

Methoden der Holzpartikelgrößenmessung - Von der technologischen Fragestellung zur aussagefähigen Statistik

Methods of wood particle size measurement – From the technological question to informative statistics

*Burkhard Plinke,
Dr. Arne Schirp,
Inka Weidenmüller
Fraunhofer WKI, Braunschweig*

Kurzfassung: Die Größenverteilung von Holzpartikeln, aus denen Plattenwerkstoffe hergestellt werden, ist ein wichtiger Kennwert in der Produktion, der aber schwer zugänglich ist und meist nur durch Siebanalyse bestimmt wird. Mit auf das jeweilige Material zugeschnittenen Bildverarbeitungsverfahren sind heute auch automatisierbare Labor- und On-line-Messungen möglich: Konturvermessungen manuell vereinzelter Partikel und gewichtete Häufigkeitsverteilungen zeigen deutlich mehr als Siebkurven, z.B. die bei gleicher Siebung je nach Holzart unterschiedlichen Spanlängen, die mit dem Mahlplattenabstand variierenden Mengenanteile einzelner Fasern und Faserbündel bei MDF und die verschiedenen Komponenten von Partikelgemischen. Auch in Bildern von Vlies- und Plattenoberflächen lassen sich die Partikelkonturen restaurieren und vermessen, so dass Veränderungen in der Spangeometrie überwacht werden könnten.

1 Einleitung

Holzwerkstoffe, die aus Holzpartikeln aufgebaut sind, können sehr verschiedene Struktureigenschaften aufweisen: Sie sind gegeben durch die Art der Herstellung der Partikel, die Vliesbildung und die Vorgänge beim Verpressen. Die Einflüsse insbesondere der Partikelgrößen auf die Werkstoffeigenschaften sind vielfältig nachgewiesen. Die klassischen Fragestellungen aus der Holztechnologie reichen von der Angabe von Feingutanteil und Siebfraktionen bis zur Spandicke, dem Längenschlankheitsgrad und der Partikelform und -orientierung.

Holzpartikel für die Plattenherstellung wie z.B. aufgeschlossene Fasern, Feinspäne für Mittel- und Deckschichten und Strands für Oriented Strand Board (OSB) und Composite Strand Lumber (CSL) sind hinsichtlich ihrer Größenverteilung und Konturen aber schwierig zu charakterisieren: Der Größenbereich umfasst einige Mikrometer bis einige Zentimeter, also einen Faktor von 10^4 , und darin wären Zellstrukturen und einzelne Klebstoffpartikel noch gar nicht enthalten. Es handelt sich also um ein Multiskalenproblem, denn der Messbereich kann nicht von einem einzigen Verfahren abgedeckt werden.

Das ist wahrscheinlich auch der Grund, warum bei den wenigsten Produktionsverfahren in der Holzwerkstoffindustrie Partikelgrößenverteilungen laufend und systematisch erfasst werden, obwohl das sehr zu einer verbesserten Prozesskontrolle beitragen könnte. Ein weiterer Grund dürfte sein, dass die geometrischen Parameter von Quadern und Kugeln eindeutig definiert sind, dies aber für irreguläre Partikel wie Holzfasern, Faserbündel, Späne und Strands nicht ohne weiteres gilt. Stand der Technik bei der Beurteilung von Holzpartikelmischungen ist im Wesentlichen neben dem Augenschein nur die produktionsbegleitende Siebanalyse. Partikelmessverfahren aus der Textil- und Papiertechnik sind für Holzpartikel, insbesondere Fasern, nur mit großen Einschränkungen geeignet.

2 Fragestellungen und Methoden

Die optische Messtechnik und die prozessnahe Bildverarbeitung bieten dagegen viele Möglichkeiten, die Erfassung von Partikelgrößenverteilungen weitgehend zu automatisieren. Allerdings sind die Materialien, Fragestellungen und messtechnischen Randbedingungen gerade in der Holztechnologie sehr verschieden. Bei der Materialvorbereitung, Bildaufnahme- und Auswertetechnik muss die richtige Strategie gewählt werden, je nach

- Material (Fasern, Späne, Strands, vereinzelt oder als Vlies oder an der Plattenoberfläche),
- Fragestellung (Anteil verschiedener Größenfraktionen, Formfaktoren),
- Antwortzeit (Labormessung, Messung im Teilstrom, On-line-Überwachung),
- Informationstiefe (Siebkurve, Häufigkeitsverteilung, statistische Kenngrößen wie z.B. Modalwerte und Quantile, Abweichung von einer Soll-Verteilung).

Eine Lösung für alle Fragestellungen gibt es nicht. An Versuchen und Lösungsansätzen zur Charakterisierung von Holzpartikeln und Größenverteilungen mit optischen Verfahren hat es in der Vergangenheit und Gegenwart trotzdem nicht gefehlt: An vereinzelt Spänen können mit der Bildanalyse mit einfachen Verfahren die Spanlänge und –breite gemessen und mit zusätzlichen Auswertungen von Schräglichtbildern [1] bzw. taktilen Messungen [2] auch die Spandicke abgeschätzt werden. Die Auflösung eines Flachbettscanners reicht aus, um mit dem FibreShape-System an Fasern im Durchlicht Größenverteilungen zu bestimmen [3], allerdings müssen dabei die Einflüsse von Partikelüberlagerungen und Scannerauflösung ausgeblendet werden. On-line-Messungen an Teilströmen sind grundsätzlich möglich, wenn die Fasern nass mit dem System QualScan [4] oder trocken mit dem System QICPIC [5] dispergiert werden. Kürzlich wurde auch ein Verfahren zu Erkennung von Shives an MDF-Vlies- oder -Plattenoberflächen vorgestellt [6]. Auch im WKI liegen viele Erfahrungen mit der optischen bzw. bildanalytischen Vermessung von Fasern und Spänen vor. Mit einem On-line-fähigen Laserbeugungssystem konnten beispielsweise die Betriebszustände am Laborrefiner des WKI anhand der Partikelgrößenverteilungen

verfolgt werden [7]. Kennwerte über die Orientierung von OSB-Strands an der Vliesoberfläche wurden ebenfalls On-line mit einer FFT-Transformation der Bilddaten bestimmt [8]. Durch Messung an vereinzelt OSB-Strands konnten die Effekte der Nachzerkleinerung im Trockner nachgewiesen werden [9]. Bei schwierigen Szenen, wie z.B. Überlagerungen von unvollständig vereinzelt Partikeln und On-line-Messungen am Vlies, müssen komplexere Bildverarbeitungstechniken eingesetzt werden. Mit speziellen Auswerteverfahren, wie der erweiterten Höhenschichtanalyse wäre auch eine Spangrößenvermessung am OSB-Vlies möglich [10; 11].

Die folgenden Beispiele aus der Praxis sollen zeigen, dass mit Bildanalysemethoden Kontingente von Fasern und Spänen mit geringem bzw. akzeptablem Präparationsaufwand und zum Teil On-line aussagefähig charakterisiert werden können und diese Verfahren mehr Informationen liefern können als die Siebanalyse.

3 Größenmessung an Spänen und Holzmehl

Holzmehl ist beispielsweise ein Standardmaterial der Holzwerkstoffindustrie, das in der Regel mit Hilfe der Siebanalyse charakterisiert wird. Abb. 1 zeigt links Robinienholzmehl, das im WKI-Technikum hergestellt und in hauseigenen WPC-Rezepturen weiterverarbeitet wurde. Auf der rechten Seite ist die mit einem Rüttelsieb ermittelte Siebkurve dargestellt.

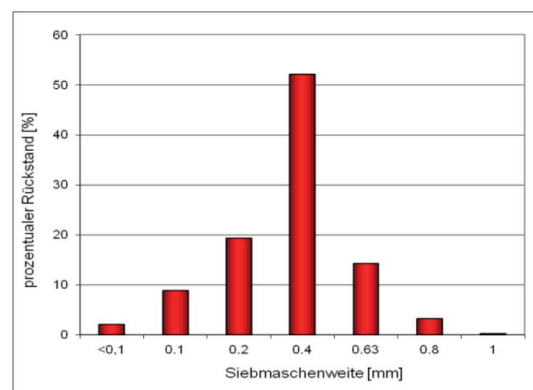
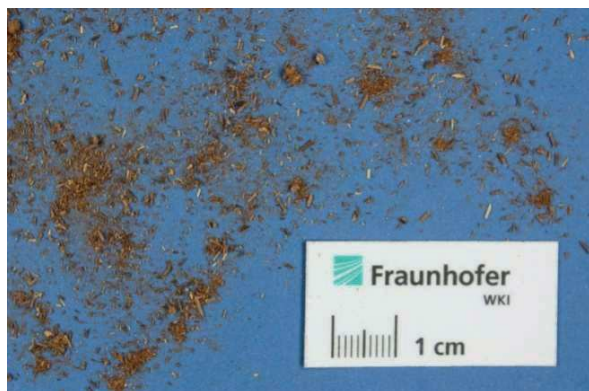


Abb. 1: im WKI hergestelltes Robinienholzmehl (links) und Siebkurve (rechts)

Die Siebkurve bildet den Modalwert 0,4 mm ab, der ungefähr der durchschnittlichen Partikelbreite entspricht. Die für die Materialeigenschaften interessantere Partikellänge kann mit der Siebanalyse nicht ermittelt werden, weil bei kompakten Partikeln im Wesentlichen ihre Breite bestimmt, ob sie das Sieb passieren, und nicht ihre Länge. Die Partikellänge kann aber bildanalytisch an den Projektionsflächen bestimmt werden, wie eine Messung mit dem FibreShape-System (Abb. 2) zeigt:

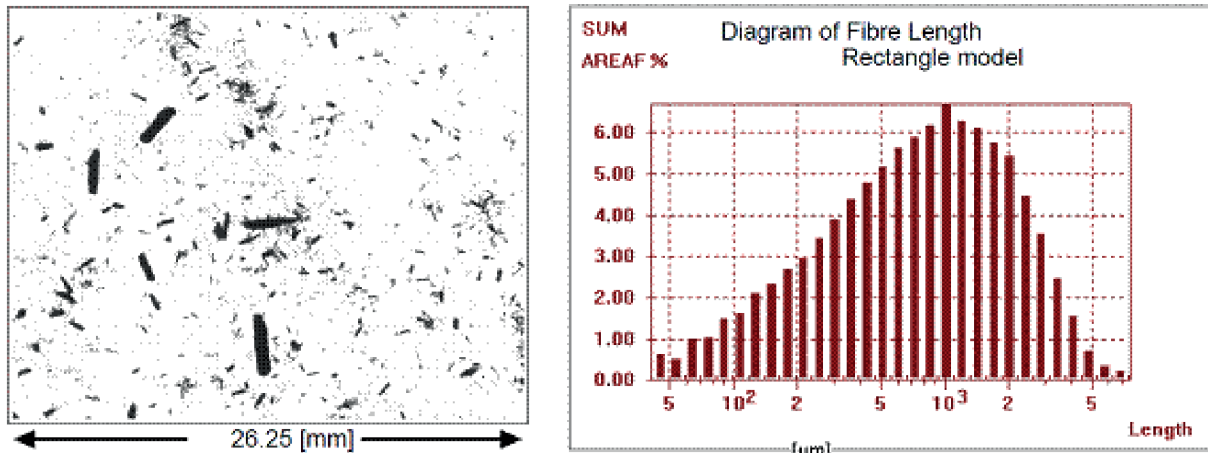


Abb. 2: Robinienholzmehl-Bildausschnitt einer FibreShape-Messung und Längenverteilung

Dabei werden die Partikel in ausreichend geringer Dichte auf einer transparenten Folie verteilt, mit einem Flachbettscanner automatisch aufgenommen und ihre Projektionsflächen mit den „klassischen“ Konturvermessungsverfahren der Bildanalyse vermessen und statistisch ausgewertet. Die mit FibreShape gemessene Längenverteilung ergibt einen Modalwert bei 1000 μm , entsprechend (vgl. Bildausschnitt) ungefähr der dreifachen Partikelbreite.

Bei der Herstellung von Spänen aus verschiedenen Holzarten ergeben sich aufgrund der Holzanatomie verschiedene Spanformen, die mit dem Auge unterscheidbar sind, auch wenn es sich um gleiche Siebfraktionen handelt. Abb. 3 zeigt Fichten- und Buchenspäne zur Spanplattenherstellung aus der gleichen Siebfraktion 1,25 mm - 3,15 mm.



Abb. 3: Späne der gleichen Siebfraktion (Siebmaschenweite: 1,25 mm - 3,15 mm) der Holzart Buche (linke Bildhälfte) und der Holzart Fichte (rechte Bildhälfte)

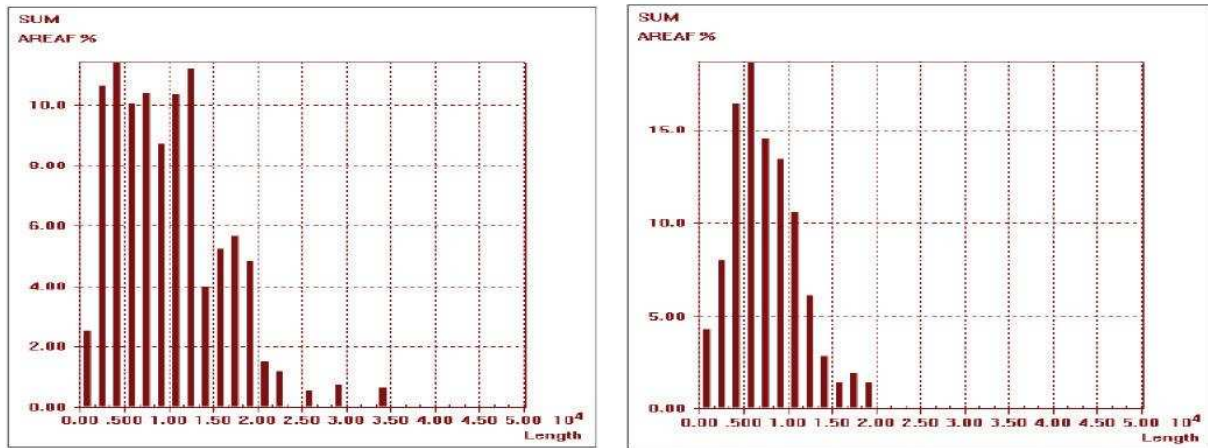


Abb. 4: Längenverteilung Buchenspäne (links) und Fichtenspäne(rechts)

Die Längenverteilung der Buchenspäne ist breiter als die der Fichtenspäne und zeigt einen deutlichen Anteil von Spänen > 1,5 mm. Der in Abb. 3 gut sichtbare Unterschied bei der Partikellänge wird bei der Größenvermessung mit dem FibreShape-Gerät gut abgebildet.

4 Größenmessung an MDF-Fasern

MDF-Fasern, zum Beispiel aus einem Refineraufschluss, sind mit der Methode der Rüttelsiebfraktionierung kaum charakterisierbar, weil sie sich zu Knäueln agglomerieren. Eine mögliche Bestimmung von Faserlänge, -breite oder Formfaktoren kann aber mittels Fibreshape vorgenommen werden. In Abb. 5 sind auf der linken Seite Buchenfasern (TMP-Aufschluss) mit einem Mahlplattenabstand von 0,4 mm und auf der rechten Seite mit 1 mm Mahlplattenabstand zu sehen. Abb. 6 zeigt je einen mit dem FibreShape-Scanner aufgenommenen Bildausschnitt



Abb.5: Buchenfasern, TMP-Aufschluss mit 0,4 mm (links) und 1 mm (rechts) Mahlplattenabstand

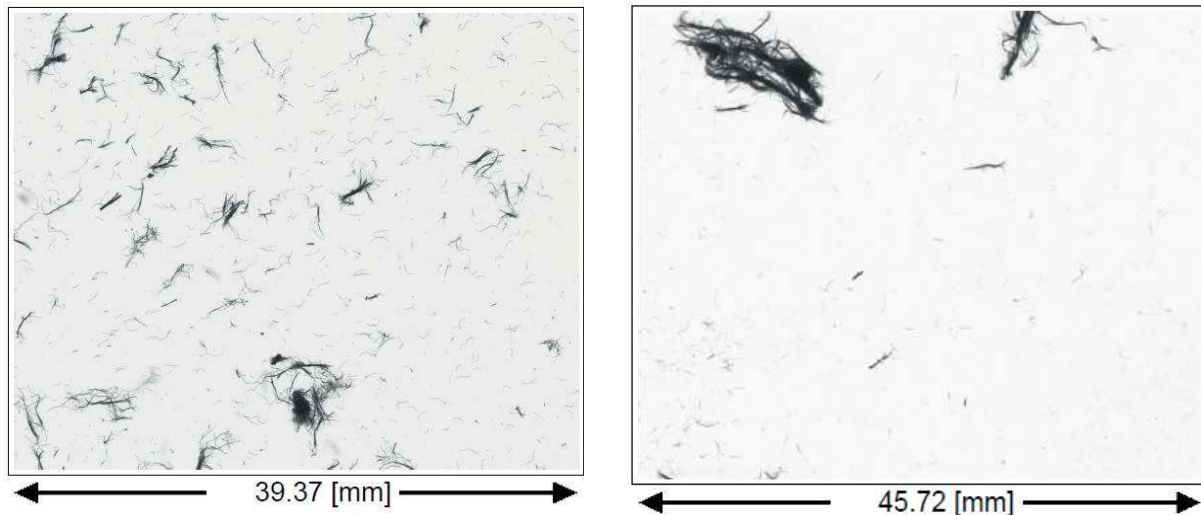


Abb.6: Bildausschnitte von FibreShape-Messungen, Buchenfasern- mit 0,4 mm (links) und 1 mm Mahlplattenabstand (rechts)

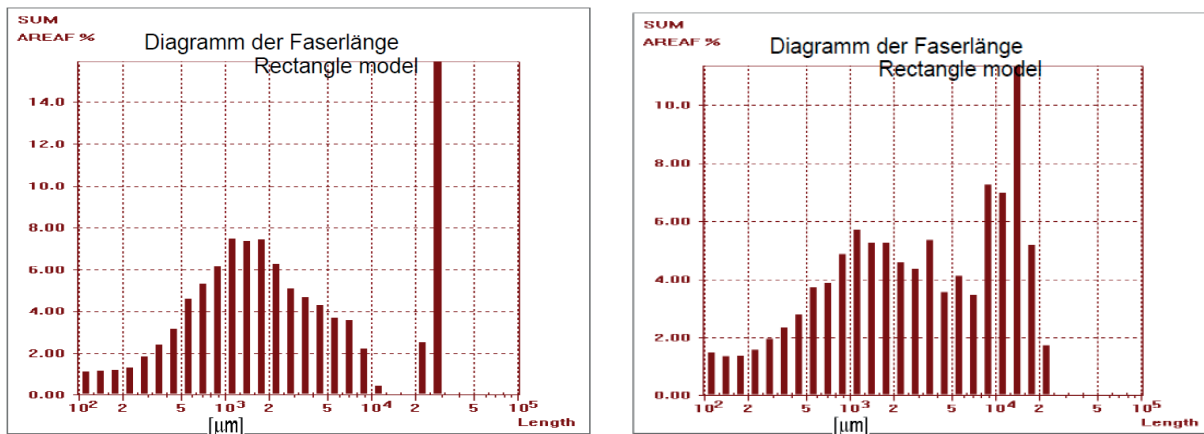
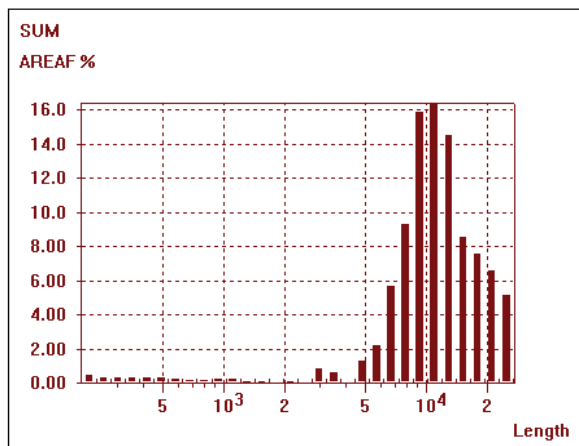


Abb.7: FibreShape-Messungen, gewichtete Längenverteilung, Buchenfasern- mit 0,4 mm (links) und 1 mm Mahlplattenabstand (rechts)

Größere Mahlplattenabstände bei der Herstellung im Refiner ergeben erfahrungsgemäß höhere Anteile größerer Fasern und Faserbündel. Beim Mahlplattenabstand von 1 mm erkennt man daher im Diagramm der gewichteten Längenverteilung (Abb. 7 rechts) deutlich eine Fraktion mit Längen um 10 mm ($10^4 \mu\text{m}$).

Nicht nur Fraktionen aus einer Klasse von Partikeln, sondern auch Gemische lassen sich nach ihren jeweiligen Anteilen charakterisieren. Dies lässt sich zeigen an einem Gemisch aus TMP-Robinienfasern und Fichtenspänen (Siebfraktion 3,15 mm - 5 mm): Abb. 8 stellt oben und in der Mitte die Längenverteilungen der einzelnen Fraktionen dar. Dabei zeigen die Fichtenspäne (links) einen deutlichen Modalwert bei einer Länge von 10 mm und die Robinienfasern (rechts) eine breite Verteilung um ca. 1 mm. Im Gemisch (Abb. 8 unten) finden sich beide Komponenten praktisch als Summe der Verteilungen der Einzelkomponenten sehr deutlich wieder.



Diese Beispiele zeigen, dass sich mit Bildauswertungen an vereinzelt Partikeln deutlich mehr Informationen über die Größenverteilungen gewinnen lassen als mit Siebanalysen. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Proben gut aufbereitet und bei der Bildauswertung Konturparameter berücksichtigt und Agglomerationen ausgeblendet werden müssen.

5 Spangrößenmessung im Vlies und an der Plattenoberfläche

Wenn die Partikelkontingente nicht erst präpariert und der Aufwand für die Bildaufnahme minimiert werden sollen, müssen Bildverarbeitungsverfahren angewendet werden, die sich auch für Szenen mit nicht vereinzelt Spänen eignen. An anderer Stelle [10; 11] wurde gezeigt, dass sich dafür die erweiterte Höhenschichtanalyse eignet, die Grauwertbilder behandelt wie ein „Grauwertgebirge“ und Spankonturen restaurieren kann. Allerdings werden dann von allen teilweise verdeckten Spänen nur die sichtbaren Konturen vermessen. Abb. 9 zeigt oben links eine solche Szene aus CSL-Strands ähnlich einem Vlies auf dem Formstrang und oben rechts das Ergebnis einer solchen rechnerischen Spandetektion.

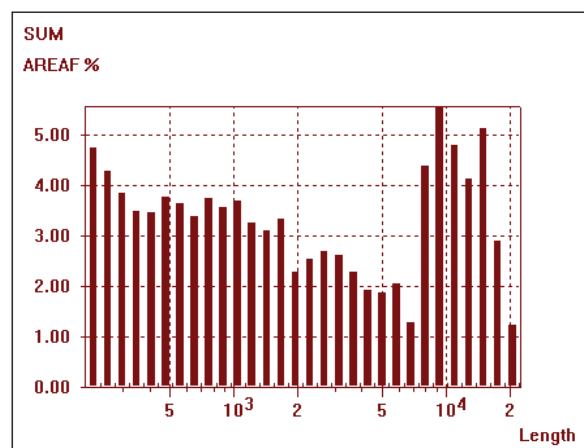
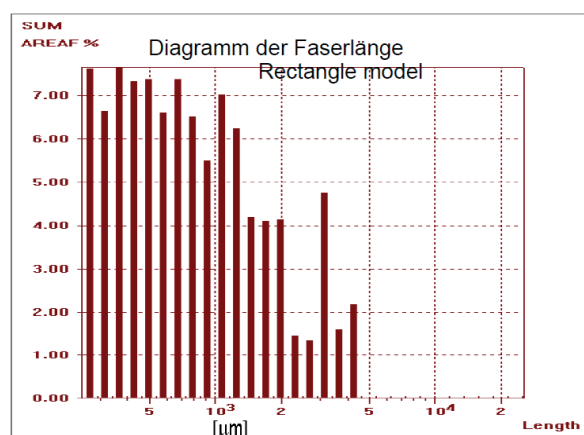


Abb. 8: Längenverteilungen für Fichten-Standardspäne (3,15 mm – 5 mm) und TMP-Robinienfasern in jeweils gleicher Skalierung

Oben: Messergebnis für Spänefraktion

Mitte: Messergebnis für Faserfraktion

Unten: Messergebnis für das Gemisch

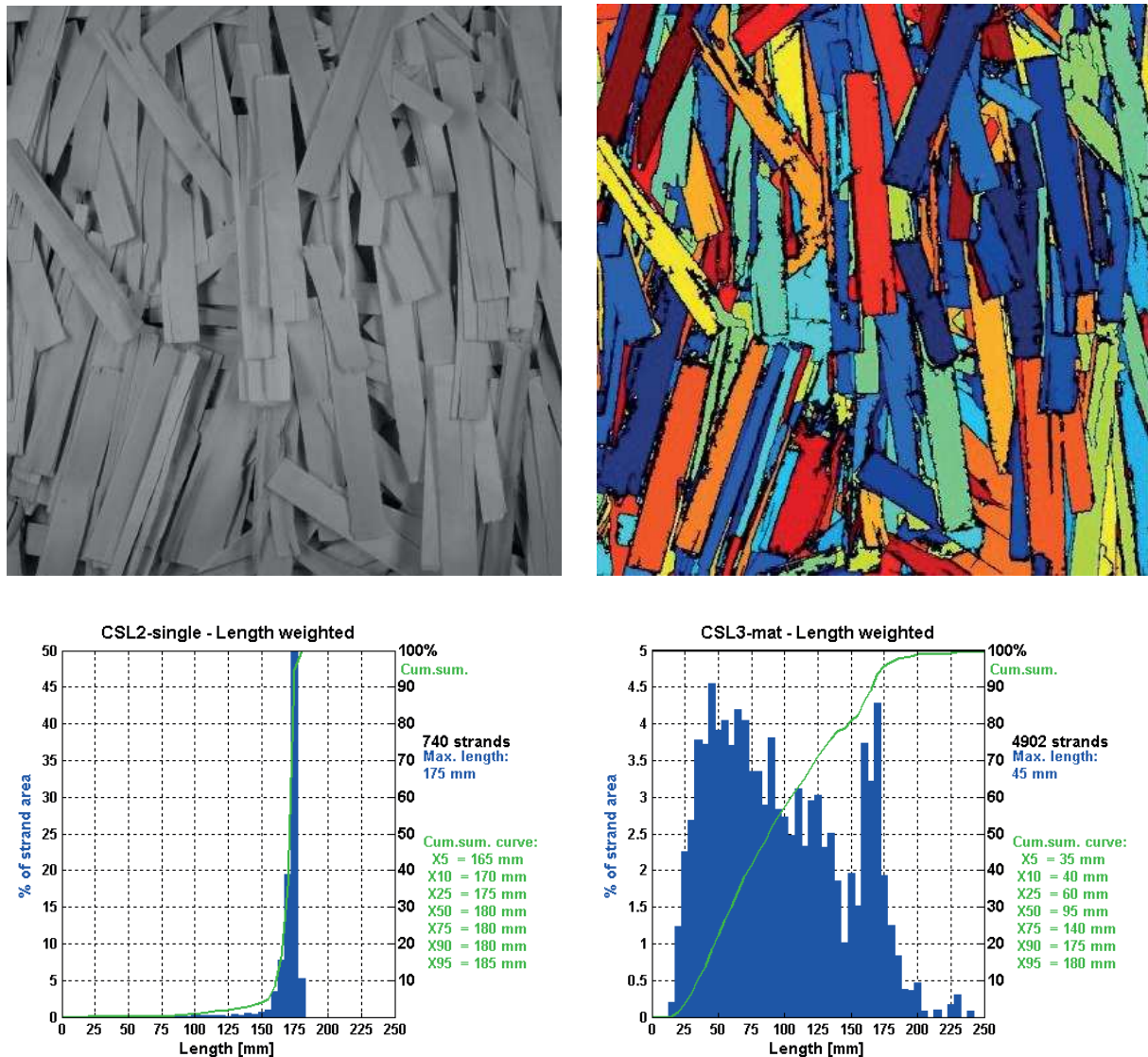


Abb. 9: CSL-Strands – oben links: Graubild einer vliesähnlichen Szene (ca. 400 x 400 mm²)

Oben rechts: Spandetektion durch erweiterte Höhenschichtanalyse

Unten: Längenverteilung als mit der Fläche gewichtete Verteilungsdichte (blau) und Verteilungssumme (grün), gewonnen aus ca. 60 Einzelbildern

- links: Einzelmessung mit Flachbettscanner, rechts: Messung am Vlies

Wenn man die Strands manuell vereinzelt, mit einem Flachbettscanner aufnimmt und mit Standardverfahren ihre Konturen vermisst, ergibt sich eine Längenverteilung mit klar ausgeprägtem Modalwert entsprechend der vom Zerspaner vorgegebenen Länge. Aus der Vermessung im Vlies ergibt sich eine Verteilung, die diesen Wert immer noch enthält, aber einen zusätzlichen Anteil „kleiner“, weil nur teilweise sichtbarer Späne aufweist. Diese Verteilung hängt aber bei gleichem Orientierungsgrad der Strands nur noch von der Spanlänge selbst ab und eignet sich durchaus für die kontinuierliche Überwachung der Spangeometrie.

Auch eine Größenvermessung direkt an der Plattenoberfläche ist mit gewissen Einschränkungen möglich. Abb. 10 zeigt oben links einen Ausschnitt der mit einem Scanner

aufgenommenen Oberfläche einer Laborplatte und oben rechts wiederum das Detektionsergebnis nach dem beschriebenen Verfahren. Eine Probe der unverpressten Deckschichtspäne wurde zusätzlich mit dem FibreShape-Gerät aufgenommen und vermessen, wobei der Feingutanteil vorher abgeseibt wurde. Die mit 1200 dpi aufgenommenen Bilder der Spänekonturen wurden dann ebenfalls in Teilbilder zerlegt und mit Standardverfahren vermessen. In beiden Auswertungen wurden Partikel mit Flächen kleiner als $0,5 \text{ mm}^2$ und mit Formfaktoren, die auf eine irreguläre Partikelform hindeuteten, nicht berücksichtigt.

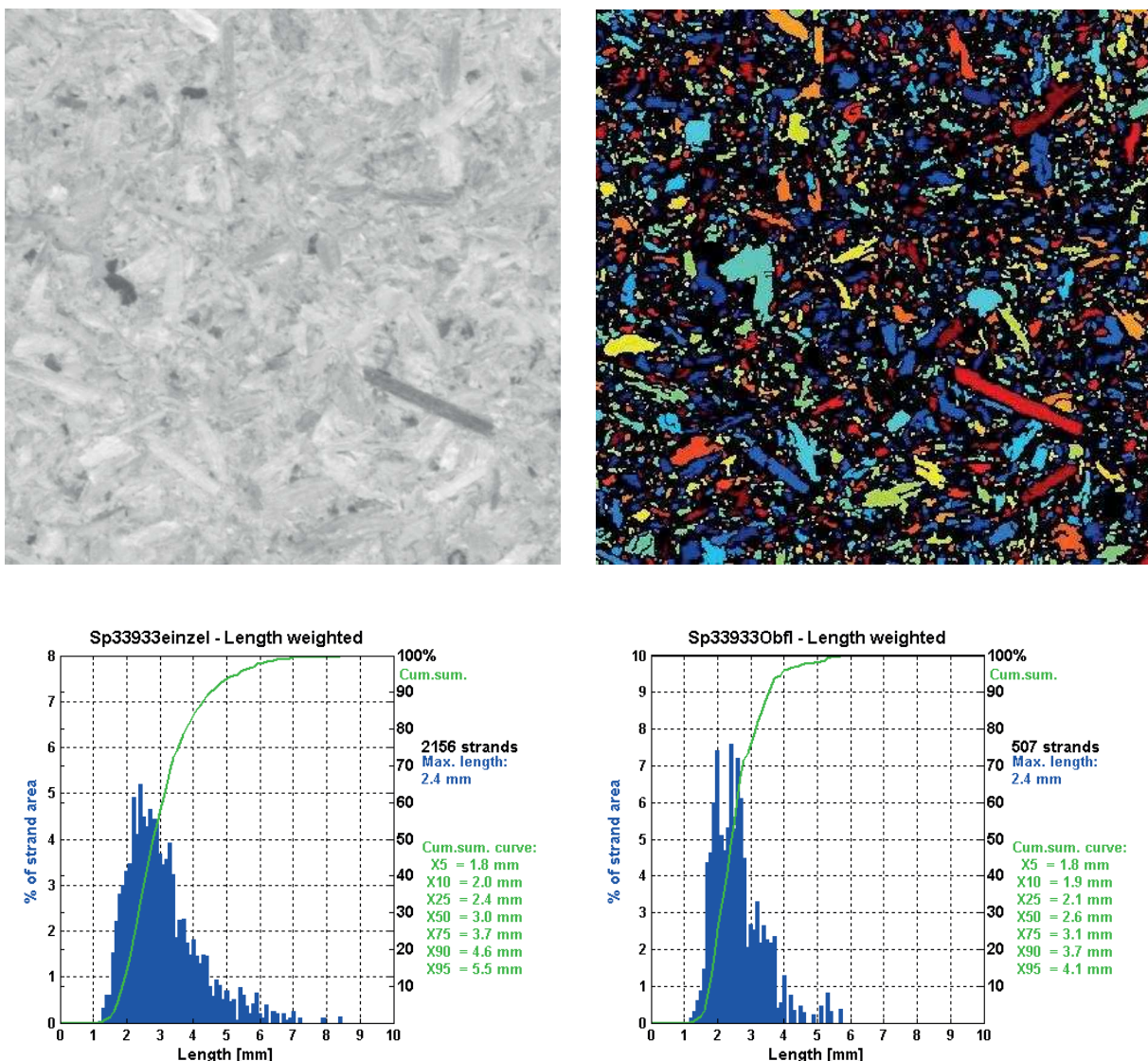


Abb. 10: Deckschicht einer Spanplatte (Fichtenspäne, Industrie)
oben links: Graubild vom Scanner (ca. $21 \times 21 \text{ mm}^2$), oben rechts: Detektionsergebnis
Unten: gewichtete Längenverteilung für Partikel $> 0.5 \text{ mm}^2$
– links: Einzelmessung, Bildaufnahme mit FibreShape, rechts: Messung an 28 Teilbildern der Plattenoberfläche

Die nach den beiden unterschiedlichen Verfahren gewonnenen gewichteten Verteilungen der Spanlängen sind wiederum sehr ähnlich. Der Anteil der längeren Späne ist bei der Einzelmessung etwas höher, die Modalwerte stimmen jedoch überein. Wenn

Spanplatten-oberflächen beurteilt werden, spielt auch die „Feinspanigkeit“ eine Rolle, also das Aufkommen von Flugspänen oder anderer auffällig großer Späne. Dieser Anteil findet sich in den Verteilungen bei Spanlängen ab etwa 5 mm wieder und lässt sich z.B. anhand der Quantile bewerten.

6 Diskussion und Ausblick

Die hier gezeigten Messergebnisse beschränken sich nur auf die Längenverteilungen, obwohl aus der Bildanalyse natürlich mehr Geometrieparameter gewonnen werden können. Sie zeigen aber schon, wieviel mehr Informationen als bei der Siebanalyse mit geeigneten Bildaufnahme- und –auswerteverfahren gewonnen werden können. Die Möglichkeiten und auch die Grenzen der Bildverarbeitung werden bisher zu wenig verstanden, daher werden auch mit überschaubarem Aufwand realisierbare Verfahren zur Holzpartikelmessung zu wenig genutzt.

Natürlich wird es keine Technik geben, die allen eingangs angesprochenen Fragestellungen gleichermaßen gerecht wird. Für die Spanplattentechnologie ist es z.B. eine deutliche Einschränkung, dass je nach Auflösung bei der Bildaufnahme der Feingutanteil nicht einfach gemessen, sondern bestenfalls geschätzt werden kann. Die Messung von Mengenanteilen verschiedener Größenfraktionen gilt zunächst nur für die Zusammensetzung des von der Kamera bzw. vom Scanner erfassten Teils des Materials; ob sie aussagefähig ist, hängt natürlich davon ab, ob die Probe repräsentativ ist. Auch eine Vermessung in drei Dimensionen, z.B. um die Spandicke zu bestimmen, ist für einzelne Partikel bisher nicht möglich. Bildverarbeitung ist eine berührungslose optische Messtechnik, die die Konturen von Partikeln erfasst. Das mechanische Verhalten von Holzpartikeln, z.B. bei der Vliesbildung und beim Verpressen, ist aber natürlich nicht nur durch die Partikelkontur bestimmt. Das alles sind jedoch keine Gründe, solche Verfahren nicht zu nutzen und weiter zu entwickeln.

Absehbare Verbesserungen zeichnen sich ab, z.B. in der Dispergiertechnik für Faserstoff, bei der Bilddatenaufnahme mit einfacher handhabbaren Sensoren wie preisgünstigen Flachbettscannern, bei parametrierbaren Digitalkameras und bei verfeinerten Bildauswerteverfahren, die auf Standard-Rechnern implementiert werden können.

7 Literatur

- [1] Arnold, D. (1986): Vorteile digitaler Bildverarbeitung für die Spananalyse. In: Holz als Roh- und Werkstoff 44(1986), S. 249-252.
- [2] Niemz, P. und Fuchs, I. (1990): Computer Aided Particle Size Recording. In: Dre-

vársky vyskum (1990)125, S. 51-62.

- [3] Ohlmeyer, M., Hasener, J. und Schmid, H. (2006): New methods to determine fibre quality for MDF-production. In: European Panel Products Symposium (EPPS 10), S. Llandudno, Wales. 2006.
- [4] Pulmac (2011): Qualscan II Fiber Size Measuring System. Pointe-Claire, Kanada: Pulmac Inc. Retrieved: 1.11.2011, from <http://pulmac.ca/qualscan2.php>.
- [5] Sympatec (2011): QICPIC Partikelgrößen- und Formanalyse. Clausthal: Sympatec GmbH. Retrieved: 1.11.2011, from <http://www.sympatec.com/DE/ImageAnalysis/QICPIC.html>.
- [6] Pieper, O. und Ohlmeyer, M. (2011): Fiber quality control for MDF production. In: Joint International Symposium on Wood Composites and Veneer Processing and Products, S. Seattle, Washington, USA, 5.-7.4.2011. 2011.
- [7] Benker, B., Erbreich, M., Plinke, B. und Wollmann, A. (2003): Characterisation of wood fibres for MDF - off-line and on-line measurements for production monitoring. In: Seventh European Panel Products Symposium 2003, S. 1-13. Llandudno, Wales, 8.-10.10.2003. 2003.
- [8] Plinke, B. (2004): Measurement of OSB Strand Size and Orientation - Image Processing Methods, Implementation and Experiences with Production Monitoring. In: EPPS 8 - European Panel Products Symposium 2004, S. 4-13 - 14-22. Llandudno, UK, 13.-15.10.2004. 2004.
- [9] Le Fur, X., Thole, V. und Plinke, B. (2006): Assessing and Optimizing Strand Geometry and Orientation to Produce Strengthened OSB In: 5th European Wood-Based Panel Symposium : Proceedings, S. Hannover, 4.-6.10.2006. 2006.
- [10] Plinke, B. (2011): Größenanalyse an nicht separierten OSB-Strands. Teil 1: Methodik der Objektsegmentierung beim „Blick auf das Vlies“. In: Holztechnologie 52(2011)3, S. 41-47.
- [11] Plinke, B. (2011): Größenanalyse an nicht separierten OSB-Strands. Teil 2: Messergebnisse und Diskussion. In: Holztechnologie 52(2011)4, S. 17-23.