

Gesine Wallot, Hans-Jörg Gusovius, Ralf Pecenka und Thomas Hoffmann

Herstellung von Faserwerkstoff aus pflanzlichen Rohstoffen in einer Scheibenmühle

Mit einem neuen Verfahren kann feucht konservierter Hanf und andere Faserrohstoffe zu innovativen Faserwerkstoffen verarbeitet werden. In einer Pilotanlage fanden detaillierte Untersuchungen zum Aufbereitungsverhalten dieser Naturprodukte in einer Scheibenmühle statt. Dabei wurde der Einfluss von wesentlichen Faktoren wie Stoff-, Betriebs- und Konstruktionsparametern auf das Zerkleinerungsverhalten betrachtet. Es hat sich gezeigt, dass die Faserstoffqualität v. a. durch die Art des eingesetzten Rohstoffes bestimmt wird, während Betriebsbedingungen und Mahlscheibengeometrie nur einen geringen Einfluss auf das Mahlergebnis hatten.

Schlüsselwörter

Hanffasern, Feuchtkonservierung, Zerfaserungsextruder, Scheibenmühle

Keywords

Hemp fibres, wet preservation, defibration extruder, disk mill

Abstract

Wallot, Gesine; Gusovius, Hans-Jörg; Pecenka, Ralf and Hoffmann, Thomas

Processing of plant based fibrous materials with a disc mill

Landtechnik 66 (2011), no. 2, pp. 100-102, 3 figures, 7 references

By means of a novel technology wet preserved hemp and other fibrous raw materials can be manufactured to innovative composite boards. Detailed examinations regarding the preparation attributes of such materials in a disk mill were carried out in a pilot plant. Substantial influence factors like kind of material and its structure as well as process and design parameters of the machine were analysed. The results show that the quality of the final fibrous material is mainly determined by the source of raw material. Process parameters and the design of the grinding plates have only a limited influence on the result of grinding up.

■ Am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam Bornim e.V. (ATB) wurde in den vergangenen Jahren ein neues Verfahren zur Bereitstellung und Verarbeitung von Hanf und anderen Faserstoffen entwickelt. Es beruht auf einer konservierenden Lagerung der Faserpflanze und der anschließenden Verarbeitung zu Faserwerkstoffen. Eine Pilotanlage zur Realisierung dieser neuartigen Verfahrenskette ist am ATB aufgebaut worden und wird seitdem erprobt. Die Hanfpflanzen werden direkt nach der Ernte gehäckselt, in einem Siloschlauch oder in Fässern verdichtet und anaerob gelagert [1; 2]. Je nach Bedarf wird dieses sogenannte Hanfkonservat mit Hilfe eines Zerfaserungsextruders und einer Scheibenmühle zu einem Faserstoff aufbereitet und kann nach der Trocknung und Beleimung zu Faserwerkstoff-Platten verarbeitet werden [3].

Der Schwerpunkt momentaner Forschungstätigkeiten liegt auf der Untersuchung der Zerkleinerungsvorgänge in der Scheibenmühle und des Einflusses der Prozessführung auf die resultierende Morphologie des Faserstoffes. Zukünftig wird die Erzeugung eines Faserstoffes angestrebt, der auch in naturfaserverstärkten Kunststoffen eingesetzt werden kann.

Prozess

Die wesentlichen Anlagenbestandteile zur Partikelzerkleinerung sind ein Zerfaserungsextruder B90e und eine Scheibenmühle. Der Extruder stellt den ersten Zerkleinerungs- oder Zerfaserungsschritt dar. Er ist mit zwei horizontal liegenden, gegenläufig rotierenden Schneckenwellen ausgestattet. Das variable Volumen in den Schneckenräumen und die daraus resultierenden Druckschwankungen bewirken den Zerfaserungsvorgang. Dabei ist der Zerkleinerungseffekt insbesondere auf Scherkräfte zurückzuführen. Durch die Reibung zwischen den

Faserpartikeln und zwischen Faserpartikeln und Schnecken- gang und Schneckenrohr kommt es zu einer starken Wärme- entwicklung, die die Zerfaserung begünstigt [4].

Im Anschluss an den Zerfaserungsextruder passiert der Fa- serstoff unter atmosphärischen Druck eine Scheibenmühle, um den Grad der Zerfaserung weiter zu erhöhen. Hier wirkt sich die Plastifizierung des Fasermaterials durch die freigesetzte Wär- me im Extruder-Durchlauf positiv aus [4]. Zwischen der festen (Stator) und der rotierende (Rotor) Mahlscheibe, die mit entspre- chenden Garnituren ausgerüstet sind, wird der Faserstoff einer Scherung und Kompression unterworfen. Dies bewirkt die Fi- brillierung des Faserstoffes. Ab einem bestimmten Niveau der Scher- bzw. Kompressionskräfte werden die Fasern zerrissen bzw. durchtrennt und es kommt verstärkt zur Faserkürzung [5]. Des Weiteren treten durch Interaktion der Fasern untereinander und mit der Oberfläche der Mahlscheiben Reibkräfte auf.

Material und Methoden

Es fanden experimentelle Untersuchungen zum Zerkleinere- rungsverhalten von Faserpflanzen in der Scheibenmühle statt. Dabei wurde der Einfluss von Stoff-, Betriebs- und Konstruktio- nsparemtern auf das Mahlergebnis untersucht:

- Rohstoffart (Hanf, Nadelholz, Hanfschäben, Schilf)
- Erntezeitpunkt und Trockensubstanzgehalt
- Mahlscheibengeometrie
- Drehzahl der Mahlscheibe (1 000–3 000 min⁻¹)
- Abstand der Mahlscheiben (0,1–1 mm)

Die Untersuchungen wurden vorwiegend mit feucht konser- viertem Faserhanf der Sorte Fedora 17 aus dem Erntejahr 2009 durchgeführt. Für Versuche zum Materialvergleich kamen au- ßerdem Hackschnitzel aus Nadelholz, Hanfschäben, Schilf und eine Mischung aus 30 % Nadelholz und 70 % Hanf zum Einsatz. Vor der Aufbereitung des Faserstoffes in der Scheibenmühle wurde das Material immer im Zerfaserungsextruder zerkleinert.

Zur Charakterisierung des Mahlergebnisses für unter- schiedliche Versuchseinstellungen diente die Partikelgrößen- verteilung des jeweiligen Mahlgutes. Diese wurde mit dem bildanalytischen Messverfahren FibreShape ermittelt. Aus der Größenverteilung wurden wesentliche Kennwerte wie der Aspect Ratio (L/D-Verhältnis bzw. Schlankheitsgrad) sowie die längengewichtete Faserlänge und -breite bestimmt.

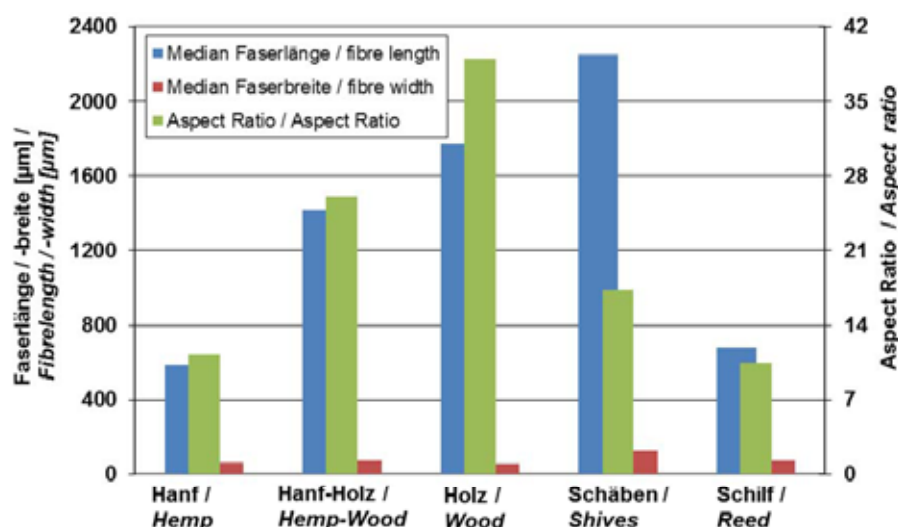
Ergebnisse

Das Verstärkungspotenzial von Fasern in Kunststoffverbunden ist vor allem auf die Faserlänge und das Aspect-Ratio-Verhältnis zurückzuführen. Mit steigendem L/D-Verhältnis erhöht sich die Festigkeit und Steifigkeit von solchen naturfaserverstärkten Verbundwerkstoffen [6; 7].

Bei der Zerfaserung verschiedener Rohstoffe in der Schei- benmühle ließen sich deutliche Unterschiede in der Produkt- qualität feststellen. Es zeigte sich, dass die geometrischen Eigenschaften des Faserstoffes wesentlich von der Art des eingesetzten Rohstoffes abhängen (**Abbildung 1**). Für den er- zeugten Holzfasernstoff wurde zum Beispiel ein deutlich größe- res Verhältnis von Faserlänge zu -breite (Aspect Ratio ca. 39) ermittelt als für Hanf (Aspect Ratio ca. 11). Durch die Zugabe von 30 % Holzackschnitzeln zum Hanf konnte der Aspect Ra- tio im Vergleich zu reinem Hanffaserstoff mehr als verdoppelt werden.

Die Untersuchungen zum Einfluss von Betriebsparametern wie Drehzahl und Mahlscheibenabstand der Scheibenmühle auf die Faserqualität brachten bisher noch keine eindeutigen Ergebnisse. Es konnten nur geringe Unterschiede in den Parti- kelgrößenverteilungen für verschiedene Betriebseinstellungen ermittelt werden. Auch die Ergebnisse für den Einsatz ver- schiedener Mahlscheibengarnituren fielen nicht eindeutig aus. Entsprechend des Erntetermins des Pflanzenbestandes wer- den auch unterschiedliche TS-Gehalte im eingelagerten Roh-

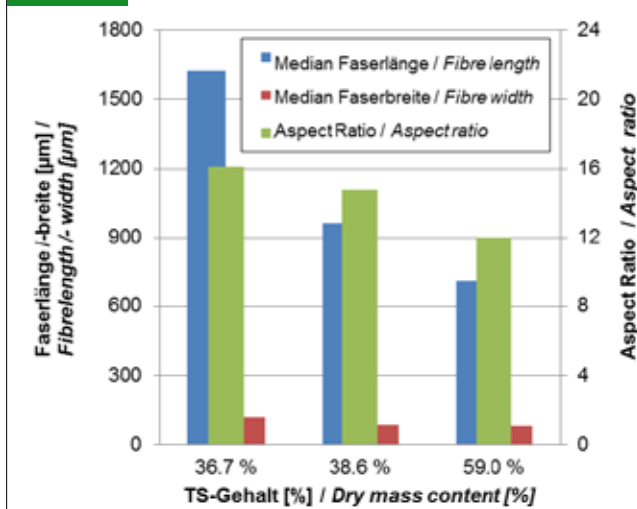
Abb. 1



Längengewichtete Kennwerte der Fasergrößenverteilung für unterschiedliche Faserstoffe (extrudiert und gemahlen – Mahlpalt: 0,2 mm, Drehzahl: 2000 min⁻¹)

Fig. 1: Length weighted characteristics of the particle size distribution of different fibrous materials (extruded and milled – disc gap: 0.2 mm, rotation speed: 2000 min⁻¹)

Abb. 2



Längengewichtete Kennwerte der Fasergrößenverteilung für Faserstoff aus Hanfkonservat mit unterschiedlichem Trockensubstanzgehalt (extrudiert und gemahlen – Mahlpalt: 0,1 mm, Drehzahl: 2000 min⁻¹)

Fig. 2: Length weighted characteristics of the particle size distribution for fibrous material based on wet preserved hemp with different dry matter contents (extruded and milled – disc gap: 0.1 mm, rotation speed: 2000 min⁻¹)

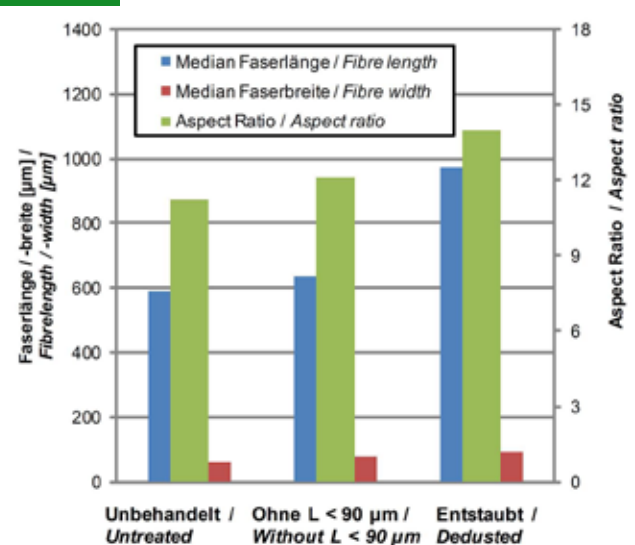
stoff realisiert. Mit zunehmendem Trockensubstanzgehalt kam es verstärkt zu einer Faserkürzung. Der Median der Faserlänge verringerte sich. Der Median der Faserbreite sank ebenfalls, jedoch in einem deutlich geringeren Maß, woraus eine Reduzierung des Aspect Ratio mit steigendem TS-Gehalt resultierte (**Abbildung 2**).

In dem oben dargestellten Verfahren zur Bereitstellung und Verarbeitung von Hanfkonservat wird die gesamte Pflanzenmasse, einschließlich Blättern und Samen, verwendet. Dadurch enthält der in der Scheibenmühle hergestellte Faserstoff einen recht hohen Staubanteil, der sich in der Weiterverarbeitung als Störgröße darstellt und zudem aufgrund seines geringen Aspect Ratio keinerlei positiven Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften des daraus hergestellten Produktes hat. Eine anschließende Fraktionierung des erzeugten Faserstoffes erscheint demnach notwendig. Exemplarisch wurde für einen Hanffaserstoff der Staubanteil in der Partikelgrößenverteilung ermittelt. Als Staubanteil wurden Partikel mit einer Faserlänge < 90 µm definiert. Die Ermittlung der Partikelgrößenverteilung ohne diese Fraktion führte zu einem differenzierten Ergebnis. Insbesondere die Werte für Faserlänge und Aspect Ratio lagen über dem vorherigen Niveau (**Abbildung 3**). Versuchsweise wurde das Material in einem Siebtrommelabscheider (Kondenser) entstaubt. Das resultierende Fasermaterial wies sowohl hinsichtlich Faserlänge als auch Aspect Ratio (Erhöhung auf etwa 14) eine deutlich günstigere Partikelgrößenverteilung auf.

Schlussfolgerungen

Signifikante Unterschiede der Faserstoffqualität konnten nur für unterschiedliche Rohstoffarten festgestellt werden. Der Einfluss von Betriebsparametern (Scheibenabstand und Drehzahl) und Scheibengeometrie auf das Mahlergebnis scheint gering

Abb. 3



Längengewichtete Kennwerte der Fasergrößenverteilung für Faserstoff aus Hanfkonservat: unbehandelt, fraktioniert (ohne L < 90 µm) und im Kondenser entstaubt

Fig. 3: Length weighted characteristics of the particle size distribution for fibrous material based on wet preserved hemp: untreated, fractionated (without L < 90 µm) and dedusted with a condenser

zu sein. Es sind weitere detaillierte Untersuchungen geplant, die die Scheibenmühle und auch den Zerfaserungsextruder betreffen. Darüber hinaus ist die thermische Vorbehandlung des Materials mit Wasserdampf vorgesehen, um ein besseres Mahlergebnis infolge der Lignin-Erweichung zu erzielen. Ein besonderes Augenmerk wird außerdem auf der Darstellung des Stoffflusses in der Scheibenmühle und die Entwicklung eines Modells zur Beschreibung der Zerkleinerungsvorgänge liegen.

Literatur

- [1] Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB) (Hg.) (2003): Ernte, Konservierung und Erstverarbeitung von Hanf aus einer Feuchtgutlinie, Forschungsbericht des ATB Potsdam-Bornim
- [2] Pecenka, R.; Idler, Ch.; Grundmann, P.; Füll, Ch.; Gusovius, H.-J. (2007): Tube ensiling of hemp – Initial practical experience. Agrartechnische Forschung (Agricultural Engineering Research) 13 (1), S. 15-26
- [3] Gusovius, H.-J.; Pecenka, R.; Hoffmann, T.; Radosavljevic, L.; Füll, Ch. (2009): Biologische Bindemittel für die Herstellung von Faserwerkstoffplatten aus feucht konserviertem Hanf. Landtechnik 64 (4), S. 281-283
- [4] Cong, N.T.; Pfriem, A.; Wagenführ, A. (2006): Alternatives Verfahren zur Zerfaserung von Einjahrespflanzen für klein und mittelständische Unternehmen, Teil 1: Vorstellung des Zerfaserungsprozesses. Holztechnologie 4, S. 11-16
- [5] Meinel, G. (2009): Gezielte Einstellung der Mahlbedingungen in der Gemischtmahlung von Zellstoffen durch ein Simulationswerkzeug, PTS-Forschungsbericht. www.ptspaper.de/fileadmin/PTS/Dokumente/Forschung/Forschungsprojekte/IW_070061.pdf, Zugriff am 22.02.2010
- [6] Stark, N. M.; Rowlands, R. E. (2003): Effects of wood fiber characteristics on mechanical properties of wood/polypropylene composites. Wood and Fiber Science 35 (2), pp. 167-174
- [7] Schirp, A.; Stender, J. (2010): Properties of extruded wood-plastic composites based on refiner wood fibres (TMP fibres) and hemp fibres. Eur. J. Wood Prod. 68 (2), pp. 219-231

Autoren

Dipl.-Ing. Gesine Wallot, Dr. Hans-Jörg Gusovius und Dr.-Ing. Ralf Pecenka sind wissenschaftliche Mitarbeiterin und Mitarbeiter in der Abteilung Technik der Aufbereitung, Lagerung und Konservierung (Leiter: Dr. rer. agr. Thomas Hoffmann) im Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14496 Potsdam, E-Mail: gwallot@atb-potsdam.de