

Größenanalyse an nicht separierten OSB-Strands

Teil 1: Methodik der Objektsegmentierung beim „Blick auf das Vlies“

Burkhard Plinke

Bei strukturorientierten Holzwerkstoffen, die wie OSB aus relativ großen Spänen bestehen, spielt die Spangeometrie eine wichtige Rolle für die Plattenfestigkeit. Sie kann aber bisher nicht aus Bilddaten der Vliesoberfläche bestimmt werden, weil Spankonturen sich überlagern und aufgrund ihrer Grauwerteigenschaften nicht geschlossen detektiert werden können. Ein Bildverarbeitungsverfahren wird vorgeschlagen, mit dem Objekte aus Grauwertbildern soweit extrahiert werden können, dass damit eine repräsentative Größenvermessung möglich ist. Dazu werden ein Kantendetektor, eine Zerlegung des Grauwertbildes in Höhenschichten und anschließende Filterung sowie die nachfolgende Bereinigung der Objekte nach Formkriterien eingesetzt.

Schlüsselwörter: Spandimension, OSB-Vlies, Bildverarbeitung, Höhenschichtanalyse

Einleitung

Bei strukturorientierten Holzwerkstoffen, wie z. B. OSB, LVL o. ä., wird die „gewachsene Festigkeit“ des Holzes ausgenutzt, indem relativ große Holzpartikel mit möglichst rechteckiger Kontur (Strands) beleimt, orientiert, zu einem mehrschichtigen Vlies geformt und verpresst werden, so dass sich die gerichteten Festigkeiten addieren. Der Effekt wird wesentlich bestimmt durch die Orientierung der Späne und ihre Größenparameter. Diese wiederum bilden sich in den vorgelagerten Prozessen der Spanherstellung, -aufbereitung und Vliesbildung aus. Die Spangeometrie kann variieren und sollte daher möglichst im Prozess gemessen werden, um die Teilprozesse der Spanherstellung, -aufbereitung und Vliesbildung überwachen, optimieren und soweit wie möglich regeln zu können. Die Partikelgrößenmessung im OSB-Vlies ist aber eine methodische Herausforderung: Die Strands liegen teilweise verdeckt von benachbarten Spänen. Ihre Konturen sind, bedingt durch Beleuchtung und Jahrringstrukturen innerhalb der Spanoberfläche, oft nicht klar unterscheidbar. Algorithmen, die aus dem „Blick auf das Vlies“ Verteilungen der Spangrößenparameter bestimmen sollen, müssen daher die Partikelkonturen zunächst so gut wie möglich restaurieren. Durch einen Vergleich zwischen den tatsächlichen, an vereinzelt Spänen gemessenen Größenverteilungen und den on-line am Vlies gemessenen könnten die Effekte durch Überdeckungen eingeschätzt und am laufenden Formstrang Veränderungen in der Vlies- bzw. Spanqualität erkannt werden. Teil 1 des Beitrages beschreibt ein geeignetes Verfahren, das verschiedene Techniken der Bildanalyse kombiniert. In Teil 2 werden dann Ergebnisse für verschiedene vereinzelt und als Vlies vermessene Spankontingente vorgestellt und diskutiert.

Strukturorientierte Holzwerkstoffe und Spandimensionen

Anders als bei MDF und Feinspanplatten wird die Qualität von Werkstoffstrukturen bei OSB und ähnlichen Produkten gern mit Auge und Hand beurteilt, weil die Spandimensionen „greifbar“ sind. Größen, wie Spanlänge, Spanbreite, Spandicke und Spanorientierung, werden dabei aber oft verwendet, ohne dass der Größenbezeichnung eine exakte Definition zugrunde liegt. Ein gängiger Maßstab für Spandimensionen ist seit Jahrzehnten die Siebkurve, gebildet aus den Massenanteilen pro Siebmaschenweite bei der Siebanalyse. Diese charakterisieren aber eher die Massenanteile von Feingut und „tragenden“ Spänen sowie bei den Spänen, deren Größe dazwischen liegt, die durch Länge und Breite gleichzeitig bestimmte Wahrscheinlichkeit, mit der sie die Siebmaschen passieren.

Spangeometrie und Eigenschaften von Holzwerkstoffplatten

Beziehungen zwischen den für die Spangeometrie charakteristischen Kennwerten und den Qualitätsparametern von OSB, wie z. B. Elastizitätsmodul, Biegefestigkeit und Dichteverteilung, sind schon vielfach theoretisch und praktisch untersucht worden: Ein mathematisches Modell für die simulierte Vliesbildung und die von den Spandimensionen abhängigen Dichteveränderungen in Plattenebene beschrieben *Dai und Steiner* (1994). Verfeinerte Modelle für die Ausbildung der Platteneigenschaften während des Pressvorganges lassen sich aufstellen, wenn man keine konstanten Spangeometrien, sondern reale Spänekonturen, variable Holzdichte und Spangrößenverteilungen zugrunde legt. So lässt sich die Matrix einer

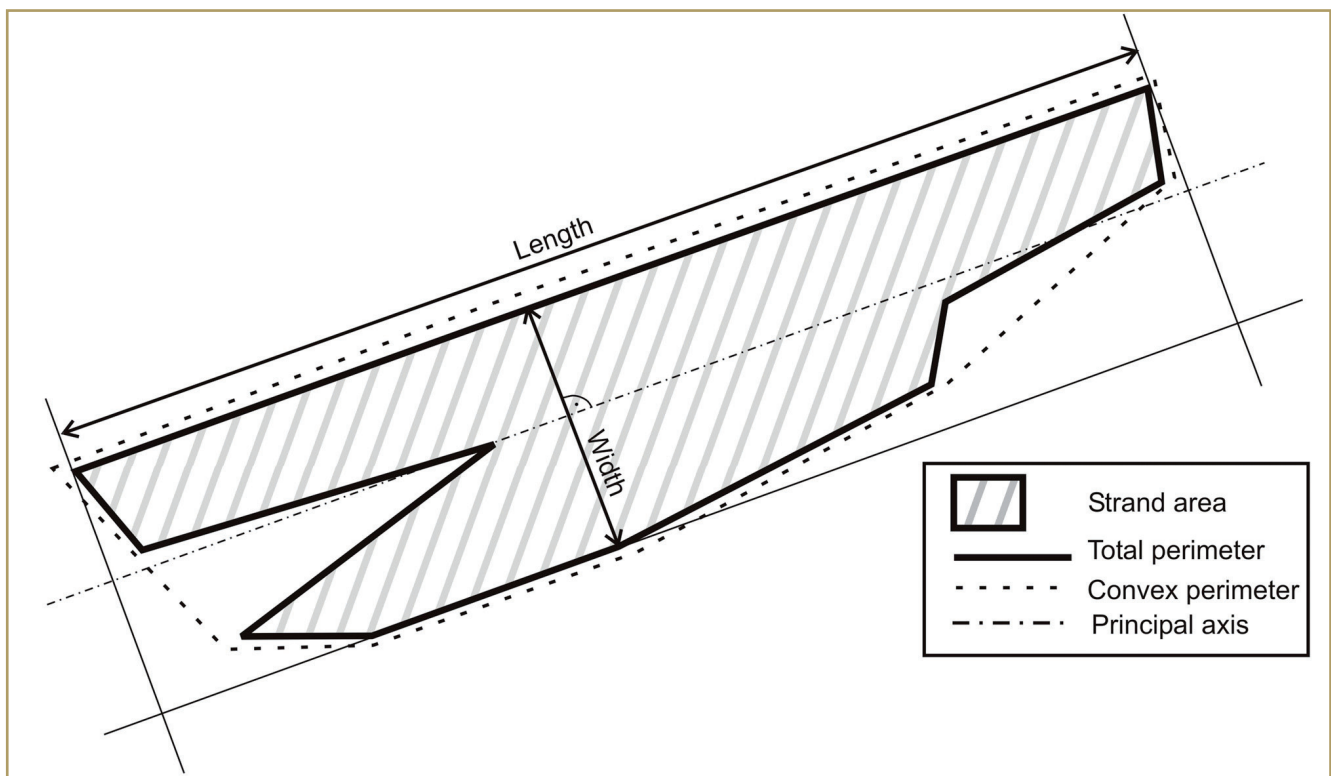


Abb. 1: Angenommene Spankontur (schematisch)

Fig. 1: Outline of a wood particle (sketch)

dreilagigen OSB und insbesondere die Dichte- und Dickenverteilung in Plattenebene bereits gut simulieren (Zombori *et al.*, 2001). Eine weitere Verfeinerung ist möglich, indem auch irreguläre Spänekonturen und der Feingutanteil einbezogen und das Porenvolumen und die Dichteverteilung in der OSB-Matrix betrachtet werden (Li *et al.*, 2008).

Allgemein können bei Holzwerkstoffen, die aus gerichteten Spänen aufgebaut sind, die Festigkeitseigenschaften aus dem Winkel zwischen Belastung und Längsrichtung der Späne erklärt werden. Ein Modell dafür ist die Gleichung nach Hankinson. Sie besagt im Wesentlichen, dass die resultierende Festigkeit sich ergibt als Produkt der Festigkeiten in Faserrichtung und quer zur Faserrichtung sowie einem Term, in den die Spanlänge und die Spandicke eingehen (Barnes, 2001). Die Aussage der Formel, dass ein größerer Quotient Spanlänge/Spandicke festere Platten ergibt, bestätigt sich, wenn man sie, soweit technologisch möglich, aus „idealen“ Strands herstellt. Eine Forschungsgruppe an der TU Wien entwickelte für ein- und mehrlagige Platten aus Furnierspänen ein mikromechanisches Modell für deren Festigkeit, d. h. die E-Moduli in Richtung der Spanorientierung und quer dazu. Diese Werte wachsen jeweils mit den Quotienten Länge/Dicke (Schlankheitsgrad) und Breite/Dicke (Plattheit) und hängen vom Orientierungswinkel der Späne ab. Obwohl das Modell keine diskreten Späne, sondern ein mikromechanisches Kontinuum annimmt, ergaben sich gute Übereinstimmungen zwischen den Vorhersagen und den Festigkeitseigenschaften von Laborplatten (Stürzenbecher *et al.*, 2007).

Es ist üblich, die Qualität eines OSB-Vlieses visuell anhand der

Ausrichtung der sichtbaren Strands in der oberen Deckschicht zu beurteilen, weil man davon ausgeht, dass die Beiträge der Deckschichtspäne zur Festigkeit der Platten entscheidend sind. Dies wurde u. a. nachgewiesen durch Chen *et al.* (2008): Modellrechnungen zeigten, dass die äußeren 17 % des Plattenquerschnitts bereits 50 % des Biege-E-Moduls ausmachen. Theoretisch und praktisch nachgewiesen sind also

- die Zusammenhänge zwischen Spangeometrie und Plattenfestigkeit,
- die Beiträge der oberflächennahen Späne zur Plattenfestigkeit,

so dass eine prozessnahe Spangrößenbestimmung aus dem „Blick auf das Vlies“ die bisherigen Erkenntnisse und Modelle deutlich erweitern und zu einer verbesserten Prozesssteuerung beitragen würde.

Spangeometrie und -orientierung als holztechnologische Begriffe

In der Holztechnologie (Niemz, 1986) werden für Spandimensionen scheinbar feststehende Begriffe verwendet:

- Die Spanlänge l als maximale Ausdehnung in Faserrichtung,
- die Spanbreite b als maximale Ausdehnung senkrecht zur Faserrichtung,
- die Spandicke d als minimale Ausdehnung senkrecht zur Faserrichtung,
- der Schlankheitsgrad nach Klauditz aus dem Quotienten l/d (Länge zu Dicke),
- das Breitenverhältnis nach Rackwitz aus dem Quotienten l/b (Länge zu Breite),

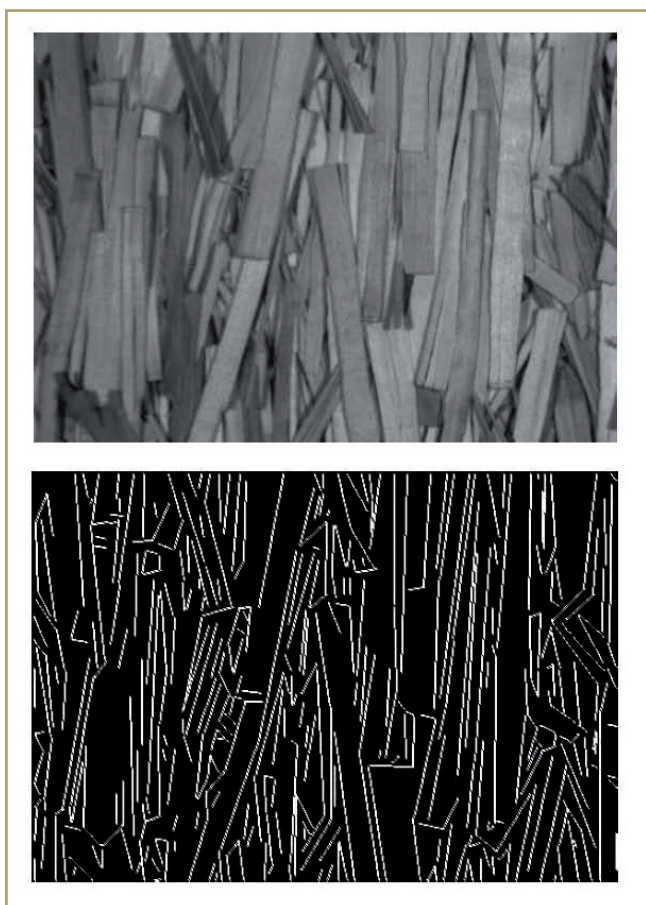


Abb. 2: Kantendetektion und -restauration nach Canny und Kovesei an realen Strands (oben: Originalbild; unten: Kanten, detektiert und zusätzlich restauriert)

Fig. 2: Edge detection and restoration (methods of Canny and Kovesei) applied to real strands (top: original; bottom: edges detected and restored)

- die Platttheit nach Flemming aus dem Quotienten b/d (Breite zu Dicke),
- der Ausrichtungsgrad.

Der Ausrichtungsgrad von Strands in einem Vlies oder einer Plattenoberfläche kann auf verschiedene Art und Weise definiert werden. Eine mögliche Definition (Geimer *et al.*, 1999) beruht auf dem Mittelwert der Winkelabweichungen zwischen der Produktionsrichtung (d. h. der gewünschten idealen Ausrichtung) und der Längsachse repräsentativer Strands. Bei exakter Ausrichtung aller Strands ergibt sich ein Wert von 100 %, bei gleichverteilter Ausrichtung ein Wert von 0 %.

In der digitalen Bildanalyse verwendete Algorithmen beruhen meistens darauf, dass die Kontur des zu vermessenden Partikels einem bestimmten Modell entspricht. In der Regel ist dies ein langgestreckter Quader mit parallelen bzw. senkrecht zueinander ausgerichteten Außenflächen, der durch drei skalare Werte für Länge, Breite und Höhe (bzw. Dicke) vollständig beschrieben ist. Bei Spänen handelt es sich aber um mehr oder weniger irreguläre Konturen. Ideal für die OSB-Herstellung wären quaderförmige Strands mit einer Länge in der Größenordnung von ca. 100 mm, einer Breite von ca. 20 mm und einer Dicke von ca. 0,8 mm. Die Konturen realer Strands weichen

aber je nach Werk und Herstellungsverfahren mehr oder weniger deutlich davon ab.

Bildanalytische Verfahren zur Bestimmung von Partikelgeometrien

Hat man durch geeignete Verarbeitungsschritte ein Bild segmentiert, so sind alle Pixel markiert, die zu vermessenden Objektflächen angehören, z. B. weiß vor schwarzem Hintergrund. Objektgrößen lassen sich durch verschiedene Parameter beschreiben. Die einfachsten, aus der Kontur direkt abgeleiteten Deskriptoren (vgl. Abb. 1) sind

- die Fläche (strand area), d. h. die Anzahl aller Pixel, die zur Partikelkontur gehören, multipliziert mit der Fläche, die aus der realen Welt auf ein Pixel abgebildet wird,
- der Umfang (total perimeter), d. h. die reale Länge der Außenkontur,
- der konvexe Umfang (convex perimeter), d. h. anschaulich die Länge eines Maßbandes, mit dem man die Außenkontur umspannen kann.

Während diese Definitionen für reguläre wie für irreguläre Konturen praktisch immer eindeutig verwendet werden können, gilt dies bei irregulären Konturen nicht für die Drehlage, Länge und Breite. Die Drehlage kann angegeben werden als Winkel zwischen der Hauptachse (principal axis) einer Kontur und den Achsen des Koordinatensystems. Die Hauptachse wiederum kann bestimmt werden

- als diejenige Achse, bei der der Durchmesser der Kontur maximal wird,
- als Längsachse einer äquivalenten Ellipse mit gleichem Trägheitsmoment.

Bei einer rechteckigen Kontur würde sich als maximaler Konturdurchmesser dann statt der Längsseite die Diagonale als Länge ergeben, mit einem systematischen Fehler je nach Breitenverhältnis. Bei spanähnlichen Konturen eignet sich daher das Messprinzip nach der äquivalenten Ellipse besser, um den wichtigsten Größenparameter Länge zu bestimmen. Bei irregulären Konturen können sich also je nach Definition der Größen unterschiedliche Werte bei der Messung der Dimensionen ergeben. Softwarebibliotheken für die Bildanalyse enthalten jeweils auch Algorithmen für die Bestimmung von Konturdimensionen, die sich jedoch durchaus unterscheiden. Bei Konturen, die nicht nur einfachen Polygonen entsprechen, wie z. B. Rechtecke, ergeben sich daher oft unerwartete Abweichungen.

Die morphologischen Definitionen von Objektkonturen in der Bildverarbeitung sind also nicht deckungsgleich mit den Begriffen aus der Spanplattentechnologie – Länge, Breite und Drehlage sind nur scheinbar feststehende Begriffe. Daher ist es unsinnig, für Größen wie Länge und Breite eine hundertprozentige Messgenauigkeit zu fordern, weil sich deren „wahre“ Werte nicht absolut definieren lassen. Stattdessen ist es sinnvoll, definierte Partikelkontingente oder aber synthetisch erzeugte Bilder zu vermessen, um das Ergebnis eines Bildanalyseverfahrens einschätzen zu können (vgl. Teil 2 des Beitrags).

Stand der Technik bei der Vermessung von Holzpartikeln

Optische Partikelmesstechniken für Späne wurden immer wieder mit Erfolg untersucht und vorgeschlagen, haben sich in der

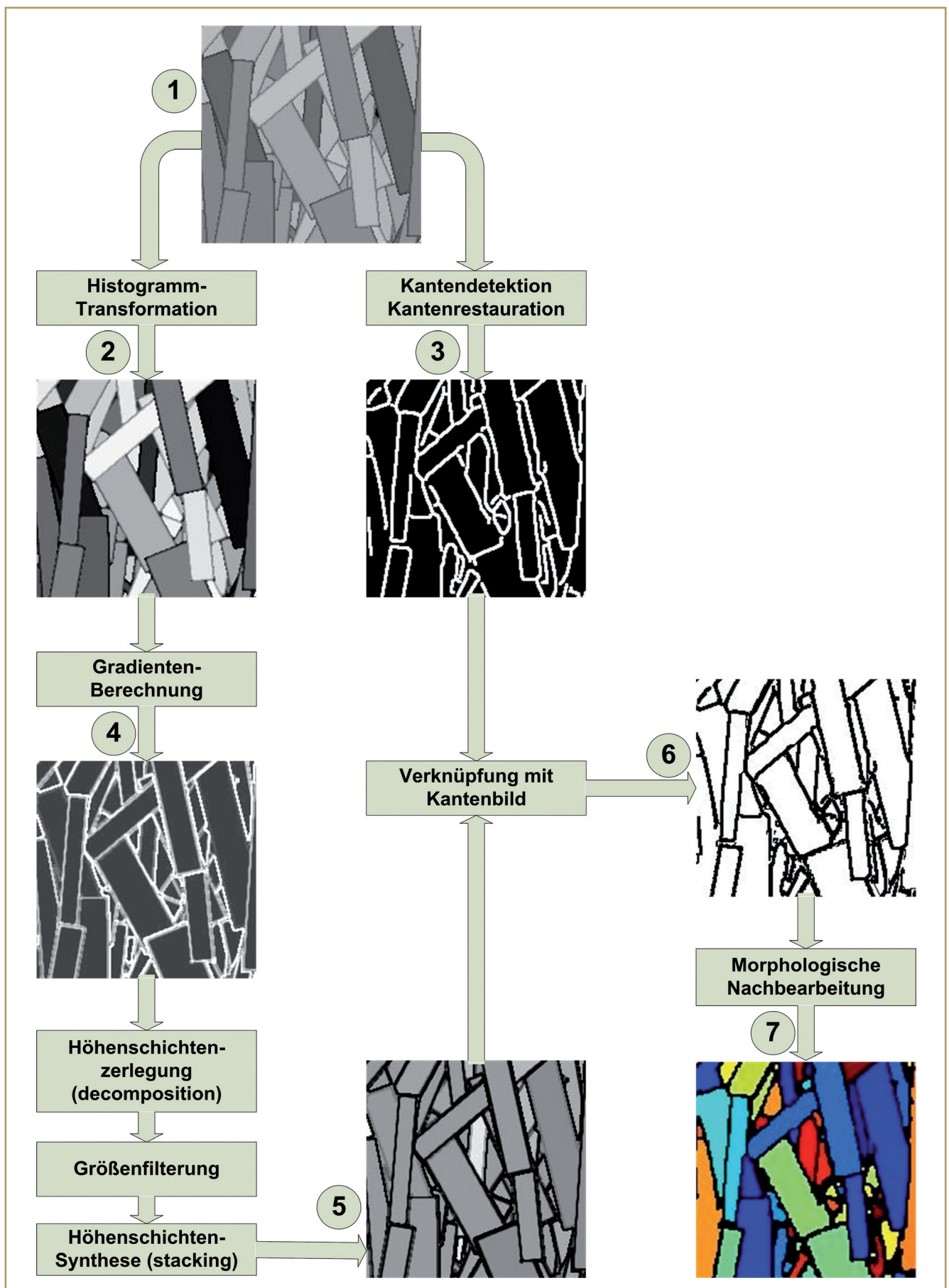


Abb. 3: Übersichtsdarstellung zur erweiterten Hörschichtanalyse (oben links: Ausgangsbild; unten rechts: Ergebnis)

Fig. 3: Overview of threshold decomposition and analysis (top left: original; bottom right: result)

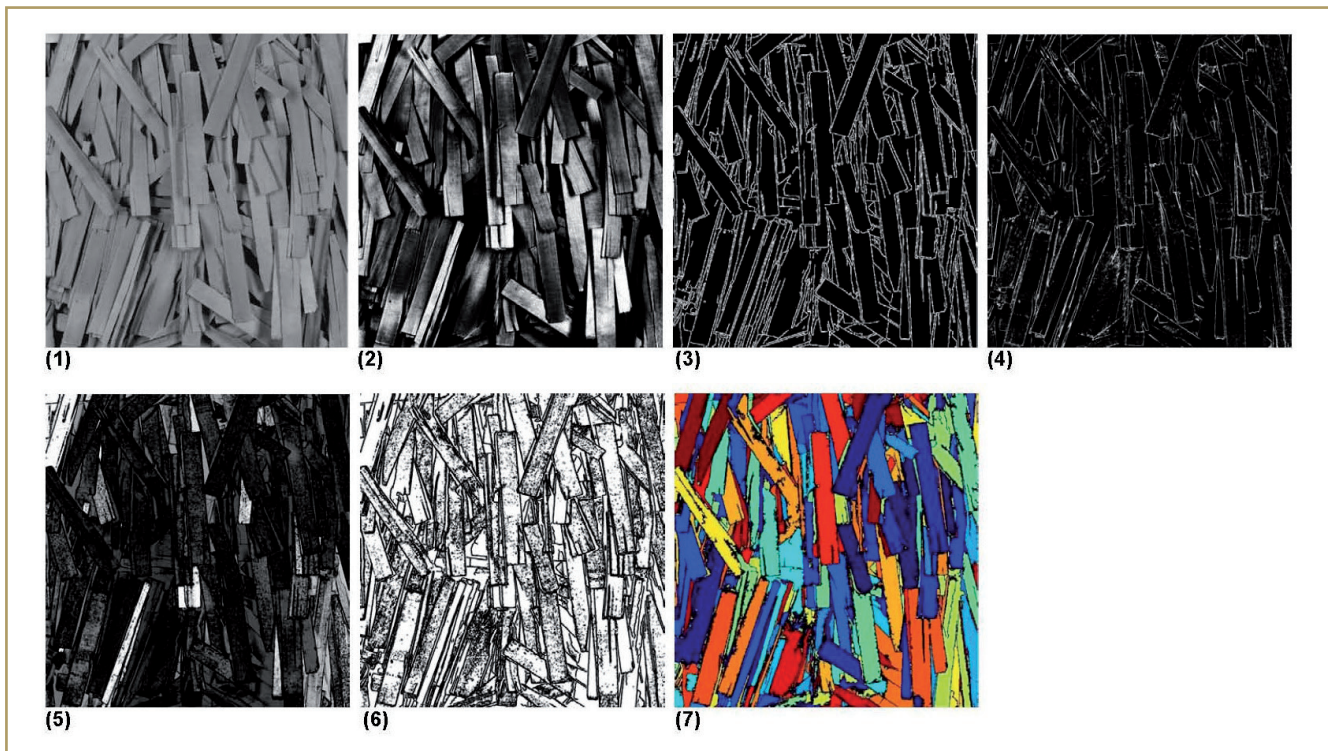


Abb. 4: Höhenschichtanalyse – Ablauf wie in Abb. 3 an realer Szene mit Strands ((1) Ausgangsbild; (2) Histogramm-Transformation; (3) Bild mit restaurierten Kanten; (4) morphologischer Gradient; (5) Höhenschichtenfilterung, -synthese; (6) Höhenschichten und Kanten verknüpft; (7) Ergebnis nach morphologischer Nachbearbeitung, detektierte Objekte mit Farben markiert)

Fig. 4: Threshold decomposition and analysis – Procedure as in Fig. 3 for real strands ((1) Original; (2) Histogram transformation; (3) Image with restored edges; (4) Morphological gradient; (5) Thresholds, filtered and stacked; (6) Thresholds and edges overlaid; (7) Result after morphological post-processing, detected objects labeled by colors)

Holzwerkstoffbranche aber bisher nicht durchgesetzt. Es ist kein Problem, Konturen manuell separierter Späne vor einem dunklen Hintergrund aufzunehmen, mit einer festen Grauwertschwelle zu detektieren und diese zu vermessen (Plinke, 1987). Schon damals ließ sich zeigen, dass die so bestimmten Häufigkeitsverteilungen von Spanlänge und -breite sich über wesentlich mehr Größenintervalle erstrecken als man vermuten würde, wenn man verschiedene Siebfraktionen vermisst und annimmt, dass alle Späne in einer Fraktion größer sind als die Maschenweite des Siebes, auf denen man sie vorfindet (Plinke, 1998). Ein Abgleich der Ergebnisse aus der Bildanalyse zu Siebkurven ist daher nur begrenzt möglich, weil die Durchgangswahrscheinlichkeit durch verschiedene Faktoren bestimmt ist und nicht nur von der Spanlänge abhängt. Mit Hilfe von Formfaktoren können Strands auch nach dem Verhältnis Länge zu Breite bzw. nach der Irregularität der Kontur klassifiziert werden (Plinke und Thieme, 2003).

Auch die Spandicke, die nicht aus der Projektionsfläche bestimmt werden kann, war schon immer Gegenstand von Forschungsarbeiten. Ein mögliches optisches Verfahren ist das „shape from shading“, bei dem die Späne nacheinander im Durchlicht und im schräg einfallenden Auflicht erfasst werden und aus dem Vergleich zwischen Durchlicht- und Schräglichtkontur auf die Spandicke geschlossen wird (Arnold, 1986). Taktile Messungen der Spandicke eignen sich nicht für große Spankontingente. Online realisierte Messverfahren für Spangrößen finden sich in der Literatur oder zumindest in der industriellen Anwendung nicht.

Ausgewählte Verfahren für die Bildsegmentierung

Übersicht über mögliche Algorithmen

Aufgabe der Bildsegmentierung ist es, messbare Objektkonturen und Hintergrund eindeutig zu trennen und jedem Pixel eines Bildes eine dieser beiden Klassen zuzuweisen. Einfache Segmentierungsverfahren betrachten nur den Grauwert eines einzelnen Pixels oder seiner unmittelbaren Nachbarschaft. Kantendetektoren berechnen aus mehr oder weniger steilen Grauwertübergängen im Bild Objektkonturen bzw. Trennlinien zwischen den Objekten. Ein komplexer mehrstufiger Kantendetektor ist der Algorithmus nach Canny (1986), der ausreichend steile Grauwertkanten in Objektkonturen umwandelt. In Szenen mit Strands (Abb. 2 oben) sind aber Spankonturen nicht immer ausreichend kontrastreich, so dass keine geschlossenen Konturen entstehen können und es zweckmäßig ist, Kantensegmente nachträglich zusammenzufassen bzw. zu kurze Segmente zu eliminieren (Kovesi, 2006). Wie die Abb. 2 unten zeigt, reicht auch das aber noch nicht aus, um geschlossene Gebiete als Spankonturen zu erhalten.

Ein Grauwertbild eines Spänevlieses kann aufgefasst werden als „Gebirge“ von Grauwerten mit helleren Spanoberflächen als Plateaus und dunkleren Spangrenzen als Tälern. Komplexere regionenbildende Verfahren nutzen Informationen aus größeren, nicht fest begrenzten Bildregionen, um solche Bilder sozusagen „topografisch“ in Gebiete einzuteilen. Einer

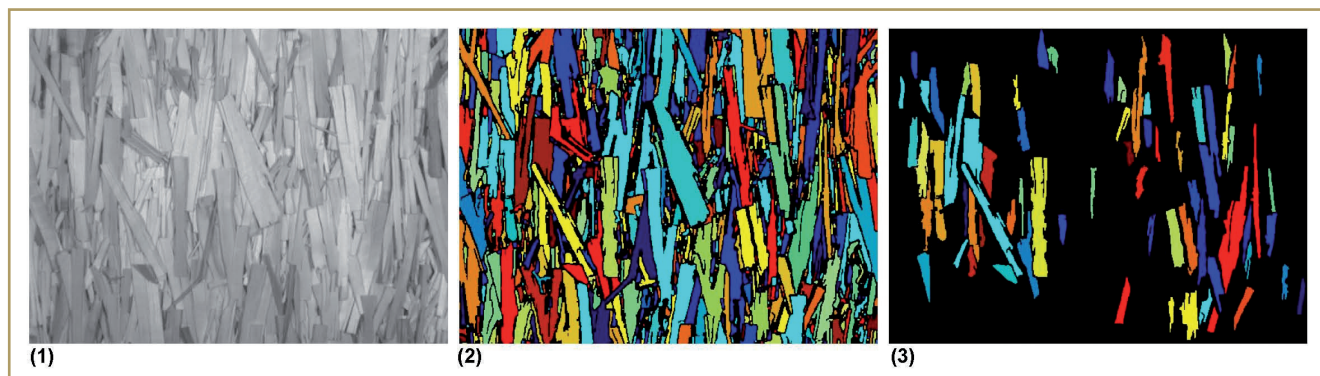


Abb. 5: Detektionsergebnis, bereinigt anhand von Kontureigenschaften ((1) Szene mit CSL-Strands; (2) Ergebnis der Detektion; (3) Ergebnis der Bereinigung nach Formfaktoren)

Fig. 5: Detection results, "cleaned" by contour properties ((1) Scene with CSL strands; (2) Results of detection; (3) Results of "cleaning" by shape factors)

der in Frage kommenden Algorithmen ist beispielsweise der Watershed-Algorithmus (Wasserscheidenverfahren). Ein anderer ist die Höhenschichtanalyse (threshold decomposition), die in dieser Arbeit um einige Schritte erweitert und auf das Problem des „Blicks auf das Spänevlies“ angewendet wurde.

Bildsegmentierung durch erweiterte Höhenschichtanalyse

Das Verfahren kombiniert die Eigenschaften verschiedener strukturerkennender Algorithmen und ist in Abb. 3 zunächst als Übersicht dargestellt.

Ein Grauwertbild wird zunächst einer Histogramm-Transformation (Abb. 3: 1 → 2) unterzogen, um Kontraste, die Konturen entsprechen (z. B. Spangrenzen), von solchen zu unterscheiden, bei denen das nicht der Fall ist (z. B. weiche Schatten). Aus einer Gradientenberechnung (Abb. 3: 2 → 4) ergeben sich die Höhenschichten durch einen Gradientenoperator. Dieses Höhenschichtenbild wird so in eine Menge einzelner Binärbilder zerlegt (threshold decomposition), dass jedes der Binärbilder dabei einem Höhenniveau des „Grauwertgebirges“ entspricht und ihre Summe wieder das Ausgangsbild ergeben würde. Die einzelnen Niveaus werden dann nacheinander wieder zu einem Ergebnisbild rekonstruiert (stacking, Abb. 3: 4 → 5), wobei aber in jedem Niveau nach bestimmten morphologischen Kriterien Objekte herausgefiltert werden können.

Dieses von Paulus (2007) vorgeschlagene Verfahren wurde im Rahmen dieser Arbeit in wesentlichen Punkten erweitert:

- Aus jedem Grauwertbild werden zunächst mit Hilfe eines Kantendetektors nach Canny eindeutige Kanten extrahiert (Abb. 3: 1 → 3).
- Während der Höhenschichtanalyse und -synthese (Abb. 3: 4 → 5) wird die Möglichkeit genutzt, bei der Filterung aus jeder Höhenschicht nur Objekte in einem bestimmten Größenintervall einzubeziehen, um sowohl kleinteilige Störungen als auch großflächige Fehldetektionen aufgrund zu schwacher Konturen auszuschließen.
- In die sich nach der Rekonstruktion ergebenden Strukturen wird nachträglich das Ergebnis der Kantendetektion einbezogen (Abb. 3: 3 + 5 → 6) und noch morphologisch nachbearbeitet (Abb. 3: 6 → 7), d. h. sehr kleine Objekte werden entfernt und Lücken in den Konturen aufgefüllt.

- Bei der Größenvermessung der Objekte nach der erweiterten Höhenschichtanalyse werden zusätzliche Formkriterien angewendet, um Fehldetektionen auszufiltern.

Die erweiterte Höhenschichtanalyse angewendet an nahezu idealen CSL-Strands zeigt Abb. 4: Das Originalbild (1) wurde bei diffuser Beleuchtung mit einer Digitalkamera (Auflösung ca. 4 Pixel pro mm) aufgenommen. Im nach der Verarbeitung entstandenen Binärbild wurden alle zusammenhängenden Gebiete mit derselben Farbe markiert. Sie entsprechen sehr gut den Spänen im Ausgangsbild.

Fehldetektionen können trotz allem nicht ausgeschlossen werden. Bevor alle Objekte eines Binärbildes (Abb. 5 (2)) einer Größenvermessung unterzogen werden, sollte dieses nach verschiedenen Kriterien „bereinigt“ werden (Abb. 5 (3)). Klar ausgeschlossen werden können zunächst alle Objekte, die den Rand des Bildes berühren, also unvollständig abgebildet sind. Weitere Objekte können ausgeschlossen werden, wenn a priori feststeht, dass nur Spankonturen interessieren:

- Objekte, die länger sind als die technologisch mögliche Spanlänge,
- Objekte mit sehr irregulärer Kontur (z. B. winkelförmige), weil sie ebenfalls technologisch unwahrscheinlich sind,
- Objekte unterhalb einer Mindestgröße, weil sie mit größerer Wahrscheinlichkeit nur teilweise überdeckte Späne sind und nicht oben liegende Deckschichtspäne.

Die Kriterien Randberührung, Kompaktheit, Gesamtlänge, Länge/Breite-Verhältnis wirken sich natürlich direkt auf das Ergebnis der Größenvermessung aus. Ob es trotzdem plausibel bleibt, kann wiederum anhand bestimmter Gütekriterien, letztendlich aber nur nach Augenschein entschieden werden. Wenn aber für ein gegebenes Spankontingent und gleichbleibende Bedingungen bei der Bildaufnahme die Parametrierung festgelegt ist, können Änderungen in der gemessenen Größenverteilung auch tatsächlich auf Veränderungen im Spangut zurückgeführt werden. Bisher wurde gezeigt, dass sich die erweiterte Höhenschichtanalyse dazu eignet, aus Bildern von Spänevliessen vermessbare Objekte zu extrahieren. In Teil 2 des Beitrages wird dann anhand der Ergebnisse der Größenbestimmung demonstriert, wie das Verfahren auch bei anderen Bildqualitäten und Spankontingenten arbeitet und wie sich die Überlagerung von Spänen in der Vliesoberfläche auf die Größenvermessung auswirkt.

Literatur

Arnold D (1986) Vorteile digitaler Bildverarbeitung für die Spananalyse. *Holz als Roh- und Werkstoff* 44: 249-252

Barnes D (2001) A model of the effect of strand length and strand thickness on the strength properties of oriented wood composites. *Forest Products Journal* 51 (2): 36-46

Canny J (1986) A computational approach for edge detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 8: 679-698

Chen S, Fang L, Liu X, Wellwood R (2008) Effect of mat structure on modulus of elasticity of oriented strandboard. *Wood Science and Technology* 42: 197-210

Dai C, Steiner PR (1994) Spatial structure of wood composites in relation to processing and performance characteristics – Part 3: Modelling the formation of multi-layered random flake mats. *Wood Science and Technology* 28: 229-239

Geimer RL, Evans JW, Setiabudi D (1999) Flake furnish characterization: Modelling board properties with geometric descriptors. *USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Research Paper FPL-RP-577, Madison, WI, USA*

Li P, Wang S, Chen S, Wang F (2008) A three-dimensional solid model for OSB mat. *Forest Products Journal* 58 (1/2): 53-58

Kovesi PD (2006) *MATLAB and Octave Functions for Computer Vision and Image Processing*. School of Computer Science & Software Engineering, The University of Western Australia, Perth, <http://www.csse.uwa.edu.au/~pk/research/matlabfns/> Abruf 2006

Niemz P (1986) Möglichkeiten zur rechnergestützten Charakterisierung von Holzpartikeln (Spänen). Abschlussbericht, TU Dresden, WB Holz- und Faserwerkstofftechnik

Paulus E (2007) Persönliche Mitteilung

Plinke B (1987) Rechnergestützte Partikelmessung an Materialien in der Holzwerkstoffindustrie. *Holz als Roh- und Werkstoff* 45: 315-318

Plinke B (1998) Optische Spangrößenmessung: Vergleich zwischen Bildanalyse und Siebklassierung. *WKI-Kurzbericht Nr. 4/1998, Braunschweig*

Plinke B, Thieme J (2003) Charakterisierung von OSB-Strands – Messung von Formfaktoren durch Bildanalyse. *WKI-Kurzbericht Nr. 20/2003, Braunschweig*

Stürzenbecher R, Hofstetter K, Bogensperger T, Schickhofer G, Eberhardsteiner J (2007) Multiscale modelling of engineered wood products by means of continuum micromechanics and lamination theory: Model development and experimental validation. In: *Proc. of Computational Modelling and Experiments of the Composites Materials with Micro- and Nano-Structure*, May 28-31, 2007, Liptovský Mikuláš, Slovak Republic

Zombori BG, Kamke FA, Watson LT (2001) Simulation of the mat formation process. *Wood and Fiber Science* 33: 564-579

Autor

Dipl.-Ing. Burkhard Plinke studierte Elektrotechnik (Fachrichtung Mess- und Regelungstechnik) an der TU Braunschweig und schloss mit einer Diplomarbeit am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) ab. Seit 1982 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter am Fraunhofer-Institut für Holzforschung (WKI), Bienroder Weg 54 E, 38108 Braunschweig, und arbeitete u. a. auf den Gebieten der Prozessmesstechnik, der zerstörungsfreien Prüfung und der Bildverarbeitung. Aktuelle Projekte befassen sich mit Partikelmess-technik, Holzwerkstoffstrukturen und ortsauflösender Spektroskopie. burkhard.plinke@wki.fraunhofer.de

ABSTRACT

Size analysis of not separated OSB strands Part 1: Method of object segmentation for the „view on the mat“

For structural wood-based materials made from flakes like OSB the particle geometry is important for the board strength. But the geometry cannot yet be determined from images of the mat surface because particle shapes overlap and shapes cannot easily be separated by gray value properties. An image processing procedure is proposed to extract objects from gray value images which is sufficient for a representative size measurement. The procedure comprises an edge detector, a threshold decomposition and level filtering followed by screening of the objects by shape factors.

Keywords: Wood particle dimension, OSB mat, image processing, threshold decomposition