

Evaluierung von Bildauswertungsalgorithmen für Untersuchungen an viskosen fluoreszierenden Materialien

Patrik J. Murr*, Anton Tremmel*, Michael Schardt*, Klaus Weraneck*, Alexander W. Koch*

*Lehrstuhl für Messsystem- und Sensortechnik, Technische Universität München

mailto:patrik.murr@tum.de

Viskose Materialien besitzen ein vielfältiges Anwendungspotential. Bei der Herstellung wird ein immer höherer Grad an Reinheit und Mischgenauigkeit gefordert. Aktuell gibt es keine Methode zur zeitnahen Erfassung von Verunreinigungen und Konzentrationsschwankungen. In dieser Arbeit werden Bildauswertungsalgorithmen zur Detektion von Verunreinigungen in viskosen Materialien vorgestellt.

1 Einführung

Aktuell gibt es keine Möglichkeiten, die Qualität von viskosen Materialien in der laufenden Produktion berührungslos mit Systemen zu bestimmen. Folglich sind bei Herstellungsprozessen von neuen Materialien oder bei Qualitätsuntersuchungen nach Gebrauch der Materialien zeitintensive Messverfahren zur Analyse notwendig. Beispielsweise werden zur Qualitätsüberwachung bei Herstellungsprozessen Infrarot-Sensoren oder akustische Analysen eingesetzt [1, 2]. Bei beiden Methoden werden die viskosen Materialien aus der laufenden Produktion entnommen und in Kugellager gefüllt. Anschließend werden diese mit einem Teststand betrieben. Ein Nachteil bei beiden Methoden ist, dass nur eine Aussage über die Qualität einer kleinen Stichprobe im Vergleich zum gesamten Produkt möglich ist. Zusätzlich besteht ein hoher Wartungsaufwand, der durch die notwendige Reinigung der Sensoren und Kugellager nach jeder Messung entsteht. Bei der Untersuchung von gebrauchten Materialien werden die Anzahl und Größe der in der Probe vorhandenen Verunreinigung mit Weißlichtmikroskopie bestimmt. Die Auswertung erfolgt dabei nicht automatisiert, sondern durch manuelles Zählen der Partikel. Das Ziel dieser Arbeit war es, einen Ansatz zur schnellen und automatisierten Analyse von Verunreinigungen in viskosen fluoreszierenden Materialien zu entwickeln. Im Folgenden wird eine Kombination aus einem optischen Messsystem und Auswertung zur Bestimmung der Größe, Anzahl und Art von Verunreinigungen vorgestellt. Des Weiteren ist der Ansatz so ausgelegt, dass in Zukunft Mischungsverhältnisse während der Herstellungsprozesse überprüft werden können.

2 Umsetzung

Für die Untersuchungen werden als viskose Materialien Schmierfette und Klebstoffe verwendet. Diese eignen sich besonders für die Messungen, da sie aus mehreren Komponenten bestehen, die in einem definierten Wellenlängenbereich fluoreszieren.

Die dadurch entstehende Gesamtfluoreszenz stellt die Grundlage für die weitere Umsetzung dar [3]. Damit mit einem optischen Messsystem die Anzahl und Größe der Verunreinigungen automatisiert bestimmt werden können, müssen abbildende Aufnahmen des fluoreszierenden Messobjekts erstellt werden. Nach den Aufnahmen werden die erhaltenen Bilder mit einem spezifischen Bildalgorithmus ausgewertet. Um die Leistungsfähigkeit und Funktionalität des Ansatzes zu demonstrieren, wurden die ersten Untersuchungen an statischen Messobjekten mit nicht-fluoreszierenden Verunreinigungen durchgeführt.

3 Messaufbau

Für die Aufnahmen der fluoreszierenden Messobjekte wurde der in Abbildung 1 dargestellte optische Messaufbau verwendet.

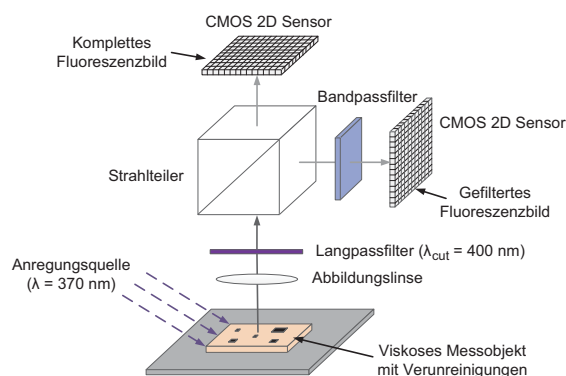


Abbildung 1 Messsystem zur Aufnahme von Fluoreszenzbildern von viskosen fluoreszierenden Materialien.

Das Messobjekt wird mit einer Lichtquelle im ultravioletten Wellenlängenbereich ($\lambda = 370 \text{ nm}$) beleuchtet und angeregt. Die durch die Anregung entstehende Fluoreszenz wird mit einer bikonvexen Linse über einen Strahlteiler in zwei optische Pfade abgebildet. Der Langpassfilter ($\lambda_{\text{cut}} = 400 \text{ nm}$) zwischen Strahlteiler und Linse hat die Aufgabe, die

in der Abbildung enthaltenen Reflexionen der Anregungsquelle zu eliminieren. Im vertikalen optischen Pfad liegt ein Fluoreszenzbild des kompletten fluoreszierenden Messobjekts vor. Im horizontalen Pfad kann durch Anpassen eines Bandpassfilters ein definierter Wellenlängenbereich des fluoreszierenden Messobjekts betrachtet werden. Als Aufnahmegeräte werden zwei baugleiche CMOS 2D Sensoren verwendet. Die Sensoren besitzen eine Auflösung von 1280 x 1024 Pixel und eine Farbtiefe von 8-bit, was 256 Graustufenwerten entspricht. Bei einer 1:1 Abbildung kann eine minimale laterale Auflösung von 5,2 μm erreicht werden.

4 Durchführung und Messergebnisse

Zur Evaluierung der verschiedenen Bildauswertungsalgorithmen wurde zu Beginn mit einem Mikroskop die Größe der relevanten Verunreinigungen bestimmt. Sie lagen dabei im Bereich von 100 μm bis 1 mm. Als Verunreinigungen wurden Holz, Kunststoff und Metall verwendet. Die vermessenen Verunreinigungen dienten später als Referenzdaten für die Evaluierung.

Als Bildalgorithmen für die Auswertung der Fluoreszenzaufnahmen wurden mehrere Operatoren aus dem Bereich der Kantenfilterung untersucht. Das Hauptaugenmerk galt dabei den Graustufengradientenfiltern (Sobel- und Prewitt-Operator) und Filtern, die die zweite Ableitung der Graustufenwerte berechnen (Laplace-Operator).

Die Unterschiede der beiden Filterarten bestehen darin, dass Graustufengradientenfilter starke Helligkeitsunterschiede zwischen benachbarten Pixeln als Kante detektieren und Filter, wie der Laplace-Operator, einen langsamen Helligkeitsübergang über mehrere Pixel als Kante detektieren.

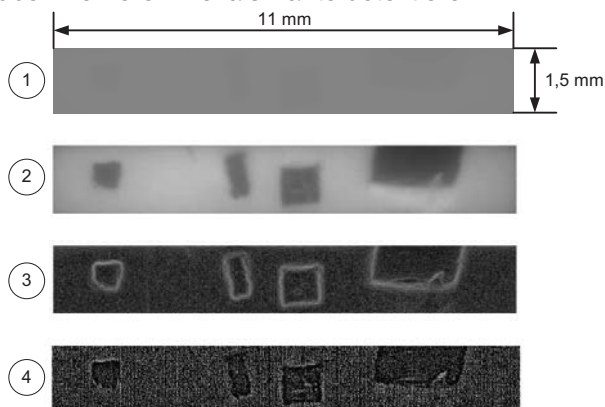


Abbildung 2 Bilder der Aufnahmen und Auswertungen des viskosen Materials mit nicht-fluoreszierenden Verunreinigungen.

Abbildung 2 zeigt im ersten Bild die Aufnahme eines viskosen Materials ohne Fluoreszenz mit nicht-fluoreszierenden Verunreinigungen. In der Aufnahme können, neben einer annähernd homogenen Intensitätsverteilung über alle Pixel, sehr leichte Kon-

turen der Verunreinigungen erahnt werden. Derartige Aufnahmen lassen keine konkreten Aussagen über das Vorhandensein von Verunreinigungen und deren Größe zu. Aus diesem Grund wurde dasselbe Messobjekt unter Fluoreszenz untersucht.

Die zweite Aufnahme in Abbildung 2 zeigt das angeregte Messobjekt mit Verunreinigungen. Hier ist ein deutlicher Helligkeitsunterschied zwischen der Grundfluoreszenz des viskosen Materials und den Verunreinigungen zu erkennen. Damit anschließend automatisiert die Anzahl und Größe der Verunreinigungen im Messobjekt bestimmt werden können, wurden Kantenfilter für die Auswertung der Aufnahmen eingesetzt. Das dritte Bild zeigt das Ergebnis des Sobel-Operators und das vierte Bild das Ergebnis des Laplace-Operators in Form einer gefilterten Aufnahme.

Im Bild des Sobel-Operators sind die Verunreinigungen anhand der Kanten klar zu erkennen. Neben der korrekten Anzahl sind auch die bestimmten Größen der Verunreinigungen im Vergleich zu den Referenzdaten nahezu identisch. Im Vergleich dazu weist das Ergebnis des Laplace-Operators ein starkes Rauschen auf und ermöglicht daher eine schlechtere Detektion der Verunreinigungen. Basierend auf den Evaluationsergebnissen ist zu erkennen, dass sich zur Detektion von Verunreinigungen in viskosen fluoreszierenden Materialien ein Graustufengradientenfilter für die Bildauswertung am besten eignet.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wurde ein erster Ansatz für eine berührungslose und automatisierte Erkennung von Verunreinigungen in viskosen fluoreszierenden Materialien vorgestellt. Das Messprinzip basiert auf der Aufnahme und Auswertung von Fluoreszenzbildern. Als bester Bildauswertungsalgorithmus hat sich der Sobel-Operator aus der Gruppe der Graustufengradientenfilter erwiesen. Die vorgestellten Untersuchungen fanden an statischen Messobjekten mit nicht-fluoreszierenden Verunreinigungen statt.

Im nächsten Schritt wird eine Evaluierung von bewegten Messobjekten und fluoreszierenden Verunreinigungen durchgeführt. Anschließend wird die Funktionalität und Leistungsfähigkeit des Ansatzes in einem realen Herstellungsprozess evaluiert.

Literatur

- [1] D. R. Whitby, "Online condition monitoring of greases," in *Tribology & Lubrication Technology*, (May 2012).
- [2] N. Tandon, and A. Choudhury, "A review of vibration and acoustic measurement methods for the detection of defects in rolling element bearings," in *Tribology International*, **32**, 469–480 (1999).
- [3] J. R. Lakowicz, "Principles of fluorescence spectroscopy," (Springer, 2009).