

Die Aufbereitung und Wiederverwertung von Altholz zur Herstellung von Mitteldichten Faserplatten (MDF)

Zusammenfassung der Dissertation von

Markus Erbreich

im Fachbereich Biologie

Hamburg 2004

Produkte aus Holz und Holzwerkstoffen unterliegen einem immer kürzer werdenden Lebenszyklus. Altholz und holzhaltige Alt- und Reststoffe fallen nach dem Gebrauch in großen Mengen an und müssen entsorgt werden. Typische Holzabfallsortimente sind z.B. Holzabfälle aus der Holzbe- und -verarbeitung, Verpackungshölzer, Baustellenhölzer (Bauholz und Abbruchholz) und Hölzer aus dem Außenbereich. Die rund 8 Mio. t Altholz p. a., die in Deutschland anfallen, können aufgrund der am 01. März 2003 in Kraft gesetzten Altholzverordnung, die erstmalig die Verwertung vor die Beseitigung von Holzabfällen stellt, genutzt werden (MARUTZKY, 1997). Die Holzwerkstoff-, Papier- und Zellstoffindustrie ist beim Rohholzbedarf vorwiegend auf Sortimente angewiesen, die auch in die energetische Nutzung einbezogen werden. Dieses Potential muss von der Industrie für die stoffliche Verwertung genutzt werden.

Angeregt durch den sich abzeichnenden knapperen Rohholzmarkt für die MDF-Industrie wurde in dieser Arbeit untersucht, ob sich aus Alt- und Frischholz hergestellte Fasern zur MDF-Herstellung eignen. Das Ziel war die Durchführung systematischer Untersuchungen zum Einfluss von Aufschlussbedingungen beim Zerkleinerungsprozess einschließlich unterschiedlicher Vorbehandlungen und der Charakterisierung der hergestellten Faserstoffe sowie Untersuchungen der physikalisch-technologischen und chemischen Eigenschaften, der aus diesen Fasern hergestellten mitteldichten Faserplatten (MDF). Hierfür wurden von fünf unterschiedlichen Altholzverwertern in Deutschland handelsübliche Altholzsortimente verwendet.

Vor Untersuchungsbeginn wurden die Altholzsortimente hinsichtlich ihrer Störstoff- und Sandanteile überprüft. Hier war zu erkennen, dass die in der Industrie üblichen Werte an Sandanteilen von einer stark verunreinigten Altholzcharge (Firma D) deutlich überschritten wurden. Zugleich wies diese Altholzcharge den höchsten Störstoffanteil von 3,5 Gew.-% auf. Bei Altholzsortimenten, die sich hauptsächlich aus Paletten- und Verpackungshölzern zusammensetzten (Firma A, C und E), fielen diese Anteile wesentlich niedriger aus.

Die Holzschutzmittelbelastung des Altholzmaterials zeigte bei allen ermittelten Parametern eine gewisse Schwankungsbreite innerhalb des Untersuchungsmaterials. Lediglich das stark mit Störstoffen behaftete Material der Firma D wies für Blei und Chrom leicht erhöhte Analysewerte auf, während die übrigen Altholzsortimente die Grenzwerte der Altholzverordnung einhielten. Zur Charakterisierung des Faserstoffes wurden aus Kiefernalt- und Kiefernfrischholz unter Industriebedingungen unbeleimte Fasern hergestellt.

Der gewonnene Faserstoff sollte durch folgende Untersuchungen charakterisiert werden:

- Faserlängenverteilung mit dem Bauer McNett-Verfahren,
- Faserlängenverteilung mittels Trockensiebung,
- Faserlängenmessung mit Hilfe der Mikroskop-Bildverarbeitung,
- Ermittlung der Defibratorwerte,
- lichtmikroskopische Untersuchungen,
- chemische Analysen.

Ein Teil der für die Untersuchungen hergestellten Hackspäne aus Alt- und Frischholz wurde 24 Stunden in Wasser eingelagert, bevor sie dem weiteren Verarbeitungsprozess zugeführt wurden. In der Laborrefineranlage des WKI wurde das Fasermaterial durch Dämpfung der Hackspäne bei 3 min/150°C hergestellt. Die Faserlängenverteilung beider Aufschlussvarianten, d.h. mit und ohne Wasserlagerung, wurde mit dem Bauer McNett-Verfahren bestimmt.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die im Wasser gelagerten Hackspäne wesentlich längere Fasern erzeugen können als Hackspäne, die diese Vorbehandlung nicht erfuhren. Durch die Wasserlagerung konnte der Langfaseranteil des Frischholzes, der nicht das R16 Sieb (grob) passierte, um 49% verbessert werden. Dem gegenüber ergab Altholz mit Wasserlagerung einen um 35% höheren Langfaseranteil. Charakteristisch für das Analyseergebnis nicht im Wasser gelagerter Faserstoffe war der wesentlich höhere Feinanteil. Die sich hieraus ableitende vorteilhafte Wasserlagerung der Hackspäne könnte mit der Investition eines Wasserbehälters zur Vorbehandlung der Hackspäne relativ einfach industriell umgesetzt werden.

Bekanntlich beeinflusst die Dämpfbehandlung beim Zerfaserungsprozess die Faserstoffqualitäten wesentlich. Bei höheren Dämpftemperaturen werden die Fasern durch die Ligninkondensation leichter gelöst und der Splitteranteil verringert sich. Um eine deutliche Veränderung der Aufschlussbedingung zu erreichen, wurden nicht wassergelagerte Alt- und Frischholzhackspäne mit einer Dampfbehandlung von 3 min/150°C und 3 min/180°C aufgeschlossen.

Dabei wurden durch die intensiveren Dämpftemperaturen deutlich höhere Faserlangstoffe bei Alt- und Frischholz ermittelt. Das Altholz liegt bei der Maschenweite R16 (grob) mit fast 25 Massenprozenten noch unterhalb der Massenanteile von Frischholz (ca. 30%), aber deutlich über den Massenanteilen, die bei 150°C Dämpftemperatur erzielt wurden. Im mittleren Faserlängenbereich besitzen die Altholzfasern in etwa den gleichen Massenanteil wie die Frischholzfasern.

Unter der Voraussetzung, dass eine saubere, homogene Altholzcharge zur Verfügung steht, können unter diesen Bedingungen Alt- und Frischholzhackspäne zusammen aufgeschlossen werden, ohne Qualitätsunterschiede befürchten zu müssen. Bei ausreichender Altholzversorgung könnte auch ausschließlich Altholz entsprechender Qualitäten aufgeschlossen werden.

Angaben über Faserlängen von unterschiedlichen Holzarten sind aus der Literatur hinreichend bekannt, wobei sie für Althölzer gegenwärtig noch fehlen. Mit einer Mikroskop-Bildverarbeitung wurde von digital erstellten Bildern die Länge und Breite der Alt- und Frischholzfasern vermessen. Ziel dieses Untersuchungsabschnittes war, einen Überblick über die Verteilung der Faserlänge > 400 µm zu erhalten. Eine tendenzielle Übereinstimmung mit der Faserlängenverteilung, gemessen mit dem Bauer McNett-Verfahren und der PC-Messung konnte bestätigt werden. Die deutlichsten Unterschiede bezüglich der Dimensionen waren an Faserstoffen aus Alt- und Frischholzhackspänen zu erkennen, die bei 150°C und 180°C bei 3-minütiger Dämpfzeit gewonnen wurden. Mit der Bildanalyse wurde belegt, dass die Aufschlusstemperatur ursächlich für eine Verschiebung der Häufigkeitsverteilung von kürzeren zu längeren Fasern ist.

Zur Charakterisierung des Alt- und Frischholzmaterials wurden die Hackspäne und Fasern lichtmikroskopisch auf Schädigungen begutachtet, die durch äußere Einwirkungen während der Gebrauchs- und Aufbereitungsphase entstanden. Dabei konnten bei beiden Holzsortimenten Stauchungen und Quetschungen an den Holzfasern erkannt werden, die durch die Krafteinwirkung der Hackmesser hervorgerufen wurden.

Untersuchungen an den Altholzpräparaten zeigten, dass 3% der Hackspäne von Pilzen und vor allem von Bläuepilzen befallen waren. Durch den Zerfaserungsprozess werden diese nicht zerstört, sondern verbleiben in den Faser und gelangen so später in die Platte.

Andere Verunreinigungen wie Thermoplaste, die sich bei höheren Temperaturen zersetzen, konnten erwartungsgemäß nicht mikroskopisch erfasst werden. Sonstige Störstoffpartikel wurden am Fasermaterial nicht ausgemacht. Die Verhornungsneigung der Faserstoffe wurde über das Wasserrückhaltevermögen (WRV-Wert) bestimmt. Durch die Trocknung sinkt das Quellungsvermögen, während die Irreversibilität des Quellungsverlustes mit zunehmendem Trockengehalt anstieg. Die Strukturänderung der Faserwand führt zu einem irreversiblen Schließen der Mikroporen bei gleichzeitigem Absinken des mittleren Porendurchschnittes und des Gesamtvolumens. Die Untersuchungen zeigten, dass die Verhornungsneigung in erster Linie von der Qualität der Altholzhackspäne geprägt wird. Die ermittelten Resultate des WRV-Wertes lassen bei Betrachtung der Materialien der Firmen A (sauberes Altholz) bis D (stark verunreinigtes Altholz) den Rückschluss zu, dass mit einer hochwertigen Altholzqualität ein Faserstoff erzeugt werden kann, bei dem der WRV-Wert dem von Frischholz entspricht.

Das unter variierenden Aufschlussbedingungen gewonnene Fasermaterial, welches zur Charakterisierung diente, wurde anschließend beleimt und zu MDF verarbeitet. Hierdurch sollten Rückschlüsse aus der Faserlängenverteilung des Faserstoffes auf die spätere Plattenqualität gezogen werden. Die Ergebnisse zeigten, dass durch eine höhere Dämpftemperatur (3 min/180°C) eine Verbesserung der mechanisch-technologischen Eigenschaften wie Biege-E-Modul, Biegefestigkeit und Querkzugfestigkeit gegenüber den mit geringeren Dämpftemperaturen (3 min/150°C) hergestellten Platten erreicht werden. Anhand der Faserlängenverteilung der Faserstoffe, ermittelt mit dem Bauer-McNett-Verfahren, kann mit diesen ersten Ergebnissen ein tendenzieller Rückschluss auf die spätere Plattenqualität gezogen werden. Allerdings ist eine allgemein gültige Aussage über die Faserplatteneigenschaften hinsichtlich der Faserlängenanteile aufgrund des geringen Probenumfangs nicht möglich.

Sowohl durch eine Wasserlagerung der Hackspäne vor dem Zerfaserungsprozess als auch durch Variieren der Dämpfzeit lassen sich am Alt- und Frischholzmaterial verbesserte technologische Eigenschaften erzielen. Allerdings sind die ermittelten Werte nur bedingt mit den übrigen Ergebnissen dieser Arbeit vergleichbar, da bei dieser Versuchsserie das Material während des Fertigungsprozesses nicht in der Blow-Line, sondern zu einem späteren Zeitpunkt in einem Pflugscharmischer beleimt wurde. Anhand der Ergebnisse konnte dokumentiert werden, dass die Verwendung von Altholzhackspänen, die mit einer Temperatur von 180°C nach einer Wasserlagerung oder bei einer etwas höheren Dämpfzeit (5 Minuten) zu Faserstoff verarbeitet wurden, nicht immer zu geringeren technischen Eigenschaftswerten im Vergleich zu denen aus Frischholz hergestellten MDF führen. Teilweise lagen die Eigenschaftswerte der Altholzplatten über denen der Frischholzplatten.

Bei der Herstellung von Faserplatten ist bekanntlich die Temperatur ein Einflussfaktor auf das hygroskopische Verhalten gegenüber Feuchteschwankungen. MDF, deren Hackspäne unter sehr intensiven Dämpfbedingungen (8 min/180°C) zerfasert wurden, hielten die von der Norm EN 622 - 5 geforderte maximale Dickenquellung von 12% auch ohne Verwendung eines Hydrophobierungsmittels ein. Dieser Zusammenhang kann neben einer Produktverbesserung auch zur Senkung der Kosten führen.

Die Erkenntnisse aus der Alt- und Frischholzfasercharakterisierung bildeten die Basis für weitere Untersuchungen. Während üblicher Weise die Holzfeuchte des Altholzes und der Altholzhackspäne um 25% lag, konnten mit einer abgestuften und definierten Holzfeuchte der Hackspäne, die ohne Druck eingebracht wurde, keine vergleichbar besseren Platteneigenschaften erreicht werden. An den im Labor durchgeführten industrienahen Versuchen wurde festgestellt, dass für die Zerfaserung des Altholzes eine Feuchte unterhalb von 100% keinen entscheidenden Einfluss auf den Zerfaserungsprozess bildete. Die eingestellten Dämpfbedingungen sind dabei wesentlich entscheidender.

Eine Verarbeitung der relativ trockenen Altholzhackspäne ohne weitere Vorbehandlung wäre aus Sicht der Produktion eine günstige Herstellungsvariante. Es zeigte sich jedoch, dass Platten, die aus nicht vorbehandelten Altholzhackspänen mit den in dieser Arbeit verwendeten Verleimungsparametern hergestellt wurden, nur selten die Anforderungen nach DIN EN 622 – 5 erfüllen. Durch eine Hackspänereinigung konnte belegt werden, dass sich neben den mechanisch-technologischen Eigenschaften auch die Quellungseigenschaften verbessern ließen. Die mit diesen Verarbeitungsparametern hergestellten MDF, deren Altholzmaterial sich hauptsächlich aus Paletten und Verpackungshölzern zusammensetzte, erreichten leicht verbesserte Platteneigenschaften gegenüber den Platten, produziert aus stark verunreinigtem Altholzmaterial.

In der Spanplattenindustrie werden gegenwärtig ungefähr 25% Altholz eingesetzt, ohne Qualitätseinbußen der Platten zu erhalten. Unter industriellen Bedingungen muss davon ausgegangen werden, dass Altholz mit Frischholz verarbeitet wird, da für eine ausschließlich aus Altholz hergestellte MDF regional bedingt nicht genügend Altholz zur Verfügung stehen wird. Zur Ermittlung der optimalen Einsatzmenge wurden Altholzhackspäne mit Frischholzhackspänen vermischt, zerfasert und zu MDF verarbeitet. Durch die Zugabe des Frischholzmaterials stiegen die Mittelwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften kontinuierlich an.

Die Mindestanforderungen für den Biege-E-Modul und die Biegefestigkeit nach DIN EN 622 – 5 an Standardplatten zur Verwendung im Trockenbau wurden von den ausschließlich aus Altholz hergestellten MDF erreicht und konnten durch Zugabe von Frischholz noch erheblich verbessert werden. Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass durch Zugabe von 25% gut vorsortiertem und gereinigtem Altholz zum Frischholz technologische Platteneigenschaften erreicht werden, die einer Frischholzplatte gleich kommen.

Die gewonnenen Erkenntnisse dieser Arbeit dienen als Grundlage für eine Versuchsserie, bei der mit einem Flottenverhältnis von 1:2 die Hackspäne mit Natriumsulfit vorbehandelt wurden. Bei einer Dampfbehandlung von 3 min/180°C, die sich durch die eigenen Untersuchungen für Altholz als geeignet erwies, wurde der Faserstoff aufgeschlossen.

Erwartungsgemäß zeigten sich deutlich höhere technologische Eigenschaften der MDF, die aus chemisch vorbehandelten Altholzhackspänen hergestellt wurden. Es hat sich anhand der hier vorliegenden Untersuchungen gezeigt, dass eine Vorbehandlung der Hackspäne mit Natriumsulfit für Alt- und Frischholz einen deutlichen Vorteil gegenüber der Verarbeitung nicht vorbehandelter Hackspäne bringt. Bei den Altholzplatten wurde beispielsweise eine verbesserte Biegefestigkeit von 21% und bei den Frischholzplatten von 9% erreicht.

Auch die Abhebefestigkeitswerte der mit chemisch vorbehandelten Hackspänen hergestellten MDF wiesen deutlich höhere Werte auf als die Vergleichsplatten dieser Untersuchungsserie. Gerade für den Einsatz dieser Platten im Laminatbodenbereich, der ungefähr 50% der MDF-Gesamtproduktion ausmacht, ist die Abhebefestigkeit für eine spätere Beschichtung der Platten von großer Bedeutung. In diesem Marktsegment könnten nach den vorliegenden Untersuchungen die aus Altholz gefertigten MDF aufgrund ihrer Eigenschaften ohne weiteres eingesetzt werden.

Im Bereich der Laminatfußböden werden hohe Anforderungen hinsichtlich der Quellung gestellt. Die vorgestellten Untersuchungen zeigen bei optimierten Bedingungen einen viel versprechenden Weg zur Herstellung von MDF mit quellungsarmen Eigenschaften, wobei auf Hydrophobierungsmittel bei üblichen Bindemittelanteilen verzichtet werden kann. Die Quellungseigenschaften der als Trägerplatte konzipierten Altholz-MDF können zusätzlich über Leimdosierung und Hydrophobierungsmittel verringert werden. Dies ist für eine zurzeit immer noch wachsende MDF-Industrie sicher von großem wirtschaftlichem Interesse.