

Entwicklung eines Verfahrens zum gezielten Einsatz von Faserstoffen auf Basis von gebrauchten Span- und mitteldichten Faserplatten, Altpapier und Einjahrespflanzen für die Verbesserung der Eigenschaften von mitteldichten Faserplatten (MDF)

In Deutschland wird für die Herstellung von mitteldichten Faserplatten (MDF) hauptsächlich entrindetes Durchforstungsholz der Kiefer und Fichte eingesetzt. Teilweise wird auch Nadelindustriestholz verwendet. Laubholz kommt - wenn überhaupt - nur in geringen Mengen zum Einsatz. Beim Holzaufschluss werden aus energetischen Gründen hohe Temperaturen von ca. 170°C...180°C angewandt. Es stellt sich die Frage, ob die unter diesen scharfen Aufschlussbedingungen hergestellten Holzfasern technologisch das Optimum für die Entwicklung der Festigkeitseigenschaften der hergestellten MDF darstellen.

Forschungsbedarf zum optimierten Einsatz alternativer Rohstoffe zur Herstellung von MDF und Ausschöpfung des in diesen Rohstoffen enthaltenen Festigkeitspotenzials ergibt sich aus noch zu erwartenden Engpässen bei der künftigen Rohstoffversorgung der Holzwerkstoffindustrie mit Waldindustrieholz der Kiefer und Fichte. Derzeit werden in einigen Werken der MDF-Industrie in Deutschland im Durchschnitt lediglich etwa 3% bis 5% an MDF-Produktionsabfällen und Gebrauchtfaserplatten eingesetzt, wobei das Material gemeinsam mit den Holzhackschnitzeln aufgeschlossen und in den Herstellungsprozess zurückgeführt wird. Eine weitere Erhöhung der eingesetzten Recyclingfaserplatten ohne Veränderung des Aufschlussprozesses und der Herstellungsparameter führt nach den bisherigen empirischen Erfahrungen der Faserplattenindustrie zu einer Verschlechterung in den mechanisch-technologischen Eigenschaften der hergestellten MDF.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, den Einsatz von bisher kaum in der Herstellung von MDF verwendeten Rohstoffen wie Gebrauchtsanplatten, Gebrauchtfaserplatten, Einjahrespflanzen (Stroh) und Altpapier zu untersuchen und ein Verfahren für ihren gezielten Einsatz in den Herstellungsprozess zu entwickeln. Durch den gezielten Einsatz von unter optimierten Bedingungen aufbereiteten Faserstoffen sollten darüber hinaus einige besonders technologisch relevante Eigenschaften von MDF wie die Dickenquellung und das Sorptionsverhalten verbessert werden. Ferner hatte das Forschungsvorhaben das Ziel, durch Herstellung von mehrschichtigen Holzfasernplatten den Einsatz der alternativen Faserstoffe in den verschiedenen Plattenschichten von MDF zu optimieren.

Im ersten Teil der Untersuchungen wurde die Eignung von Gebrauchtsan- und Gebrauchtfaserplatten als Rohstoff für die Herstellung von MDF untersucht. Aus gebrauchten Span- und Faserplatten wurden thermomechanische (TMP) und chemothermomechanische (CTMP) Holzstoffe hergestellt und auf ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften hin charakterisiert.

Die Ergebnisse zeigen, dass TMP aus dem Holz eine wesentlich schlechtere Benetzung als CTMP aufweist. Dies ist vermutlich auf das im CTMP-Aufschluss vorhandene Alkali, das Extraktstoffe aus dem Holz löst und die generelle Benetzbarkeit der Fasern mit wässrigen Lösungen verbessert, zurückzuführen. Des Weiteren zeigen TMP und CTMP aus UF-Harz-gebundenen MDF eine deutlich bessere Benetzung als TMP und CTMP, die aus dem Kiefernholz direkt gewonnen wurden. Zwischen den TMP und CTMP aus UF-Harz-gebundenen MDF bestehen hinsichtlich der Benetzung keine gesicherten Unterschiede. Dies beruht womöglich darauf, dass das UF-Harz in MDF während des Aufschlusses abgebaut wird und zur Bildung von freiem Harnstoff und Ammoniak führt. Demzufolge erfolgt der Aufschluss von UF-Harz-gebundenen MDF stets unter alkalischen Bedingungen, die auch beim CTMP-Verfahren vorliegen.

Die Ergebnisse von IR-spektroskopischen Untersuchungen an den hergestellten Faserstoffen lassen des Weiteren erkennen, dass das Holz im Zuge des Aufschlusses nach dem TMP- und CTMP-Prozess tiefgreifende Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung erfährt, insbesondere in den Kohlenhydraten.

In breit angelegten Untersuchungen wurde der Einfluss des thermomechanischen und chemothermomechanischen Aufschlusses auf den pH-Wert, die Pufferkapazität, den Extraktstoffgehalt und die Abgabe an Formaldehyd sowie Essig- und Ameisensäure untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass der Gehalt an Formiat- und Acetationen in den wässrigen Extrakten der ohne Zugabe von Chemikalien thermomechanisch aufgeschlossenen MDF um das Zehnfache höher liegt als in den wässrigen Extrakten des thermomechanisch aufgeschlossenen Holzes. Die Ergebnisse lassen ferner deutlich werden, dass auch die Abgabe an Essigsäure der aus den ohne Chemikalien aufgeschlossenen MDF hergestellten Fasern wesentlich höher ist als die aus den entsprechenden Fasern, die direkt aus dem Holz stammen. Dieses Ergebnis steht womöglich damit in Zusammenhang, dass während des Aufschlusses das Bindemittel in UF-gebundenen MDF unter Entstehung von Harnstoff und Ammoniak abgebaut wird und hierdurch der Aufschluss chemo-thermomechanisch erfolgt. Das Ammoniak erhöht den pH-Wert der Fasern und führt zum stärkeren Abbau der Acetylgruppen im Holz als im Falle des Aufschlusses von bindemittelfreien Hackschnitzeln.

Im Vergleich zum Aufschluss der UF-Harz-gebundenen MDF nach dem TMP-Verfahren erhöht der Aufschluss der MDF nach dem CTMP-Verfahren geringfügig den pH-Wert und verringert deutlich die alkalische Pufferkapazität der Kaltwasserextrakte. Der Gehalt an Kalt- und Heißwasserextraktstoffen nimmt beim Aufschluss nach dem CTMP-Verfahren zu. Der Gehalt an flüchtigen Säuren in den Kaltwasserextrakten steigt beim Aufschluss nach dem CTMP-Verfahren mit Natriumhydroxid allein deutlich an. Bei Verwendung von einem Gemisch aus Natriumhydroxid und Natriumsulfit als Aufschlusschemikalie wird der Gehalt an Formiat- und Acetationen in den Kaltwasserextrakten vergleichsweise deutlich verringert. Dies ist - trotz des höheren Anteils an Natriumhydroxid beim Aufschluss - vermutlich auf die abpuffernde Wirkung von Natriumsulfit zurückzuführen, die bekanntlich den Abbau an Kohlenhydraten - als „precursor“ für die Bildung von flüchtigen Säuren - verringert. Interessant ist ferner die Feststellung, dass die Formaldehydabgabe der nach dem CTMP-Verfahren aus MDF hergestellten Fasern generell niedriger ist als die der nach dem TMP-Verfahren gefertigten. Besonders gering ist die Formaldehydabgabe der Fasern, die in Anwesenheit von Natriumhydroxid und Natriumsulfit hergestellt wurden; die Formaldehydabgabe der CTMP liegt hier um ca. 50 % niedriger als die der TMP. Interessanterweise sind keine großen Unterschiede zwischen der Formaldehydabgabe der TMP aus Kiefernholz und der CTMP aus MDF - hergestellt aus Kiefernholz - festzustellen.

Bemerkenswert ist weiterhin die Feststellung, dass auch unter drastischen Aufschlussbedingungen keine vollständige Hydrolyse (Entfernung) des Bindemittels in den Platten möglich war. Darüber hinaus ist festzustellen, dass der Ligningehalt durch den Aufschluss eher erhöht als erniedrigt wurde. Eine gewisse Zunahme des Ligningehalts durch den Aufschluss bei hohen Temperaturen wurde auch im Falle von bindemittelfreiem Kiefernholz beobachtet. Inwieweit dies allein mit dem Abbau der Hemicellulosen durch den Aufschluss in Zusammenhang steht und/ oder ob eine Vernetzung des Lignins mit dem Formaldehyd hier eine Rolle spielt, muss späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Weitere Untersuchungen betrafen die Eignung von der hergestellten Holzstoffe (TMP und CTMP) aus gebrauchten Holzspan- und -faserplatten als Rohstoff für die Herstellung von mitteldichten Faserplatten. Hiernach lässt sich TMP aus Holz bei der Herstellung von UF-Harz-gebundenen MDF zu etwa 30 % durch TMP aus Gebrauchtspan- und -faserplatten ersetzen, ohne dass die mechanisch-technologischen Eigenschaften der hergestellten Platten eine nennenswerte Beeinträchtigung erfahren. Auch die Formaldehydabgabe der hergestellten Platten wird hierdurch nicht erhöht. Es sind weiterhin keine signifikanten Unterschiede in der Abgabe an flüchtigen Säuren zwischen den direkt aus Holz hergestellten Platten und denen unter Zusatz von TMP aus Gebrauchtspan- und -faserplatten gefertigten MDF feststellbar. Dies kann als hinreichendes Kriterium dafür angesehen werden, dass zwischen dem eingesetztem

Bindemittel und den chemischen Abbauprodukten der Gebrauchtholzspan- und -faserplatten chemische Wechselwirkungen bestehen.

Auch Weizen- und Rapsstroh wurden mittels eines drucklosen Refineraufschlusses zu Faserstoffen verarbeitet, die als Rohstoff für die Herstellung von MDF eingesetzt wurden. Die Ergebnisse zeigen, dass aus Rapsstroh gewonnene Faserstoffe als Teilersatz (bis zu 30 %) von TMP aus dem Holz verwendet werden können, ohne dass die physikalisch-technologischen Eigenschaften der hergestellten Platten negativ beeinflusst werden.

Die Mitverwendung von gemischtem Altpapier für die Herstellung von MDF war Gegenstand weiterer Untersuchungen. Es zeigte sich, dass das zuvor aufbereitete Altpapier mit einem Aschegehalt von bis zu ca. 12 % weitaus weniger für die Herstellung von MDF geeignet ist als Gebraucht-faserplatten oder Einjahrespflanzen. Inwieweit das Altpapier nach dem Durchlaufen von zusätzlichen Reinigungsstufen und Deinking besser geeignet ist, muss durch spätere Untersuchungen geklärt werden.

In anschließenden Untersuchungen wurde der Aufschluss von gebrauchten Span- und Faserplatten sowie von Weizenstroh in einem Doppelschneckenextruder vorgenommen und die hergestellten Stoffe mit Refiner-Faserstoffen verglichen (Tabelle). Des Weiteren wurden die Extruderstoffe als Teilersatz für Kiefernholz-TMP bei der MDF-Herstellung verwendet. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die Extruder-Technologie ist weitaus schonender als die Refiner-Technologie, da die Bindemittel in gebrauchten Span- und Faserplatten weitgehend erhalten bleiben oder nur vergleichsweise geringfügig angegriffen werden.

Bei der Herstellung von MDF kann aus dem Holz erzeugter TMP durch den Refiner- oder den Extruderfaserstoff zu etwa 30 % ersetzt werden, ohne dass die Biegefestigkeit der MDF negativ beeinflusst wird. Die Querkzugfestigkeitswerte nehmen infolge des Ersatzes von TMP aus dem Holz durch Refiner- oder Extruderfaserstoff aus gebrauchten MDF eher zu als ab. Auch die Dickenquellung der Platten wird positiv beeinflusst bzw. verringert. Inwieweit die eingetretene Dickenquellungsverminderung vollständig oder teilweise darauf zurückzuführen ist, dass die gebrauchten Faserplatten vor der Zerfaserung im Extruder auch Anteile an Hydrophobierungsmittel enthielten, sollen spätere Untersuchungen einer Klärung näher bringen. Für die Herstellung von Faserstoffen nach dem Extruderverfahren und deren Einbringung in den MDF-Herstellungsprozess wurde eine Anlage konzipiert (Bild). Dieses Verfahren eröffnet die Möglichkeit, bei der Herstellung von MDF gezielt separat aufbereitete sekundäre Rohstoffe (Gebrauchtspan- und -faserplatten, Einjahrespflanzen, Altpapier) dem MDF-Herstellungsprozess zuzuführen und die unterschiedlichen Fasereigenschaften gezielt für die Platteneigenschaften zu nutzen. Darüber hinaus ergibt sich die Möglichkeit, den Bindemittelaufwand den verschiedenen Faserstoffen anzupassen und gegebenenfalls Bindemittel einzusparen. Dies ist bislang nach der herrschenden Herstellungstechnologie von MDF nicht möglich. Das Verfahren ist auch für andere Aggregate wie ein unter atmosphärischem Druck arbeitender Refiner geeignet. Es sind hier weitere Untersuchungen geplant, das erarbeitete Konzept auch industriell zu erproben.

In weiteren Arbeiten wurde die Möglichkeit der Mitverwendung von Einjahrespflanzen (Raps- und Weizenstroh) bei der MDF-Herstellung untersucht. Hier zeigte sich, dass das Verhalten der verschiedenen Stroharten unterschiedlich ist. Während die aus Rapsstroh im Refiner gewonnenen Faserstoffe zu etwa 1/3 den TMP-Stoff aus Holz ersetzen können, ohne dass die Querkzug- und Biegefestigkeit der hergestellten einschichtigen Platten eine Beeinträchtigung erfahren, wirkt sich die Zugabe von Weizenstrohfaserstoff in gleicher Menge auf die Biegefestigkeit geringfügig negativ aus. Auf die Dickenquellung hat der Einsatz von Faserstoff aus Stroh generell eine negative Wirkung, deren Ausmaß von der Strohart abhängig ist.

Bei den im Rahmen des Forschungsvorhabens im Labor hergestellten dreischichtigen MDF ließen sich Faserstoffe sowohl aus Gebrauchtspanplatten als auch aus Einjahrespflanzen unter optimierten Bedingungen als teilweiser Ersatz für Refiner-TMP einsetzen.

Ein weiterer Arbeitsabschnitt befasste sich mit der Verwendbarkeit von gemischtem Altpapier als Rohstoff für MDF. Im Nassverfahren ohne Bleiche aufbereitetes gemischtes Altpapier ist aus technologischen und wirtschaftlichen Gründen weitaus weniger geeignet als Rohstoff für MDF als gebrauchte Holzspan- und -faserplatten, da anscheinend der hohe Aschegehalt (12 % bis 20 %) die Bindungseigenschaften der Altpapierfasern erheblich beeinträchtigt. Es kommt hinzu, dass eine vollständige Aufbereitung des Altpapiers in Anlehnung an die Vorgehensweise bei der Aufbereitung des Altpapiers für die Papierherstellung mit den dazugehörigen Aufbereitungsstufen von Sortieren, Fraktionieren und, falls aus optischen Gründen notwendig, Deinking zurzeit bereits aus wirtschaftlichen Gründen kaum für die MDF-Industrie in Frage kommt.

Für die Einführung der gewonnenen Faserstoffe aus Gebrauchtspanplatten und Gebrauchtspanplatten sowie Einjahrespflanzen in den MDF-Herstellungsprozess wurde ein Konzept entwickelt und erste erfolgversprechende Versuche durchgeführt. Die im Extruder oder in einem zweiten Refiner hergestellten Stoffe können über einen Bypass zum einen direkt in die Blowline eingebracht werden, zum anderen können diese Stoffe separat aufgeschlossen, über eine separate Blowline beleimt und anschließend gegebenenfalls mit anderen Faserstoffen zusammengemischt werden. Dies hat den Vorteil, dass die Aufschlussbedingungen zum einen und die Bindemittelanteile zum anderen variiert und dem Faserstoff optimal angepasst werden können.

Durchführende Forschungsstellen (FST):

FST 1: Georg-August-Universität Göttingen
Büsgen-Institut, Abt. Molekulare Holzbiotechnologie und Technische Mykologie
Prof. Dr. E. Roffael

FST 2: Papiertechnische Stiftung (PTS), Heidenau
Dipl.-Ing. G. Bär, Dipl.-Ing. A. Manoiu

FST 3: Fraunhofer-Institut für Holzforschung
Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI), Braunschweig
Dr. B. Dix

Veröffentlichungen:

Roffael, E., Dix, B., Behn, C., Bär, G. (2008)
Benetzung von TMP und CTMP aus Holz sowie gebrauchten mitteldichten Faserplatten (MDF).
Holz als Roh- und Werkstoff 66: 389-390

Roffael, E., Dix, B., Behn, C., Bär, G. (2009)
Chemische Eigenschaften von TMP und CTMP, hergestellt aus Kiefernholz und UF-Harz-
gebundenen mitteldichten Faserplatten (MDF).
European Journal of Wood Production (67): 113-115

Roffael, E., Dix, B., Behn, C., Bär, G. (2008)
Abbau von UF-Harzen beim TMP- und CTMP-Aufschluss von mitteldichten Faserplatten (MDF).
Holz als Roh- und Werkstoff, DOI 10.1007/s00107-008-0280-2

Roffael, E., Dix, B., Behn, C., Bär, G. (2009)
IR-Spektren von TMP und CTMP, hergestellt aus Kiefernholz und mitteldichten Faserplatten (MDF). *European Journal of Wood Production* (67): 233-235

Roffael, E., Bär, G., Behn, C., Dix, B. (2009)
Einfluss der Aufschlusstemperatur auf die morphologischen Eigenschaften von TMP aus Kiefernholz. *European Journal of Wood Production* (67): 119-120

Roffael, E., Dix, B., Behn, C., Bär, G. (2009)
Extruder vs. Refiner: Faserstoff aus gebrauchten MDF.
Holz-Zentralblatt (135): 254-255

Roffael, E., Dix, B., Behn, C., Bär, G. (2009)
Mitverwendung von UF-Harz-gebundenen Gebrauchtspan- und -faserplatten in der MDF-Herstellung. *European Journal of Wood Production*: *Zur Veröffentlichung angenommen*

Roffael, E., Behn, C., Dix, B., Bär, G. (2009): Recycling of UF-bonded fibreboards. Abstract (angenommen) zum Vortrag für das International Panel Products Symposium (IPPS) 2009 am 16.-18.9.2009 in Nantes, Frankreich

Die Untersuchungen wurden vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) und den Internationalen Verein für Technische Holzfragen (iVTH) gefördert.

Förderkennzeichen: 14801 BG

Der vollständige Bericht kann bestellt werden bei:

»Internationaler Verein für Technische Holzfragen e. V.«

Bienroder Weg 54 E

38108 Braunschweig

Tabelle: Physikalisch-technologische Eigenschaften und Formaldehydgehalt von MDF, hergestellt mit 1/3 Refiner- bzw. Extruderfaserstoff aus gebrauchten MDF sowie von MDF aus 100 % Kiefern-TMP

	MDF hergestellt aus Kiefern-TMP	MDF hergestellt mit 1/3 <u>Refiner</u> -Faserstoff aus gebrauchten MDF		MDF hergestellt mit 1/3 <u>Extruder</u> -Faserstoff aus gebrauchten MDF	
		TMP	CTMP 0,25% NaOH 1% Na ₂ SO ₃	TMP	CTMP 1 % Na ₂ SO ₃
Rohdichte [g/cm ³]	0,674	0,674	0,667	0,679	0,680
Querzugfestigkeit [N/mm ²]	0,20	0,22	0,30	0,27	0,33
Biegefestigkeit [N/mm ²]	29,7	32,1	32,0	29,4	31,4
Dickenquellung [%] nach 2h nach 24h Wasserlagerung	12,8 21,7	17,6 26,3	3,4 12,1	8,1 18,5	9,4 19,8
Wasseraufnahme [%] nach 2h nach 24h Wasserlagerung	61,7 94,4	64,3 91,2	30,7 55,3	47,4 72,2	46,7 72,8
Gleichgewichtsfeuchte nach Lagerung bei 20°C 35 % rel. Luftfeuchte 65 % rel. Luftfeuchte 85 % rel. Luftfeuchte [%]	5,6 8,0 11,3	6,0 8,1 11,6	5,8 7,6 10,9	6,0 7,9 11,1	6,1 7,9 11,1
Perforatorwert [mg HCHO/100g atro Platte]	9,5	5,7	6,1	8,1	7,4

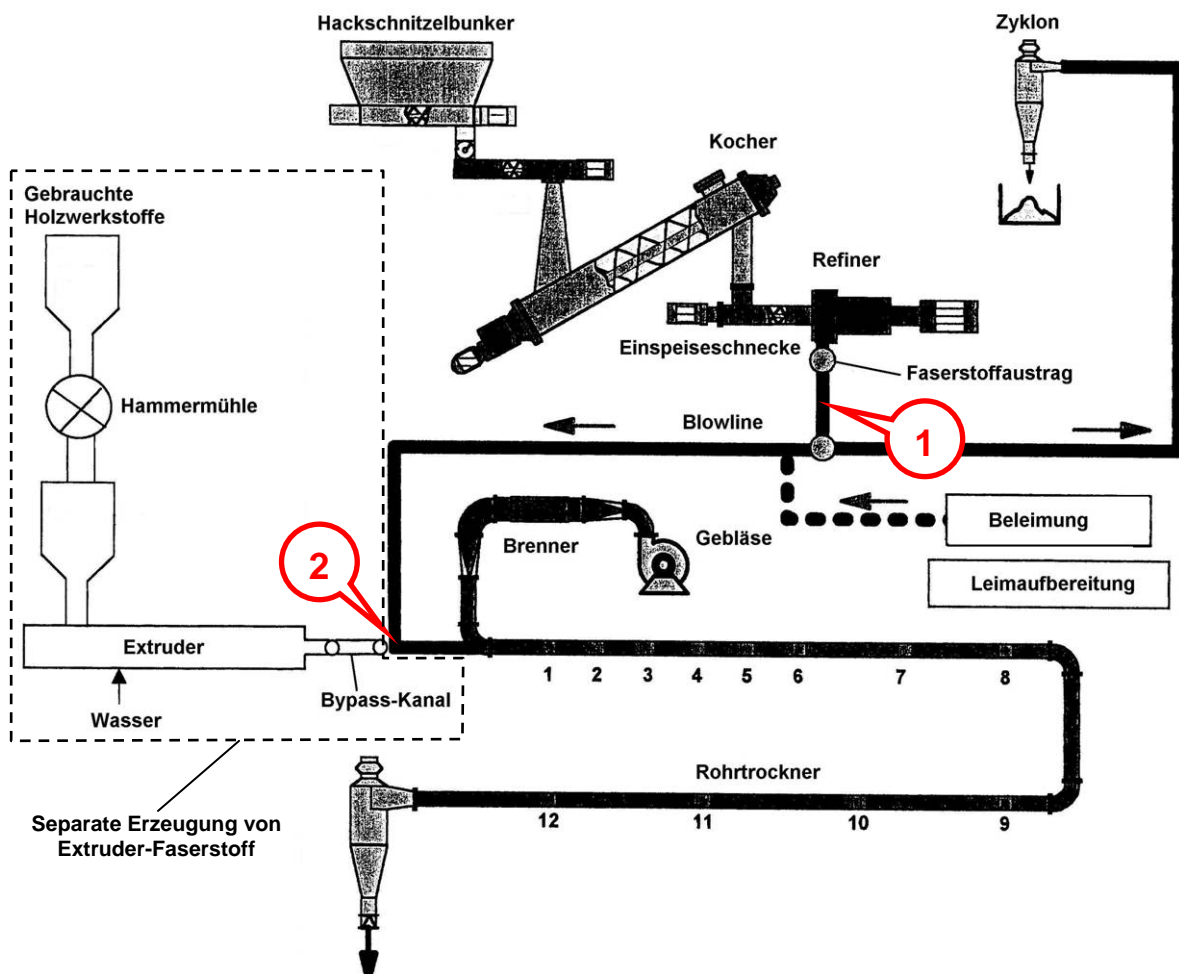


Bild: Schema zur Einschleusung optimiert aufbereiteter unbeleimter Faserstoffe zwischen Refiner und Blowline [1] sowie von unbeleimten oder beleimten Faserstoffen nach der Blowline in den Rohrstromtrockner [2]