Verfahren der Partikelmesstechnik – Herausforderungen bei alten und neuen Holzpartikelwerkstoffen

Dr. Burkhard Plinke, Fraunhofer WKI, Braunschweig

- Span- und Fasergrößenmessung – warum und wie?
- Optische Messungen an Spänen, Holzmehl und Fasern
- Messungen ohne Vereinzelung - am Vlies, auf und in der Platte
- Schlussfolgerungen, Thesen und Diskussion

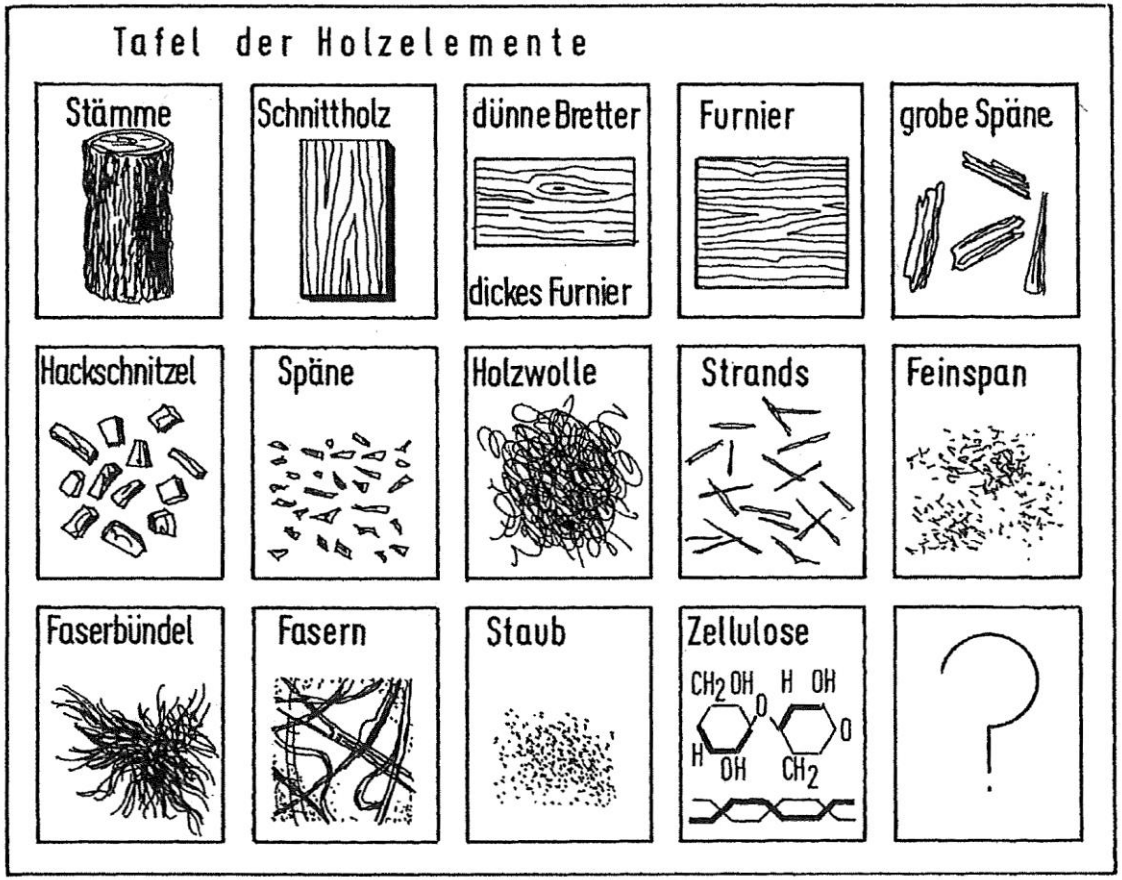
Danke an Dr. Arne Schirp, Inka Weidenmüller, Manuel Mannheim

© Fraunhofer WKI

Fraunhofer WKI

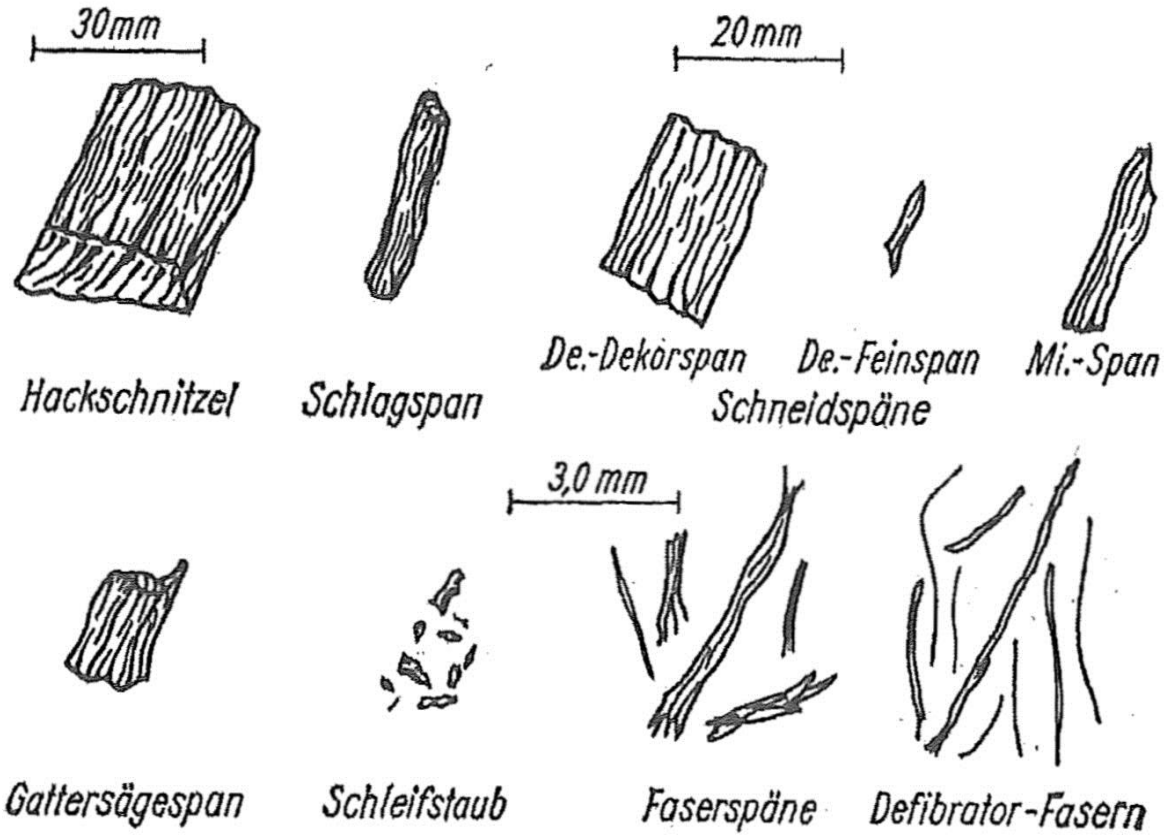
Vom Rundholz bis zum Molekül - Holzstrukturelemente

- Klassifikation von Holzstruktur-elementen (nach Dunky und Niemz)



Vom Hackschnitzel bis zur Zelle – Partikel in Holzwerkstoffen

- Klassifikation von Holzpartikeln (nach Kehr und Wagenführ)



Span- und Fasergrößenmessung – warum, wozu?

- Warum interessieren die Partikelgrößen?
  - Partikelgrößen beeinflussen Werkstoffeigenschaften
  - z.B. Anteile von Siebfraktionen und Feingut
  - z.B. Länge, Dicke, Breite, Form, Orientierung
- Wozu sollte man prozessbegleitend messen?
  - Überwachung der Massenanteile von Größenfraktionen
  - Überwachung von Spanherstellung und –aufbereitung bzw. Faseraufschluss
  - Qualitätsüberwachung der Rohstoffe
  - Prognose von Werkstoffeigenschaften

© Fraunhofer WKI

Span- und Fasergrößenmessung – warum, wozu?

- Warum interessieren die Partikelgrößen?
- Wozu sollte man prozessbegleitend messen?

© Fraunhofer WKI

Fraunhofer WKI

Span- und Fasergrößenmessung – wie?

- Wie -
  - Siebanalyse
  - Vereinzelung und “klassische” Größenvermessung mit Bildverarbeitung
  - Bildauswertung ohne Vereinzelung
- Methodische Herausforderungen:
  - Probenahme
  - Vereinzelung insbesondere bei Fasern
  - Multiskalenproblem: Größenbereich von µm bis cm
  - Bildauswertung bei Vliesen und Plattenoberflächen
  - Ergebnisdarstellung – Gewichtung und Skalierung

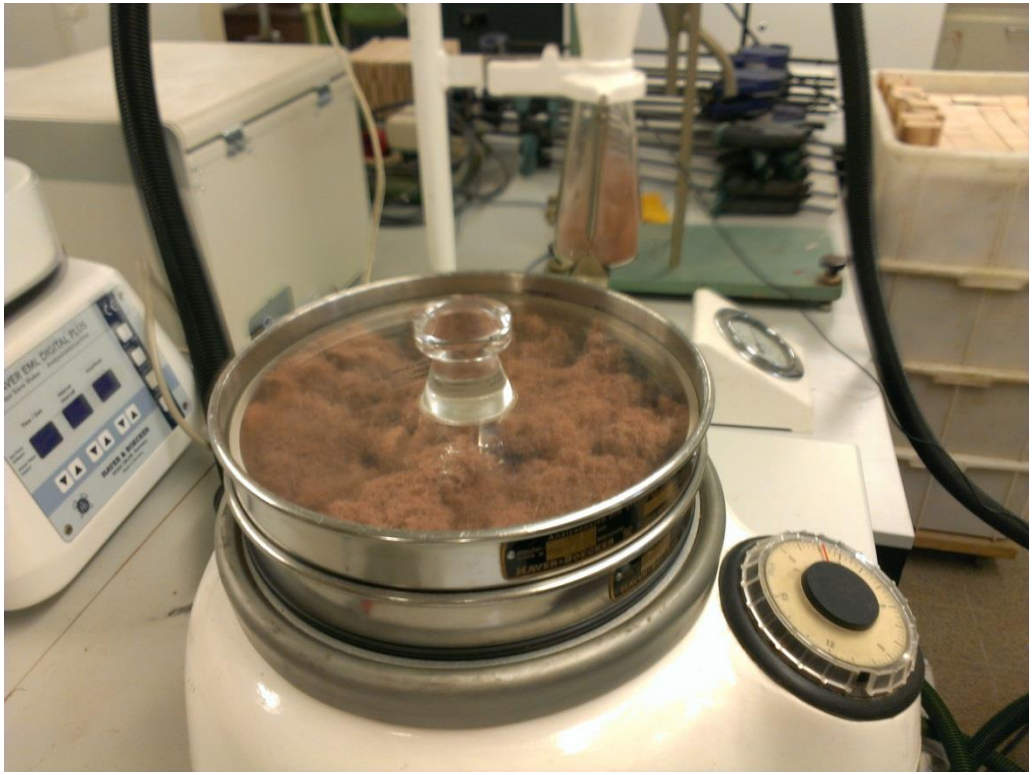
© Fraunhofer WKI

Span- und Fasergrößenmessung im WKI: Klassisch

- Siebanalyse
  - mit Rüttelsieb
  - für Späne geeignet
  - Fasern agglomerieren

Span- und Fasergrößenmessung im WKI: Klassisch

- Siebanalyse
  - mit Luftstrahl-Siebmaschine (DIN EN ISO 4610, 2002)
  - Probenmenge 10 g
  - für Fasern bedingt geeignet - Zeitaufwand

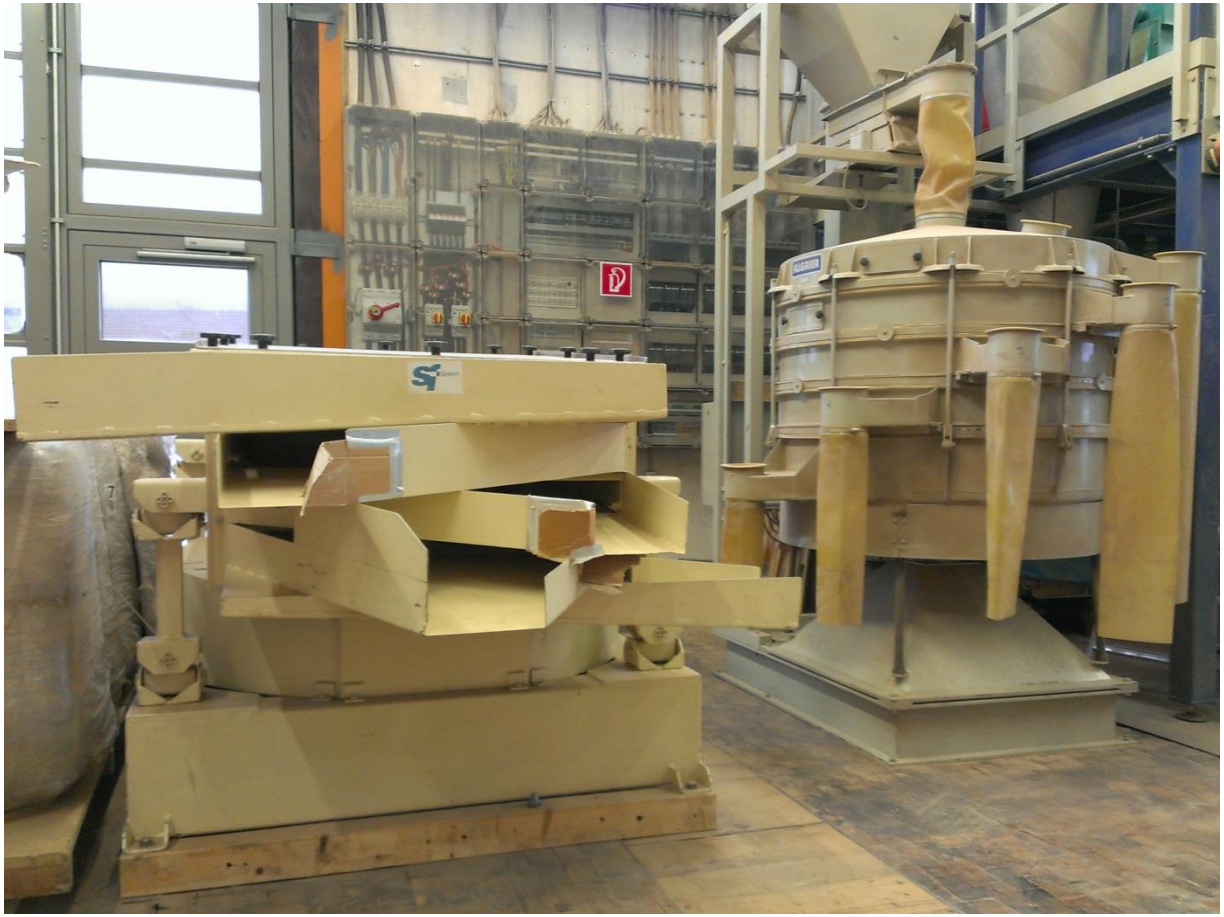


© Fraunhofer WKI

Fraunhofer WKI

Span- und Fasergrößenmessung im WKI: Klassisch

- Siebanalyse und Sichtung
  - mit Schwing-sieben
  - Probenmenge einige kg
  - für Strands etc. geeignet, Ergebnis entspricht Verteilung der Partikel-breiten



© Fraunhofer WKI

Fraunhofer WKI

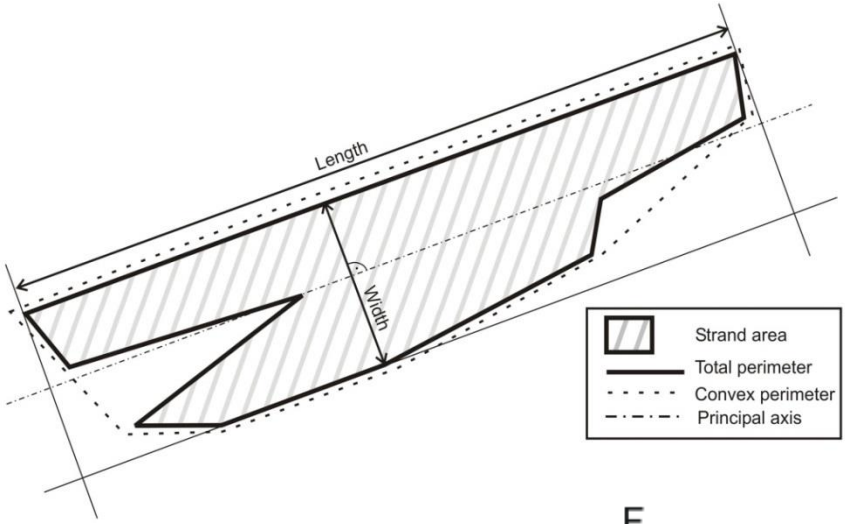
Vermessung von Objekten – wie „groß“ ist eigentlich ein Partikel?

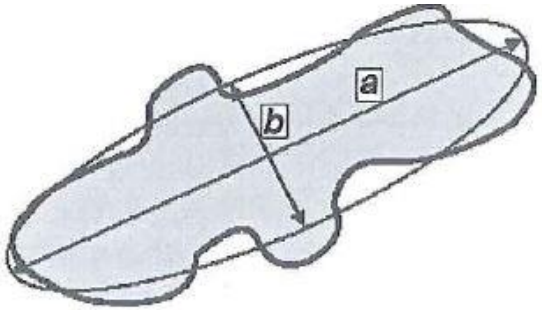
- Aufgabe: Bestimmung von Fläche, Länge, Breite
- mögliche Definitionen (DIN ISO 9276-6):

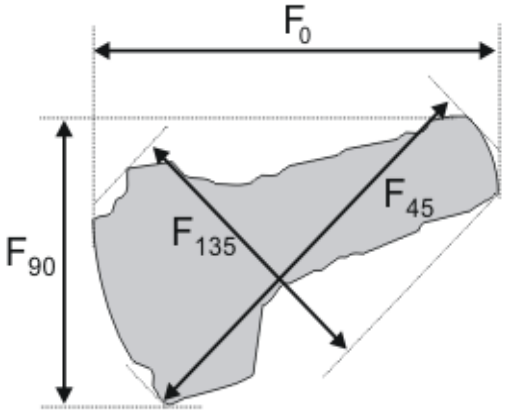
  Feret-Durchmesser

  Legendre-Ellipse

  Perimeter, geodätische Länge





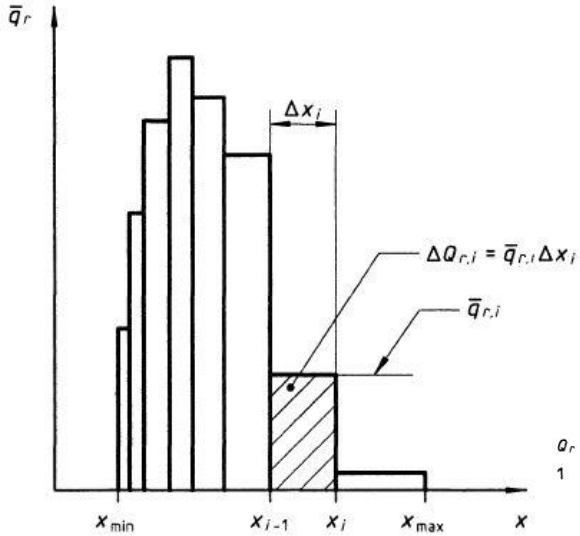


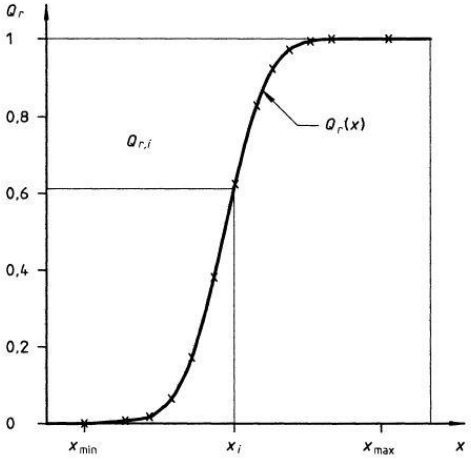
© Fraunhofer WKI

Fraunhofer WKI

Darstellung von Partikelgrößenverteilungen

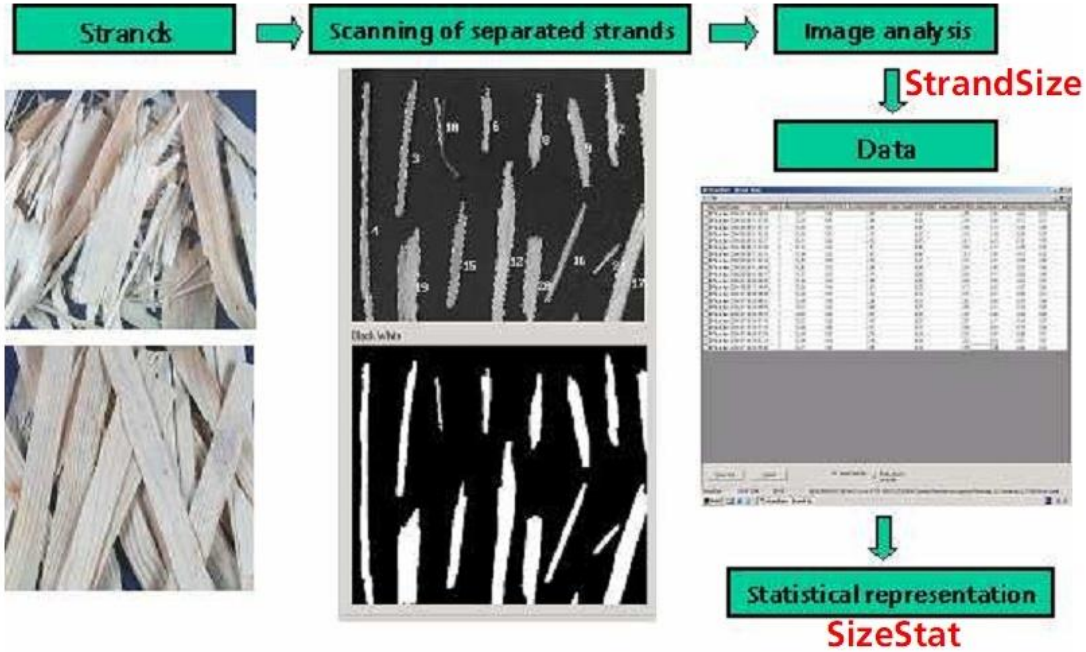
- Darstellung von Verteilungsdichten und –summen nach DIN ISO 9276 Teil 1
- Gewichtung
  - z.B. nach Partikelfläche
- Skalierung
  - linear / logarithmisch
- Verteilungssumme in gleicher Skalierung
  - Perzentile x_{10}, x_{50}, x_{90} bzw. Spannweite als Kennwerte





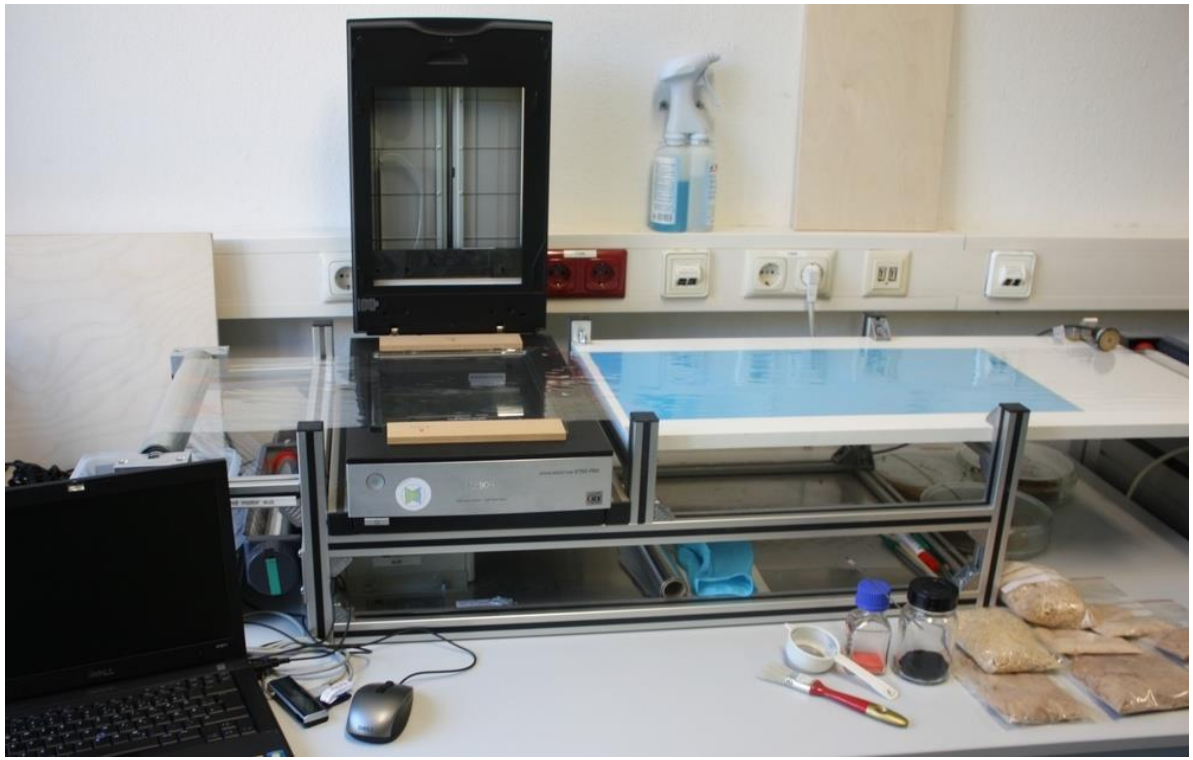
Spangrößenmessung im WKI: Mit Scanner und manueller Vereinzelung

- Vereinzelung und “klassische” Größenvermessung
  - Strands: Bildaufnahme mit Flachbettscanner, Auswertung mit eigener Software (Le Fur 2006)



Span- und Fasergrößenmessung im WKI: Halbautomatisch mit manueller Vereinzelung

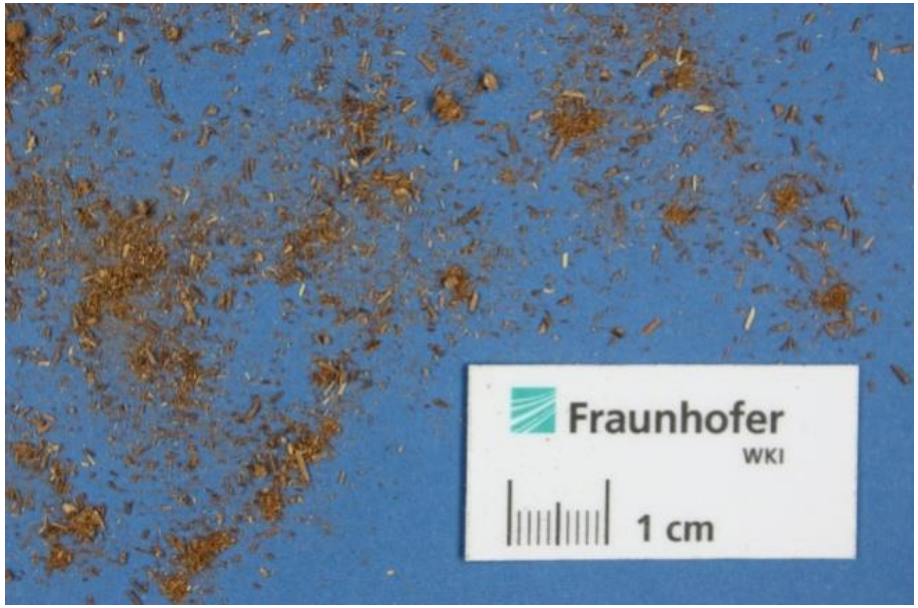
- Vereinzelung und “klassische” Größenvermessung
  - Fasern und Späne: “Manuelle Dispersion”, Bildaufnahme und Auswertung mit Fibreshape

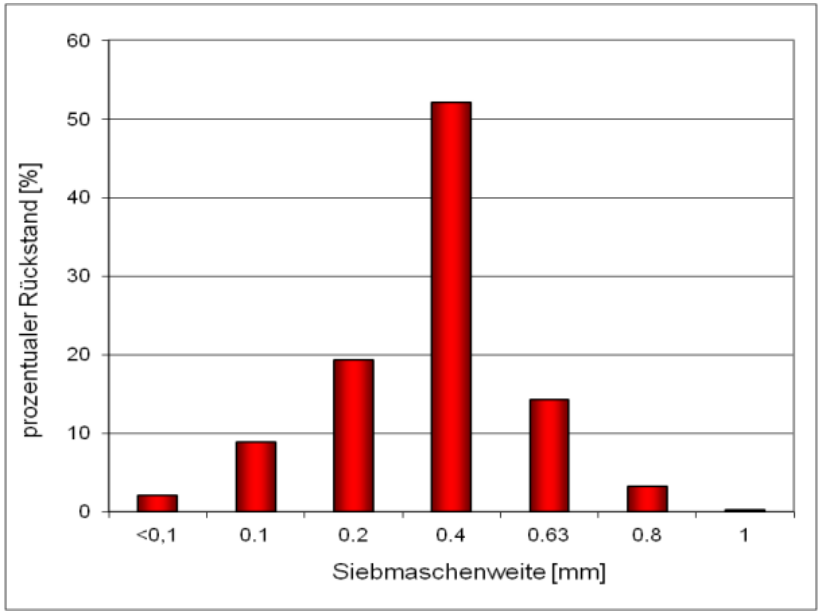


© Fraunhofer WKI

Fraunhofer WKI

Beispiel: Holzmehl – Vergleich von Bildauswertung und Siebanalyse





Robinienholzmehl

für WPC-Herstellung

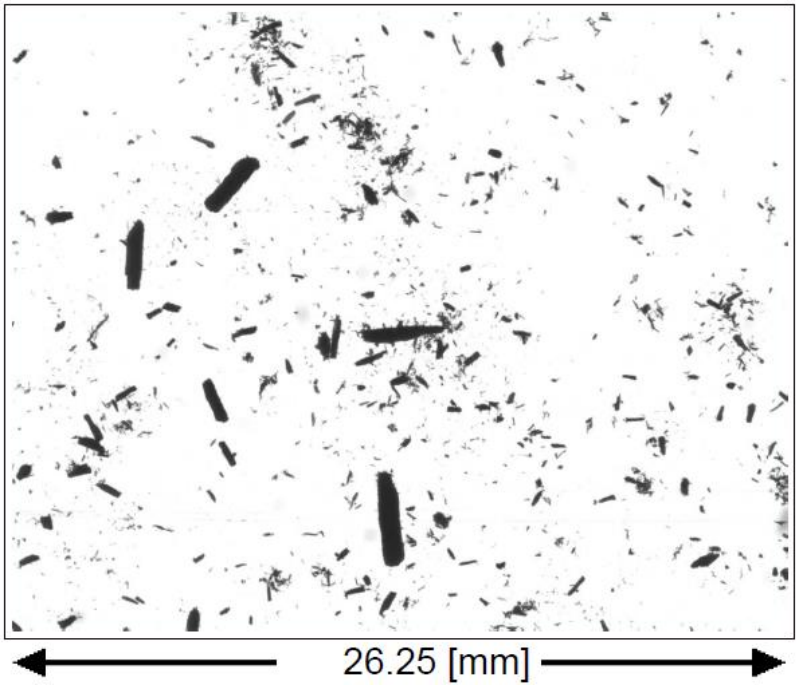
Siebkurve (Rüttelsieb)

Modalwert 0,4 mm Maschenweite

© Fraunhofer WKI

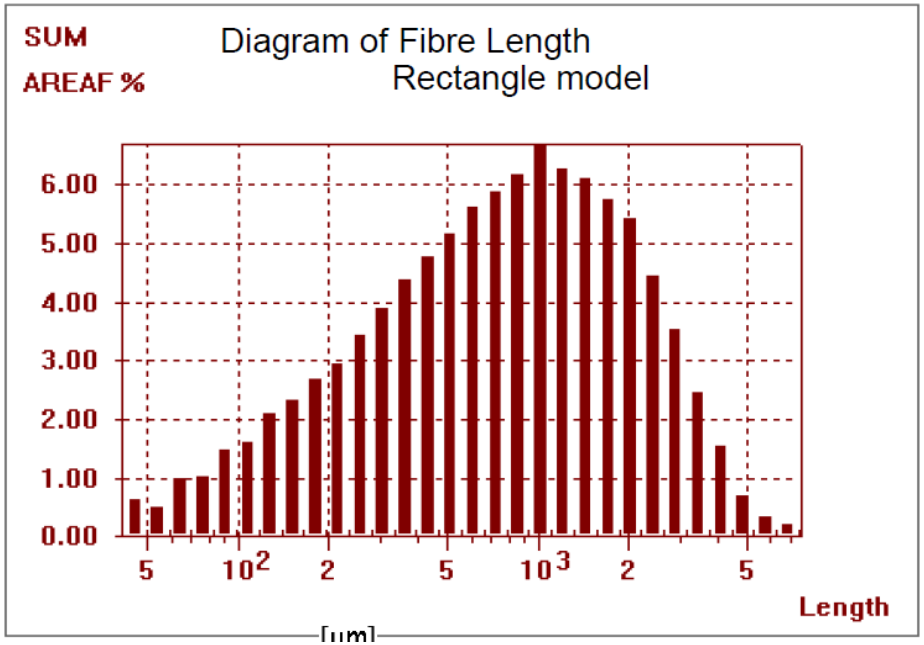
Fraunhofer WKI

Beispiel: Holzmehl – Vergleich von Bildauswertung und Siebanalyse



Robinienholzmehl

Bildausschnitt FibreShape



Längenverteilung aus FibreShape-Messung; Modalwert ca. 1 mm

Beispiel: Späne – Gleiche Siebfraktion, verschiedene Holzarten

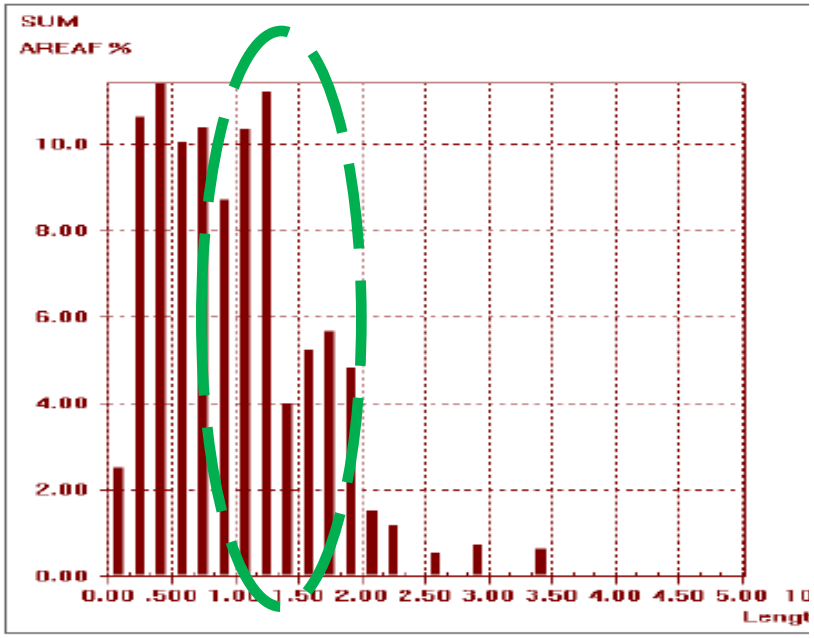
Siebfraktion

1,25 ... 3,15 mm

Buchenspäne Fichtenspäne

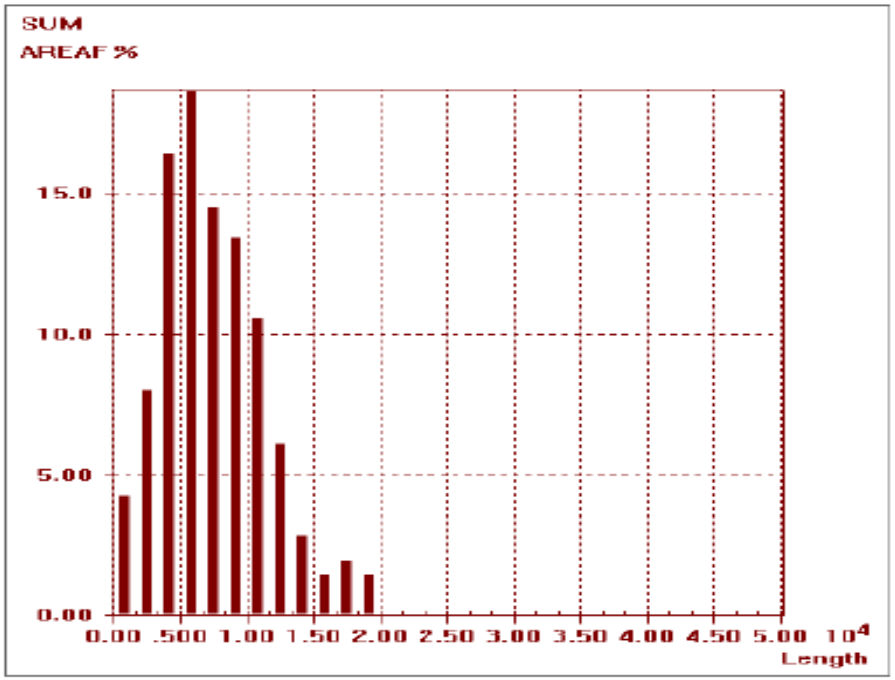
Beispiel: Späne – Gleiche Siebfraktion, verschiedene Holzarten

Vermessung vereinzelt mit Bildverarbeitung (FibreShape):



Buchenspäne

Anteil > 1,5 mm Länge



Fichtenspäne

© Fraunhofer WKI

Fraunhofer WKI

Beispiel: MDF-Fasern, verschiedene Mahlplattenabstände

MDF-Fasern

(Buche,

TMP-Aufschluss)

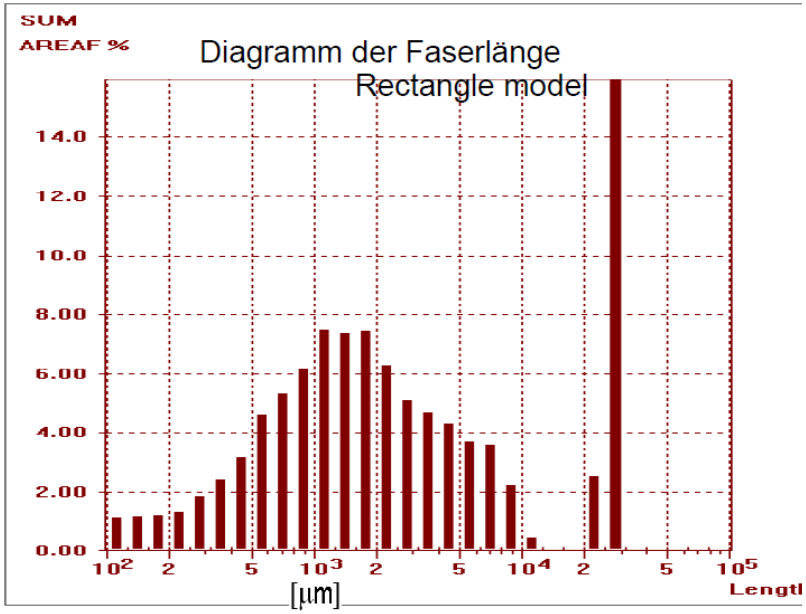
Mahlplattenabstand ... 0,4 mm ... 1 mm

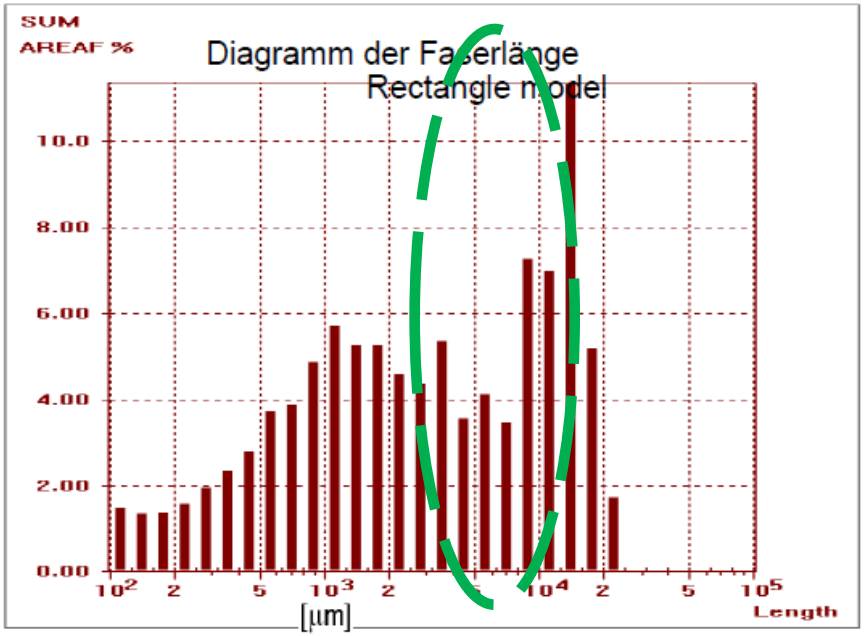
© Fraunhofer WKI

Fraunhofer WKI

Beispiel: MDF-Fasern, verschiedene Mahlplattenabstände

Vermessung vereinzelt mit Bildverarbeitung (FibreShape):





Mahlplattenabstand ... 0,4 mm

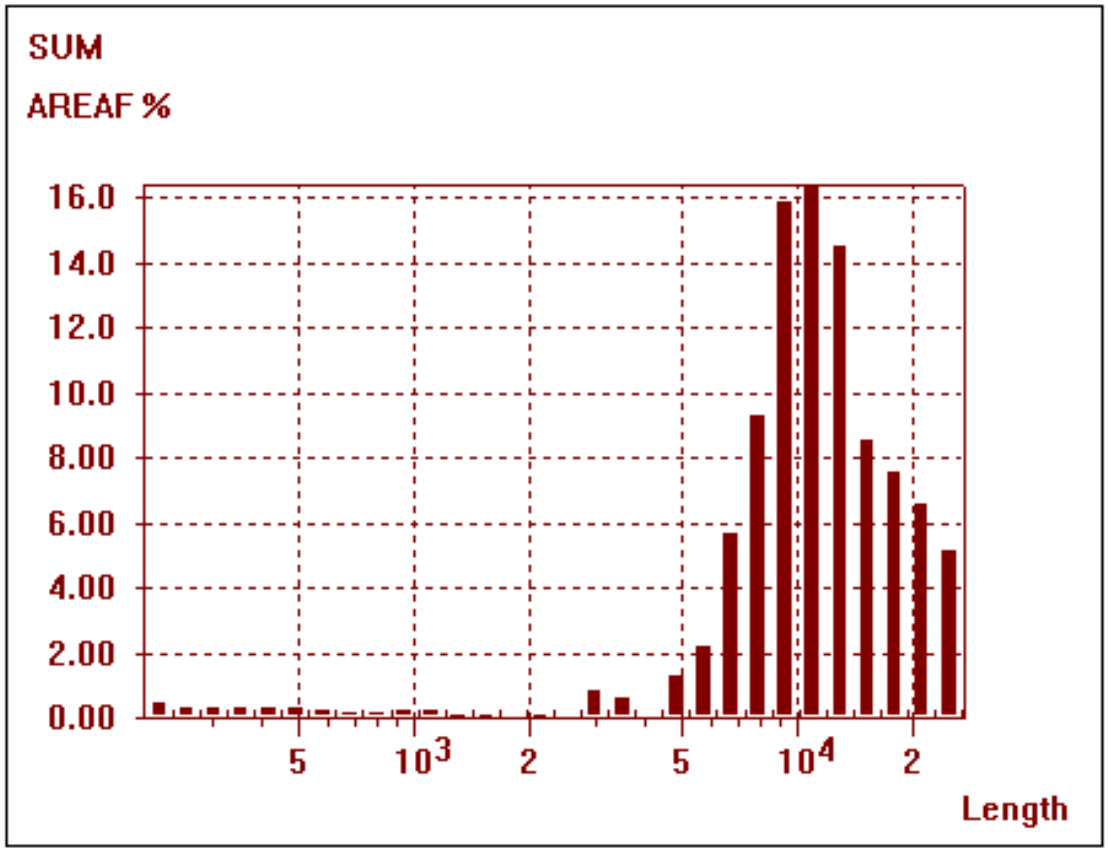
... 1 mm – Faseranteil > 10 mm

Beispiel: verschiedene Komponenten im Gemisch Späne + Fasern

Fichtenspäne

Siebfraktion

3,15 ... 5 mm



Vermessung vereinzelt mit Bildverarbeitung (FibreShape)

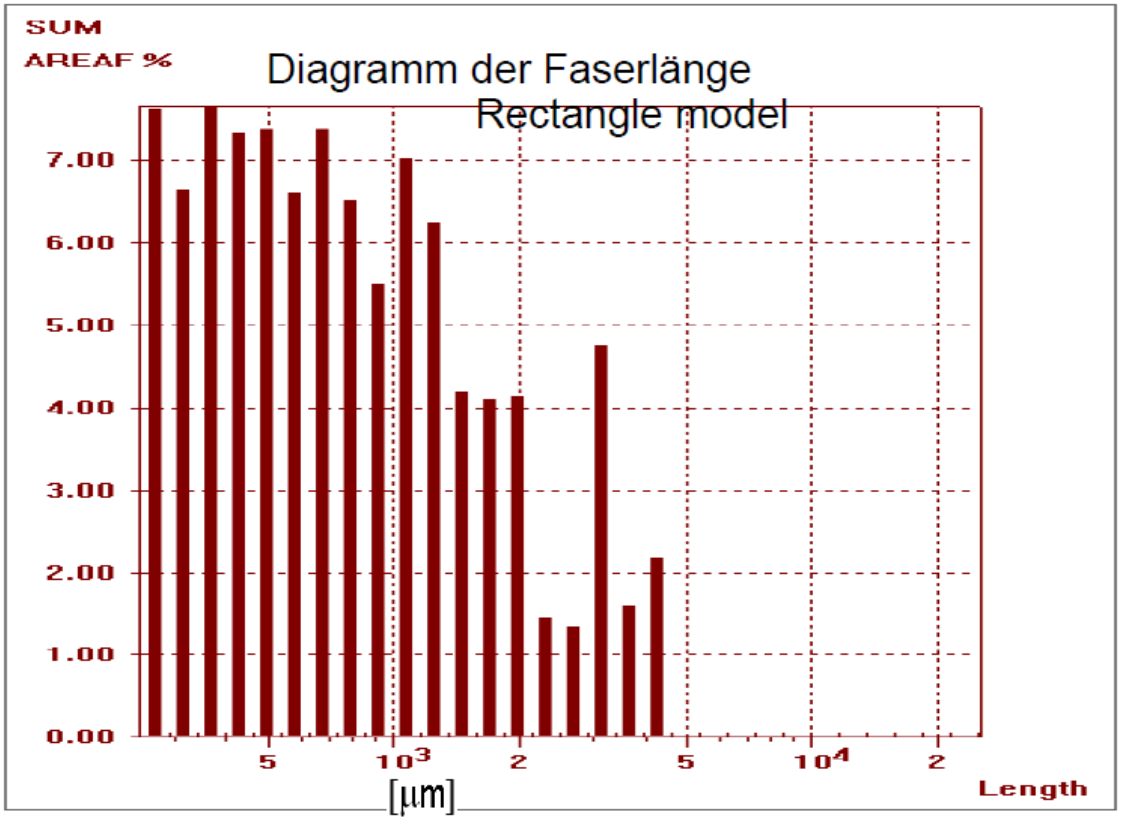
© Fraunhofer WKI

Fraunhofer WKI

Beispiel: verschiedene Komponenten im Gemisch Späne + Fasern

Robinienfasern

TMP-Aufschluss



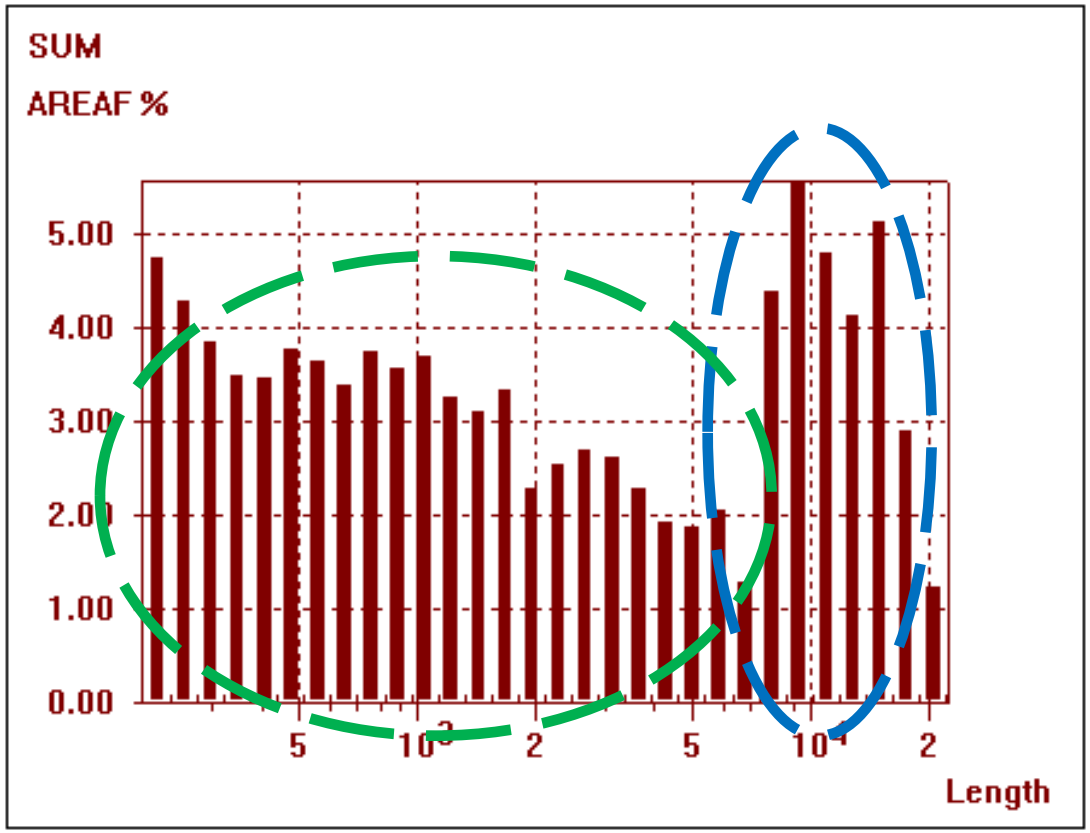
Vermessung vereinzelt mit Bildverarbeitung (FibreShape)

Beispiel: verschiedene Komponenten im Gemisch Späne + Fasern

Gemisch

Robinienfasern +

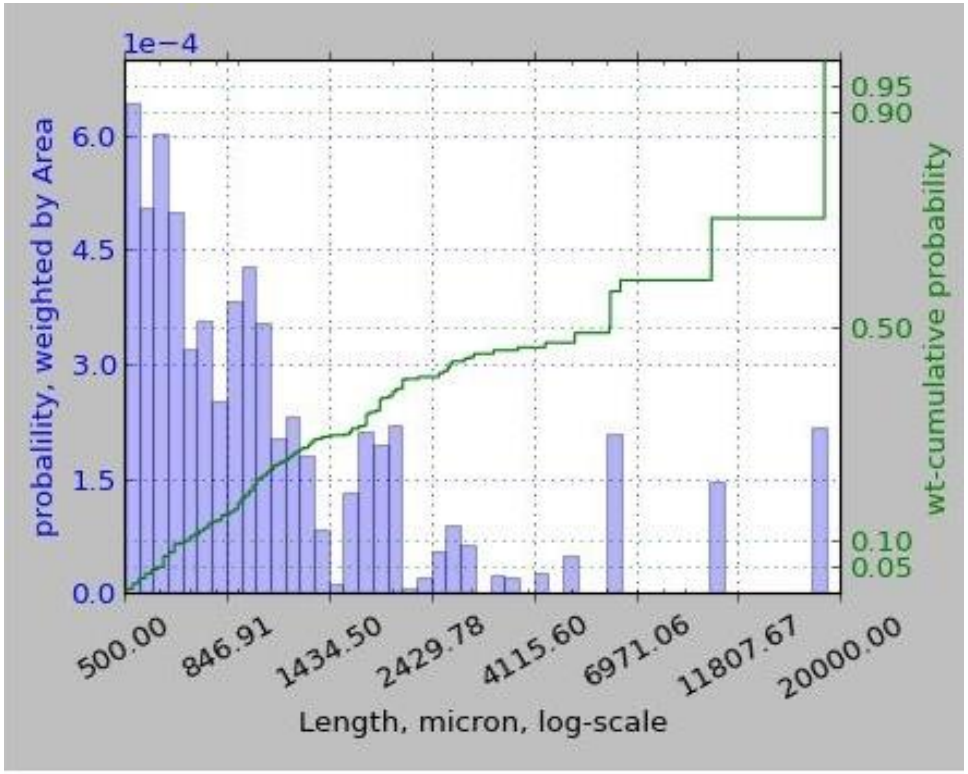
Fichtenspäne



Vermessung vereinzelt mit Bildverarbeitung (FibreShape)

Beispiel: Größenänderung von Fasern bei der WPC-Herstellung

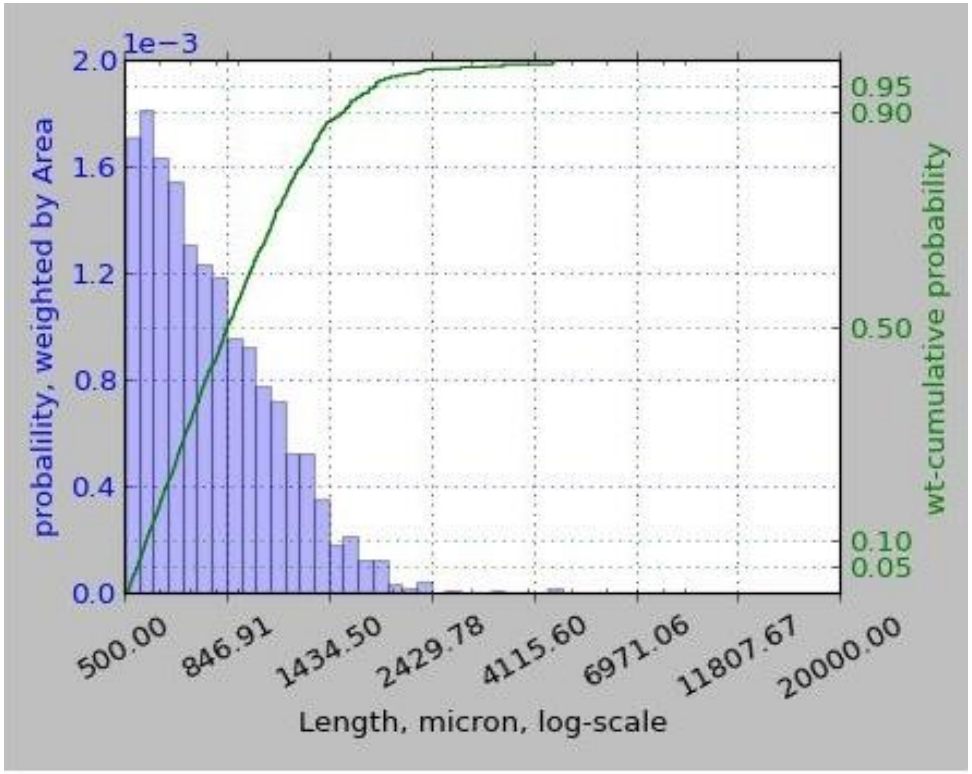
- TMP-Fasern (Fichte, Spaltweite 1 mm) vor Compoundierung
  - Verteilung der Faserlängen



(weighted) median = d50	(weighted) span = d90 - d10
6048.82	17542.48

Beispiel: Größenänderung von Fasern bei der WPC-Herstellung

- TMP-Fasern (Fichte, Spaltweite 1 mm) nach Compoundierung, Extrusion, Extraktion
  - Verteilung der Faserlängen



(weighted) median = d50

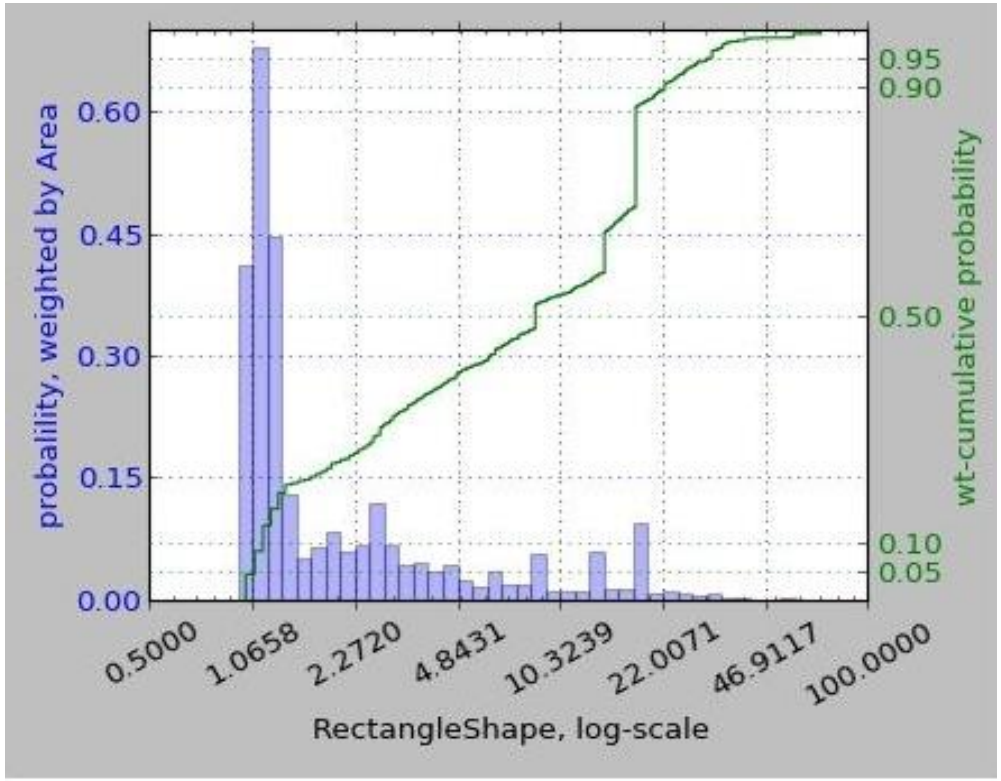
843.20

(weighted) span = d90 - d10

953.67

Beispiel: Größenänderung von Fasern bei der WPC-Herstellung

- TMP-Fasern (Fichte, Spaltweite 1 mm) vor Compoundierung
  - Verteilung der Formfaktoren Länge / Breite



(weighted) median = d50

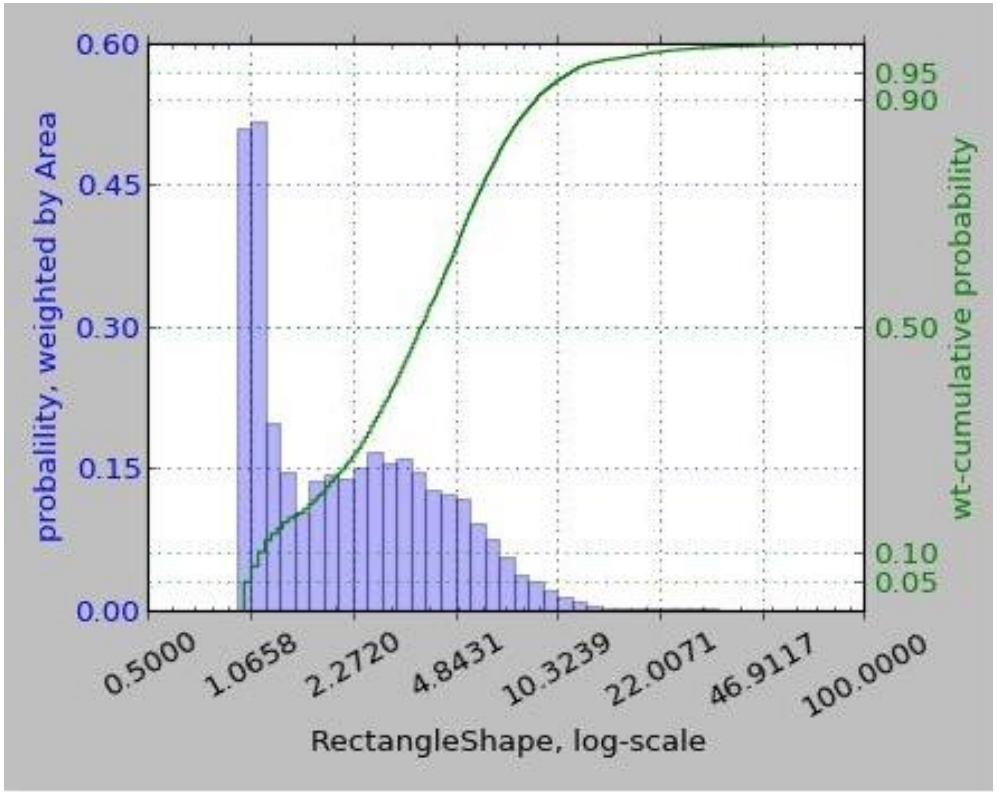
8.5314

(weighted) span = d90 - d10

20.8955

Beispiel: Größenänderung von Fasern bei der WPC-Herstellung

- TMP-Fasern (Fichte, Spaltweite 1 mm) nach Compoundierung, Extrusion, Extraktion
  - Verteilung der Formfaktoren Länge / Breite



(weighted) median = d50

3.7190

(weighted) span = d90 - d10

7.4638

Optische Fasergrößenmessung – weitere Verfahren

- “dynamische Bildauswertung” Luftdispersion, Vermessung im Durchlauf - mit QicPic (z.B. Krause 2013)
- “Inline-Fasercharakterisierung” – Bestimmung der Shive-Konzentration am MDF-Vlies (z.B. Hasener 2013)
- Luftdispersion, Deposition auf Glasplatte, kontinuierliche Vermessung (z.B. Benthien 2013)
- Luftdispersion, Deposition auf Glasplatte, statische Vermessung – Occhio 500 Nano (QAQC Lab 2012)
- Dispersion in Wasser, Vermessung in Durchflussmesszelle (verschiedene)

© Fraunhofer WKI

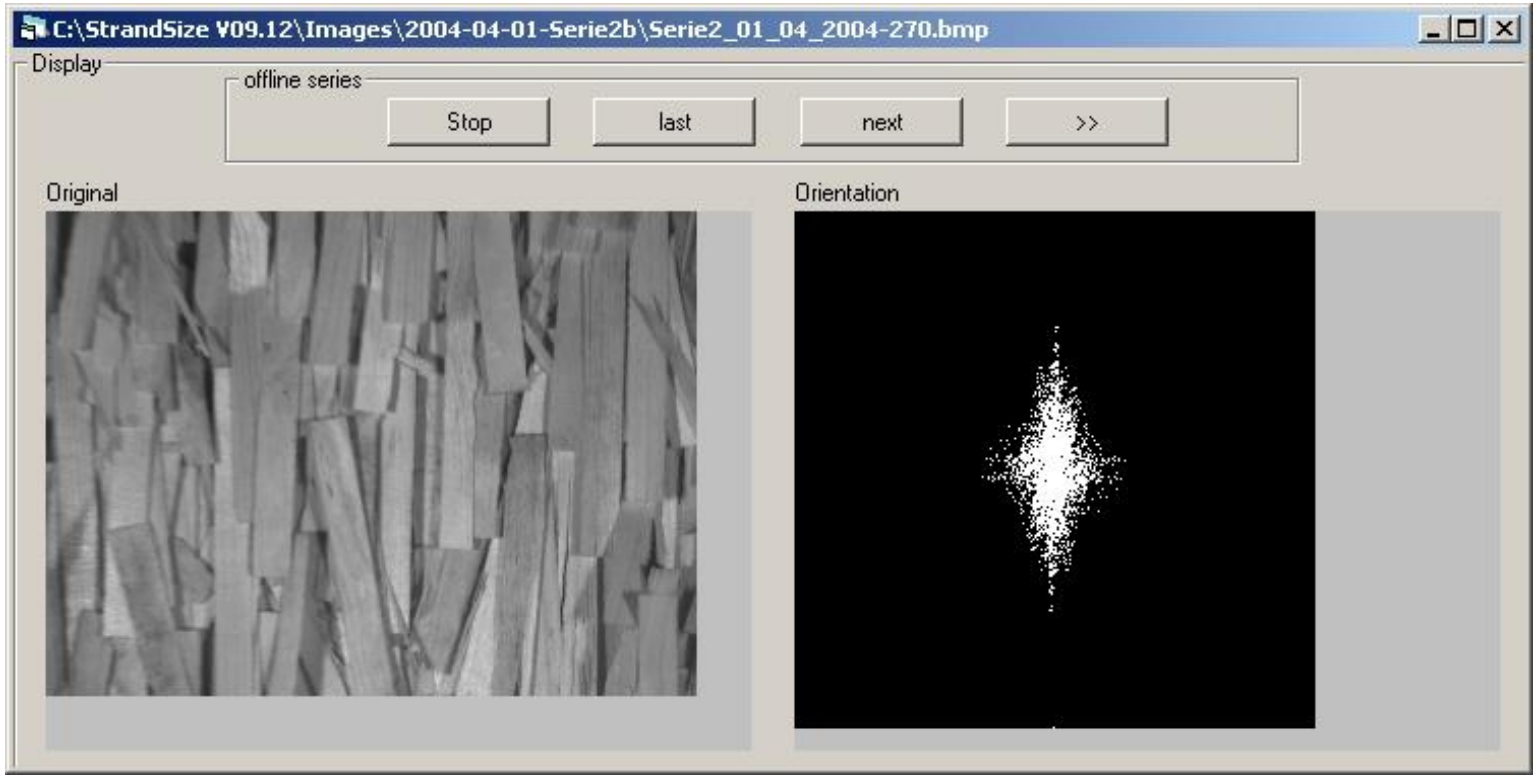
Partikelgrößenbestimmung ohne Vereinzelung

- Bildaufnahme ohne Vereinzelung
  - am OSB-Vlies: mit CCD-Kamera im Durchlauf
  - Auswertung mit eigener Software (zweidimensionale Fouriertransformation, erweiterte Höhenschichtanalyse)

© Fraunhofer WKI

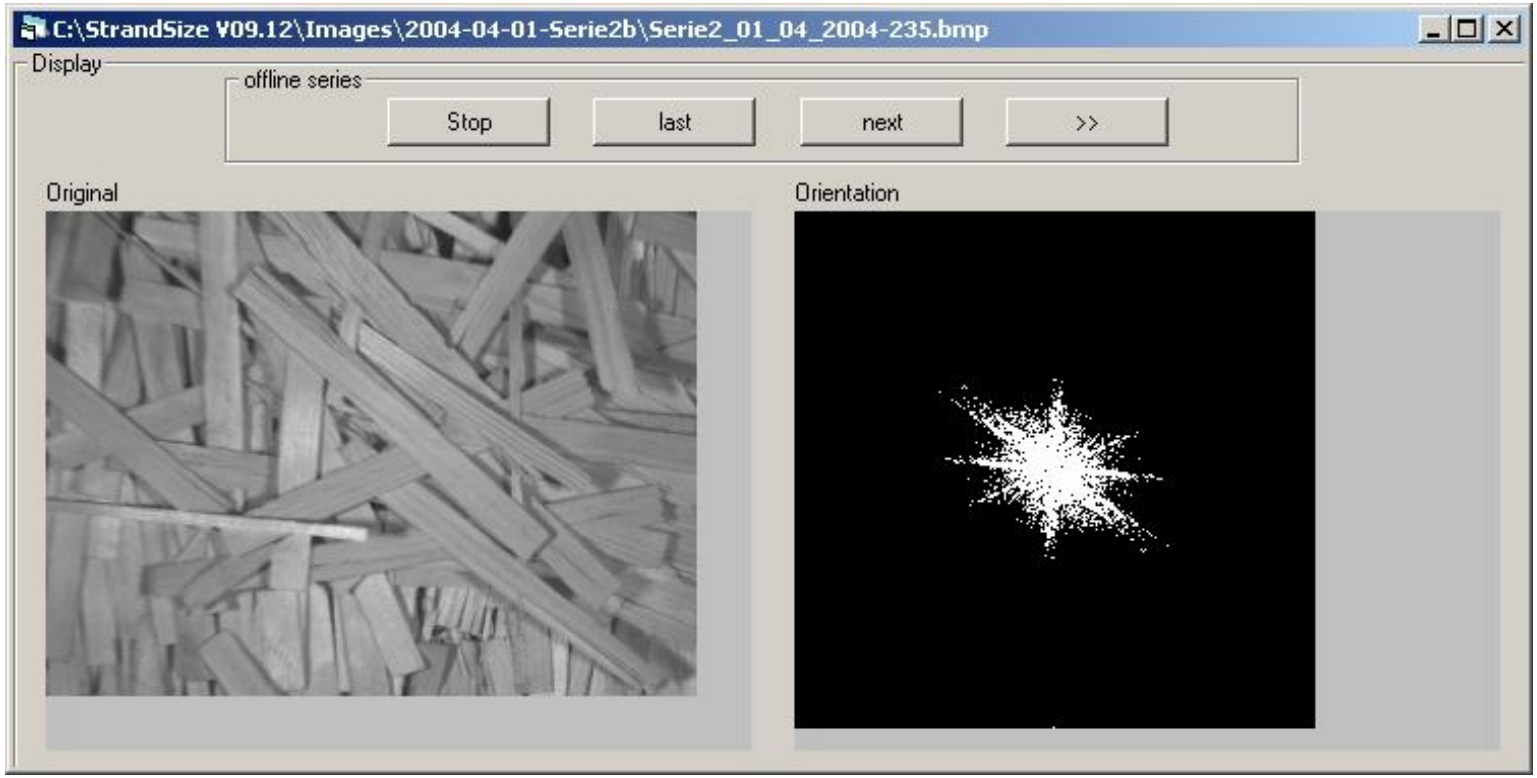
Fraunhofer WKI

Beispiel: Spanorientierung im OSB-Vlies



“Windrose” zeigt Orientierungsgrad und –winkel – gute Orientierung

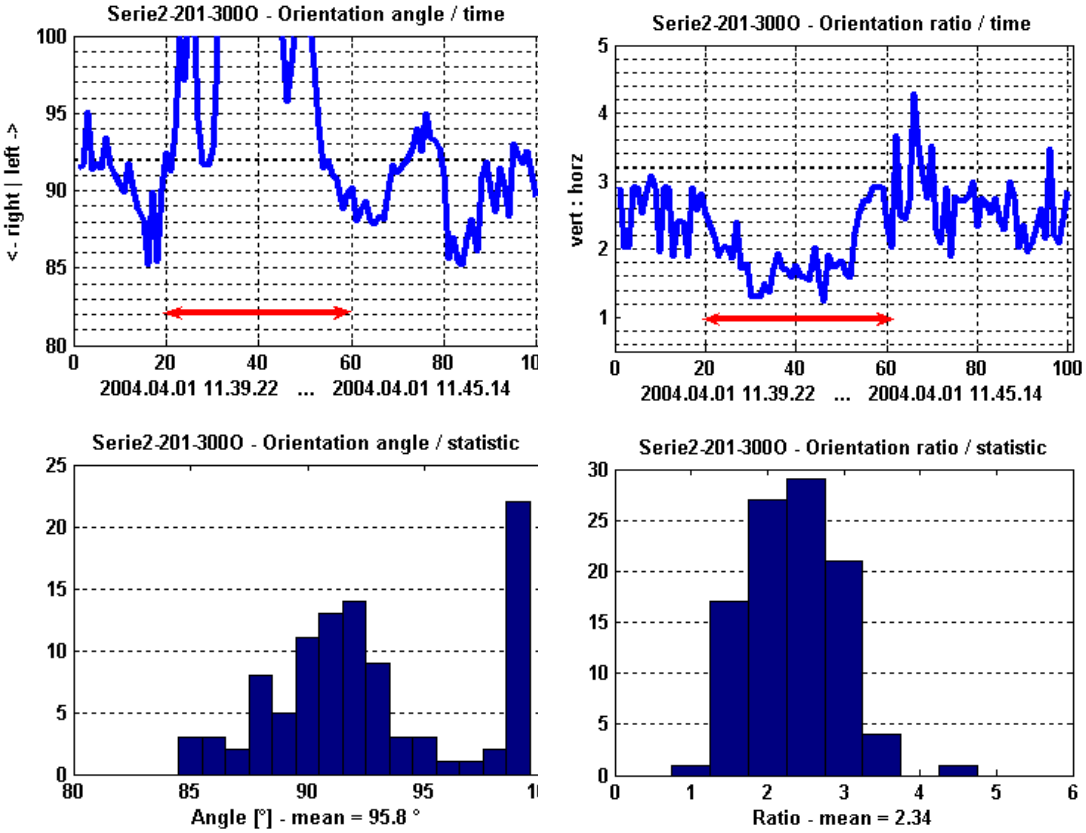
Beispiel: Spanorientierung im OSB-Vlies



“Windrose” zeigt Orientierungsgrad und –winkel – schlechte Orientierung

Beispiel: Spanorientierung im OSB-Vlies

Orientierungsgrad und –winkel eignen sich als Prozessgrößen



© Fraunhofer WKI

Fraunhofer WKI

Beispiel: Strands – Vermessung im Vlies

CSL-Strands, ca. 40 x 40 cm²

Zweistufiger Kantendetektor nach Canny

© Fraunhofer WKI

Fraunhofer WKI

Beispiel: Strands – Vermessung im Vlies

CSL-Strands, ca. 40 x 40 cm²

Transformation der Grauwertverteilung

© Fraunhofer WKI

Fraunhofer WKI

Beispiel: Strands – Vermessung im Vlies

CSL-Strands, ca. 40 x 40 cm²

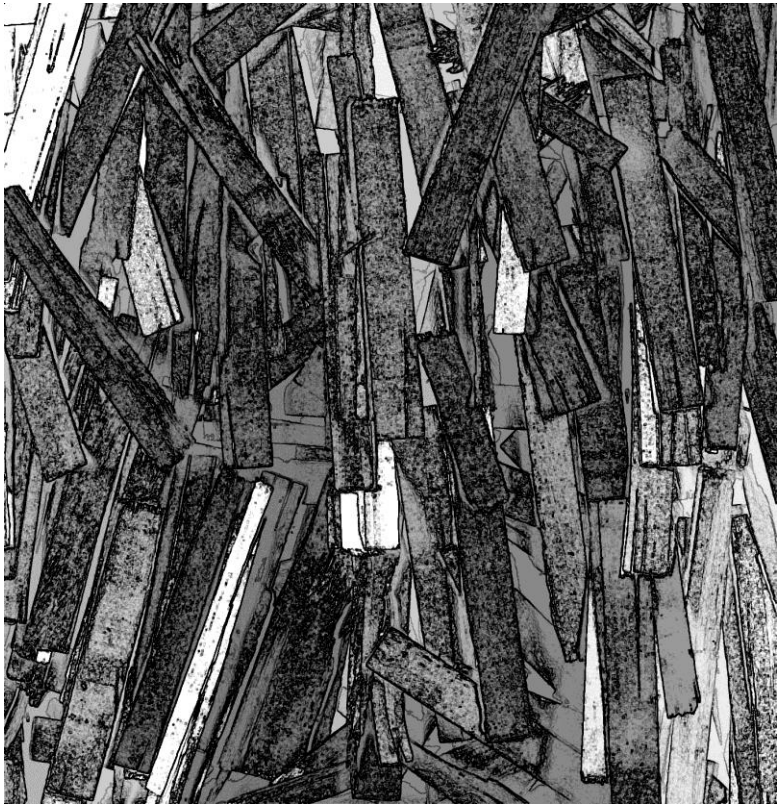
Morphologischer Gradient

© Fraunhofer WKI

Fraunhofer WKI

Beispiel: Strands – Vermessung im Vlies

CSL-Strands, ca. 40 x 40 cm²



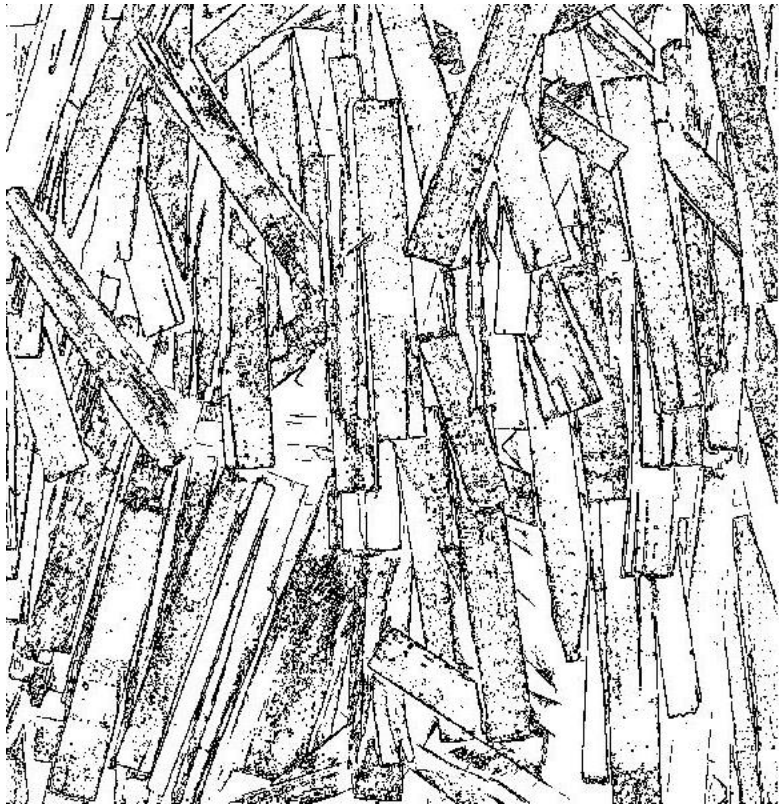
Filterung und Stapelung der Höhenschichten

© Fraunhofer WKI

Fraunhofer WKI

Beispiel: Strands – Vermessung im Vlies

CSL-Strands, ca. 40 x 40 cm²



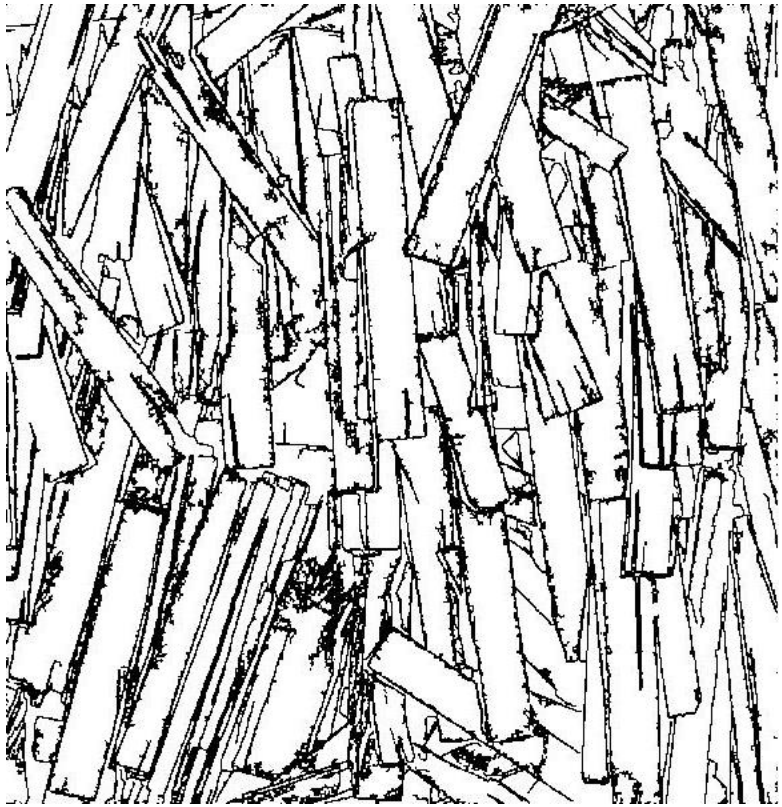
Verknüpfung der
Höhenschichten und der Kanten

© Fraunhofer WKI

Fraunhofer WKI

Beispiel: Strands – Vermessung im Vlies

CSL-Strands, ca. 40 x 40 cm²



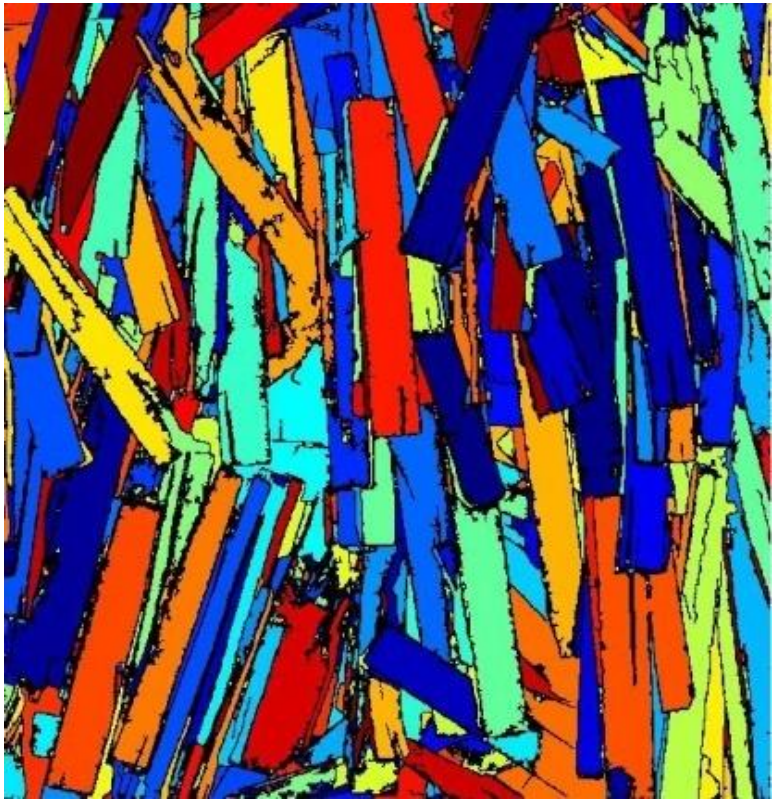
Morphologische Bereinigung

© Fraunhofer WKI

Fraunhofer WKI

Beispiel: Strands – Vermessung im Vlies

CSL-Strands, ca. 40 x 40 cm²

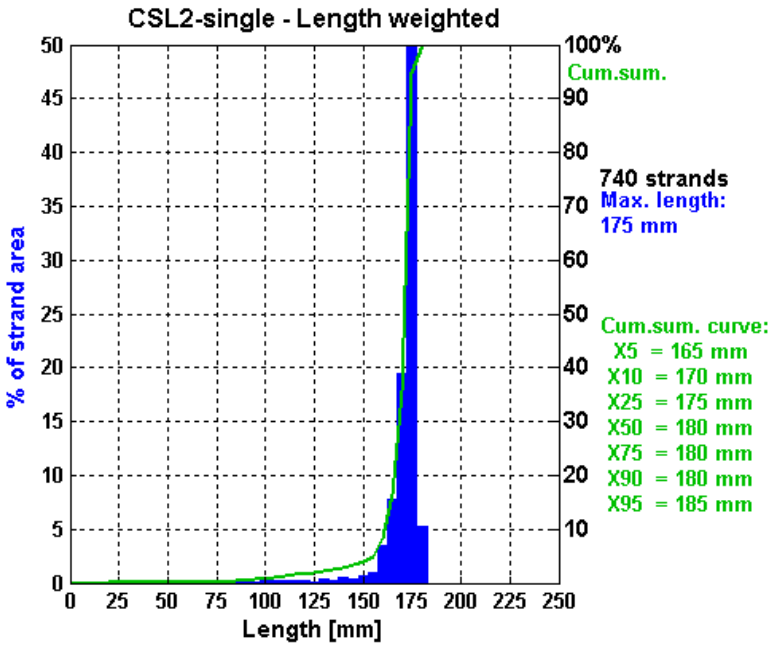


Endergebnis der „Vereinzelung“ mit erweiterter Höhenschichtanalyse

© Fraunhofer WKI

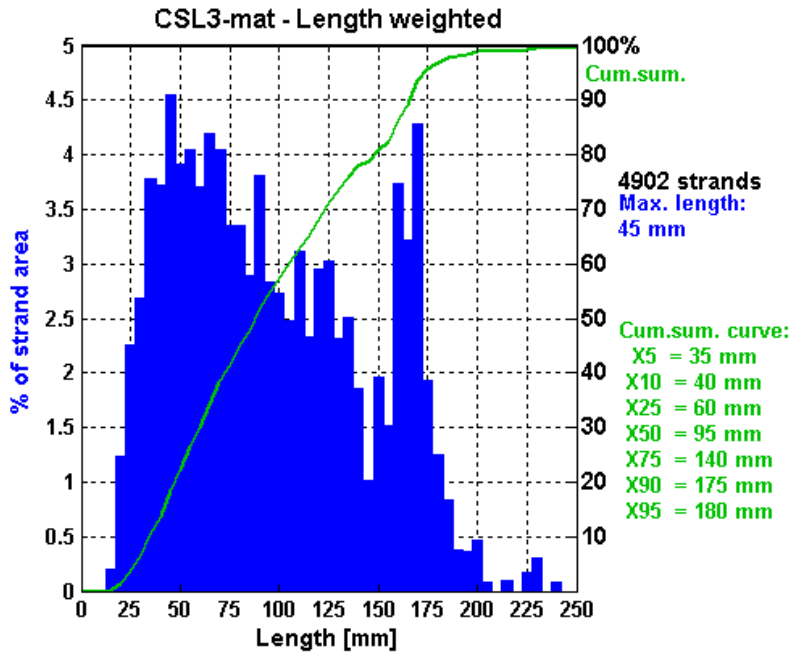
Fraunhofer WKI

Beispiel: Strands – Vermessung im Vlies



Größenvermessung

vereinzelt, mit Scanner



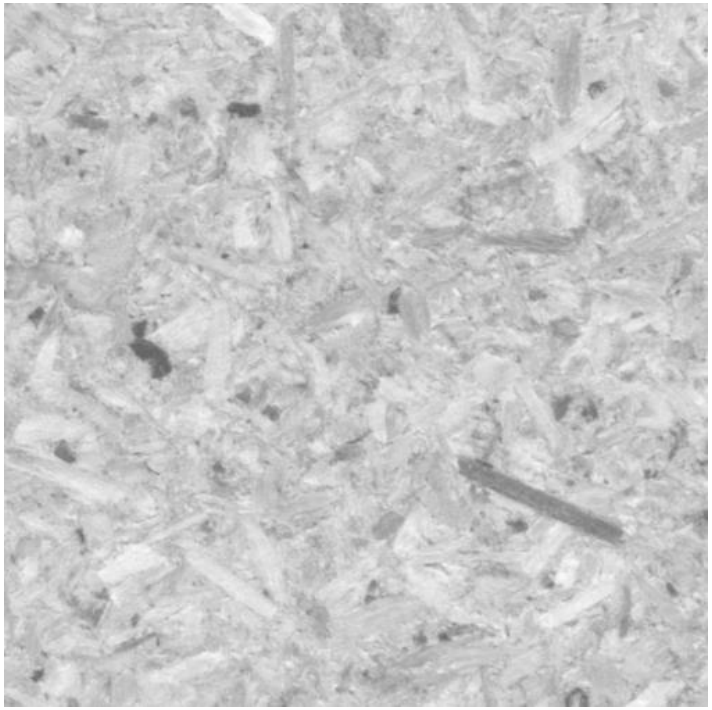
Größenvermessung im Vlies

mit „Überlagerungseffekt“

© Fraunhofer WKI

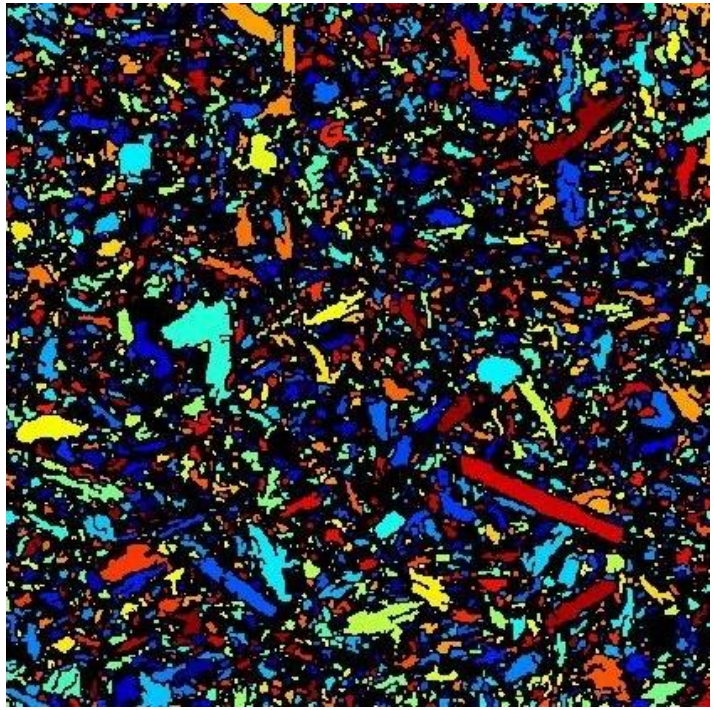
Fraunhofer WKI

Beispiel: Vermessung der Späne in der Plattenoberfläche



Fichtenspäne (Industrie) in der Plattendeckschicht

Ausschnitt ca. 21 x 21mm²

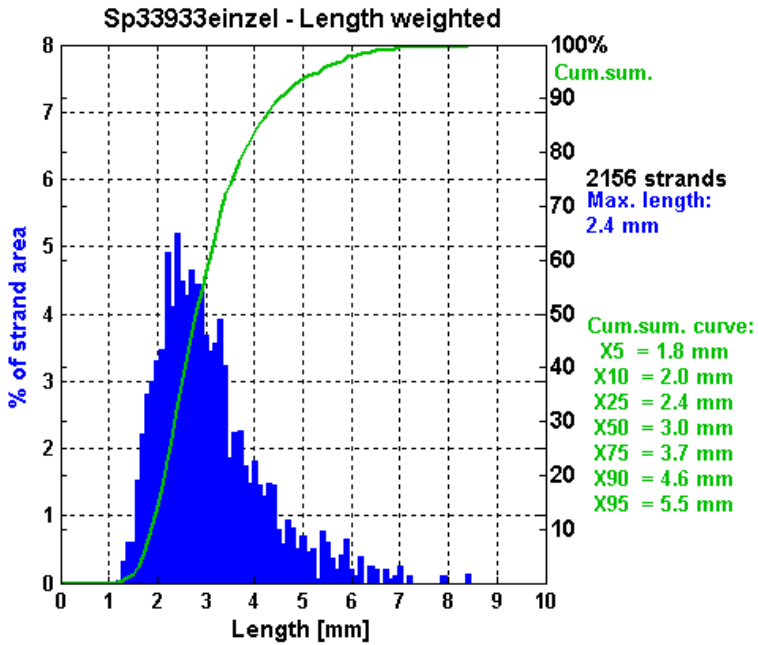


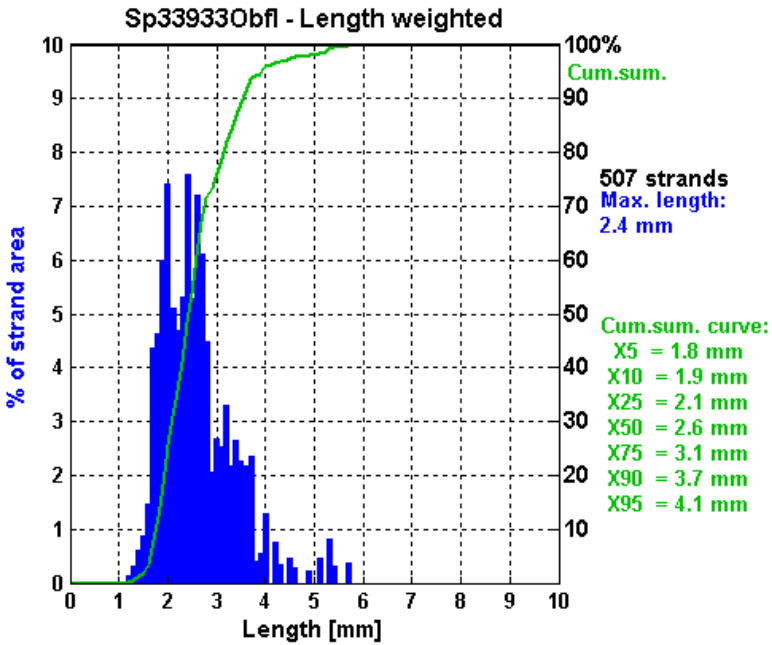
„Vereinzelung“ mit erweiterter Höhenschichtanalyse

© Fraunhofer WKI

Fraunhofer WKI

Beispiel: Vermessung der Späne in der Plattenoberfläche





Größenvermessung

vereinzelt, mit FibreShape

Größenvermessung in der Plattenoberfläche

ohne „Überlagerungseffekt“

© Fraunhofer WKI

Fraunhofer WKI

Exkurs: Werkstoffanalyse mit µCT

„mikroskopische Röntgen-Tomographie“

ergibt Volumenbilder mit einer Auflösung von 1 µm³ pro Voxel

© Fraunhofer WKI

Fraunhofer WKI

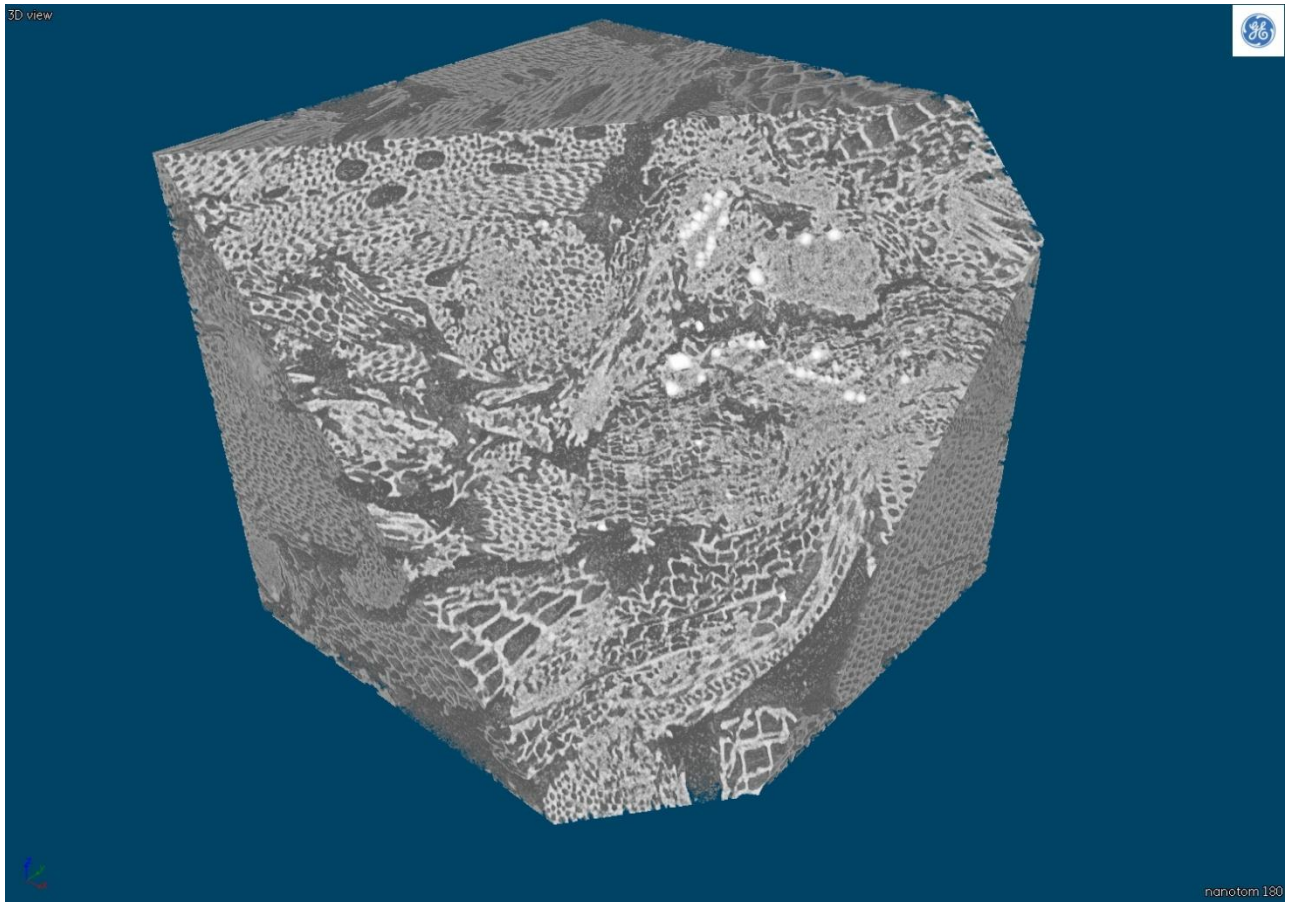
Exkurs: Werkstoffanalyse mit µCT

Beispiel:

Spanplatte

(Grafik:

GE Phoenix)



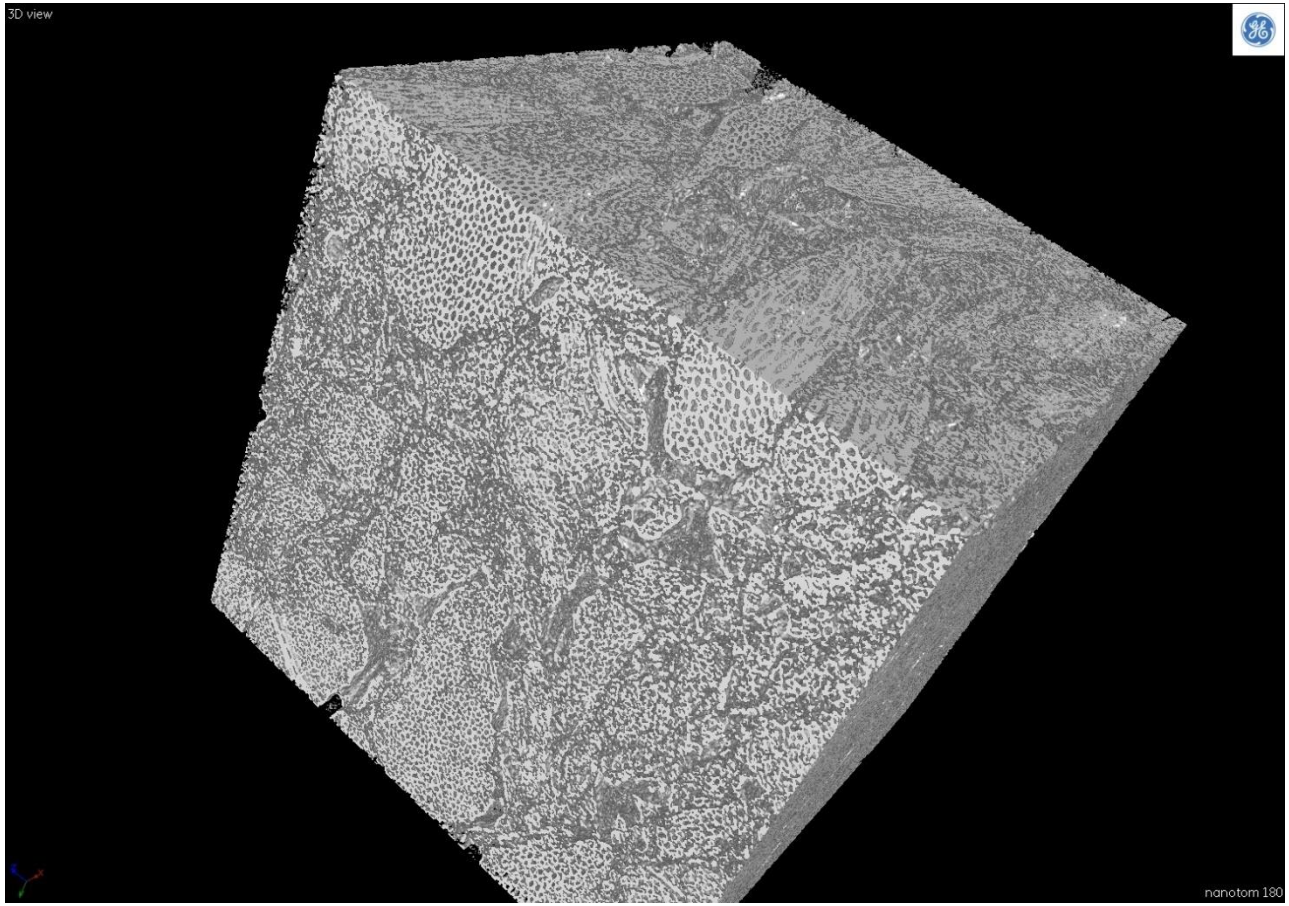
Exkurs: Werkstoffanalyse mit µCT

Beispiel:

WPC

(Grafik:

GE Phoenix)

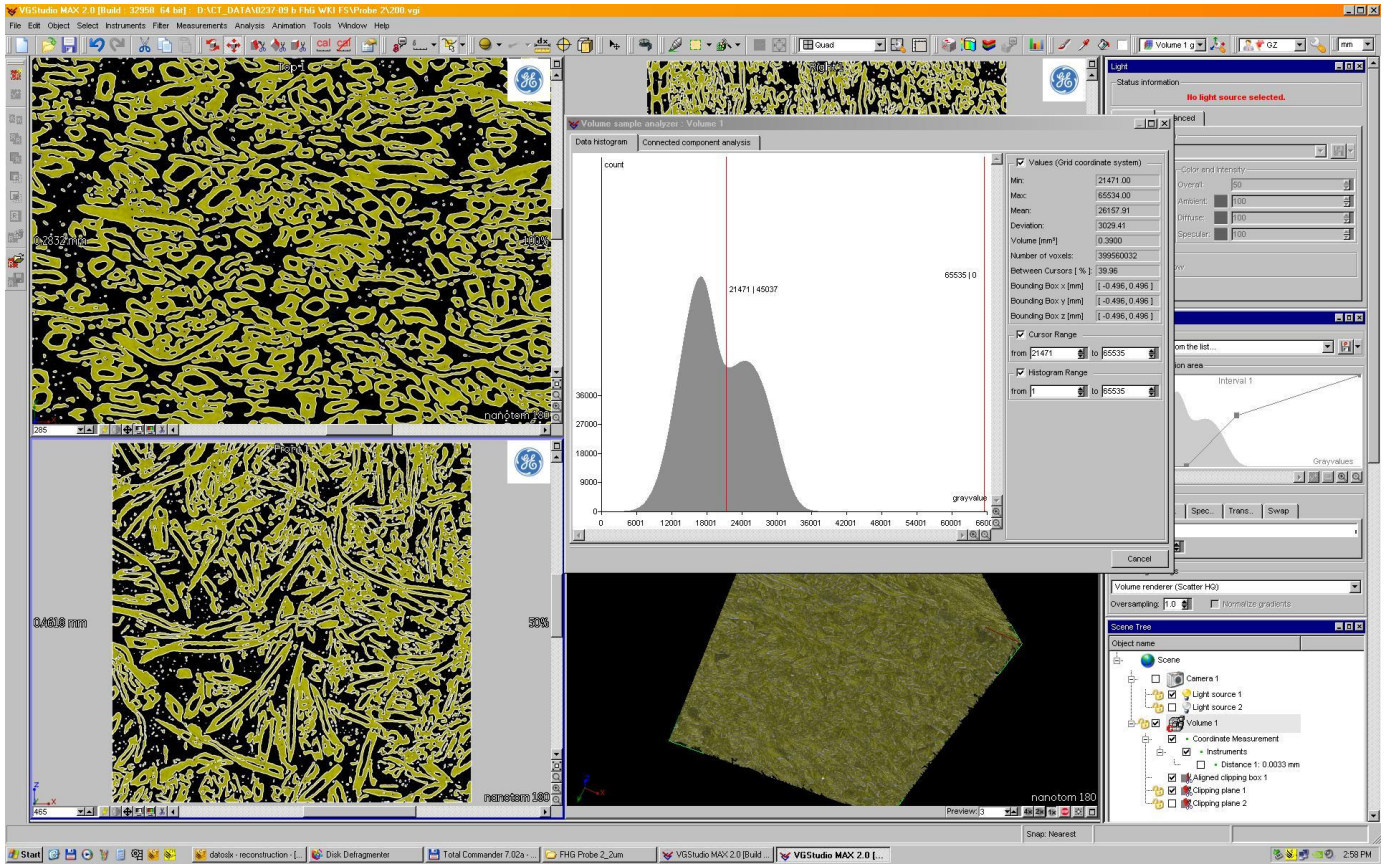


Exkurs: Werkstoffanalyse mit µCT

Beispiel: MDF

(Grafik:

GE Phoenix)



Laufende Projekte und Planungen

- Begleitende Messungen an Partikeln für WPC: Einfluss von Vorbehandlungs- und Verarbeitungsvarianten auf die Partikelgrößenverteilung
- Anfragen von Faserplattenherstellern
- Leichtere Faserplatten durch Optimierung des Werkstoffgefüges und Mikro-Computer-Tomographie plus Simulation
- Vergleich optischer Partikelgrößenmessung mit mechanischen Referenzverfahren

© Fraunhofer WKI

Thesen zur Diskussion

- Optisch bzw. mechanisch bestimmbare Partikelgrößenverteilungen sind nicht völlig deckungsgleich mit technologischer Relevanz
- Bildauswertung könnte mehr Ergebnisse liefern als Siebanalyse – insbesondere differenzierte Größenverteilungen
- Faserstoff, Strands im Vlies und Späne in der Plattenoberfläche nur mit Bildauswertung messbar
- Dispergierung von Fasern bleibt eine Herausforderung
- Auch Bildverarbeitung hat ihre Grenzen – Überlagerungseffekte sind kaum kompensierbar, Spandicke und Feingutanteil sind auch so nicht messbar
- Tomographische Werkstoffanalyse ist möglich, aber aufwändig
- Aber: Neue Möglichkeiten für die Prozess- und Qualitätsüberwachung!

© Fraunhofer WKI

Literatur 1

- Benthien, J. T., Hasener , J., Pieper, O., Tackmann, O., Bähnisch, C., Heldner, S. und Ohlmeyer, M. (2013): Determination of MDF fiber size distribution: Requirements and innovative solution. In: International Wood Composites Symposium. Seattle, 3.-4.4.2013.
- FNK und NAB (2002): Vinylchlorid-Homo- und Copolymerisate : Siebanalyse mit der Luftstrahl-Siebmaschine. DIN EN ISO 4610:2002-04, April 2002
- Hasener, J. (2013): Inline Fasercharakterisierung - Traum oder Realität. In: 4. Innovationsworkshop Holzwerkstoffe während der interzum. Köln, 14.5.2013.
- Krause, A. (2013): Particle measurements using dynamical optical imaging. In: Meeting of CEN/TC 249 WG 13. 3.7.2013.
- 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. Hannover, 4.-6.10.2006.
- NABau (2004): Darstellung der Ergebnisse von Partikelgrößenanalysen - Teil 1: Grafische Darstellung. DIN ISO 9276-1, Sept. 2004
- NABau (2012): Darstellung der Ergebnisse von Partikelgrößenanalysen - Teil 6: Deskriptive und quantitative Darstellung der Form und Morphologie von Partikeln (ISO 9276-6:2008). DIN ISO 9276-6, Jan. 2012

© Fraunhofer WKI

Fraunhofer WKI

Literatur 2

- PSS (2012): Occhio 500 nano. Port Richey, FL, USA: PSS. Retrieved: 30.9.2012, from http://pssnicomp.com/?page_id=81.
- 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.
- Plinke, B. (2011): Größenanalyse an nicht separierten OSB-Strands. Teil 2: Messergebnisse und Diskussion. In: Holztechnologie 52(2011)4, S. 17-23.
- Plinke, B., Schirp, A. und Weidenmüller, I. (2012): Review: Methoden der Holzpartikelgrößenmessung - Von der technologischen Fragestellung zur aussagefähigen Statistik. In: Holztechnologie 53(2012)4, S. 11-17.

- PSS (2012): Occhio 500 nano. Port Richey, FL, USA: PSS. Retrieved: 30.9.2012, from http://pssnicomp.com/?page_id=81.

- Schirp, A., Mannheim, M. und Plinke, B. (2013): Influence of refiner fibre quality and fibre modification treatments on properties of injection-moulded beech wood-plastic composites. In: Composites Part A: Applied Science and Manufacturing Under Review(2013).
- Schmid, H. G. und Schmid, G. P. (2006): Characterisation of High Aspect Ratio Objects Using the Powdershape Quantitative Image Analysis System. In: European Congress and Exhibition on Powder Metallurgy (EURO PM), Vol.3: Diamond tooling. Ghent, Belgium, 23.-25.10.2006.

© Fraunhofer WKI