

Mitverwendung von UF-Harz-gebundenen Gebrauchtspan- und -faserplatten in der MDF-Herstellung

Edmone Roffael · Brigitte Dix · Claus Behn · Gert Bär

Received: 25 September 2008 / Published online: 7 November 2009
© Die Autoren 2009

Zusammenfassung Die Untersuchungen betreffen die Eignung von TMP (thermo-mechanisch hergestellte Fasern) aus gebrauchten Holzspan- und -faserplatten als Rohstoff für die Herstellung von mitteldichten Faserplatten. Die Untersuchungsergebnisse lassen folgende Schlüsse zu: TMP aus gebrauchten Holzspan- und Holzfaserplatten weisen charakteristische morphologische und chemische Unterschiede zu TMP aus Holz auf. TMP aus Gebrauchtspan- und -spanplatten sind kürzer in der Faserlänge und verfügen über einen höheren Feinanteil. Die Kaltwasserextrakte der TMP aus Gebrauchtspanplatten und Gebrauchtspanplatten weisen einen deutlich höheren pH-Wert und

einen höheren Gehalt an Acetat- und Formationen auf. Auch die Formaldehydabgabe der TMP aus gebrauchten Span- und Faserplatten ist höher als die des aus Holz hergestellten TMP. TMP aus Holz lässt sich bei der Herstellung von UF-Harz-gebundenen MDF zu 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 eingesetzten Bindemittel und den chemischen Abbauprodukten der Gebrauchtholzspan- und -faserplatten chemische Wechselwirkungen bestehen.

Förderung: Das Verbundvorhaben zwischen der Universität Göttingen, dem Fraunhofer-Institut für Holzforschung und dem Institut für Zellstoff und Papier der Papiertechnischen Stiftung wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF- Nr. 14801 BG) über den Internationalen Verein für Technische Holzfragen (iVTH) gefördert.

E. Roffael (✉)
Georg-August-Universität Göttingen,
Büsgenweg 4, 37077 Göttingen, Deutschland
E-Mail: eroffael@gwdg.de

B. Dix
Fraunhofer-Institut für Holzforschung,
Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI),
Bienroder Weg 54 E, 38108 Braunschweig, Deutschland

C. Behn
Georg-August-Universität Göttingen, Büsgen-Institut, Abteilung
Molekulare Holzbiotechnologie und Technische Mykologie,
Büsgenweg 2, 37077 Göttingen, Deutschland

G. Bär
Papiertechnische Stiftung (PTS), Institut für Zellstoff
und Papier (PTS-IZP),
Pirnaer Str. 37, 01809 Heidenau, Deutschland

Use of UF-bonded recycling particle- and fibreboards in MDF-production

Abstract The work is related to the use of thermomechanical pulps (TMP) prepared from recycling UF-bonded particle- and fibreboards as a partial substitute for TMP made directly from wood in MDF. The results reveal that TMP from recycling boards show striking differences in their morphological characteristics and chemical properties compared to TMP prepared directly from wood. TMP from recycling boards are of shorter fibre length and higher content of fine fraction. Moreover, their cold water extractives are of higher pH-value and contain appreciably higher amounts of acetate and formate ions. TMP from recycling

boards releases also more formaldehyde compared to TMP made directly from wood. Moreover, the results clearly show that TMP from recycling boards can be used up to 30% as a partial substitute for TMP from wood in making UF-bonded MDF without any noteworthy deterioration of the physical-mechanical board properties. Also, the formaldehyde release of the boards made using TMP from recycling boards experiences no negative change. Only small differences were found in the content of formate and acetate ions as well as in the release of volatile acids from MDF made from recycling fibre- and particleboards on the one side and boards directly made from wood on the other side. All the results indicate that chemical interaction seems to take place between the chemically degraded resin in UF-bonded recycling boards and the new binder used in making MDF.

1 Einleitung

Für die Herstellung von mitteldichten Faserplatten (MDF) werden Zerkleinerungsprodukte, insbesondere Holz-Hackschnitzel, zunächst bei Temperaturen von 40–50°C gewaschen und anschließend bei Temperaturen von 80°C bis 90°C gedämpft. Die so behandelten Holzackschnitzel werden anschließend bei Temperaturen von 160°C bis 180°C aufgeschlossen und darauffolgend in einem Refiner zerkleinert. Im Anschluss hieran werden die noch heißen und nassen Fasern unter Druck in ein Blasrohr befördert und mit Bindemitteln beleimt. Die beleimten Fasern werden anschließend, je nach Anlage unterschiedlich scharf, getrocknet, zu Matten gestreut und zu Faserplatten heiß gepresst.

Ergebnisse von Untersuchungen zum Einfluss der Aufschlussbedingungen von Fichtenholz auf die physikalisch-technologischen Eigenschaften der hergestellten MDF zeigen, dass je nach Aufschlussstemperatur erhebliche Veränderungen in den chemischen Eigenschaften der hergestellten Fasern eintreten. Mit zunehmender Aufschlussstemperatur nahm der pH-Wert von den Kaltwasserextrakten der Fasern ab und ihre alkalische Pufferkapazität entsprechend zu. Ferner stieg der Extraktstoffgehalt (Heißwasser-Extraktion) der Fasern bis zu etwa 11,5% bei einer Aufschlussstemperatur von 180°C an (thermo-mechanischer Aufschluss). Diese Veränderungen in den chemischen Eigenschaften wirken sich auf die physikalisch-technologischen Eigenschaften der hergestellten MDF aus. So nahm bei hohen Aufschlussstemperaturen die Dickenquellung der MDF deutlich ab, die Querzugfestigkeit wurde hierdurch nur geringfügig verringert (Schneider 1999).

Untersuchungen zum Einfluss der Aufschluss- und Trocknungsbedingungen auf das Verleimungsverhalten der

Fasern gewinnen im Zusammenhang mit dem zunehmenden, insbesondere durch die Rohstoffknappheit bedingten, Einsatz von Recyclingstoffen (insbesondere Gebrauchtspan- und -faserplatten) an Bedeutung. Ergebnisse von diesbezüglichen Voruntersuchungen lassen erkennen, dass sich das thermo-hydrolytische Verhalten von Recyclingfasern aus Harnstoff-Formaldehyd-Harz-gebundenen Faserplatten von dem der aus Holzackschnitzeln gewonnenen Fasern grundlegend unterscheidet (Franke u. Roffael 1998a,b): Recyclingspäne und -fasern aus UF-Harz-gebundenen Holzwerkstoffen enthalten ein weitgehend ausgehärtetes Bindemittel, das infolge der thermo-hydrolytischen Behandlung nur teilweise abgebaut wird (Roffael et al. 2008, 2009), so dass die hergestellten Fasern noch anhaftendes Bindemittel (UF-Harz) enthalten. Infolge des thermo-hydrolytischen Abbaus des Bindemittels (UF-Harz) kommt es nach Franke u. Roffael (1998b) zur Bildung von Ammoniak, das die aus dem Holz freiwerdenden Säuren abpuffert und zu einer entsprechenden Erhöhung im pH-Wert führt, die sich auf die Aushärtung des Bindemittels auswirkt. Demgegenüber sinkt der pH-Wert des unbehandelten Holzes bzw. dessen wässriger Extrakte infolge der thermo-hydrolytischen Behandlung ab.

Im Rahmen eines mehrjährigen Forschungsvorhabens sollte geklärt werden, inwieweit Holz bzw. Holzzerkleinerungsprodukte durch andere Lignocellulosen wie Gebrauchtspan- und -faserplatten, Einjahrespflanzen und Altpapier ersetzt werden können, ohne dass die physikalisch-technologischen Eigenschaften der hergestellten mitteldichten Faserplatten eine nennenswerte Beeinträchtigung erfahren. Ferner sollte der Einfluss der Mitverwendung der alternativen Lignocellulosen auf das Emissionsverhalten der hergestellten Platten, insbesondere auf die Formaldehydabgabe, ermittelt werden. Der vorliegende erste Teil der Arbeit befasst sich mit der Eignung von Gebrauchtspan- und -faserplatten als Teilersatz bei der Herstellung von mitteldichten Faserplatten.

2 Ziel der Untersuchungen

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, die morphologischen und chemischen Eigenschaften von aus Recyclingspan- und -faserplatten hergestellten Fasern mit denen, die direkt aus dem Holz gewonnen wurden, zu vergleichen. Darüber hinaus zielte die Arbeit darauf ab, die Auswirkung der Mitverwendung von Recyclingfasern aus Holzspan- und -faserplatten auf die physikalisch-technologischen Platteneigenschaften festzustellen. Des Weiteren sollte der Einfluss des teilweisen Ersatzes des Holzes durch Gebrauchtspan- und -faserplatten auf die Formaldehydabgabe der hergestellten mitteldichten Faserplatten festgestellt werden.

Tabelle 1 Herstellungsbedingungen für MDF
Table 1 Conditions of MDF-preparation

Plattenaufbau:	einschichtig
Plattendicke (Soll):	16 mm
Plattenrohichte (Soll):	700 kg/m ³
Bindemittel:	11% BASF K413 (Festharz/ atro Fasern)
Härter:	2,4% Ammoniumsulfat (Feststoff/ Festharz)
Hydrophobierungsmittel:	keins
Feuchtegehalt der beleimten Fasern:	9...10%
Presstemperatur:	200°C
Presszeit:	15 s/mm

3 Material und Methode

Als Ausgangsmaterial dienten industriell hergestellte UF-Harz-gebundene mitteldichte Faserplatten aus Kiefernholz mit einem über den Stickstoffgehalt hergeleiteten Bindemittelanteil von 11,4% sowie ebenfalls industriell hergestellte UF-Harz-gebundene Holzspanplatten aus Nadelholz mit einem Bindemittelgehalt von 9,4%. Diese Holzspan- und

-faserplatten wurden nach einer Vorzerkleinerung bei 170°C für 5 Minuten thermo-hydrolytisch beaufschlagt und anschließend im Refiner zerfasert. Zum Vergleich wurden Kiefernholzhackschnitzel unter den gleichen Bedingungen aufgeschlossen. Es wurden für die hergestellten Stoffe die Faserlänge, Zellwanddicke, der Anteil an Feinstoff und Splittergehalt quantitativ ermittelt. An den hergestellten Fasern wurden des Weiteren der pH-Wert und die alkalische Pufferkapazität der Kalt- und Heißwasserextrakte bestimmt. Ferner wurde im Kaltwasserextrakt der Gehalt an Formiat- und Acetationen bestimmt und an den Fasern die Abgabe an flüchtigen Säuren (Ameisen- und Essigsäure) gemessen. Die chemischen Analysen erfolgten mittels einschlägig ausgewiesener Methoden.

Die hergestellten Stoffe aus gebrauchten Span- und Faserplatten wurden zu 30% für den Ersatz von TMP aus Kiefernholz für die Herstellung von mitteldichten Faserplatten eingesetzt. Die Beleimung der Faserstoffe erfolgte in einer Beleimungstrommel. Es wurden einschichtige mitteldichte Faserplatten mit einer Soll-Dicke von 16 mm und einer Soll-Rohichte von 700 kg/m³ (nach Klimatisierung bei 20°C/ 65% relative Luftfeuchte) hergestellt. Die Herstellungsbedingungen können Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 2 Morphologische Eigenschaften von TMP aus Kiefernholz, Holzspanplatten und mitteldichten Faserplatten (MDF)
Table 2 Morphological properties of TMP from pine wood, particleboards and medium density fibreboards

Eigenschaft	TMP Kiefernholz	TMP Spanplatte	TMP MDF
Splitteranteil [%]	38,0	48	12
Faserlänge [mm]	1,64	1,10	1,24
Faserdurchmesser [µm]	31,0	29,3	30,9
Faserwandstärke [µm]	12,0	9,1	11,9
Feinanteil [%]	31,7	57,5	37,2
Kräuselfaktor [%]	6,9	10,1	5,4

Tabelle 3 Chemische Eigenschaften von Kiefernholzhackschnitzeln, UF-Harz-gebundenen Span- und Faserplatten sowie der daraus hergestellten thermo-mechanischen Holzstoffe**Table 3** Chemical properties of pine chips, UF-bonded particle- and fibreboards and TMP made therefrom

Eigenschaft	Rohstoffe			TMP aus		
	Kiefernholz	Spanplatte	Faserplatte	Kiefernholz	Spanplatte	Faserplatte
Bindemittelgehalt [%]	–	9,4	11,4	–	7,7	5,9
Kaltwasserextrakt [%/atro Faser]	1,6	2,3	6,9	8,5	8,3	10,4
pH-Wert Kaltwasserextrakt	5,1	5,1	4,8	4,2	6,4	6,3
Pufferkapazität [mMol NaOH/100 g atro Faser]	0,7	0,8	1,6	2,7	0,7	1,1
Säuregehalt Kaltwasserextrakt [mg/100 g atro Faser]						
– Acetat	n.n.	19,3	22,4	43,1	162,7	481,7
– Formiat	0,1	30,4	18,3	21,3	46,9	86,2
Heißwasserextrakt [%/atro Faser]	3,0	9,3	15,9	9,2	8,8	11,1
Säureabgabe Flaschen-Methode, 24 h [mg/100 g atro Faser]						
– Essigsäure	1,4	5,6	10,0	11,4	12,9	41,8
– Ameisensäure	0,1	4,2	9,7	5,2	n.n.	n.n.
Formaldehyd-abgabe Flaschen-Methode [mg/1000 g atro Faser]						
– 3 h	0,3	3,6	2,3	2,1	6,8	5,7
– 24 h	1,7	57,0	33,8	14,6	53,2	40,3

atro: absolut trocken; n.n.: nicht nachgewiesen; n.b.: nicht bestimmt

Die aufgeführten Daten für die chemischen Analysen sind Mittelwert von jeweils einer Doppelbestimmung

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Morphologische Eigenschaften der hergestellten Fasern

Aus den Ergebnissen in Tabelle 2 ergibt sich, dass die mittlere Faserlänge der aus mitteldichten Faserplatten und aus Spanplatten hergestellten Faserstoffe kürzer ist als die des thermo-mechanischen Holzstoffs, der direkt aus dem Holz gewonnen wurde. Dies überrascht insofern nicht, als bereits aus der Papiertechnologie bekannt ist, dass Recycling von Faserstoffen zu einer Verkürzung der mittleren Faserlänge führt (vgl. z. B. Grossmann 1996). Mit der Verkürzung der Faserlänge geht generell auch eine Zunahme des Feinstoffanteils einher. Dieser liegt für TMP aus Holz bei 31,7% und damit deutlich niedriger als bei den Fasern aus MDF, die ursprünglich ebenfalls aus Kiefernholz hergestellt wurden. Weitaus größer ist der Feinanteil bei den Fasern, die aus Holzspanplatten gewonnen wurden. Dies kann in Zusammenhang stehen mit einem in der Regel hohen Anteil an Feinspänen in den Deckschichten und auch gewissen Anteilen an Rinde der Spanplatten, die zu einer Erhöhung des Feinanteils beitragen. Auffällig ist jedoch der relativ niedrige Splitteranteil in den aus MDF hergestellten Fasern. Im Fall von Holzspanplatten war dies hingegen nicht festzustellen. Eine Erklärung hierfür bietet der Umstand, dass die recycelten MDF bereits einen thermo-mechanischen Aufschluss durchlaufen haben, hingegen in der Spanplatte vor dem Aufschluss die morphologische Struktur des Holzes weitgehend intakt ist.

4.2 Verleimungsrelevante Eigenschaften der hergestellten Fasern

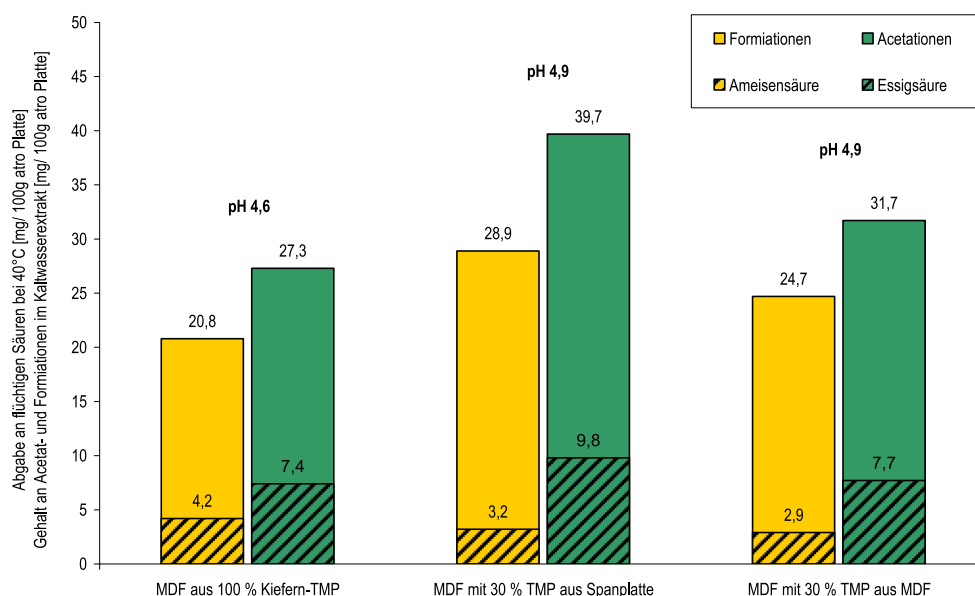
Weitaus interessanter ist die Veränderung der verleimungsrelevanten Eigenschaften wie pH-Wert, Pufferkapazität, Gehalt und Abgabe an flüchtigen Säuren infolge des thermo-mechanischen Aufschlusses von Holz, Holzspan- und Holzfasernplatten. Wie die Ergebnisse in Tabelle 3 deutlich werden lassen, fällt der pH-Wert des Kiefernholzes durch den thermo-mechanischen Holzaufschluss signifikant ab, entsprechend nimmt die alkalische Pufferkapazität der kaltwässrigen Auszüge merklich zu. Der Gehalt an kaltwässrigen Auszügen wird durch den thermo-hydrolytischen Aufschluss erheblich erhöht. Hierzu trägt die Bildung von niedermolekularen Verbindungen bei (Schneider et al. 2004). Im Unterschied zum Verhalten des Kiefernholzes steigt der pH-Wert der kaltwässrigen Auszüge von Spanplatten und mitteldichten Faserplatten durch den Aufschluss deutlich an, entsprechend fällt auch die alkalische Pufferkapazität der kaltwässrigen Auszüge infolge der thermo-hydrolytischen Behandlung deutlich ab. Dies hängt damit zusammen, dass das Bindemittel in den gebrauchten Span- und Faserplatten durch die

thermo-hydrolytische Behandlung abgebaut wird. Es bilden sich hierbei niedermolekulare Verbindungen wie Harnstoff, Ammoniak und wasserlösliche Harnstoffformaldehyd-Präpolymere, die alkalisch wirken (Franke u. Roffael 1998b).

Wie den Ergebnissen weiterhin zu entnehmen ist, nimmt der Bindemittelgehalt der MDF durch den Aufschluss von 11,4% auf 5,9% ab und der der Spanplatten von 9,4% auf 7,7%. Dies bedeutet einen Abbau von 48% bei MDF bzw. 18% bei Spanplatte. Da der thermo-hydrolytische Aufschluss vorwiegend die Kohlenhydrate im Holz angreift und kaum eine Wirkung auf das Lignin hat, erhöht sich der nach Halse (1926) ermittelte Ligninrückstand geringfügig durch den Aufschluss von Holz und mitteldichten Faserplatten. In früheren Arbeiten (vgl. Roffael et al. 1994a,b, 1995) wurde festgestellt, dass unter den thermo-hydrolytischen Aufschlussbedingungen das Holz teilweise deacetyliert wird. Es überrascht deshalb nicht, dass der Gehalt an Acetationen in den Kaltwasserextrakten des Holzes erheblich zunimmt. Die Zunahme der Formationen in den kaltwässrigen Auszügen der Faserstoffe aus Holzspan- und Holzfasernplatten ist besonders ausgeprägt und dürfte in erster Linie auf den Abbau der Kohlenhydrate im Holz zurückzuführen sein (Roffael et al. 2007). Infolge des Abbaus von UF-Harz in Recycling-Holzspan- und -Holzfasernplatten erhöht sich der pH-Wert während der thermo-hydrolytischen Behandlung. Dies führt zu einer stärkeren Abspaltung von Acetylgruppen aus dem Holz und somit zu einer vermehrten Bildung von Acetationen in den wässrigen Extrakten. Entsprechend der Zunahme an Formiat- und Acetationen infolge des thermischen Abbaus des Kiefernholzes nimmt auch die Abgabe an Ameisen- und Essigsäure im Allgemeinen zu. Die Wirkung des thermo-hydrolytischen Aufschlusses auf die Abgabe von Ameisen- und Essigsäure aus TMP des Kiefernholzes ist besonders ausgeprägt. Bei TMP aus Span- und Faserplatten ergibt sich in Bezug auf die Abgabe von Ameisen- und Essigsäure ein differenziertes Bild. Während die Abgabe an Ameisensäure nach der Flaschenmethode durch den thermo-hydrolytischen Aufschluss unterdrückt wird, nimmt die Abgabe an Essigsäure deutlich zu. Hierfür dürfte vor allem die Verschiebung des pH-Wertes der kaltwässrigen Auszüge von 5,1 auf 6,4 im Falle von Spanplatten und von 4,8 auf 6,3 im Falle von mitteldichten Faserplatten verantwortlich sein. Wie bereits bekannt ist, stellt sich je nach pH-Wert ein Gleichgewicht zwischen Formationen und freier Ameisensäure bzw. zwischen Acetationen und freier Essigsäure im Holzwerkstoff ein, bei dem mit steigendem pH-Wert der Anteil der undissoziierten abgebbaren Ameisen- ($pK_a \sim 3,8$) und Essigsäure ($pK_a \sim 4,8$) geringer wird. Dies trifft bevorzugt für die stärkere Ameisensäure zu (Roffael 2008).

Abb. 1 Gehalt an Acetat- und Formationen im Kaltwasserextrakt sowie Abgabe an Ameisen- und Essigsäure von MDF, hergestellt aus Kiefern-TMP allein und aus Abmischungen von 70% Kiefern-TMP und 30% Recycling-TMP aus Holzspan- bzw. Holzfaserplatten

Fig. 1 Content of acetate and formate ions in cold water extractives of MDF made from pine TMP and mixtures of 70% pine TMP and 30% recycling TMP from waste fibre- and particleboards, the release of formic and acetic acid from the boards is also included in the graph



4.3 Eigenschaften der aus Holz und Gebrauchtspan- und -faserplatten hergestellten MDF

Die Wechselwirkung zwischen dem neuen Bindemittel und den durch den chemischen Abbau der Gebrauchtspan- und Gebrauchtfaserplatten während des thermo-mechanischen Aufschlusses entstehenden Acetat- und Formationen ist auch daran zu erkennen, dass zwischen den aus Kiefernholz hergestellten MDF und denen, die zu 30% aus Gebrauchtspan- und -faserplatten gefertigt wurden, keine so großen Unterschiede im Gehalt an Acetat- und Formationen in den Kaltwasserextrakten bestehen, wie sie zwischen den für die Plattenherstellung eingesetzten Faserstoffen aus Holz und Holzspan- und Holzfaserplatten vorliegen (Abb. 1). In der Abgabe an Essig- und Ameisensäure weisen ebenfalls die zu 30% aus gebrauchten Faserplatten hergestellten MDF gegenüber den MDF aus Kiefernholz kaum noch signifikante Unterschiede auf. Auch die Abgabe an Ameisen- und Essigsäure aus den MDF, die zu 30% aus Gebrauchtholzspanplatten hergestellt sind, lassen keine ins Gewicht fallenden Differenzen zu solchen Platten erkennen, die zu 100% direkt aus Holz hergestellt sind (Abb. 1).

Für die aus Kiefernholz-Faserstoff hergestellten MDF sowie für die MDF, bei denen der Kiefernholz-Faserstoff zu 30% durch Faserstoff aus gebrauchten UF-Harzgebundenen Span- und Faserplatten ersetzt wurde, wurden die Querzug- und Biegefestigkeit (EN 319 bzw. EN 310), die Dickenquellung (EN 317) und Wasseraufnahme nach einer Konditionierung bei 20°C und 65% relativer Luftfeuchte ermittelt. Es wurde die Maßänderung in Verbindung mit Änderung der relativen Luftfeuchte (EN 318) untersucht und hierbei auch die Gleichgewichtsfeuchte bei den verschiedenen Klimaten ermittelt. Ferner wurde für die

Platten der „Formaldehydgehalt“ nach dem Perforatorverfahren (EN 120) bestimmt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 4 zusammengestellt. Daraus lassen sich folgende Feststellungen treffen:

Es zeigte sich, dass der ermittelte Perforatorwert durch die Mitverwendung von Faserstoff aus Spanplatten oder Faserplatten eher erniedrigt als erhöht wird. Inwieweit dies darauf zurückzuführen ist, dass gebrauchte Span- und Faserplatten noch erhebliche Anteile an freiem oder während des Aufschlusses freierwerdendem Harnstoff enthalten, muss späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben. In früheren Arbeiten von Roffael u. Dix (2001) wurde ebenfalls festgestellt, dass die Mitverwendung von Recyclingspänen keinen nennenswerten Einfluss auf den Perforatorwert oder auf die nach der Flaschenmethode (EN 717-3) ermittelte Formaldehydabgabe hat. Dies ist insofern bemerkenswert, als die aus gebrauchten Span- und Faserplatten hergestellten Stoffe weitaus höhere Formaldehydabgabewerte, ermittelt nach der Flaschenmethode, aufweisen als der direkt aus dem Holz hergestellte TMP. Hieraus lässt sich der Schluss ziehen, dass es während des Pressvorgangs anscheinend zu chemischen Wechselwirkungen zwischen den Abbauprodukten des UF-Harzes in Gebrauchtspan- und -faserplatten und dem neu zugesetzten Bindemittel kommt.

Die Gleichgewichtsfeuchten, ermittelt bei 20°C und 35%, 65% und 85% relativer Luftfeuchte, lassen keine signifikanten Differenzen zwischen den Platten ohne und mit Recyclingfaserstoff erkennen. Auch in der Maßänderung senkrecht zur Plattenebene durch Anhebung der relativen Luftfeuchte auf 85% (Quellung) bzw. Absenkung auf 35% (Schwindung) sind zwischen den Platten mit und ohne Recyclingfaserstoff keine ins Gewicht fallenden Unterschiede zu erkennen. Des Weiteren wurden keine

Tabelle 4 Physikalisch-technologische Eigenschaften von MDF, hergestellt aus Kiefern-TMP allein und aus Abmischungen von 70% Kiefern-TMP und 30% Recycling-TMP aus Holzspan- bzw. Holzfasernplatten**Table 4** Physical-technological properties of MDF made from pine TMP and from mixtures of 70% pine TMP and 30% recycling TMP prepared from waste fibre- and particleboards

Eigenschaft		MDF aus 100% Kiefern-TMP	MDF mit 30% TMP aus Spanplatte	MDF mit 30% TMP aus MDF
Rohdichte [kg/m ³]	<i>n</i> = 10	655 (27)	652 (17)	714 (22)
Querkzugfestigkeit [N/mm ²]	<i>n</i> = 10	0,29 (0,07)	0,24 (0,04)	0,37 (0,06)
Biegefestigkeit [N/mm ²]	<i>n</i> = 10	27,3 (1,2)	28,6 (2,4)	30,8 (3,2)
Biege-E-Modul [N/mm ²]	<i>n</i> = 10	3.050 (690)	3.120 (180)	3.240 (290)
Dickenquellung [%]	<i>n</i> = 10			
– 2 h		13,7 (4,4)	12,6 (3,8)	4,1 (0,3)
– 24 h		22,5 (1,9)	25,6 (2,3)	11,5 (0,5)
Wasseraufnahme [%]	<i>n</i> = 10			
– 2 h		77,4 (15,2)	57,7 (11,8)	17,6 (1,9)
– 24 h		99,0 (11,4)	87,8 (10,7)	43,5 (3,0)
Gleichgewichtsfeuchte [%]	<i>n</i> = 6			
– 35% rel. LF		5,98 (0,03)	6,01 (0,03)	5,97 (0,05)
– 65% rel. LF		7,56 (0,06)	7,56 (0,04)	7,50 (0,08)
– 85% rel. LF		10,97 (0,12)	10,90 (0,04)	11,06 (0,07)
Längenänderung [%]	<i>n</i> = 6			
– 65% } 35% rel. LF		–0,10 (0,02)	–0,10 (0,02)	–0,10 (0,01)
– 65% } 85% rel. LF		0,11 (0,02)	0,11 (0,01)	0,14 (0,01)
Dickenänderung [%]	<i>n</i> = 6			
– 65% } 35% rel. LF		–0,9 (0,11)	–0,9 (0,09)	–0,89 (0,11)
– 65% } 85% rel. LF		3,01 (0,22)	2,98 (0,05)	3,15 (0,14)
Perforatorwert		3,5	2,4	2,4
[mg HCHO/100 g atro Platte]				

Dargestellt ist der arithmetische Mittelwert von *n* Einzelmessungen sowie in Klammern die Standardabweichung; der Perforatorwert ist ein Mittelwert jeweils einer Doppelbestimmung
rel. LF: relative Luftfeuchte

nennenswerten Differenzen in der linearen Ausdehnung der Platten durch Anhebung der relativen Luftfeuchte auf 85% bzw. deren Absenkung auf 35% festgestellt. Die Dickenquellungsbeträge nach Wasserlagerung weisen für die aus Holz-Faserstoff allein hergestellten MDF eine geringfügig niedrigere Dickenquellung nach 24 Stunden, jedoch eine etwas höhere Dickenquellung nach 2 Stunden Wasserlagerung auf gegenüber den Platten, die unter 30%-igem Einsatz von Faserstoff aus Spanplatten hergestellt wurden. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die gebrauchten Holzspanplatten ein Hydrophobierungsmittel enthalten, das auch nach dem Aufschluss mindestens teilweise wirken kann (Roffael u. Dix 2006). Da das Hydrophobierungsmittel seine Wirkung nach 24 Stunden Wasserlagerung weitgehend verliert, weisen die Platten, die unter Verwendung von Spanplatten-Faserstoff hergestellt wurden, nach einer Lagerungsdauer von 24 h im Wasser eine um etwa 15% höhere Dickenquellung auf. Inwieweit dieses Verhalten darauf zurückzuführen ist, dass der Spanplatten-Faserstoff einen hohen Anteil an Feinstoff und zusätzlich einen hohen Splitteranteil gegenüber dem recyclingstofffreien Holzstoff aufweist, muss späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben. Ein hoher Splittergehalt beeinträchtigt die Faser-

zu-Faser-Bindung und wird z.B. bei der Papierherstellung aussortiert. Bemerkenswert ist das Verhalten der MDF, die zu 30% Faserstoff aus gebrauchten MDF enthalten. Hier lag die Dickenquellung der Platten deutlich niedriger als die der aus Holzstoff allein hergestellten Platten. Dies trifft für die Dickenquellung nach 24 Stunden Wasserlagerung, besonders aber für die Dickenquellung nach 2 Stunden Wasserlagerung zu. Nach einer Wasserlagerung von 2 Stunden dürfte, wie bereits erwähnt, auch die Wirkung des in gebrauchten Holzfasernplatten enthaltenen Hydrophobierungsmittels eine Rolle spielen. Da auch bekannt ist, dass Formaldehyd auf Kiefernfasernstoff hydrophobierend wirkt (Onisko u. Pawlicki 1985), ist anzunehmen, dass das Bindemittel im Faserstoff zu der niedrigen Dickenquellung der hergestellten Platten beigetragen hat. Es sei darüber hinaus angemerkt, dass die TMP aus Holz und aus gebrauchten MDF keine großen Unterschiede in ihren morphologischen Eigenschaften aufweisen, mit der Ausnahme, dass die TMP aus gebrauchten Faserplatten einen um über 20% geringeren Splitteranteil aufweist (vgl. Tabelle 2). Deutliche Unterschiede zwischen dem Verhalten der MDF, die ausschließlich aus Holzstoff hergestellt wurden und denen, die zu 30% Faserstoff aus gebrauchten MDF enthalten,

treten auch in der Wasseraufnahme nach Wasserlagerung in Erscheinung. Hier liegt die Wasseraufnahme für die Platten mit Recyclingfaserstoff nach 24 Stunden Wasserlagerung um mehr als 50% niedriger als die der aus Holzstoff allein hergestellten Platten. Nach 2 Stunden Wasserlagerung sind die Unterschiede noch weitaus größer. Die Platten, die TMP aus Spanplatten enthalten, liegen diesbezüglich dazwischen. Die ermittelten Quersugfestigkeitsbeträge deuten darauf hin, dass die Einbeziehung des aus gebrauchten MDF hergestellten Faserstoffs in die Plattenherstellung keine negative Wirkung auf die Quersugfestigkeit mit sich bringt. Die höhere Quersugfestigkeit der mit 30% MDF-Recyclingfaserstoff hergestellten MDF muss auch auf die höhere Rohdichte dieser Platten zurückgeführt werden. Im Falle von MDF, die Faserstoff aus Spanplatten enthält, lässt sich ein geringer Abfall der Quersugfestigkeit jedoch festhalten. Dies ist möglicherweise auf den hohen Splitter- und Feinstoffanteil im Faserstoff aus Spanplatten zurückzuführen. In der Biegefestigkeit lässt sich keine Beeinträchtigung durch die Mitverwendung der Recyclingfaserstoffe aus Spanplatte und MDF feststellen.

5 Schlussfolgerung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Faserstoffe aus gebrauchten Holzspan- und Holzfasernplatten in den Prozess der Herstellung von mitteldichten Faserplatten (MDF) einbezogen werden können, ohne dass eine nennenswerte Beeinträchtigung der physikalisch-technologischen Eigenschaften und der Formaldehydemission der hergestellten Platten eintritt. Fallweise können sogar Verbesserungen in der Dickenquellung und Wasseraufnahme erzielt werden.

Open Access Dieser Artikel wird zu den Bedingungen der „Creative Commons Attribution Noncommercial License“ zur Verfügung gestellt. Damit ist eine nichtkommerzielle Nutzung, Verbreitung und Vervielfältigung erlaubt, sofern die Autoren des Artikels und die genaue Quelle angegeben sind.

Literatur

- Franke R, Roffael E (1998a) Zum Recycling von Span- und MDF-Platten. Teil 1: Über die Hydrolyseresistenz von ausgehärteten Harnstoff-Formaldehydharzen (UF-Harzen) in Span- und mitteldichten Faserplatten (MDF). Holz Roh- Werkst 56:79–82
- Franke R, Roffael E (1998b) Zum Recycling von Span- und MDF-Platten. Teil 2: Einfluß der thermischen Behandlung von zerkleinerten UF-gebundenen Span- und MDF-Platten sowie Kiefernspänen auf die Formaldehyd- und Ammoniakabgabe. Holz Roh- Werkst 56:381–385
- Grossmann H (1996) Recycling oriented strategies for the production of paper pulps for paper manufacture. In proceedings of European conference on pulp and paper research – The present and the future, Stockholm, October 9–11 1996, EUR 17467, ISBN 92-827-9327-3, pp. 274–287
- Halse OM (1926) Bestimmung von Zellstoff und Holzstoff im Papier. Papier-J. 14(10):121–123
- Onisko W, Pawlicki J (1985) Untersuchungen über die hydrophobierende Wirkung von Formaldehyd auf Kiefern-Defibratorstoff. Holzforsch Holzverwert 37:4–6
- Roffael E, Dix B, Bär G, Bayer R (1994a) Über die Eignung von thermo-mechanischem und chemo-thermo-mechanischem Holzstoff (TMP und CTMP) aus Buchen- und Kiefernholz für die Herstellung von mitteldichten Faserplatten (MDF). Teil 1: Aufschluss des Holzes und Eigenschaften der Faserstoffe. Holz Roh- Werkst 52:239–246
- Roffael E, Dix B, Bär G, Bayer R (1994b) Über die Eignung von thermo-mechanischem und chemo-thermo-mechanischem Holzstoff (TMP und CTMP) aus Buchen- und Kiefernholz für die Herstellung von mitteldichten Faserplatten (MDF). Teil 2: Eigenschaften von MDF aus Buchen-Faserstoff. Holz Roh- Werkst 52:293–298
- Roffael E, Dix B, Bär G, Bayer R (1995) Über die Eignung von thermo-mechanischem und chemo-thermo-mechanischem Holzstoff (TMP und CTMP) aus Buchen- und Kiefernholz für die Herstellung von mitteldichten Faserplatten (MDF). Teil 3: Eigenschaften von aus Kiefern-Faserstoff hergestellten MDF. Holz Roh- Werkst 53:8–11
- Roffael E, Dix B (2001) Formaldehydabgabe von mit formaldehydhaltigen Bindemitteln (unmodifizierte und modifizierte Harnstoff-Formaldehydharze unter Einsatz verschiedener Härtungsbeschleunigersysteme, Melamin-Harnstoff-Formaldehydharze, Tannin-Formaldehydharze) hergestellten Spanplatten und mitteldichten Faserplatten in Abhängigkeit von der Plattenfeuchte. Abschlussbericht zum AiF-Forschungsvorhaben FKZ 11633
- Roffael E, Dix B (2006) Untersuchungen zur Verbesserung der Verleimung von Recyclingspänen aus Gebrauchtspanplatten mit unterschiedlichen Bindemitteln. Schlussbericht des AiF-Forschungsvorhabens FKZ 13799N
- Roffael E, Hameed M, Kraft R (2007) Bildung von Formaldehyd, Furfural und Ameisensäure bei der thermohydrolytischen Behandlung von einigen Monomeren Zuckern (Xylose, Arabinose und Galactose). Holztechnologie 48(3):15–18
- Roffael E (2008) On the release of volatile acids from wood-based panels – chemical aspects. Holz Roh- Werkst 66:373–378
- Roffael E, Dix B, Behn C, Bär G (2008) Abbau von UF-Harzen beim TMP- und CTMP-Aufschluss von mitteldichten Faserplatten (MDF). Eur J Wood Prod 67(3):361–362
- Roffael E, Dix B, Behn C, Bär G (2009) Chemische Eigenschaften von TMP und CTMP, hergestellt aus Kiefernholz und UF-Harzgebundenen mitteldichten Faserplatten (MDF). Eur J Wood Prod 67(1):113–115
- Schneider T (1999) Untersuchungen über den Einfluss von Aufschlussbedingungen des Holzes und der Faserstofftrocknung auf die Eigenschaften von mitteldichten Faserplatten. Dissertation an der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Georg-August-Universität Göttingen, ISBN 3-8265-7201-7, Shaker Verlag, Aachen
- Schneider T, Roffael E, Windeisen E, Wegener G (2004) Einfluß der Aufschlussstemperatur auf lösliche Kohlenhydrate bei der TMP-Herstellung. Holz Roh- Werkst 62:321–322
- EN 319 (1993) Spanplatten und Faserplatten; Bestimmung der Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene, DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
- EN 310 (1993) Holzwerkstoffe; Bestimmung des Biege-Elastizitätsmoduls und der Biegefestigkeit, DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
- EN 317 (1993) Spanplatten und Faserplatten; Bestimmung der Dickenquellung nach Wasserlagerung, DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

EN 318 (2002) Holzwerkstoffe – Bestimmung von Maßänderungen in Verbindung mit Änderungen der relativen Luftfeuchte, DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

EN 120 (1992) Holzwerkstoffe; Bestimmung des Formaldehydgehaltes; Extraktionsverfahren genannt Perforatormethode, DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

EN 717-3 (1996) Holzwerkstoffe – Bestimmung der Formaldehydabgabe – Teil 3: Formaldehydabgabe nach der Flaschen-Methode, DIN Deutsches Institut für Normung e. V.