

Untersuchung zum Einfluss der Aufschlussbedingungen auf die morphologische Ausprägung von aus Kiefernholz hergestelltem TMP-Faserstoff

C. Wenderdel · D. Krug

Eingegangen: 7. Mai 2010 / Online publiziert: 25. September 2010
© Springer-Verlag 2010

Zusammenfassung Aufschluss Temperaturen bei der Faserstoffherstellung von über 170°C führen in der Regel zu schlechteren mechanischen Eigenschaften der daraus hergestellten MDF. In der Literatur wird der Einfluss des Faserstoffes auf die MDF-Eigenschaften auf unterschiedliche Weise diskutiert. Zum einen wird angegeben, dass mit erhöhtem Aufschlussdruck die Faserlänge verkürzt und der Feinanteil erhöht wird und sich diese morphologischen Ausprägungen negativ auf die Festigkeiten der MDF auswirken. Zum anderen wird angeführt, dass die veränderte chemische Oberflächenbeschaffenheit der Fasern für die Abschwächung der Wechselwirkung zwischen Faser und Bindemittel maßgeblich verantwortlich ist und somit den Verbund in der MDF schwächen. Ziel der Arbeit war es, den Einfluss des Aufschlussdruckes auf die morphologische Faserstoffausprägung zu ermitteln. Es wurden neun Kiefernfaserverstoffvarianten unter Variation des Aufschlussdruckes (6, 9, 12 bar) und des Mahlscheibenabstandes (0,06, 0,3, 0,6 mm) erzeugt und mittels Luftstrahlsiebung auf ihre morphologische Ausprägung analysiert. Es konnte festgestellt werden, dass sich der Feinanteil sowie die Faserquerschnittsverteilung unabhängig vom Aufschlussdruck ausprägen.

Investigation of the influence of pulping parameters on morphological characteristics of TMP-pulp made from Scots pine

Abstract MDF produced from fibers pulped at high pressures generally show lower mechanical stiffness. Literature

discusses the influence of fiber pulp on the mechanical properties of MDF diversely. On the one hand it is claimed that the fiber length decreases and the fines content increases with increasing pulping pressure influencing the mechanical properties of the boards. On the other hand the changing chemical surface behaviour of fibers with increasing pulping pressure is claimed to decrease the interdependency of resin and fiber which significantly lowers the bond in the MDF and therewith the mechanical properties. The objective of this work was to evaluate the influence of increasing pulping pressure on the morphological characteristics of fiber pulp. Nine variants of pine fiber pulps were produced under varying pulping pressure (6, 9, 12 bar) and grinding plate clearance (0.06, 0.3, 0.6 mm) and then analysed using an air-jet-sieve. The results show that forming of the fines and distribution of the fiber cross-sections are independent from the pulping pressure.

1 Ausgangssituation

Der morphologischen Faserstoffausprägung wird ein signifikanter Einfluss auf die MDF-Eigenschaften zugesprochen. So geben Groom et al. (2002) einen linearen Zusammenhang zwischen der Faserlänge und den elasto-mechanischen Platteneigenschaften an. Sie untersuchten mittels TMP-Verfahren mit Drücken von 2–18 bar aufgeschlossene Kiefernfaserverstoffe (*Pinus taeda*) auf ihre Größenverteilung sowie daraus hergestellte Platten auf ihre Eigenschaften. Die mit Drücken im Bereich von 6,3–8 bar aufgeschlossenen Faserstoffe zeigten den geringsten Feinstoffanteil sowie die größte mittlere Faserlänge (~ 0,75 mm) und die aus diesen Faserstoffen hergestellten MDF wiesen die höchsten Biegefestigkeitswerte auf.

C. Wenderdel (✉) · D. Krug
Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH,
Zellescher Weg 24, 01217 Dresden, Deutschland
e-mail: wenderdel@ihd-dresden.de

Krug und Kehr (2001) beobachteten bei steigendem Aufschlussdruck (von 8 auf 16 bar) eine Abnahme der mittleren Faserlängen und erklärten damit die schlechteren elastomechanischen Eigenschaften der daraus hergestellten MDF.

Bei Untersuchungen zur Wiederverwertbarkeit von Altholz für die MDF-Herstellung konnte Erbreich (2004) den oben dargestellten Zusammenhang zwischen Aufschlussdruck und Eigenschaften der MDF bestätigen. Mit steigendem Aufschlussdruck verschlechterten sich die elastomechanischen Eigenschaften. Jedoch bestimmte Erbreich (2004), im Unterschied zu den Ergebnissen von Krug und Kehr (2001), eine zunehmende mittlere Faserlänge mit steigendem Aufschlussdruck.

Krug und Mäbert (2008) stellten fest, dass die Holzart einen entscheidenden Einfluss auf die Faserstoffeigenschaften und somit auf die erzeugten Plattenkennwerte hat. Schon aus den anatomischen Gegebenheiten der verschiedenen Holzarten lässt sich schließen, dass es zu unterschiedlichen Ausprägungen der Fasereigenschaften, insbesondere der Faserlängenverteilung, kommt. Es zeigte sich, dass mit zunehmender mittlerer Faserlänge hergestellte Laubholz-MDF tendenziell bessere mechanische Eigenschaften aufwiesen.

Rahman (1986) untersuchte den Einfluss von Faserstofffeinheit, Splittergehalt und Feinstoffanteil auf die Oberflächengüte und stellte dabei den positiven Einfluss der feinen Fasern auf eine verbesserte Klebstoffverteilung dar. Je feiner der Faserstoff (geringer Anteil an Splintern), desto besser war die von ihm bewertete Oberflächengüte.

Nach Wessbladh und Mohr (1999) erhöht sich die Biegefestigkeit und der Biege-E-Modul mit steigender Anzahl an Langfasern. Der Splitteranteil beeinflusst maßgeblich die Oberflächenqualität (vgl. auch Rahman 1986). Mit Zunahme des Feinanteils erhöht sich der Presszeitfaktor, der Leimverbrauch, die Querkzugfestigkeit und die Oberflächenqualität, wohingegen sich die Bearbeitbarkeit sowie die Wasserabsorption verschlechtern.

Den Einfluss der Aufschlussstemperatur auf die Morphologie von Faserstoff stellte Roffael et al. (2009) anhand von Untersuchungen an Kiefernfasern dar. Es wurden zwei Faserstoffvarianten bei je 140 und 180°C aufgeschlossen und auf ihre Morphologie hin untersucht. Mit steigender Aufschlussstemperatur zeigte sich eine Verkürzung der mittleren Faserlängen von 1,88 auf 1,68 mm und eine Verringerung der Faserdurchmesser von 34,7 auf 30,9 µm sowie eine Erhöhung der Feinanteile von 14,8 auf 22,9 %.

In den dargestellten Ergebnissen zum Einfluss des Faseraufschlusses auf die Fasereigenschaften und im Weiteren auf die MDF-Kennwerte wurden zum Teil unterschiedliche Schlüsse gezogen. Als ein entscheidender Parameter ist die morphologische Ausprägung des Faserstoffs zu nennen.

Zur Klärung der in der Literatur vorherrschenden Diskrepanz wurden systematische Untersuchungen zum Einfluss des Aufschlusses auf die Faserstoffeigenschaften und

im Weiteren auf die Eigenschaften der daraus hergestellten MDF durchgeführt. Als Teil dieser Studie soll hier der Einfluss des Faseraufschlusses (Aufschlussdruck und Mahlscheibenabstand) auf die morphologische Faserstoffausprägung dargestellt werden.

Auf Grund der oben aus der Literatur dargestellten Ergebnisse wurde der Aufschlussdruck nicht als entscheidender Faktor zur Beeinflussung der Fasergröße angenommen, sondern vielmehr als auf den Mahlscheibenabstand einflussnehmende Störgröße betrachtet. Es war zu vermuten, dass sich der Mahlscheibenabstand auf Grund der Druck- und Temperaturveränderungen trotz Nachjustierung nur ungenügend steuern lässt, so dass es mit unterschiedlichen Aufschlussdrücken zur Beeinflussung des Mahlscheibenabstandes und somit zu ungleichen Ausprägungen der Fasermorphologie kommt.

2 Material und Methoden

2.1 Faserstoffherstellung

Es wurden neun verschiedene Faserstoffvarianten hergestellt, die sich durch Variation des Aufschlussdrucks (relativ) von 6, 9, 12 bar und dem Abstand der Mahlscheiben 0,06, 0,3, 0,6 mm unterschieden (Abb. 1).

Als Rohstoff wurden Holzhackschnitzel der Holzart Kiefer [*Pinus sylvestris* L.] eingesetzt, die zunächst eine Fraktionierung durchliefen, um mögliche negative Einflüsse des Fein- und Grobgutes auszuschließen. Die Feuchte der eingesetzten Hackschnitzel betrug im Mittel 60 %.

In einem Laborrefiner wurden je Variante 10 kg Faserstoff erzeugt, die im angeschlossenen Stromtrockner auf die gewünschte Feuchte von ca. 8 % getrocknet wurden. Die Verweilzeit der Hackschnitzel im Kocher betrug bei allen Varianten 4 min.

Bei der Herstellung wurde darauf geachtet, dass der einzustellende Mahlscheibenabstand bei jedem Durchgang neu justiert wurde. Durch die unterschiedlichen Aufschlussdrücke und somit Temperaturen (siehe Tab. 1) in der Anlage kommt es zu einer jeweils sich anpassenden Materialausdehnung, die eine Justierung des Mahlscheibenabstandes unabdingbar macht.

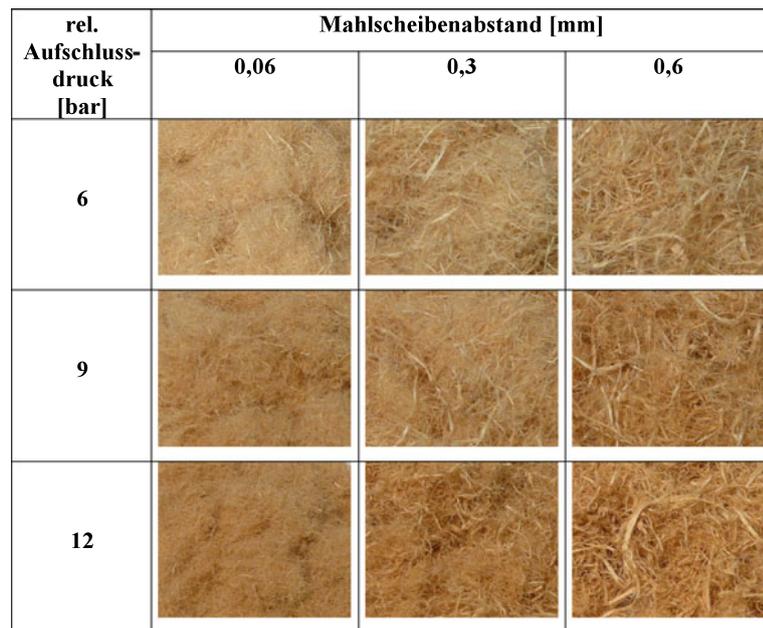
Die Refinerdrehzahl betrug konstant 3000 U/min, die Einspeiseschnecke wurde mit einer Drehzahl von 15 U/min betrieben, es ergab sich ein Durchsatz von 30 kg/h.

Die Eingangstemperatur des Luftstromtrockners lag für alle Varianten vergleichbar bei ca. 165°C.

2.2 Fasermorphologische Untersuchung

Der Faserstoff wurde mittels Luftstrahlsiebanalyse fraktioniert. Die Luftstrahlsiebanalyse ist eine Siebfractionierung,

Abb. 1 Abbildungen der Faserstoffvarianten in Abhängigkeit variierter Zerkleinerungsparameter
Fig. 1 Fiber variants with varying pulping parameters



Tab. 1 Zusammenhang des relativen Aufschlussdrucks zu der sich einstellenden Aufschluss-temperatur im Refiner

Table 1 Relation of pulping pressure and pulping temperature in the refiner

Aufschlussdruck [bar]		Aufschluss-temperatur [°C]
relativ zur Umgebung (1 bar)	absolut	
6	7	~ 165
9	10	~ 180
12	13	~ 192

in der durch Einbringung eines Luftstrahls bei gleichzeitigem Absaugen des Siebdurchgangs der Faserstoff auf der Sieboberseite stark in Bewegung versetzt wird, so dass eine erhöhte Trennschärfe erreicht wird.

Eine Schlitzdüse rotiert unter dem Sieb und wirbelt den auf dem Sieb verbleibenden Faserstoff auf. Durch die Aufwirbelung und dem gleichzeitigen Absaugen auf der Siebdurchgangsseite wird der Faserstoff über fünf Minuten „zwangs“-fraktioniert.

Neben der diskreten Massenverteilung über die Siebmaschenweite lassen sich nach dem Werksstandard FHIS 164 (1964) des IHD folgende Kenngrößen berechnen:

- mittlere Korngröße K_m [mm]
- Korngrößenintervall ΔK [mm]
- Feinastfaseranteil $D_{0,315}$ [%]
- Feinfaseranteil $D_{1,0}$ [%]

Der durchgangslimitierende Faktor der Luftstrahlsiebana-lyse ist der Querschnittsdurchmesser der einzelnen Faser (auch als Faserbreite bezeichnet). Die Methode ist ledig-lich zur Charakterisierung der Faserquerschnittsverteilung

geeignet, die nicht zwangsläufig mit der Faserlängenver-teilung korrelieren muss. Die oben genannten Kennwerte be-ziehen sich ebenfalls auf den Faserquerschnitt und haben im Einzelnen folgende Aussagekraft.

Die mittlere Korngröße ist durch die Siebmaschenweiten (K) bei den Durchgangssummen von 16, 50 und 84 % nach folgender Berechnung definiert:

$$K_m = \frac{K_{16} + K_{50} + K_{84}}{3} \tag{1}$$

Das Korngrößenintervall ist als Differenz der Siebmaschen-weiten (K) bei den Durchgangssummen von 16 und 84 % definiert:

$$\Delta K = K_{84} - K_{16} \tag{2}$$

Der Feinstfaseranteil ist der kumulative Durchgang aller Siebe $\leq 0,315$ mm, während der Feinfaseranteil der kumu-lative Durchgang aller Siebe $\leq 1,0$ mm prozentual bezogen auf die Gesamteinwaage ist.

Die Analyse des Faserstoffs nach der Luftstrahlsiebung gibt keine Werte zur Längenverteilung wieder. Da die Aus-wertung massenbezogen erfolgt, können keine Aussagen zur Faseranzahl je Kategorie getroffen werden.

3 Ergebnisse

Die Morphologie wird maßgeblich durch den Mahlschei-benabstand (MS) ausgeprägt. Es zeigt sich kein systemati-scher Zusammenhang zwischen dem relativen Aufschluss-druck und der morphologischen Faserausprägung (Abb. 2).

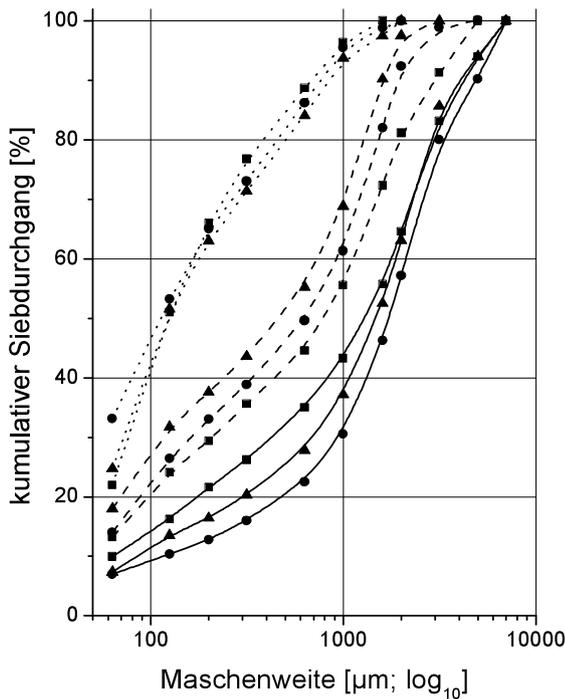


Abb. 2 Faserquerschnittsverteilung in Abhängigkeit des relativen Aufschlussdrucks und des Mahlscheibenabstandes
Fig. 2 Fiber cross-section versus relative pulping pressure and grinding plate clearance

Bei dem Standard-Mahlscheibenabstand von 0,3 mm und dem großen Mahlscheibenabstand von 0,6 mm sind die aufschlussdruckbedingten Abweichungen der mittleren Korngröße mit bis zu 0,3 mm (Abb. 3) und des Feinanteils mit 10 % (Abb. 4) stark ausgeprägt; es zeigt sich jedoch kein systematischer Zusammenhang zwischen Kennwerten und Aufschlussdruck.

Die Einstellung des Mahlscheibenabstandes während des Aufschlusses erfolgte mittels manueller Justierung. Nach Einstellung des Aufschlussdruckes wurde die Anlage eingefahren, dementsprechend konnten sich die Refiner-Bauteile „akklimatisieren“. Mit eingestellter Betriebstemperatur wurden die Mahlscheiben auf „Kontakt“ gefahren, so dass aus dieser Referenzierung die Einstellung des Mahlscheibenabstandes weitestgehend unabhängig von der temperatur- und druckbedingten Ausdehnung der Bauteile realisiert werden konnte.

Die Annahmen von Krug und Kehr (2001), Groom et al. (2002) und auch von Roffael et al. (2009), wonach mit steigendem Aufschlussdruck (steigende Aufschlusstemperatur) der mittlere Faserquerschnitt (oder mittlere Faserlänge) abnimmt bzw. der Feinanteil zunimmt, können nicht bestätigt werden.

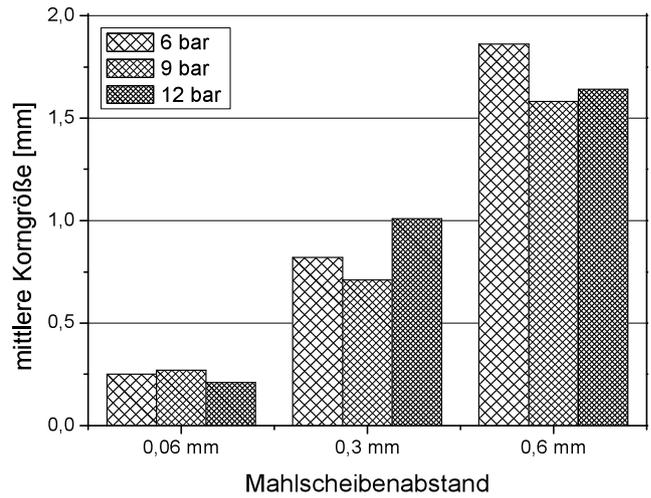


Abb. 3 Mittlere Faser-Korngröße in Abhängigkeit des Mahlspalts und des relativen Aufschlussdrucks
Fig. 3 Average fiber cross-section versus grinding disc clearance and relative pulping pressure

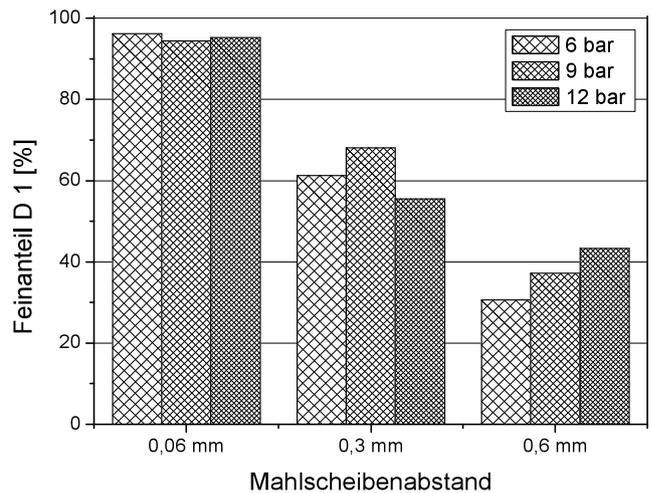


Abb. 4 Faser-Feinanteil in Abhängigkeit des Mahlspalts und des relativen Aufschlussdrucks
Fig. 4 Fines content versus grinding disc clearance and relative pulping pressure

Es kann davon ausgegangen werden, dass der Feinanteil in einem Mahlgut mit zunehmender Sprödigkeit des Rohstoffes steigt. Dem entgegen ist anzunehmen, dass Holz unter Refiner-Aufschluss-Bedingungen (Temperatur 170–180°C; Sattdampfumgebung) ein zähes Verhalten aufzeigt, da Lignin mit der Überschreitung eines Temperaturbereiches bei gegebener Feuchte erweicht und plastisch wird. Der Temperaturbereich für isoliertes Lignin im darrtrockenen Zustand liegt bei 130–190°C und für fasersattes Lignin im Verbund bei ca. 90°C (Asplund 1940; Hüttermann und Khazipour 1993; Wagenführ et al. 2008). Mit einem „Verspröden“ der Fasern ist erst im Trockner mit abnehmender Feuchte und abnehmender Temperatur zu rechnen.

Dies bestätigt die Ergebnisse sowie die Annahme, dass es durch eine Erhöhung des Aufschlussdrucks weder zu einem erhöhten Feinanteil noch zu verkürzten bzw. in ihrem Querschnitt verminderten Fasern kommt.

4 Fazit

Es konnte nachgewiesen werden, dass der direkte Druck- und somit Temperatureinfluss im Bereich von 6–12 bar während des Aufschlussprozesses auf die Ausprägung der Faserstoffmorphologie nicht signifikant ist. Eine erhöhte Aufschlussstemperatur führt zu einer thermischen Ausdehnung der Refinerbauteile, die eine Verengung des Mahlscheibenabstandes mit sich bringt. Mit dem Nachjustieren des Mahlscheibenabstandes kann die thermische Ausdehnung kompensiert werden. Es resultiert eine zum Aufschlussdruck unabhängige Ausprägung der Faserstoffmorphologie. Der negative Einfluss eines erhöhten Aufschlussdrucks auf die mechanischen Festigkeiten von daraus hergestellten MDF ist somit nicht auf die Ausprägung der Faserstoffmorphologie zurückzuführen. Es wird vermutet, dass durch einen erhöhten Aufschlussdruck die Wechselwirkung zwischen Faserstoff und Bindemittel gehemmt wird und damit die mechanischen Eigenschaften der daraus hergestellten MDF signifikant sinkt.

Literatur

- Asplund A (1940) Die Defibrator-Methode und ihre Anwendungsgebiete. *Wochenbl Papfabr* 45:590–612
- Wagenführ A et al (2008) Taschenbuch der Holztechnik. Carl Hanser, München
- Erbreich M (2004) Die Aufbereitung und Wiederverwendung von Altholz zur Herstellung von Mitteldichten Faserplatten (MDF). Dissertation, Uni, Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften, Departement Biologie, Hamburg
- FHIS 164 (1964) Prüfung von Faserstoff aus Holz – Trockene Siebfractionierung
- Groom L, So CL, Rials T, Neese J (2002) Relationship between wood quality, refiner pressure, resin distribution and their influence on MDF panel properties. In: Tagungsunterlagen, Bangor, S 23–37
- Hüttermann A, Kharazipour A (1993) Die pflanzliche Zellwand als Vorbild für Holzwerkstoffe: Naturorientierte Herstellung von Spanplatten und Faserplatten – Stand der Technik und Perspektiven. Sauerländer, Frankfurt am Main
- Krug D, Kehr E (2001) Einfluss des Aufschlussdruckes bei der Faserstoffherstellung auf die Quellungsvergütung von MDF. *Holz Roh-Werkst* 59:342–343
- Krug D, Mäbert M (2008) Verwendung von Laubholz als Rohstoffalternative zur MDF-Herstellung. Abschlussbericht, IHD; BMWA, Dresden
- Rahman L (1986) Role of fiber quality and quantity in slush overlay on the surface performance of medium-density hardboard siding. *Forest Prod J* 36:45–50
- Roffael E, Bär G, Behn C, Dix B (2009) Einfluss der Aufschlussstemperatur auf die morphologischen Eigenschaften von TMP aus Kiefernholz. *Eur J Wood Prod* 67:119–120
- Wessbladh A, Mohr R (1999) Faserfeinheiten: Moderne Analysemethoden liefern Online-Qualitätsindizes. *MDF-Mag* 10:44–46