



BILDVERARBEITUNG



Mörtel enthält Gesteinskörnungen wie Sand oder Kies, deren Größen und Formen seine Verarbeitungs- und Materialeigenschaften bestimmen. Unsere 3D-Kornformanalyse auf Basis von Volumenbildern hilft, diese Gesteinskörnungen für Hochleistungsmörtel zu optimieren.



MASSGESCHNEIDERTE BILDANALYSE FÜR DIE PRODUKTION UND ANALYSE VON MIKROSTRUKTUREN

Wir entwickeln mathematische Modelle und Bildanalysealgorithmen und setzen diese um in effiziente industrietaugliche Software, vorwiegend in der Produktion.

Die Anwendungsgebiete erstrecken sich insbesondere auf anspruchsvolle Oberflächenprüfungen und die Analyse von Mikrostrukturen. Unser großes Algorithmenportfolio ermöglicht die Entwicklung von Bildverarbeitungslösungen, die durch industrielle Bildverarbeitung nicht geleistet werden. Darüber hinaus gibt es viele Aufgabenstellungen, für die kommerziell verfügbare Systeme nicht oder nur zum Teil eingesetzt werden können. Für diese Fragestellungen erarbeiten wir anspruchsvolle Bildverarbeitungslösungen.

Auch die Beratung nimmt einen großen Stellenwert ein, zum Beispiel zu Hardware bei der Konzeption von BV-Systemen oder zur Integration zusätzlicher Komponenten in ein bereits bestehendes System; auch unabhängige Beratung im Bereich der optischen Qualitätskontrolle oder bei der Entwicklung von Algorithmik spielt eine Rolle.

Kontakt

markus.rauhut@itwm.fraunhofer.de

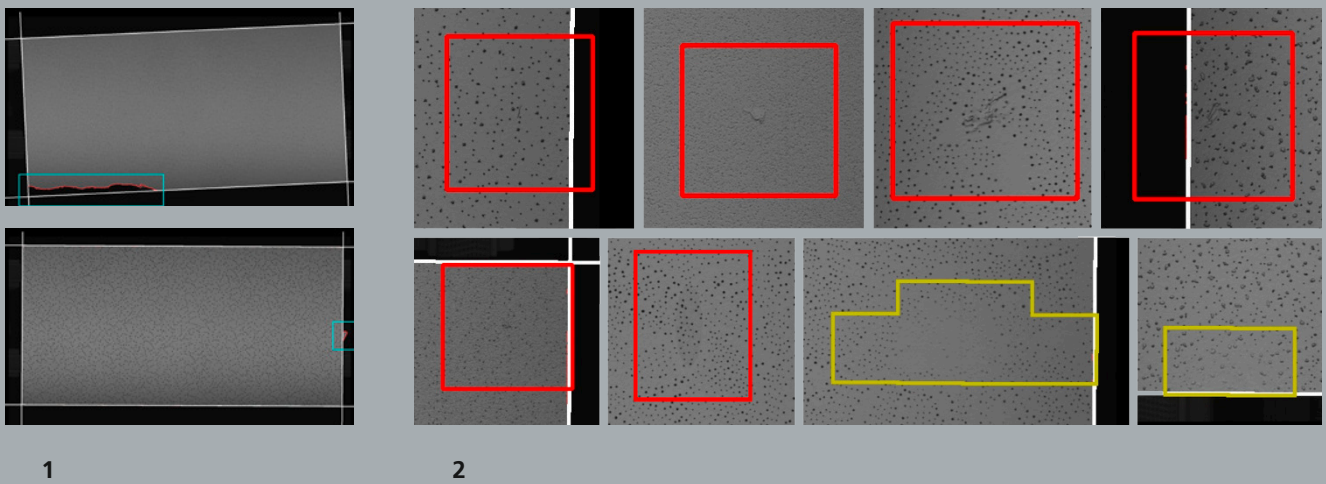
www.itwm.fraunhofer.de/bv



SCHWERPUNKTE

- Oberflächen- und Materialcharakterisierung
 - Qualitätssicherung und -optimierung
 - Bildverstehen und Szenenanalyse
-





1 Deckenplatten mit detektierten Kanten: Typische Geometriefehler sind Kantenausbruch (oben) und Überstand (unten).

2 Beispiele für kleinteilige Oberflächen- und großflächige Designfehler bei der Produktion von Deckenplatten

MODELLBASIERTES LERNEN ZUR INSPEKTION VON MINERALFASERPLATTEN

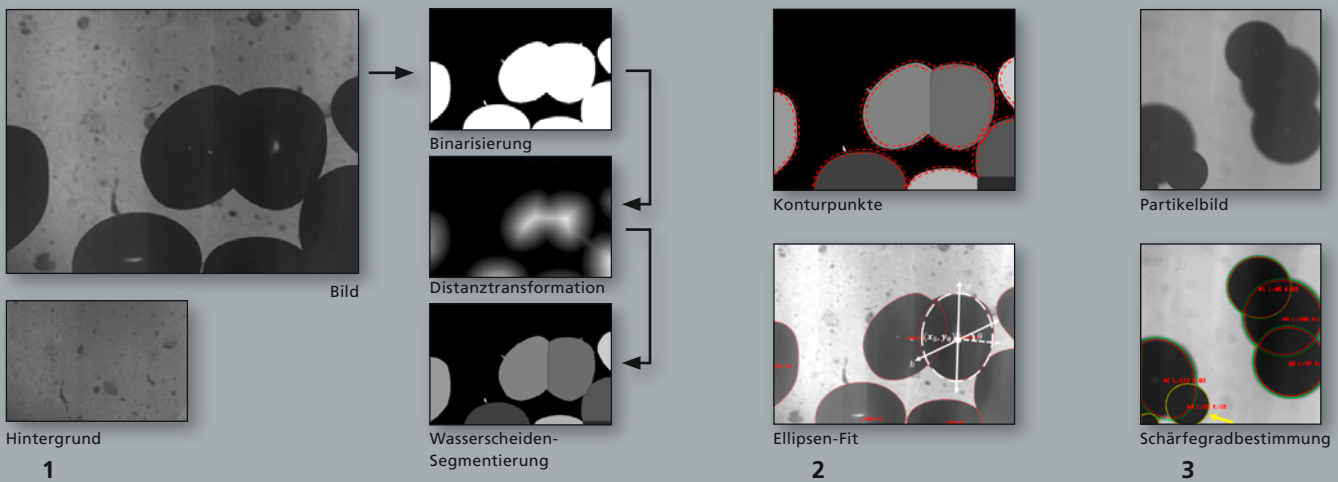
Modellbasiertes Lernen ermöglicht schnelle und flexible Bildverarbeitungslösungen. Eine solche Lösung haben wir für die Odenwald Faserplattenwerk GmbH (OWA) zur vollautomatischen Prüfung von Schallschutzplatten entwickelt und umgesetzt. Die Mineralfaserplatten der OWA haben eine Vielzahl unterschiedlicher Designs, die kontinuierlich erweitert wird. Ziel ist daher, die Auswertung so flexibel zu gestalten, damit sie sich mit kleinem Aufwand an neue Designs und Fehlertypen anpassen kann.

Schrittweise Fehlererkennung, in der eine Abfolge von Filterverfahren mit morphologischen Verfahren zu einer spezialisierten Fehlerdetektion kombiniert wird, ist aufwändig anzupassen. Stattdessen benutzen wir modellbasiertes Lernen. Das heißt, wir machen Modellannahmen, die generisch für verschiedene Produkttypen gelten, und kombinieren diese mit selbstlernenden Verfahren. In industriellen Anwendungen ist es typisch, dass hauptsächlich fehlerfreie Teile produziert werden und Fehlerbeispiele selten sind. Anstatt daher Fehler zu modellieren, haben wir eine sogenannte Ein-Klassen-Klassifikation fehlerfreier Teile benutzt. Fehler sind dann alle Bereiche, deren Eigenschaften nicht dieser Gut-Klasse zugeordnet werden können.

Algorithmus findet großflächige und kleinteilige Fehler

Zunächst modellieren wir die Rechtwinkligkeit, indem wir die Hauptlinien mithilfe der Hough-Transformation detektieren. Auf diese Art können die Bemaßung bestimmt und erste Fehlertypen gefunden werden. Für die Fehlersuche innerhalb der Platte modellieren wir das Design oder auch die Nadelung. Wir finden hier großflächige und kleinteilige Fehler. Für die großflächigen Fehler berechnen wir Eigenschaften über die gesamte Plattenbreite, für kleinteilige Fehler in der Umgebung der Nadelung. Für beide Fehlertypen wird anhand von ausreichend vielen Beispielen die Klasse der fehlerlosen Platten gelernt. Bereits mit hundert Bildern ist eine Klassifikation möglich, die mit geringem Parametrisierungsaufwand produktiv funktioniert.

Mithilfe dieser Kombination von Verfahren stellen wir bei der Produktion neuer Produktvarianten schnell eine gute Lösung bereit, die wir zusätzlich im laufenden Betrieb mit mehr Beispielen iterativ verbessern können.



DETEKTION UNSCHARFER UND NICHT-SPHÄRISCHER PARTIKEL IN DER THERMISCHEN VERFAHRENSTECHNIK

In der Verfahrenstechnik spielen partikuläre Prozesse eine große Rolle, z. B. in Rührkesseln, Blasensäulen, Extraktionskolonnen und Kristallisatoren. Im AiF-Projekt ORBITRO bestimmen wir die Geometrien der Partikel, um qualitative und quantitative Aussagen über die realen Prozesse zu ermöglichen. Dabei haben wir mehrstufige Verfahren entwickelt, die runde und nicht-runde Partikel stabil und schnell detektieren.

Die Umgebung der Partikel ist in der Regel zwar nicht schmutzfrei, dafür aber statisch. Wir trennen den Hintergrund vom Partikel-Vordergrund, indem wir über mehrere Bilder mitteln und anschließend mit adaptiven Schwellwerten sowohl das Partikelbild als auch das Hintergrundbild binarisieren und beide durch Rekonstruktion kombinieren. Um die daraus resultierenden Partikelregionen in einzelne Partikel zu unterteilen, nutzen wir die relative Rundheit der Partikel. Sie hilft uns, mit der euklidischen Distanztransformation mögliche Partikelzentren zu extrahieren und die Partikelkandidaten anschließend mit der Wasserscheidentransformation zu trennen.

Detektion funktioniert auch bei überlappenden Partikeln

Die Konturpunkte der Partikelkandidaten werden nun benutzt, um Ellipsen einzupassen. Dazu wird ein sogenanntes »generelles konisches Modell« verwendet, mit dem wir für jede Ellipse mithilfe der Konturpunkte sechs Parameter schätzen. Das Fitting wählt dann diejenige Ellipse, die den kleinsten absoluten Abstand zu allen Konturpunkten hat. Auch bei überlappenden Partikeln funktioniert auf diese Art die Detektion stabil.

Zusätzlich zu den Ellipsenparametern können wir den Schärfegrad der Partikel bestimmen. Dies ist sinnvoll, da der Schärfegrad – je nach Aufnahmemethode – Rückschlüsse auf die Position der Partikel zulässt. Zur Bestimmung benutzen wir verschiedene adaptive Schwellwerte, gefolgt von sogenannter »Skelettierung«. Der Benutzer kann dann durch einen bereitgestellten Parameter selbst den Schwellwert für scharfe Partikel einstellen.

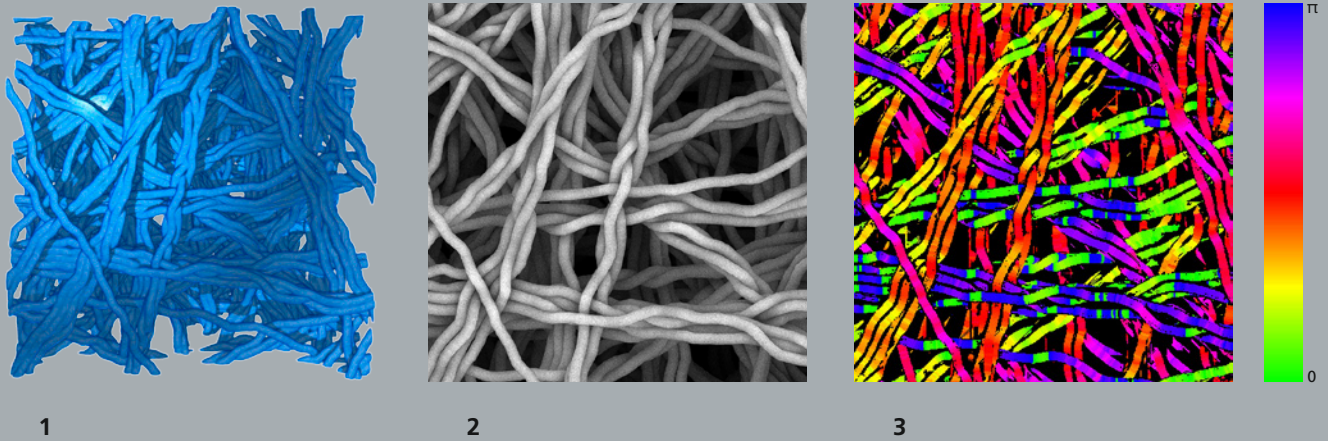
Das mit unserer Software ToolIP entwickelte Verfahren wird in die vorhandene Labview-Umgebung integriert und zur weiteren statistischen Analyse der Partikelprozesse verwendet.

1 Schrittweises Vorgehen zur Detektion der Partikelkandidaten

2 Schematische Darstellung von Konturpunkten und Ellipsen-Fit-Ergebnissen nach Optimierung

3 Unschärfebestimmung durch inneren (rot) und äußeren (grün) Umfang der Ellipsen; scharfe Ellipsen in gelb





1 *Simuliertes REM-Bild (BSE-Signal) der Realisierung eines zufälligen Fasersystems (Altendorf-Jeulin-Modell)*

2 *Volumenrendering einer Realisierung des Altendorf-Jeulin-Modells*

3 *Orientierungskarte für das REM-Bild aus Abbildung 2*

FASERDICKEN, FASERORIENTIERUNG UND WOLKIGKEIT MESSEN MIT MAVIfiber2d

Die Qualität von Vliesstoffen hängt von der Verteilung der Faserdicken, der Faserorientierung und der Wolkigkeit ab. Im Labor werden diese Eigenschaften anhand von Bilddaten bewertet. Es ist jedoch schwierig, das automatisch und damit reproduzierbar zu tun. MAVIfiber2d löst diese Aufgabe.

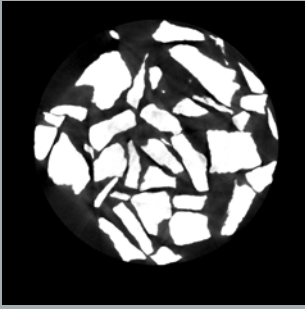
Diffusionsfilter waren die Keimzelle der Bildverarbeitung am ITWM und das Projekt VQC, in dem die Wolkigkeit von Vliesen gemessen wurde, war eines der ersten Industrieprojekte der Abteilung Bildverarbeitung. MAVIfiber2d vereint beides mit neuen Werkzeugen der mathematischen Morphologie und dem Konzept des typischen Punkts aus der stochastischen Geometrie zu einer Software für die objektive, reproduzierbare Bewertung von Vliesproben.

Lokale Analyse ohne Fasertrennung

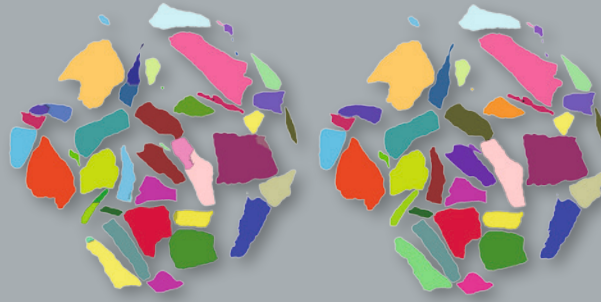
Der Begriff des typischen Punkts einer zufälligen abgeschlossenen Menge ermöglicht es, Faserdicken- und Faserorientierungsverteilungen zu messen, ohne im Bild Fasern vereinzeln zu müssen. In unklaren Situationen muss nicht entschieden werden, wo welche der sich kreuzenden oder umschlingenden Fasern beginnt oder endet. Vielmehr genügt eine simple Binarisierung – für jedes Pixel im Bild wird entschieden, ob es zum Fasersystem, also dem Vordergrund, oder zum Hintergrund gehört. Lokale Dicke und Orientierung werden in jedem Vordergrundpixel bestimmt. Das Ergebnis sind flächengewichtete Verteilungen der Dicke und Orientierung.

Wolkigkeit aus normierten Grauwertvarianzen

Die Wolkigkeit ist mathematisch deutlich weniger klar zu beschreiben. MAVIfiber2d nimmt die VQC-Lösung auf. Das Eingabebild wird schrittweise mit approximierten Gauß-Filtern geglättet. Die Grauwertvarianzen der normierten gefilterten Bilder spiegeln die Wolkigkeit auf der betrachteten Skala wider. Der Wolkigkeitsindex wird aus den Varianzen als gewichtetes Mittel berechnet. Skalen und Gewichte werden dabei so gewählt, dass das Messergebnis den technischen Anforderungen und dem subjektiven visuellen Eindruck möglichst gut entspricht.



1



2



3

3D-PARTIKELFORMANALYSE FÜR HOCHLEISTUNGS-MÖRTEL

Mörtel enthält Gesteinskörnungen wie Sand oder Kies, deren Größen und Formen seine Verarbeitungs- und Materialeigenschaften maßgeblich bestimmen. Kontrolliert werden die Korngrößen mit genormten Prüfsieben. Auch grobe Aussagen zur Formverteilung lassen sich treffen, indem man statt Lochsieven Stabsiebe einsetzt. Sollen die Kornformen genauer bestimmt werden, wird bisher aufwändig manuell mit Schieblehren gemessen.

Wichtig ist aber auch die Formverteilung, denn sie bestimmt – neben der Größenverteilung – die Packungsdichten und damit die mechanischen Eigenschaften des Gemischs. Im ZIM-Projekt »Entwicklung innovativer Hochleistungsmörtel auf der Basis des Kriteriums der Kornform durch Anwendung neuer computertomografischer 3D-Mess- und Auswertetechniken« wurde erstmals Computertomografie genutzt, um die Form mehrerer Tausend Körner simultan räumlich abzubilden. In den resultierenden 3D-Bildern berühren sich jedoch die einzelnen Körner. Sie müssen deshalb bildanalytisch getrennt werden, um anschließend ihre Formen messen zu können.

Der morphologische Standardalgorithmus für die Partikeltrennung kann auch bei perfekter Parameterwahl diese Aufgabe nicht lösen, weil die Partikel zu flach und zu spitz sind. Besonders Körner, deren Form weit von der einer Kugel abweicht, zerfallen deshalb im Bild. Im Projekt wurden die Bruchstücke zunächst interaktiv zusammengefügt und dann versucht, echte Körner und Bruchstücke anhand ihrer räumlichen Geometrie zu unterscheiden. Diese Klassifizierung ist jedoch nicht möglich, weil die Kornformen zu stark variieren.

Korrektur der Partikeltrennung

Statt der Körner bzw. der entstehenden Bruchstücke werden deshalb jetzt die Trennflächen als räumliche geometrische Objekte untersucht. Schon ihre Ausdehnung, aber auch ihre Welligkeit sind gut geeignet, echte von falschen Trennflächen zu unterscheiden. Dieser Ansatz wird derzeit erprobt und anschließend in einen Trennalgorithmus umgesetzt.

Erfolgreich getrennte Körner können bildanalytisch weitaus genauer vermessen werden, als es die bisher verwendeten mechanischen Methoden zulassen. Neben Volumen und Oberflächeninhalt können Länge, Breite und Dicke, isoperimetrische Formfaktoren, die Elongation und die maximale Dicke sowie eine Vielzahl daraus abgeleiteter Kenngrößen bestimmt werden.

1 *Schnitt durch das rekonstruierte tomografische Bild einer Kornschüttung*

2 *Links: Derselbe Schnitt nach der automatischen Partikeltrennung; deutlich erkennbar zerfallen einzelne Körner. Rechts: Ergebnis der interaktiven Nachbearbeitung*

3 *Volumenrendering eines zu stark getrennten Kornes*



NEWS AUS DER ABTEILUNG



12TH EUROPEAN CONGRESS FOR STEREOLOGY AND IMAGE ANALYSIS 2017

Internationale Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen trafen sich am ITWM zum Stereologie-Symposium zur Verarbeitung, Segmentierung und Analyse von FIB-REM-Bilddaten; besonderes Augenmerk galt den hochporösen Strukturen. Ein Highlight der Veranstaltung: Annick de Backer wurde für ihre Dissertation über »Quantitative Atomic Resolution Electron Microscopy Using Advanced Statistical Techniques« ausgezeichnet.

MAUS-TÜRÖFFNERTAG

Die Abteilung beteiligte sich erneut an der Aktion »Türen auf«, angestoßen von der »Sendung mit der Maus«, und präsentierte eigene Lach- und Sachgeschichten im Atrium. Rund 30 Mädchen und Jungs lernten so den Bereich Oberflächeninspektion kennen und konnten anhand eines Computerspiels selbst verschiedene Unregelmäßigkeiten auf einer Kuhhaut detektieren und klassifizieren: vom Insektenstich über die Verletzung am Stacheldraht bis hin zu Dehnungstreifen. Der Schwerpunkt Mikrostrukturanalyse wurde für die jungen Gäste erfahrbar durch die Analyse verschiedener Sorten Löffelbiskuits und das stark vergrößerte Modell eines Staubsaugerfilters, den die Kinder per Druckluft mit Schmutzpartikeln beschießen durften.



WORKSHOP DIGITALE TECHNOLOGIEN FÜR FASERN, VLIESTOFFE UND TECHNISCHE TEXTILIEN



Zwei Tage Erfahrungsaustausch für Fachleute aus industrieller Entwicklung und anwendungs-naher Forschung: Das Themenspektrum der Vorträge war so breit wie die Anwendungsgebiete der Simulationstechnologien und umfasste Faserspinnen, technische Textilien, Faserprozesse, Vliesstoffe, Filtration sowie textile Verbünde. Die Workshop-Teilnehmer beschäftigten sich beispielsweise mit der Entwicklung neuer keramischer Fasern, der Simulation und Optimierung von Vernadelungsprozessen und der virtuellen Entwicklung von Filtermedien. Auch die rechner-gestützte Charakterisierung der Mikrostruktur von Faserverbundwerkstoffen und die virtuelle Auslegung textilverstärkter Verbundwerkstoffe spielten eine Rolle.



Von vorne, links nach rechts: Petra Gospodnetic, Bess, Dr. Katja Schladitz, Yuli Afrianti, Annika Schwarz, Nikita Nobel, Franz Schreiber, Dascha Dobrovolskij, Markus Rauhut, Mark Maasland, Sonja Föhst, Diego Roldán, Dr. Xiaoyin Cheng, Konstantin Hauch, Dr. Thomas Weibel, Dr. Ali Mogiseh, Martin Braun, Dennis Mosbach