiten erreichte das reine UF-Harz höhere Festigkeiten als die beiden Substitutionsvarianten. Eine Presszeitverlängerung über 60s führte hingegen nur bei der 50 % Substitution zu einer leichten Festigkeitserhöhung. Die UF-Harz Referenz und die 30 % Substitution scheint hier bereits ihr Optimum erreicht zu haben und unterschieden sich damit außer in ihrem Festigkeitswert nur unwesentlich in ihrer Festigkeitsentwicklung. Bei 120s Presszeit lag die erreichte Festigkeit des UF-Harzes um ca. 8 bzw. 10 % über denen der Substitutionen.

3.1.1.4 Kleine Probenplattenherstellung mit der IPATES-Methode

Die tatsächliche Leistungsfähigkeit eines Klebstoffsystems kann erst in der Verarbeitung zu Holzwerkstoffen, hier MDF bzw. HDF, bestimmt werden.

IPATES (Integrated Pressing and Testing System) ist eine Versuchsapparatur, mit der kleine MDF-Platten herstellbar sind, die im Anschluss an den Pressvorgang sofort einer Querkzugprüfung unterzogen werden könnten. Mit dieser Methode können ohne großen zeitlichen Aufwand und großen Materialverbrauch die Parameter Presszeit und Presstemperatur variiert und somit ihre Einflussnahme auf die Plattenqualität analysiert werden. Im Projekt wurde nur die Pressphase genutzt, da eine nach DIN vorgesehene Klimatisierung der Platten im Normklima vor der Prüfung sinnvoller erschien. Nach der Klimatisierung wurden die Platten auf Querkzugfestigkeit mit einer Universalprüfmaschine geprüft.

Die mit IPATES hergestellten konzentrischen Platten haben einen Durchmesser von 15 cm und eine Dicke von 5mm. Bei einer gewünschten Rohdichte von 750 kg/m^3 beträgt das durchschnittliche Gewicht dieser Platten ca. 28-29 g.

Die Vorteile dieser Methode liegen in der Zeitersparnis bei der Pressung der Platten bei unterschiedlichen Pressbedingungen und vor allem der Materialeinsparung, da sehr kleine Platten herstellbar sind.

Nachteilig war die eingeschränkte Reproduzierbarkeit der Versuche, wie sich vor allem bei der Messung der Querkzugfestigkeiten zeigte. Dennoch sind die Ergebnisse als richtungweisende Vorversuche geeignet.

Für die Mattenformung wurde eine der Zielrohichte entsprechende Menge an Fasern (ca. 31,5g) abgewogen, per Hand in einen Formungszylinder gestreut und mit einem Stempel vorverdichtet bevor sie in die Presse eingeführt wurden. Nach industriellem Maßstab sollten Presstemperaturen von 220°C und eine Presszeit von maximal 9-10 s/mm gewählt werden. In den Versuchsreihen wurden variable Presszeiten, aber standardisiert eine

Presszeit von 8 s/mm eingesetzt und der Bereich der Presstemperaturen erweitert auf energiesparende 200°C und 180°C.

Aus den konzentrischen Platten wurden für die Querkzugprüfung jeweils zwei Proben a 40x40mm geschnitten. Die Querkzugprüfung gibt maßgeblich Aufschluss über die Festigkeitseigenschaften der MDF-Platte.

An den Randbereichen der Probekörper (Ober- und Unterseite) ist die Rohdichte größer als im Inneren der Platte aufgrund der ungleichmäßigen Temperaturverteilung beim Pressvorgang. Dies bedeutet für die Prüfung der Querkzugfestigkeiten, dass im mittleren Bereich der Platten die geringsten Festigkeiten vorliegen, wodurch der optimale Bruch in der Mitte erfolgen sollte.

Zur Beurteilung der Rohdichteprofile mit veränderter Leimzusammensetzung wurden Densogramme von den Probekörpern erstellt. Für die Querkzugprüfung wurden die Probekörper in Anlehnung an DIN EN 319 mittels eines Heißklebers zwischen Metalljoche verklebt, die sich in die Prüfmaschine einspannen lassen.

In den Abbildungen 9, 10 und 11 sind getrennt nach den Presstemperaturen die Querkzugfestigkeiten in Abhängigkeit von der Rohdichte der einzelnen Proben aufgeführt.

Als Referenzprobe diente eine mit UF-Harz 1 hergestellte MDF. Desweiteren wurden Mischungen dieses UF-Harzes mit dem modifizierten Ligninklebstoff in Verhältnissen von 70:30 und 50:50 bezogen auf Feststoffgehalt und der modifizierte Ligninklebstoff (LS) als alleiniges Leimsystem verwendet.

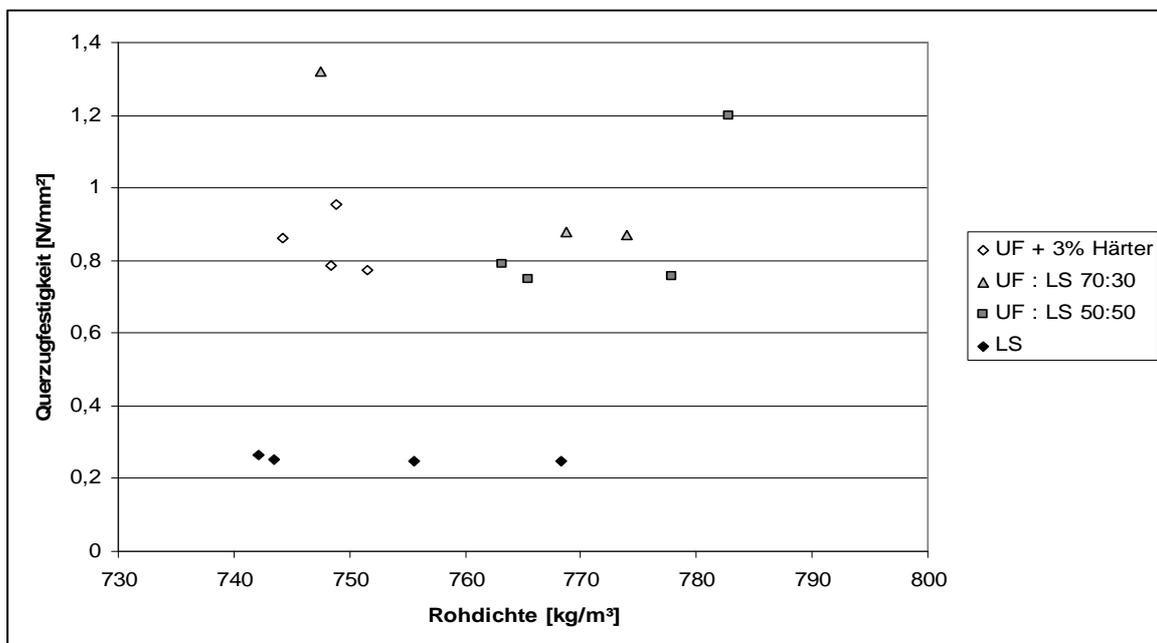


Abbildung 9: Querkzugfestigkeiten [N/mm²] von MDF-Probekörpern hergestellt bei einer Presstemperatur von 180°C

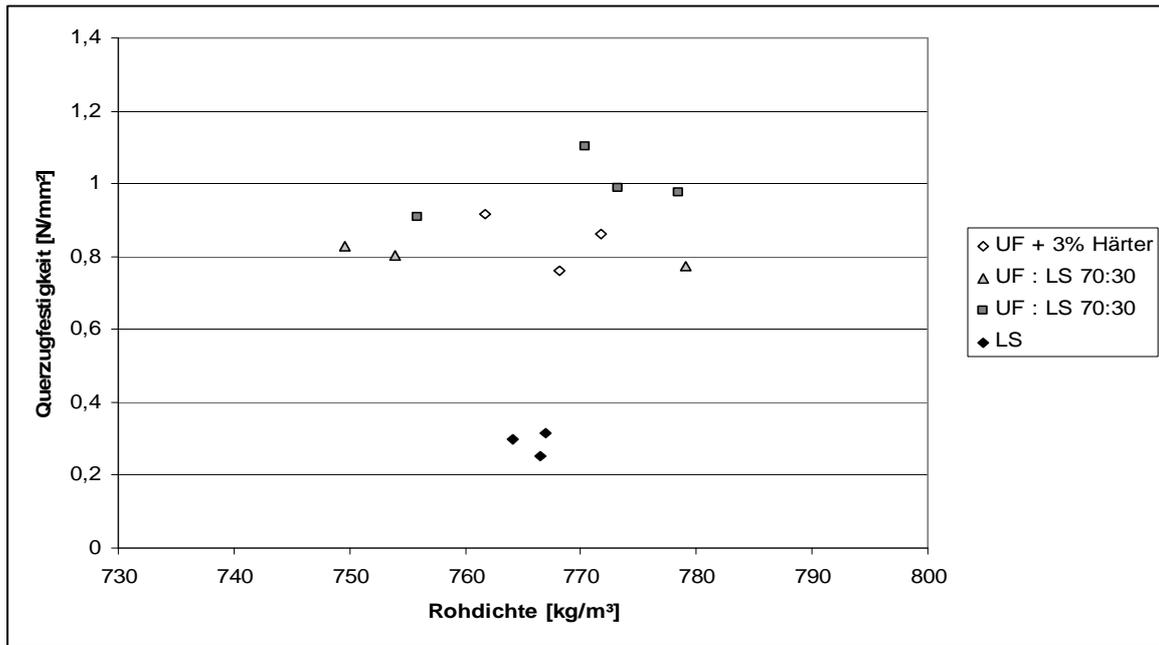


Abbildung 10: Querzugfestigkeiten [N/mm²] von MDF-Probepplatten hergestellt bei einer Presstemperatur von 200°C

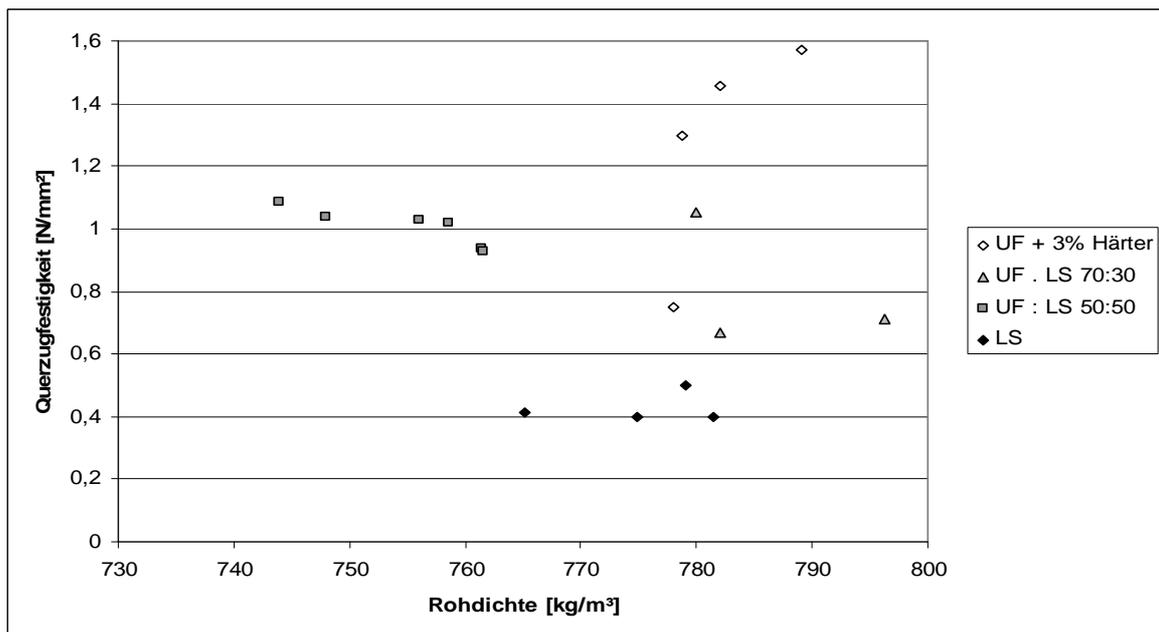


Abbildung 11: Querzugfestigkeiten [N/mm²] von MDF-Probepplatten hergestellt bei einer Presstemperatur von 220°C

Die nur mit LS-Klebstoff gebundenen MDF zeigen eine relativ geringe Querzugfestigkeit. Die Proben rissen durchweg in der Deckschicht, obwohl die Rohdichteprofile optimal ausfielen. Eine Begründung für dieses Phänomen kann nicht gegeben werden. Mit Erhöhung der Presstemperatur von 180°C auf 220°C verdoppeln sich in etwa die Festigkeiten von ca. 0,2 N/mm² auf ca. 0,4 N/mm².

Die Referenzprobe des reinen UF-Harzes spiegelt bei 220°C mit Abstand sehr gute Querkzugfestigkeiten von durchschnittlich über 1,2 N/mm² wieder (industrielle Bedingungen). Bei 200°C und niedrigeren Temperaturen scheint das System bei den recht geringen Presszeiten von 8 s/mm an Festigkeiten einzubüßen, da nur noch Werte von ca. 0,9 N/mm² erreicht werden. Ähnlich sehen die Ergebnisse bei 180°C aus.

Die Substitutionsvarianten des UF-Harzes mit 30 % und mit 50 % modifizierten Ligninklebstoff zeigen sehr ähnliche Querkzugfestigkeiten. Allerdings werden mit abnehmenden Presstemperaturen, ähnlich wie bei den reinen UF-Harzen, die Festigkeiten von ca. 1,0 N/mm² auf ca. 0,8 N/mm² verringert.

Der IPATES-Test zeigt, dass durch 50 %ige Substitution des UF-Harzes durch den Ligninklebstoff Plattenfestigkeiten realisierbar sind, die Querkzugfestigkeiten von 1 N/mm² erreichen, also schon recht nahe an den derzeitigen industriellen Standard der mit UF-Harzen gebundenen Platten heranreichen.

In weiteren Versuchsreihen wurden Platten im größeren Format von 30x30 cm an einer Labor-Siempelkamp-Pressen hergestellt, um die Reproduzierbarkeit obiger Messergebnisse realitätsnäher zu überprüfen.

3.1.2 Herstellung von MDF-Laborplatten

3.1.2.1 Fasermaterialien

Vier verschiedene Fasermaterialien standen zur Verfügung:

Bei **Fasermaterial I und III** handelt es sich um Industriefasern, die von den Industriepartnern zur Verfügung gestellt wurden. Da diese Materialien nach dem Refiner am Anfang der Blowline aus dem Industriesystem entnommen wurden, war mit einer gewissen Kontaminierung von UF-Harz an diesem Fasermaterialien zu rechnen. Laut Industrie aber eine eher zu vernachlässigende Menge, die sich auf die Ergebnisse nicht nachteilig auswirken würde.

Auch **Fasermaterial II** stammt aus der Industrie. Diese Fasern wurden aber bei der Abschaltung der Anlage aus dem System direkt hinter dem Refiner entnommen, so dass eine mögliche Menge UF-Harz auf dem Fasermaterial, laut Angaben der Industrie, nahezu ausgeschlossen werden konnte.

Bei **Fasermaterial IV** handelt es sich um garantiert Formaldehyd unbelastetes Fasermaterial aus einer Laboranlage, die freundlicherweise vom Institut für Holzforschung Dresden zur Verfügung gestellt wurden.

Nach Angaben der Lieferanten wurden alle Fasermaterialien aus Kiefernholz hergestellt. Weitere Informationen über die Herstellung der Fasern, wie Refinertemperatur,

Druckbedingungen oder Refinerverweilzeiten des Holzmaterials, wurden von der Industrie nicht bekannt gegeben.

Eine Einflussnahme durch unterschiedliche Faserqualitäten auf die Messergebnisse wurde erst anhand der nachfolgenden Forschungsergebnisse deutlich.

3.1.2.2 Beleimung

Als vorbereitende Arbeiten zur Herstellung von Laborfaserplatten mussten die Rohfasern, die eine Ausgangsfaserfeuchte von 8-10 % aufwiesen, zunächst auf eine Holzfeuchte (HU) von unter 5 % im Trockenschrank getrocknet werden. Eine möglichst niedrige Faserfeuchte ist notwendig, da bei der Beleimung der Feuchtegehalt der Fasern wieder erhöht wird. Er darf einen bestimmten Wert nicht überschreiten, da sonst der entstehende Wasserdampfdruck im Faserfließ während des Pressens zum Aufreißen der Faserplatte führt. Nach Vorgabe der Industrie, sollte bei Verwendung einer 52 %igen Klebstoffflotte der Beleimungsgrad der Fasern 10 % betragen bei einer Gesamtfeuchte der Fasern von 10 % HU.

Der Härteranteil, vornehmlich wurde Ammoniumsulfat verwendet, lag bei 1 % für die UF-Harz Referenzplatten. Aufgrund der Gelierzeitergebnisse (Kap. 3.1.1.2) wurden 2-3 % Härteranteil bei den Substitutionen zugesetzt. Das Härtersalz wurde als 25%ige Lösung eingesetzt.

Für die Beleimung wurden die getrockneten Fasern in einen verschleißbaren Mischer, eine Mischtrommel der Firma Gebr. Lödige Maschinenbau GmbH, Paderborn gefüllt, in die mittels einer Zweistoffdüse die Leimflotte mit einem Luftdruck von 2,5 bar eingedüst wurde. Durch die im Inneren befindlichen rotierenden Wellen der Beleimungstrommel wurden die Fasern zu runden Faseragglomeraten verdichtet. Um eine gleichmäßige Faserplatte zu formen, mussten diese Faserbällchen wieder aufgelöst werden. Mit Hilfe einer umgebauten Tischlereimaschine wurden die Faserbällchen durch Ansaugung und Verwirbelung in einer Propellerkammer vereinzelt und dann erst zu Platten weiterverarbeitet.

3.1.2.3 Pressvorgang

Die angestrebte Rohdichte der herzustellenden Platten sollte über 800 kg/m³ betragen, also eher HDF als MDF Platten entsprechend, bei einer Dicke von 8mm und einer Plattengröße von 300x300 mm.

In einen Kasten der Randmaße 300x300 mm wurden die Fasern zum Faserkuchen eingestreut und manuell vorverdichtet. Die Verpressung der Faserplatte erfolgte

anschließend in einer Laborpresse der Firma Siempelkamp GmbH & Co. KG, Krefeld, bei einer Heizplattentemperatur von 220°C.

Die Presszeit differierte in Abhängigkeit vom verwendeten Fasermaterial.

Bei Fasern **I** führten geringe Presszeiten von 8,125 s/mm zu stabilen Platten.

Bei Fasern **II** und **IV** musste mit einem Presszeitfaktor von 16 s/mm gearbeitet werden, um unbeschädigte Platten zu erhalten.

Fasern **III** benötigten eine Presszeit von 14 s/mm.

Das verwendete standardisierte Pressprogramm wurde als Vorgabe von dem Industriepartner übernommen. In den ersten 2/3 der Presszeit erfolgt der Verdichtungsschritt mit einer Vorverdichtung von 110 % der Enddicke der Platte, im letzten Drittel der Presszeit folgt die Nachverdichtungsstufe auf die gewünschte Enddicke der Platte.

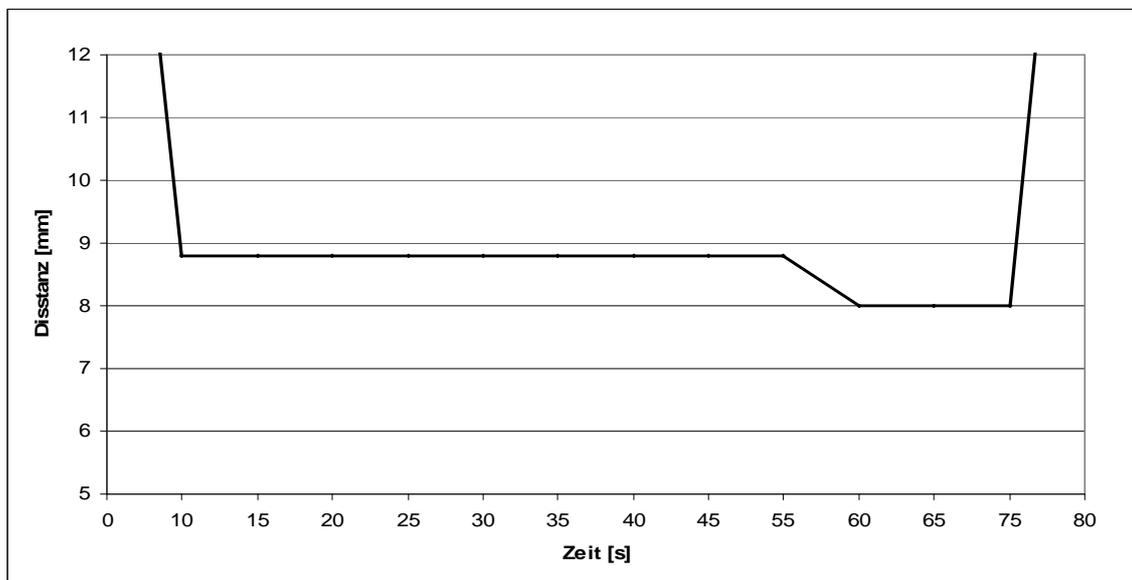


Abbildung 12: Darstellung des verwendeten Pressprogramms (berechnet auf 8,125 s/mm)

3.1.2.4 Vorbereitungen zur Bestimmung der Platteneigenschaften

Nach dem Pressvorgang wurden die Platten abgekühlt und im Normalklima bei 20°C Raumtemperatur und 65% Luftfeuchte für eine Woche gelagert. Nach dieser Klimatisierung wurden nach einem Schnittplan (Abb.13) Prüfkörper aus den Platten zugeschnitten, wobei die Randbereiche, die eine geringere Rohdichte aufwiesen, besäumt wurden.

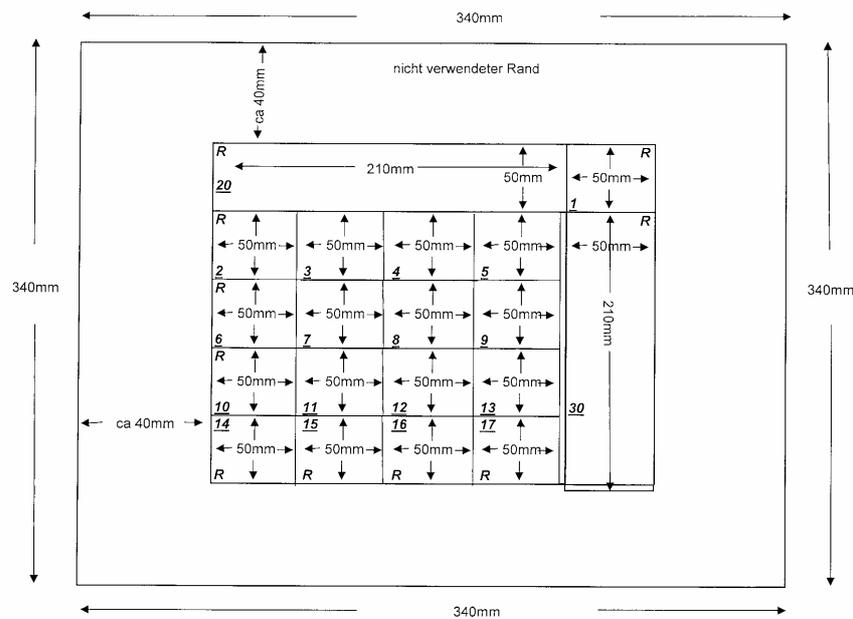


Abbildung 13: Schnittmusterplan für die Herstellung von Prüfkörpern

Die Prüfkörper wurden auf Querkzugfestigkeit (DIN EN 319) und auf Dickenquellung (DIN EN 317) untersucht. Die Rohdichte der einzelnen Probekörper wurde über das Volumen und Gewicht errechnet. An einem Prüfkörper aus der Mitte jeder Platte wurde ein Rohdichteprofil mit Röntgenstrahlen zur Überprüfung der Ausbildung des gewünschten Rohdichteverlaufes hergestellt.

3.1.3 Platteneigenschaften hergestellt mit UF-Harz 1 und dessen Substitution durch den Ligninklebstoff

Mit den zur Verfügung stehenden Industriefasern **I** wurden Platten zur Bestimmung der Querkzugfestigkeiten und der Quellungseigenschaften hergestellt.

Der unbelastete Faserstoff **II** wurde zur Herstellung von Platten eingesetzt, die zur Bestimmung von Formaldehyd und VOC's verwendet werden sollten.

3.1.3.1 Querkzugfestigkeiten und Quellung der Platten hergestellt mit UF-Harz 1 und dessen Substitution

Zur Kontrolle der Einhaltung der Rohdichte innerhalb des Plattenquerschnittes zeigt Abbildung 14 die Werte einzelner Prüfkörper der mit Klebstoffvariationen hergestellten verschiedenen Faserplatten hinsichtlich der Querkzugfestigkeiten in Abhängigkeit zur Rohdichte. Die Streuung der Einzelwerte einer Platte ist relativ gering. Mit dieser Darstellung werden Plattenunterschiede in Abhängigkeit der Rohdichte sichtbar.

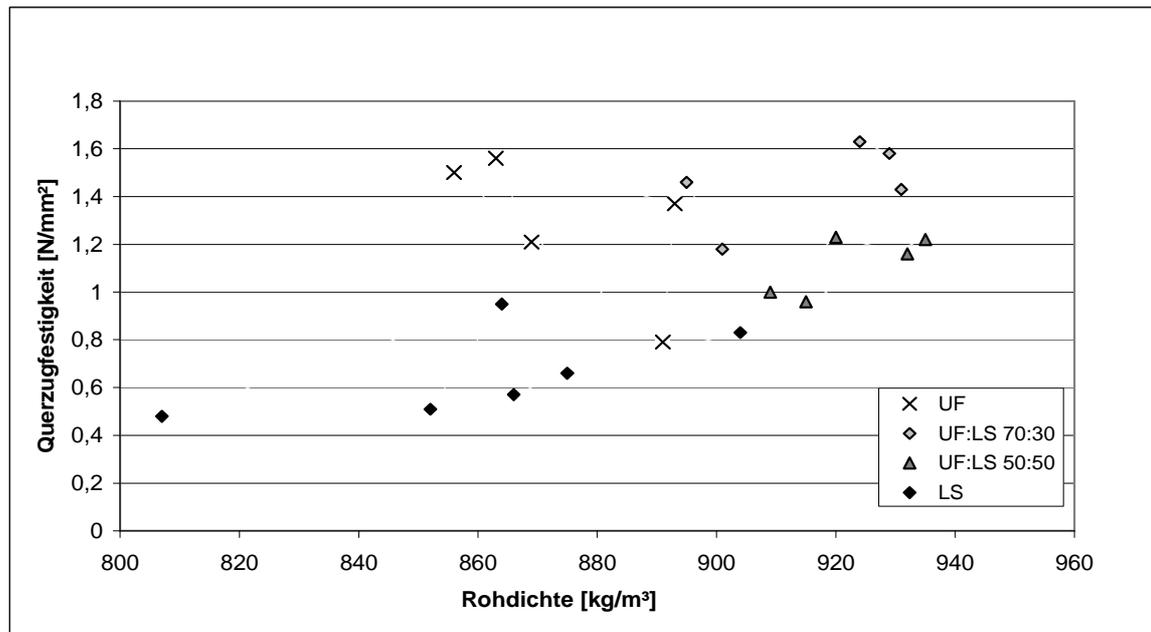


Abbildung 14: Querzugfestigkeit mit Darstellung einzelner Prüfkörper einer Platte unter Berücksichtigung der Rohdichte

Zur besseren Übersicht der Ergebnisse wurden nachfolgend die Ergebnisse als Mittelwerte der einzelnen Faserplatten hinsichtlich ihrer Querzugfestigkeiten und der ermittelten Querzugfestigkeiten nach 2 und nach 24 Stunden Wasserlagerung in 20°C warmem Wasser abgebildet (Abb. 15). Dargestellt sind verschiedene Substitutionsgrade, wobei mit Substitutionsgrad 0 % die UF-Harz Referenz und mit 100 % Substitutionsgrad die reine ligninbeleimte Faserplatte gemeint ist.

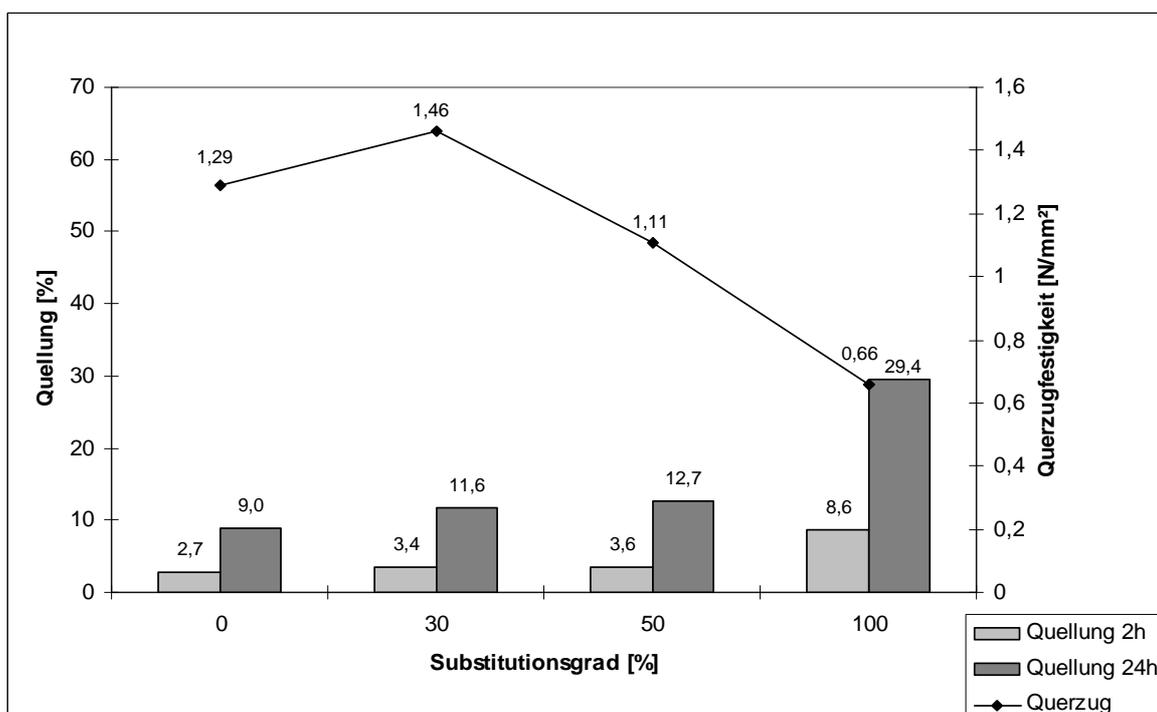


Abbildung 15: Querzugfestigkeiten mit Darstellung von Mittelwerten einzelner Platten und deren Quellungseigenschaften, Fasermaterial I, UF-Harz 1

Es ist erkennbar, dass eine Substitution von 30 % des UF-Harzes durch den Ligninklebstoff zu einer Erhöhung der Querkzugfestigkeiten führt im Vergleich zum reinen UF-Harz. Selbst eine Substitution von 50 % UF-Harz ergibt nur etwas geringere Querkzugfestigkeiten im Vergleich zur Referenzplatte. Hingegen die Verwendung des reinen Ligninklebstoffes führte in dieser Versuchsreihe zu deutlich geringeren Querkzugfestigkeiten. Auch eine Verlängerung der Presszeiten von 8,125 s/mm auf 18 s/mm führten bei den reinen ligninverklebten Platten nicht zu höheren Festigkeitswerten.

Insgesamt erscheinen die Werte der Querkzugfestigkeiten recht hoch bei dem doch recht geringen Beileimungsgrad von nur 10 %.

Die Dickenquellung der Prüfkörper zeigt ebenfalls nur geringe Steigerungen zwischen der UF-Harz Referenz und den Substitutionen von 30 % und 50 % sowohl nach der 2 Stunden- als auch nach der 24 Stunden-Prüfung. Die Platte mit reinem Ligninklebstoff zeigte deutlich höhere Quellwerte. Die Quellung der Platten war gering, wobei betont werden muss, dass bei der Herstellung aller Laborplatten keine Quellungsvergütung durch Zusätze von Paraffinen oder ähnlichen Substanzen vorgenommen wurde. Dieses sehr gute Ergebnis ist erstaunlich, da gerade hinsichtlich der Quellungseigenschaften mit deutlichen Unterschieden zwischen den Substitutionsgraden gerechnet wurde. Der Ligninklebstoff war zu Beginn der Forschungsarbeiten als zu gering wasserbeständig eingestuft wurde, um ihn als alleiniges Bindemittel einsetzen zu können. Laut der DIN EN 317 sollte eine Faserplatte nach der 24 Stunden Wasserlagerung unterhalb der Quellgrenze von 15 % liegen. Nach dem vorliegenden Ergebnis wäre dies bei einer Substitution von 50 % noch gegeben.

3.1.4 Untersuchung der Platten auf Formaldehyd und VOC's

Maßgebliche Motivation zur Durchführung dieses Forschungsprojektes war die Verminderung der Formaldehydhalte in den Platten bzw. der Formaldehydemissionen aus den Platten. Deshalb wurde eine Faserplatte aus Fasermaterial I mit 100 % Ligninklebstoff hergestellt und zur Messung der Formaldehydhalte an das Institut für Holzforschung nach Dresden geschickt. Der Perforatorwert, als Maß für den Formaldehydgehalt in der Platte, ergab einen unerwartet hohen Wert von 8,9 mg /100g Platte.

Deshalb wurden einige Faserplatten mit dem Fasermaterial II hergestellt, um an diesen Platten nochmals vergleichende Formaldehydmessungen im IHD durchführen zu lassen. Diese für die Formaldehyduntersuchung hergestellten Platten wurden zur Vervollständigung der Ergebnisermittlung auch auf ihre Eigenschaften Querkzugfestigkeit und Quellung untersucht, um Rückschlüsse über die Eigenschaften des Fasermaterials auf die Platteneigenschaften zu erhalten (Ergebnisse nachfolgend).

3.1.4.1 Querzugfestigkeiten und Quellung der Platten hergestellt mit UF-Harz 1 und Industriefasern II

Die Verwendung dieses Fasermaterials führte zu deutlich veränderten Platteneigenschaften. Die Querzugfestigkeiten fielen deutlich niedriger aus, und die Quellungswerte sehr hoch. Durch die Substitution des UF-Harzes mit Ligninklebstoff verstärkte sich diese Tendenz. Die Querzugfestigkeiten sanken durch die Substitution mit Ligninklebstoff stark ab. Die ligninverklebten Platten lagen bei der Quellungsprüfung bereits nach 1 Stunde außerhalb des methodisch darstellbaren Bereichs.

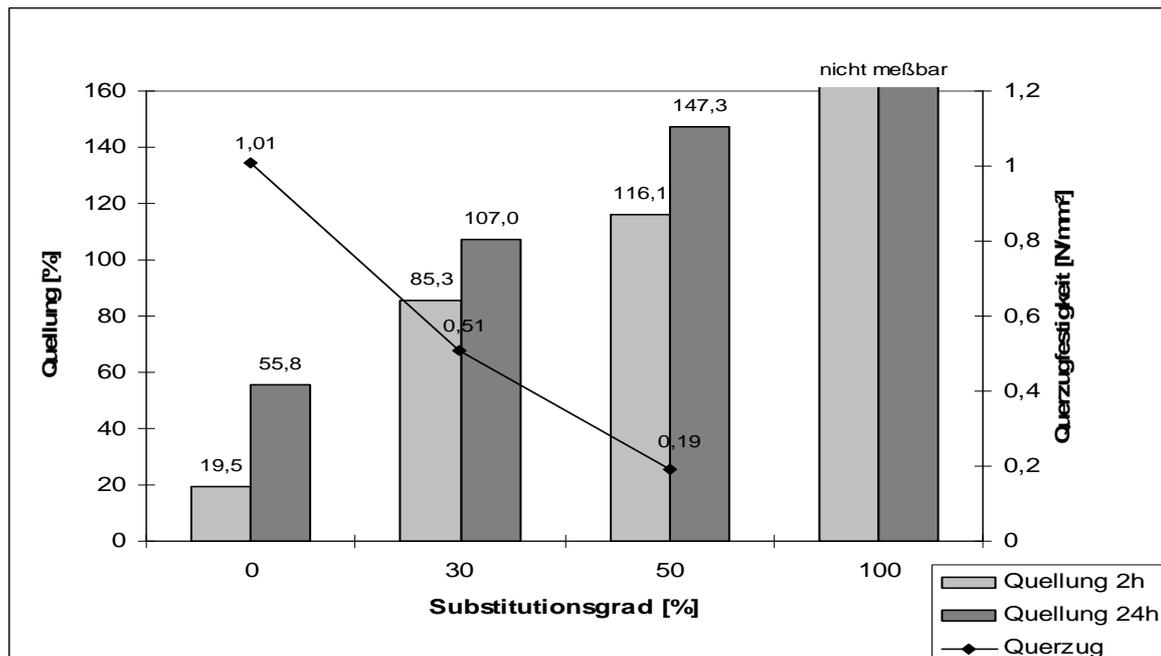


Abbildung 16: Querzugfestigkeiten mit Darstellung von Mittelwerten einzelner Platten und deren Quellungseigenschaften, Fasermaterial II, UF-Harz 1

3.1.4.2 Untersuchungen der Platten hergestellt mit UF-Harz 1 und dessen Substitutionen auf Formaldehydgehalte und Formaldehydemissionen

Die vom IHD übermittelten Messergebnisse der Formaldehydgehalte in den Platten zeigten, dass der gemessene Perforatorwert des 50% ig mit dem Ligninklebstoff substituierten UF-Harzes 1 mit 3,6 mg/100g Platte zu der erwarteten Halbierung der Formaldehydgehalte in der Platte führte (im Vergleich zu der ausschließlich mit UF-Harz 1 gebundenen Faserplatte mit 7,1mg/100g Platte). Die ausschließlich mit Ligninklebstoff gebundene Faserplatte zeigte jetzt im Gegensatz zu der mit Fasermaterial I hergestellten Faserplatte einen Perforatorwert von nur 3,0 mg/100g Platte, der damit deutlich niedriger war als bei der Verwendung von Fasermaterial I mit 8,9 mg/100g Platte. Die Ergebnisse zeigten, dass Faserplatten, die auf Formaldehydgehalte untersucht werden sollen, nicht aus Industriefasern hergestellt werden dürfen, da offensichtlich eine Vorkontaminierung der

Fasern mit UF-Harzen nicht ausgeschlossen werden kann. Dies wurde vor dem Versuch von dem beteiligten Industriepartner nicht erkannt.

Tabelle 1: Formaldehydgehalte in den Faserplatten hergestellt mit UF-Harz 1, 50% substituiertem UF-Harz und Ligninklebstoff

Probe	Feuchte in %	Perforatorwert	Perforatorwert
		[mg HCHO/100g Platte] Messwert	[mg HCHO/100g Platte] Messwert bezogen auf 6,5% Feuchte
UF 100%	5,7	6,5	7,1
UF:LS 50:50	6,1	3,4	3,6
LS 100%	1,7	2,0	3,0

Aufgrund der deutlich verringerten Perforatorwerte durch die Substitution mit dem Ligninklebstoff wurden ebenfalls die Formaldehydemissionen an den Versuchsplatten gemessen.

Bei der UF-Harz 1 gebundenen Faserplatte sind die Emissionswerte recht hoch. Nach AgBB-Richtlinie sollte nach 28 Tagen der Messwert maximal 0,1 ppm betragen. Der Messwert bei der Platte mit 50%iger Substitution des UF-Harzes 1 mit Ligninklebstoff ist mit nur 0,02 ppm auffallend niedrig. Daher wurde auf die Messung einer nur mit Ligninklebstoff hergestellten Faserplatte, bei der der Messwert bereits bei der ersten Messung nach 3 Tagen gegen Null gehen dürfte, verzichtet.

Tabelle 2: VOC-Messungen der Formaldehydmessung

	UF 100%	Mischung UF:LS 50:50
1. Messung (3T)	0,19ppm	0,14ppm
2. Messung (7T)	0,15ppm	0,11ppm
3. Messung (28T)	0,11ppm	0,02ppm

3.2 Ergebnisse zur Verwendung von UF-Harz 2

3.2.1 Kompatibilitätsprüfung des Ligninklebstoffes mit UF-Harz 2

Die beteiligten Industriepartner waren nicht bereit, eine Aussage zu den molaren Verhältnissen in den UF-Harzen zu geben. Alle verwendeten UF-Harze sollten nach Angabe aber der Emissionsklasse 1 zuzuordnen sein.

Anhand der Topf- und Gelierzeiten wurden die beiden UF-Harzen 1 und 2 verglichen.

3.2.1.1 Topfzeiten

In Tabelle 3 sind die Topfzeiten beider verwendeter UF-Harze nebeneinander aufgeführt. Die Aushärtung von 100 % UF-Harz und die Substitution der UF-Harze mit 50 % des Ligninklebstoffes kann somit verglichen werden. Das Aushärteverhalten der beiden UF-Harze unterscheidet sich kaum. Der Ligninklebstoff reagierte mit beiden UF-Harzen gleich gut.

Tabelle 3: Topfzeiten der UF-Harze und der 50% substituierten UF-Harze bei unterschiedlichen Härtermengen, Angaben in Minuten

Härteranteil [%]	0,8	1,5	3,0
100% UF-Harz 1	122	118	116
100% UF-Harz 2	107	100	100
50:50 LS : UF 1	58	58	56
50:50 LS : UF 2	63	62	62

3.2.1.2 Gelierzeiten

Nachfolgend werden die Gelierzeiten beider verwendeter UF-Harze nebeneinander aufgeführt jeweils für 100 % UF-Harz und eine 50 %ige Substitution der UF-Harze durch Ligninklebstoff. Auch hier zeigen die beiden UF-Harze und die Substitutionsvarianten nur unwesentliche Unterschiede.

Tabelle 4: Gelierzeiten der UF-Harze und der 50% substituierten UF-Harze bei unterschiedlichen Härtermengen, Angaben in Sekunden

Härteranteil [%]	0,8	1,5	3,0
100% UF-Harz 1	116	103	83
100% UF-Harz 2	110	96	88
50:50 LS : UF 1	199	180	172
50:50 LS : UF 2	208	187	178

3.2.2 Herstellung von MDF-Laborplatten

Die Herstellung von Faserplatten wurde wie bereits im Kap. 3.1.2 ff beschrieben vorgenommen.

3.2.3 Platteneigenschaften hergestellt mit UF-Harz 2 und dessen Substitution durch den Ligninklebstoff

Mit den zur Verfügung stehenden Industriefasern **III** wurden Platten hergestellt zur Bestimmung der Querkzugfestigkeiten und der Quellungseigenschaften.

Der Laborfaserstoff **IV** aus dem Institut für Holzforschung wurde zur Herstellung von Platten eingesetzt, die zur Bestimmung von Formaldehyd und VOC's verwendet wurden.

3.2.3.1 Querkzugfestigkeiten und Quellung der Platten hergestellt mit UF-Harz 2 und dessen Substitution mit Industriefasern **III**

Das UF-Harz 2 und dessen Substitutionsvarianten wurden unter den identischen Beileimungsbedingungen wie UF-Harz 1 verarbeitet.

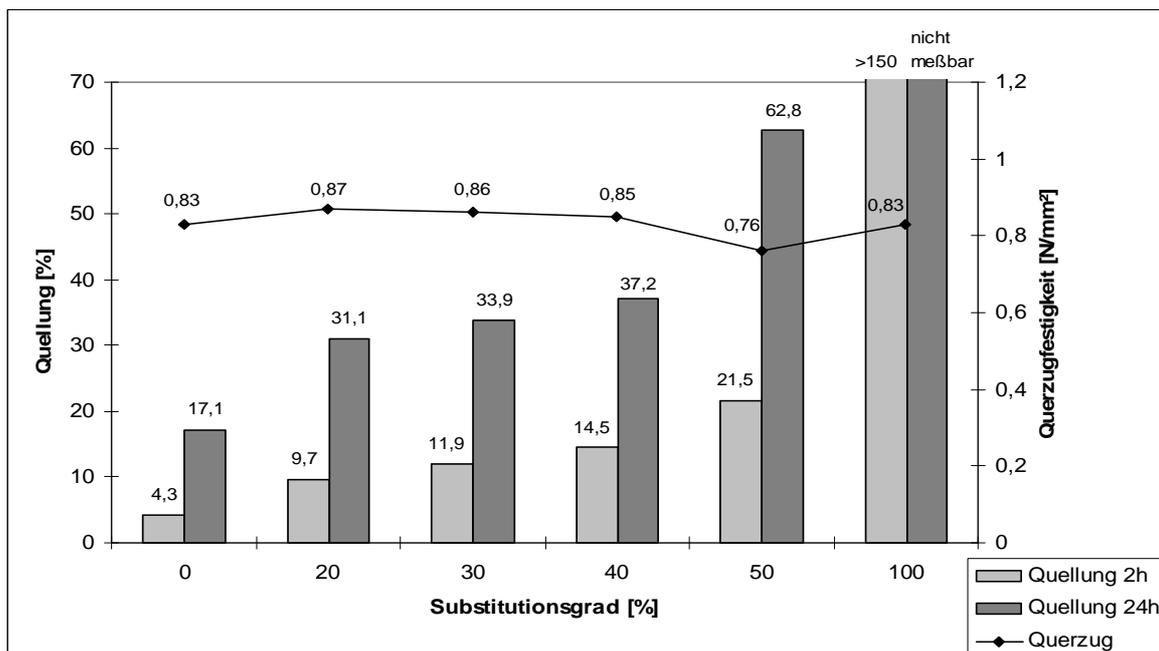


Abbildung 17: Querkzugfestigkeiten mit Darstellung von Mittelwerten einzelner Platten und deren Quellungseigenschaften, Fasermaterial III, UF-Harz 2

In dieser Versuchsreihe fällt auf, dass die Querkzugfestigkeiten der mit UF-Harzes 2 hergestellten Platten und deren substituierten Varianten mit Werten um 0,85 N/mm² insgesamt niedrigere Festigkeiten aufweisen als die mit UF-Harz 1 hergestellten Platten. Die Substitution wirkt sich nicht signifikant auf die Festigkeit aus. Die ermittelten Festigkeitswerte bleiben nahezu gleich hoch. Es fiel zudem auf, dass die

Querzugfestigkeiten der mit reinem Ligninklebstoff hergestellten Platten gleich hohe Festigkeiten erzielen wie die UF-Harz Referenz. Damit bestätigt sich eine gute Klebkraftausbildung des Ligninklebstoffs auch bei der Faserplattenherstellung.

Die Quellwerte der mit UF-Harz 2 gebundenen Platten lagen deutlich höher als die der mit UF-Harz 1 hergestellten Platten. Bereits die UF-Harz 2 Referenz zeigt eine wesentlich stärkere Quellung und liegt oberhalb des DIN EN Grenzwertes von 15 %. Die Substitutionsvarianten mit dem Ligninklebstoff führten sowohl nach 2 Stunden als auch nach 24 Stunden durchweg zu signifikant höheren Quellwerten als bei rein UF-Harz 2 gebundenen Platten. Auffällig ist, dass bei Substitutionen zwischen 20-40 % die Quellung nahezu auf einem gleich bleibenden Niveau bleibt, jedoch die Substitution von 50 % zu einer deutlich höheren Quellung führte.

Messwerte für reine Ligninverklebungen konnten nicht ermittelt werden, da die Probekörper bereits nach 1 Stunde Wasserlagerung auf über 150 % ihrer Ausgangsdicke aufgequollen waren.

Die Unterschiede zwischen den Messreihen wurde darauf zurückgeführt, dass die verschiedenen Faserqualitäten deutlich differierten und mehr Einfluss auf die Platteneigenschaften nahmen als die Beileimungsmenge und Zusammensetzung der zugegebenen Klebstoffe. Daher wurde mit UF-Harz 1 und Fasermaterial III eine Messreihenwiederholung vorgenommen.

Die Prüfung dieser Platten zeigte, dass die UF-Harze 1 und 2 bei Verwendung des gleichen Fasermaterials auch gleiche Platteneigenschaften ergeben (Vergleiche Abb. 17 und 18) und sie nicht der Grund für die vorangegangenen Unterschiede sind. Es wurde folglich angenommen, dass das Fasermaterial, wie bereits bei UF-Harz 1 mit Fasermaterial I und II zeigten, erheblichen Einfluss auf die Platteneigenschaften nimmt.

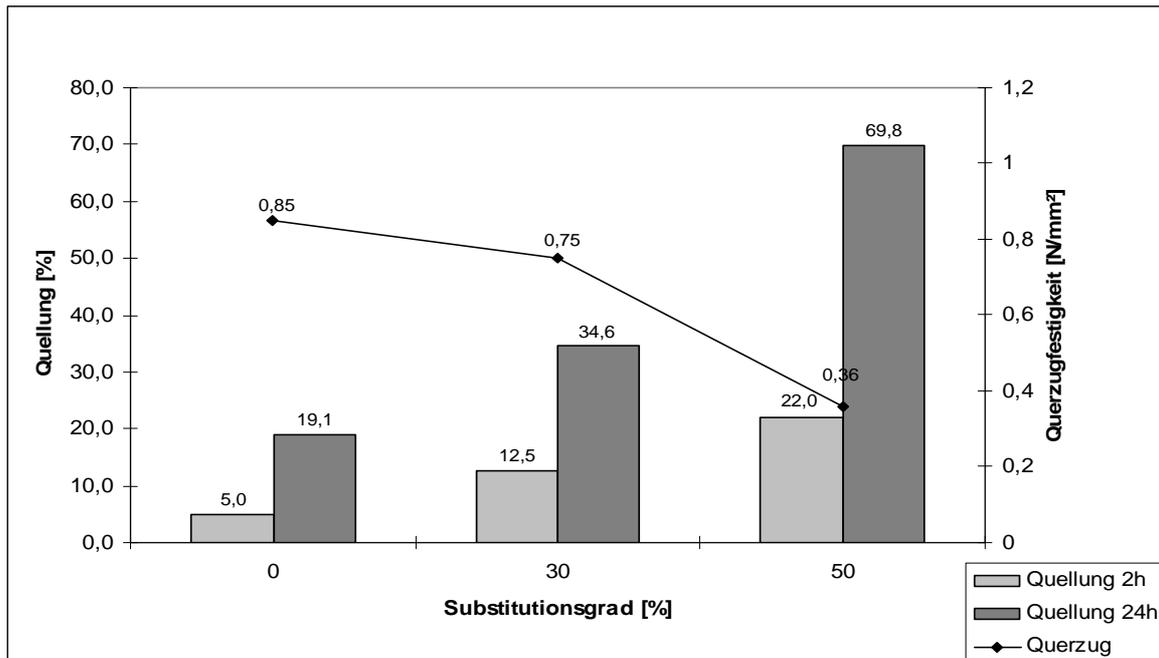


Abbildung 18: Querzugfestigkeiten mit Darstellung von Mittelwerten einzelner Platten und deren Quellungseigenschaften, Fasermaterial III, UF-Harz 1

3.2.4 Untersuchung der Platten hergestellt mit UF-Harz 2 und dessen Substitutionen auf Formaldehydgehalte

An Faserplatten aus UF-Harz 2 und Fasermaterial IV wurden vergleichende Formaldehydmessungen durchgeführt. Diese für die Formaldehyduntersuchung hergestellten Platten wurden, wie bereits beim UF-Harz 1, zur Vervollständigung der Ergebnisse auch auf die Eigenschaften Querzugfestigkeit und Quellung untersucht, um Rückschlüsse zu den Einflüssen des Fasermaterials auf die Platteneigenschaften ziehen zu können.

3.2.4.1 Querzugfestigkeiten und Quellung der Platten hergestellt mit UF-Harz 2 und Laborfasern IV

In dieser Versuchsreihe ergab sich ein ähnliches Bild wie bei UF-Harz 1 mit Fasermaterial II (Kap. 3.1.4.1). Im Vergleich zu jener Versuchsreihe wurden hier die Querzugfestigkeiten aber durch die Substitution nicht so stark beeinflusst. Während bei der Verwendung von UF-Harz 1 eine deutliche Verringerung der Festigkeiten durch die Substitutionen erfolgte, wurden bei UF-Harz 2 durch die Substitutionen sogar etwas höhere Festigkeiten erzielt als bei der Referenzplatte.

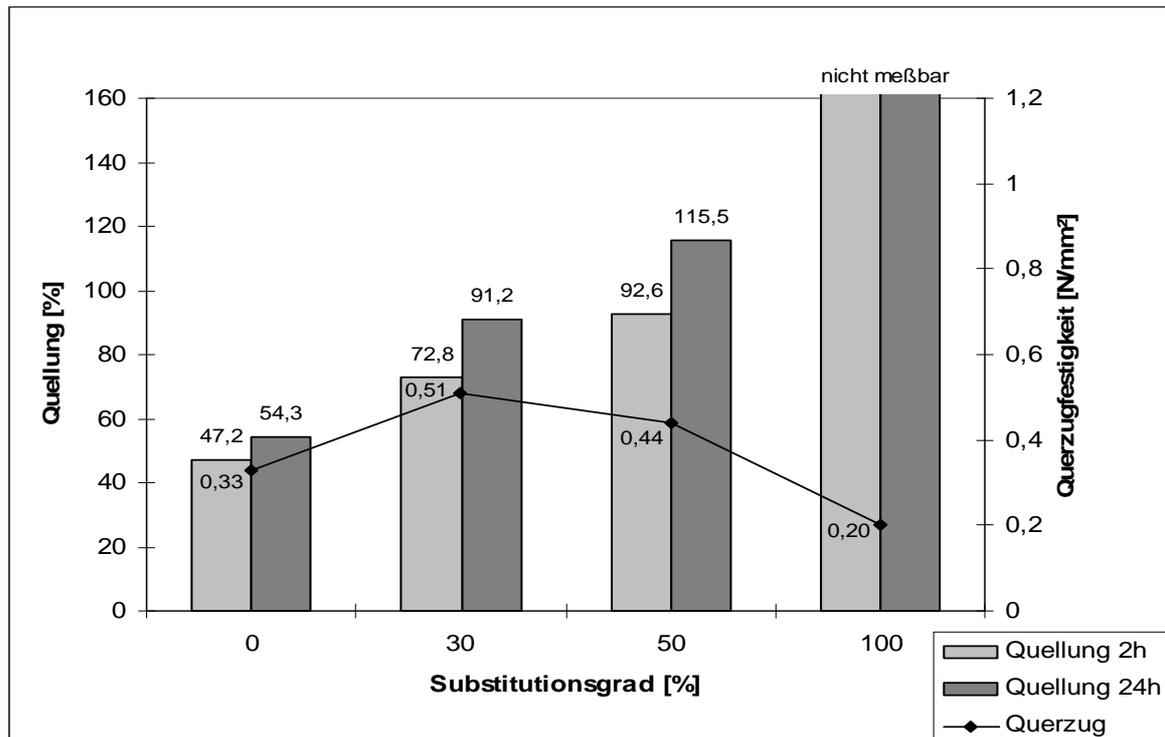


Abbildung 19: Querzugfestigkeiten mit Darstellung von Mittelwerten einzelner Platten und deren Quellungsseigenschaften, Fasermaterial IV, UF-Harz 2

Ein Vergleich der Quellungswerte von UF-Harz 1 mit Fasern II (Abb. 16) mit denen von UF-Harz 2 mit Fasern IV (Abb. 19) zeigt, dass mit beiden UF-Harzen vergleichbare Messwerte erzielt wurden. Die mit UF-Harz 2 gebundenen Platten zeigten aber insgesamt in den Substitutionsvarianten ein etwas geringeres Quellungsverhalten.

3.2.4.2 Untersuchungen der Platten hergestellt mit UF-Harz 2 und dessen Substitutionen auf Formaldehydhalte

An ausgewählten Platten dieser Versuchsreihe wurden wiederum Perforatormessungen zur Ermittlung der Formaldehydhalte in den Platten durchgeführt. Die Messergebnisse, die diesmal beim Industriepartner ermittelt wurden, sind Tabelle 5 zusammengestellt.

Tabelle 5: Formaldehydhalte in den Faserplatten hergestellt mit UF-Harz 2 und 50% substituiertem UF-Harz und Ligninklebstoff hergestellt mit Fasermaterial IV

Probe	Perforatorwert
	[mg HCHO/100g Platte] Messwert bezogen auf 6,5% Feuchte
UF 100%	7,4
UF:LS 50:50	7,5
LS 100%	1,0

Die Perforatorwerte zeigen unerwartete Ergebnisse.

Die Annahme, dass aus dem Ligninklebstoff kein Formaldehyd emittiert wird, bestätigt der Perforatorwert der Platte hergestellt mit Fasern IV (Laborfasern Dresden) mit einem Wert von 1,0 mg /100g Platte. Allein frisches Kiefernholz enthält Formaldehyd in dieser Größenordnung.

Die UF-Harz 2 gebundene Faserplatte zeigt mit 7,4 mg/100g Platte einen ähnlich hohen Perforatorwert wie die UF-Harz 1 gebundene Platte mit Fasern II von 7,1 mg/100g Platte.

Vollkommen unerwartet war der nicht verminderte Perforatorwert der Faserplatte hergestellt mit der 50%ig substituierten UF-Harzmischung. Trotz mehrfacher Wiederholung des Versuches mit 50% Substitution und geringerer Substitutionsgrade wurde keine Verringerung der Perforatorwerte erzielt.

Weil eine Ursache für dieses negative Ergebnis mit UF-Harz 2 nach den ersten positiven Ergebnissen mit UF-Harz 1 zunächst nicht ermittelt werden konnte, wurden Vergleichsuntersuchungen zu den Platteneigenschaften bei einem Holzwerkstoffhersteller durchgeführt (Ergebnisse nachfolgend).

3.2.5 Versuche zur Reproduzierbarkeit der Platteneigenschaften durch einen Holzwerkstoffhersteller

Der Holzwerkstoffhersteller, der für diese Versuche gewonnen werden konnte, wünschte zunächst eine Wiederholung der Versuche zur Substitution von UF-Harzen durch eigenes Personal und mit eigenen Materialien vor Ort (ausgenommen der Ligninklebstoff, der von der Universität Kiel gestellt wurde), um selbst Erfahrungen mit dem Ligninklebstoffsystem in der Handhabung und Verarbeitung zu erhalten. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sollten für die Industrie eine Entscheidungsgrundlage zur Durchführung eines Großversuches zur Plattenherstellung liefern.

Die hergestellten Versuchsplatten wurden halbiert und aufgeteilt zur parallelen, unabhängigen Messung der Platteneigenschaften in Bezug auf Querkzugfestigkeit, Quellung und Formaldehydgehalt, einerseits durch die Firma und andererseits durch die Universität Kiel.

Der Holzwerkstoffhersteller entschied, HDF-Platten mit einer höheren Rohdichte (900 kg/m³) als bei den Universitätsversuchen herzustellen, die einen Substitutionsgrad von UF-Harz durch Ligninklebstoff von 10, 20, 30 und 40 % aufwiesen. Je Klebstoffzusammensetzung wurden zwei Platten hergestellt. Es wurde ein Harz des Herstellers von UF-Harz 2, im folgenden UF-Harz 3 genannt, verwendet.

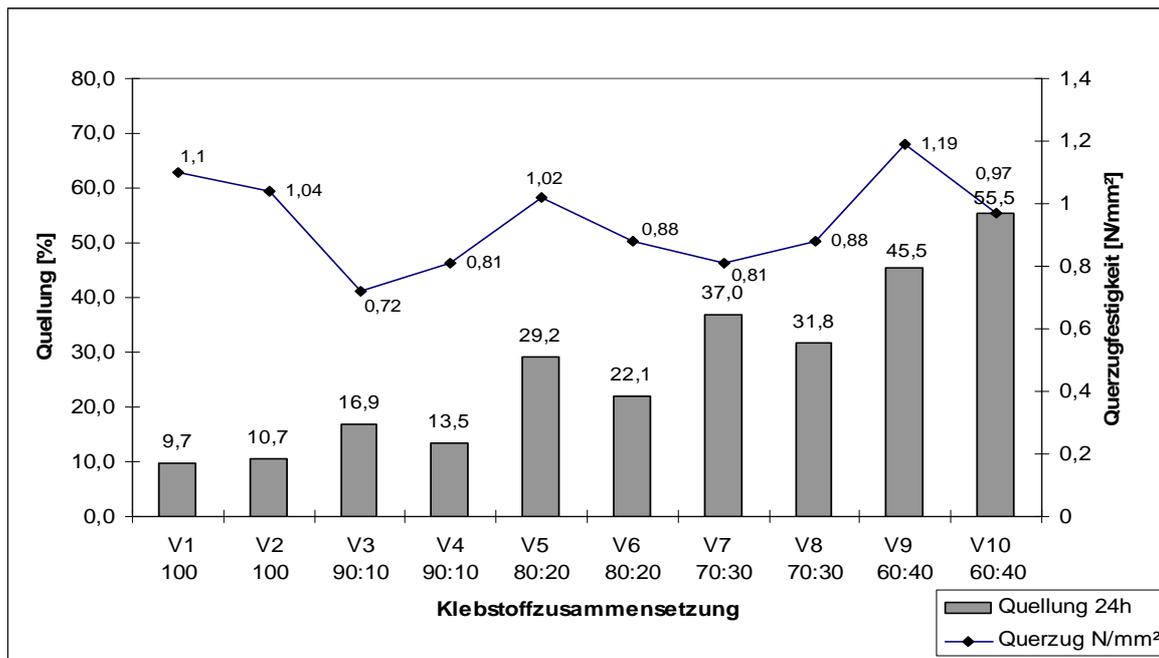


Abbildung 20: Querzugfestigkeit und Quellung mit Darstellung von Mittelwerten einzelner HDF-Platten (V1 bis V10), Fasermaterial Holzwerkstoffhersteller, Beleimungsgrad 10 % atro auf atro Fasern, Faserfeuchten ca. 10 %, Presszeit 15 s/mm bei 200°C

Die Platten wiesen bezüglich der Querzugfestigkeiten deutliche Schwankungen auf, auch innerhalb der Versuchsp parallelen. Die Festigkeiten pendelten ohne eine generelle Tendenz um einen Wert von 1 N/mm² und lagen damit insgesamt eher höher als bei denen der Universität mit UF-Harz 2 hergestellten Platten mit einem Wert von 0,85 N/mm² (s. Abb.1).

Der Einfluss der Substitution auf das Quellungsverhalten trat bei diesem Versuch ganz besonders deutlich hervor.

Bereits die 100 % UF-Harz gebundenen Platten wiesen nach dem 24 h Quelltest einen deutlich niedrigeren Quellwert von 10,2 % auf, während die mit UF-Harz 2 hergestellte Platte einen Wert von 17,1 % zeigt. Solche Unterschiede traten über alle Substitutionsgrade hinweg auf.

Das Quellverhalten der in der Industrie hergestellten Platten (Abb.20) nahm bei zunehmendem Substitutionsgrad noch deutlicher zu als bei den mit UF-Harz 2 an der Universität hergestellten Platten (Abb.17). Der Vergleich der Werte der 60:40 Platte zeigte bei der von der Industrie hergestellten Platte im Mittelwert 50,0 % Quellung, an der von der Universität hergestellten Platte eine Quellung von 37,2 %.

Auffallend ist, dass der beschriebene erhebliche Quellungsanstieg in der Versuchsreihe mit UF-Harz 2 im Universitätsversuch erst bei einer Substitution von 50 % erfolgte, während dieses in der Industrieversuchsreihe bereits bei 40 % der Fall war. Die Unterschiedlichkeit des ermittelten Quellungsverhaltens der Platten war zunächst nicht erklärbar.

An der Universität wurde daher eine Wiederholung der Versuchsreihe mit denselben Klebstoffen, die bei dem Werkversuch verwendet wurden, durchgeführt unter Verwendung der Industriefasern III.

Abbildung 21 zeigt die Ergebnisse dieses Vergleichversuches.

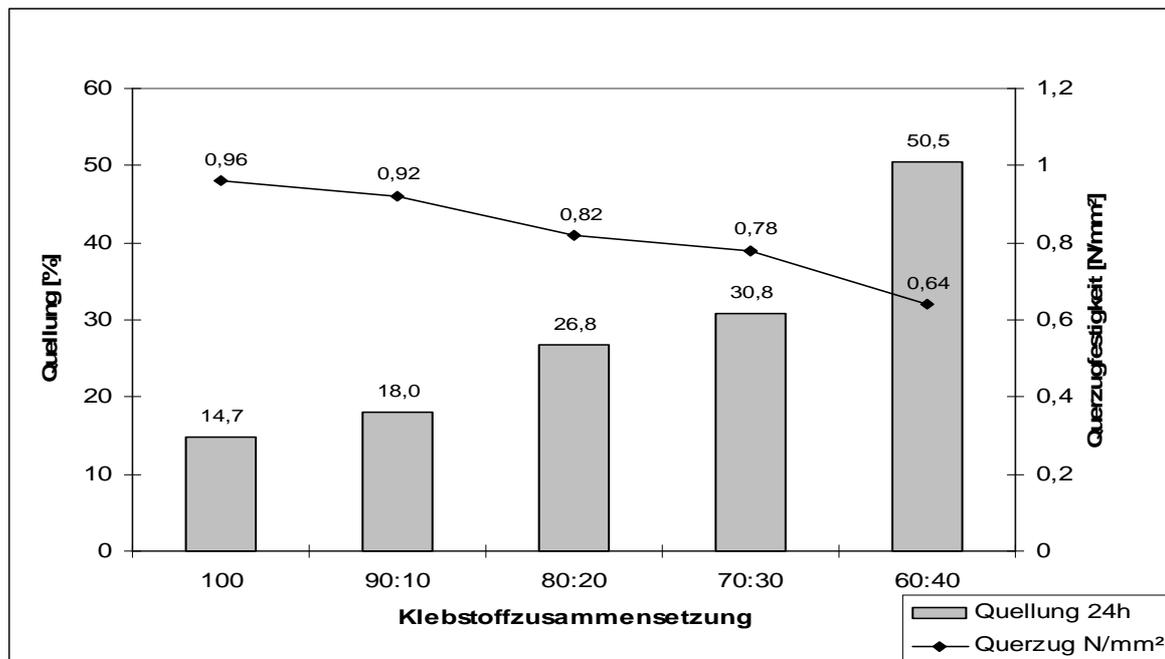


Abbildung 21: Querkzugfestigkeit und Quellung mit Darstellung von Mittelwerten einzelner HDF-Platten, Fasermaterial III, UF-Harz Holzwerkstoffhersteller, Beileimungsgrad 10% atro auf atro Fasern, Faserfeuchten ca. 10%, Presszeit 14 s/mm bei 220°C

Die ermittelten Platteneigenschaften unterschieden sich jetzt unwesentlich von den Ergebnissen des Werkversuches. Es wurde eine außerordentlich gute Reproduzierbarkeit der Quellwerte ermittelt. Die Querkzugfestigkeiten fallen unwesentlich niedriger aus als bei den von der Industrie hergestellten Platten. Rücksprachen mit der Industrie ergaben, dass das beim Holzwerkstoffhersteller verwendete UF-Harz 3 ein niedrigeres Molverhältnis Harnstoff zu Formaldehyd aufwies als das bisher von der Universität verwendete UF-Harz 2. Das dies eine so starke Einflussnahme auf die Quellungseigenschaften der Substitutionen nehmen könnte, ist ein wichtiges Ergebnis, war aber von den an dieser Versuchsreihe beteiligten Industriepartnern wohl nicht vorher abschätzbar.

4 Zusammenfassung der Ergebnisse zur Formaldehyduntersuchung

Die Messwerte, die im Projekt an ausgewählten Faserplatten durchgeführten Perforatormessungen, sind in Tab. 6 zusammengefasst dargestellt. Der offizielle Grenzwert für den Perforatorwert lag im Jahr 2008 bei 7 mg / 100g Platte.

Die Perforatormessung für die Platten aus UF-Harz 1 und Fasermaterial I bzw. II sowie für zwei Platten mit 100 % Ligninklebstoff sind am Institut für Holzforschung Dresden durchgeführt worden. Für die übrigen Harze und Faserstoffe erfolgten die Messungen bei den jeweils beteiligten Firmen.

Tabelle 6.: Perforatorwerte (mg/ 100g Platte) Messwerte bezogen auf 6,5% Feuchte

Klebstoffe	Fasermaterial			
	I	II	III	IV
UF-Harz 1		7,1		
50% Substitution		3,6		
UF-Harz 2			7,4	
50%Substitution			7,5	
UF-Harz 3			6,9	5,8
50%Substitution			6,7	6,9
Ligninklebstoff	8,9	3,1	6,2	1,0

Anhand der mit 100 % Ligninklebstoff hergestellten Platten wird deutlich, wie stark die Faserqualitäten tatsächlich voneinander abweichen. Die Perforatorwerte zwischen 1,0 bis 8,9 mg/100g Platte der mit Ligninklebstoff und den unterschiedlichen Fasermaterialien gebundenen Platten legen eine sehr unterschiedliche Vorkontaminierung dieser Fasern mit Formaldehyd nahe.

Aus den offensichtlich faserabhängigen Formaldehydgehalten lassen sich jetzt auch die unterschiedlichen physikalischen Platteneigenschaften der bereits beschriebenen Messreihen erklären. Je stärker vorbelastet das Fasermaterial mit Formaldehyd ist, desto höher sind die Festigkeiten und desto geringer die Quellung.

Betrachtet man die Formaldehydhalte der Platten hergestellt aus den gering vorbelasteten Fasern II bzw. unbehandelten Fasern IV differenzierter, fällt auf, dass die mit UF-Harz 1 hergestellte Platte einen deutlich höheren Perforatorwert von 7,1 mg aufweist als die Platte mit UF-Harz 3 mit nur 5,8 mg. Daraus lässt sich schließen, dass die Harze möglicherweise unterschiedliche Molverhältnisse (Harnstoff: Formaldehyd) beinhalten. Detaillierte Angaben hierzu erhielten wir von der Industrie jedoch nicht.

Die Wahl des UF-Harzes hat also neben der Faserqualität (vorbehandelt / unbehandelt) eine gravierende Auswirkung auf die Formaldehydemission der Substitutionsversuche mit Ligninklebstoff. Während beim UF-Harz 1 die 50%ige Substitution durch den

Ligninklebstoff mit dem leicht formaldehydbelasteten Fasern II nahezu zu einer Halbierung des Perforatorwertes führt, ist dies beim UF-Harz 2 und 3 nicht gegeben. Im Gegensatz hierzu bewirkt die 50%ige Substitution des UF-Harzes sowohl bei Fasermaterial III als auch bei Fasermaterial IV keine Verminderung der Perforatorwerte.

Es war mit allen beteiligten Industriepartnern nicht zu erklären, warum sich beim UF-Harz 2 und 3 **keine** Verminderung des gemessenen Formaldehydgehaltes durch die Substitution von UF-Harzen durch Ligninklebstoff einstellte. Die Verminderung des UF-Harzanteiles um 50 % hätte eine deutliche Verringerung der Formaldehydwerte erwarten lassen.

5 Ausblick: Verwertung der Ergebnisse und weiterer Forschungsbedarf

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass sich der Ligninklebstoff nicht nur, wie in einem Vorgängerprojekt als Klebstoff für Massivholz, sondern auch für die Faserplattenherstellung im Heißpressverfahren eignet.

Die Ligninklebstoffe bestehen aus gesundheitsunbedenklichen Substanzen. Auch die verwendeten Zusatzstoffe sind zum großen Teil nachwachsende Rohstoffe.

Die aus dem Projekt resultierenden Ergebnisse zeigen, dass Substitutionen von UF-Harzen durch Ligninklebstoff für die Verwendung in MDF zielführend sind. Die Querszugfestigkeiten der Ligninklebstoff gebundenen Faserplatten entsprechen denen der ausschließlich mit UF-Harzen gebundenen Platten. Hinsichtlich der Quellungsvergütung besteht noch Verbesserungsbedarf, insbesondere bei höheren Substitutionsgraden. Allerdings zeigen die Ergebnisse auch, dass der Mischklebstoff auf viele Einflussfaktoren heftig reagiert, die die Klebeeigenschaften des reinen UF-Harzes bei Einhaltung der gleichen Pressbedingungen nicht so stark zu beeinflussen scheinen, wie z.B. der Formaldehydgehalt bzw. die Vorbehandlung des Fasermaterials. Es besteht noch Forschungsbedarf, um die sensiblen Verhaltenweisen des Mischklebstoffes vorteilhaft für die Optimierung der Klebeeigenschaften nutzen zu können.

Nach Aussage von Holzwerkstoffherstellern stellt das noch stärkere Quellungsverhalten der 40-50%igen Substitutionen für spezielle Produkte bereits heute keine Verwendungsminderung dar. Auf Unzufriedenheit stoßen allerdings allseits die bis zum Ende der Projektlaufzeit nicht aufgeklärten Formaldehydhalte bzw. die Unwissenheit darüber, worum sich beim UF-Harz 2 bzw. 3 keine Verminderung, der gemessenen Formaldehydhalte in den Substitutionsvarianten zeigte. Dieses ist zunächst hinderlich für eine industrielle Umsetzung. Mögliche Ursachen wurden mit den Projektbeteiligten diskutiert und sollten in einer fortgeführten Forschungsaktivität eliminiert werden.

In der Holzwerkstoffbranche werden dringend neue Klebstoffsysteme benötigt, die eine deutliche Formaldehydverminderung in den Werkstoffen vorweisen und damit dem neuen Richtwert von 5mg Formaldehyd /100g Platte genügen. Mit dem UF-Harz 1 konnte eine sehr deutliche Verminderung der Formaldehydgehalte in den Platten sowie der Formaldehydemission aus der Platte heraus erzielt werden.

Weiterführend müsste geklärt werden, warum die Laborversuche mit UF-Harz 1 insgesamt positiv verliefen im Gegensatz zu den Versuchen mit UF-Harz 2 bzw. 3, bevor die Durchführung eines Großversuches mit UF-Harz 1 in Erwägung gezogen werden kann.

6 Erkenntnisse von Dritten

Bei den Recherchen zu diesem Projekt sind bisher keine Vorhaben /Ergebnisse von dritter Seite bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant waren.

Berücksichtigt wurden bei der Durchführung des Projektes Erkenntnisse aus Patenten, soweit sie für das Vorhaben relevant waren. Für die Klebstoffentwicklung im engeren Sinne standen Erkenntnisse oder Ergebnisse von Dritter Seite nach unseren Recherchen nicht zur Verfügung.

7 Veröffentlichungen

Bis zum Abschluss des Projektes wurden keine Veröffentlichungen erstellt.

8 Literatur

Patente: DE 1 223 534 (1965) ARNOLDT / BASF

DE 2 354 928 (1973) SCHMIDT-HELLERAU / BASF

DE 2 745 809 (1977) SCHMIDT-HELLERAU / BASF

DE 2 835 752 (1979) EDLER / SVENSK SELENINDUSTRI

ANONYMUS (2008): Formaldehydwerte werden europaweit halbiert –
Holzwerkstoffhersteller einigen sich in Wien auf neue Grenzwerte
Holz-Zentralblatt 134, 792

ANONYMUS (2008):
IKEA UND „DIE GROßEN 5“ 3BIkea und „große 5“ einigen sich bei Formaldehyd
Holz-Zentralblatt 134, 148

DIN EN 317 (1991): Spanplatten und Faserplatten; Bestimmung der Dickenquellung nach
Wasserlagerung

DIN EN 319 (1991): Spanplatten und Faserplatten; Bestimmung der Zugfestigkeit
senkrecht zur Plattenebene

DUNKY, M. (1997):
Klebstoffe für Holzwerkstoffe und Faserformteile: Neue Entwicklungen,
Applikationen und Analysetechniken (1. Teil).
Holzforschung und Holzverwertung 49 (5), 94-99

DUNKY, M. und P. NIEMZ (2002):
Holzwerkstoffe und Leime – Technologie und Einflussfaktoren.
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York

FORSS, K. und A. FUHRMANN (1976):
KARATEX – the lignin-based adhesive for plywood, particle board and fibre
board.
Papperi ja Puu - Papper och Trä 11, 817-824

HABENICHT, G. (1997):
Kleben – Grundlagen, Technologie, Anwendungen.
Springer Verlag, Berlin; Heidelberg, New York

EUWID (2007-2009): Europäischer Wirtschaftsdienst; Holz und Holzwerkstoffe

HOLZLEXIKON (1993): Autorenkollektiv
Nachschlagewerk für Holz- und Forstwirtschaft, R. Mömbacher, Hg.,
3. Auflage, DRW-Verlag, Stuttgart

MDF-MAGAZIN (200-2008):
Ein Supplement von Holz-Zentralblatt und HK

PIZZI, A. (1994):
Lignin-Based Wood Adhesives.
In: Advanced Wood Adhesives Technology, Eds.: A. Pizzi,
Marcel Dekker, New York, Basel, 219-242

- RÖMPP, H. (1989):
Chemie Lexikon, J. Falbe, M. Regitz, Hg., 9. Auflage, Georg Thieme Verlag,
Stuttgart, New York
- ROFFAEL, E. (1979):
Fortschritte in der Verwendung von Sulfitablaugen als Binde- und Zusatzmittel bei
der Herstellung von Spanplatten,
Adhaesion (11), 334-336; (12), 368-370
- ROFFAEL, E. (1998):
Bindemittel aus nachwachsenden Rohstoffen (2)
Holz-Zentralblatt 124 (29), 427
- ROFFAEL, E. (2006):
Volatile organic compounds and formaldehyde in nature, wood and wood based
panels
Holz als Roh- und Werkstoff 64, 144-149
- SCHWARZ, K. U. (2004):
Untersuchungen zum Einsatz biogener Ligninklebstoffe bei
Massivholzverklebungen, Dissertation Kiel
- WEBER, A. (2007):
Überprüfung der Eignung des ABES als Schnellprüfmethode zur Ermittlung
optimaler technologischer Parameter der Spanplattenherstellung
Holztechnologie 48 (2), 23-26
- ZEPPEFELD, G. (1991):
Klebstoffe in der Holz- und Möbelindustrie.
Fachbuchverlag Leipzig