Verfahren zur Inspektion und Sortierung farblicher und transparenter Materialien

Dr. Thomas Längle, Dr. Matthias Hartrumpf, Dr. Kai-Uwe Vieth, Dr. Rüdiger Heintz, Günter Struck

Fraunhofer Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB
Fraunhoferstraße 1
76131 Karlsruhe

E-Mail: thomas.laengle@iosb.fraunhofer.de

1 Aufgabenstellung

Transparente Materialien sind aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Sie erfüllen wichtige Schutzfunkionen, verbessern unsere Sicht, oder sind begehrter Schmuck. Viele dieser Funktionen können diese Materialen nur leisten, wenn Ihre Qualität gewährleistet wird. Ein bisher nur in Sonderfällen gelöstes Problem ist die Qualitätskontrolle von transparenten Materialien (z.B. Granulate), aus denen andere Produkte hergestellt werden. Verunreinigungen dieser Granulate haben meistens ein minderwertiges Endprodukt zur Folge. Um dies zu verhindern, werden die transparenten Granulate vor der Weiterverarbeitung geprüft. Hierbei erfolgt eine echtzeitfähige Bildaufnahme und Objektklassifikation während des Sortiervorgangs bei Materialstromgeschwindigkeiten bis zu 3m/s oder im freien Fall. Im Ergebnis wird oft eine erhebliche Einsparung von Rohmaterial und Ressourcen erreicht. Durch frühzeitige Erkennung von Störungen des Herstellungsprozesses können zudem Funktionsprüfungen eingespart und eine Produktion fehlerhafter Teile vermieden werden.

2 Stand der Technik

Systeme auf Stand der Technik – basierend auf Transmissionsanalyse – können Kratzer, Lunker, Einschlüsse, Staub, Luftblasen usw. erkennen aber kaum unterscheiden. Jedoch ist diese Unterscheidung in vielen Anwendungen von essentieller Bedeutung. So ist es für die Qualität von optischen Komponenten wichtig, dass keine Einschlüsse oder Kratzer vorhanden sind, dagegen sind bei Kunststoffgranulaten Kratzer zulässig. Auch kann bei diesen Verfahren ein Staubkorn auf der Oberfläche nicht von einem gleich großen Punktdefekt unterschieden werden und führt somit zu einem „Fehlalarm“ und ggf. zur Aussortierung eines guten Teils.

Mit herkömmlichen Ansätzen in der industriellen Bildverarbeitung kann für transparente Objekte mit einem Einzelsystem – abhängig von der Objektgeometrie – nur ein mehr oder weniger großer Bereich dieser Objekte ausgeleuchtet bzw. scharf abgebildet werden (siehe Abbildung 1). In den

meisten Fällen werden die unzureichende Ausleuchtung des Objektes sowie die begrenzte Tiefenschärfe zu einem nicht akzeptablem Inspektionsergebnis führen. Zudem ist es notwendig, je nach konkretem Inspektions- bzw. Sortiergut Einschlüsse oder Luftblasen zu tolerieren bzw. eindeutig von eingelagerten Fremdkörpern unterscheiden zu können.

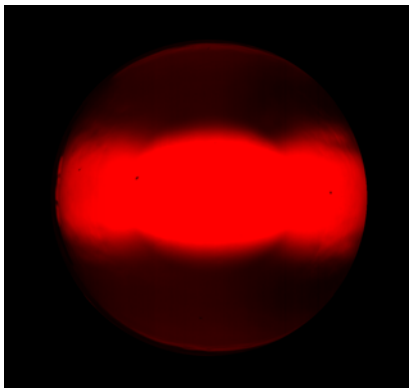

Abb. 1 Bildaufnahme einer Glaskugel mit einem konventionellen System

Noch anspruchsvoller wird die Aufgabe, wenn transparente Objekte nicht nur inspiziert, sondern sortiert werden müssen. Die bekannten Standard-Sortierverfahren (Sortierung im freien Fall, Sortierung nach Abwurf vom Band, Rutschensortierung oder Rinnensystem), die für unterschiedliche Anwendungen auch am Fraunhofer IOSB etabliert sind, liefern nur in speziell gelagerten Fällen akzeptable Ergebnisse. Ziel dieser Arbeit war es somit, das am IOSB neu entwickelte und patentierte Verfahren zur Inspektion transparenter Objekte (Abschnitt 3) in ein Sortiersystem zu integrieren.

3 Inspektion transparenter Objekte

Durch die über Jahre hinweg erfolgreiche Entwicklung von Sortiersystemen für Altglas ist am Fraunhofer IOSB in Karlsruhe ein gewachsenes Know-how über Beleuchtungskonzepte, Hochgeschwindigkeitsinspektion und -ausscheidung transparenter Materialien vorhanden. Auf Basis dieses Wissens konnte das modulare Purity Verfahren entwickelt werden, das eine nahezu vollständige Inspektion des transparenten Gutes ermöglicht (Abbildung 2).

Abb. 2 Bildaufnahme einer Glaskugel mittels *Purity*

Eine optimierte multispektrale Beleuchtung kombiniert mit einer mehrkanaligen Bildaufnahme und speziellen Reflektionskomponenten ermöglicht es, Defekte in transparenten Materialien zu erkennen und zu unterscheiden. Hierbei erfolgt eine Kodierung der zu unterscheidenden Defektklassen in den Farben Grün, Rot und Blau (siehe Abbildung 3) wie folgt:

a) Der rote Kanal liefert Informationen über das Transparenzprofil, so dass hier auch Farbabweichungen erkannt werden können

b) Der blaue Kanal reagiert sensitiv auf Fusseln, Kratzer oder Blasen

c) Der grüne Kanal dient zur Detektion von Staub auf der Oberfläche

d) Fremdkörper bzw. Grenzflächen sind in allen drei Kanälen schwarz

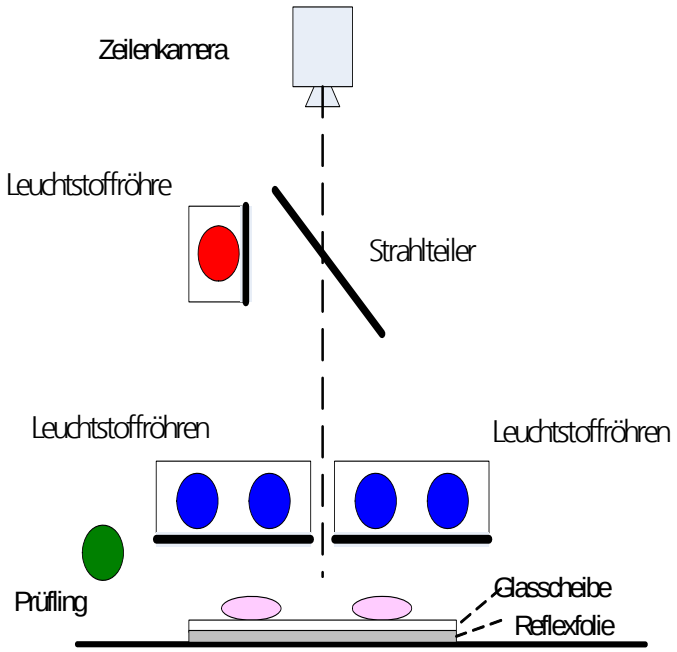

Abb. 3 Mehrkanalige Bildaufnahme

Der Verfahrensansatz beruht darauf, dass das Objekt von der gleichen Seite aus beleuchtet und beobachtet wird. Um dies zu ermöglichen, befindet sich hinter dem Objekt ein Reflektor. Licht, das durch das Objekt hindurch auf den Reflektor gelangt, wird zurückreflektiert und gelangt nach erneutem Durchgang durch das Objekt zum Detektor. Somit wird der Prüfling zweifach durchleuchtet, wodurch Transmissionsänderungen im Objekt mit verstärktem Kontrast detektierbar sind, was eine Erfassung sich ändernder Farbverläufe (Tönungen) möglich macht.

Über eine flexible Benutzeroberfläche können die einzelnen Merkmale – auch größenabhängig – wahlweise als akzeptabel oder als Ausschusskriterium definiert werden, was eine flexible Anpassung für unterschiedlichste Aufgabenstellungen erlaubt.

4 Verifikation des Verfahrens in der Oberflächenprüfung

Umgesetzt wurde der Ansatz zur Inspektion von Glaszylindern, gebogenem Glas, Linsen, Kugeln, Granulaten und ähnlichen Objekten, wobei je nach notwendiger Schärfentiefe auch ein alternatives Konzept mit Laserscannern zum Einsatz kommen kann.

Bereits in [1] wurde von den Autoren eine Überprüfung des Ansatzes bei der Glasinspektion vorgestellt. Neue Forschungsergebnisse zeigen, dass mit dem Ansatz auch Diffusionselemente geprüft werden können [2]. Mit Standardansätzen lassen sich bei diesen Objekten Fehler nur teilweise erkennen, da keine vollständige Ausleuchtung möglich ist, so dass eine personalkostenintensive visuelle Endkontrolle erfolgen muss.

Schwierig bei dieser Inspektionsaufgabe ist, dass das Diffusionsmuster selbst toleriert werden soll, eingelagerte Verunreinigungen jedoch nicht. Die verschiedenen Beispiele in Abbildung 4 zeigen, dass durch Purity eine sichere Erkennung aller Partikel erreicht wird (schwarze Objekte).

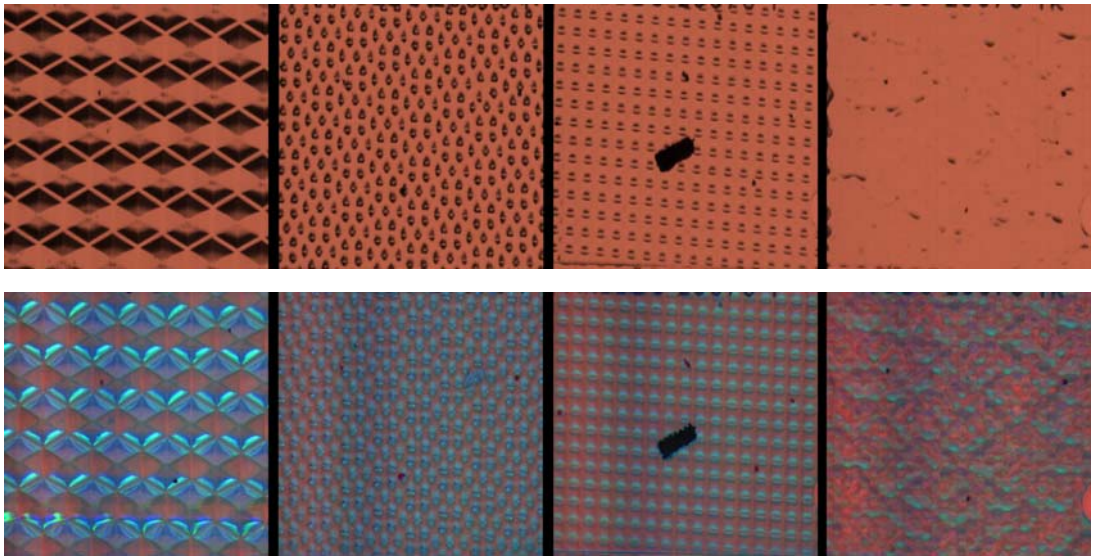

Abb. 4 Standardverfahren (oben) und Purity Multikanalanalyse (unten)

Die Vorteile des Verfahrens sind somit eine weitestgehende Unabhängigkeit von der Objektgeometrie sowie eine sichere Erkennung und Unterscheidung von Blasen und Einschlüssen, was im Bereich der Oberflächenprüfung in mehreren Applikationen nachgewiesen werden konnte. Die Forschungsergebnisse legen die Vermutung nahe, dass dieser Ansatz auch zur Sortierung von transparenten Schüttgütern genutzt werden kann. Dies ist Gegenstand des folgenden Abschnitts.

5 Sortierung von transparentem Schüttgut

In diesem Abschnitt wird die Anwendung des Purity-Ansatzes im Bereich der automatischen Sortierung transparenter Kunststoffgranulate präsentiert. Kernproblem ist, dass bei der Herstellung

prozessbedingt schwarze Flecken durch Einlagerungen entstehen können, die auch im Endprodukt erkennbar sind und bei der Aufschäumung zu unästhetischen Trübungen führen. Somit sind eingeschlossenen Luftblasen sowie Abweichuungen in der Geometrie unkritisch, eingelagerte Verunreinigungen jedoch unerwünscht, so dass eine Unterscheidung dieser Klassen notwendig ist. Wie bereits in [1] beschrieben, wird für die automatische Sortierung das transparente Schüttgut (Abbildung 5) in dünner Schicht beispielsweise auf ein Förderband aufgebracht, sodass sich eine Monolage ausbildet und jedes Objekt einzeln inspiziert werden kann. Die Geschwindigkeit beträgt bis zu 3 m/s. Am Ende der Transportstrecke löst sich das Produkt vom Band und fliegt in einer Wurfparabel weiter.

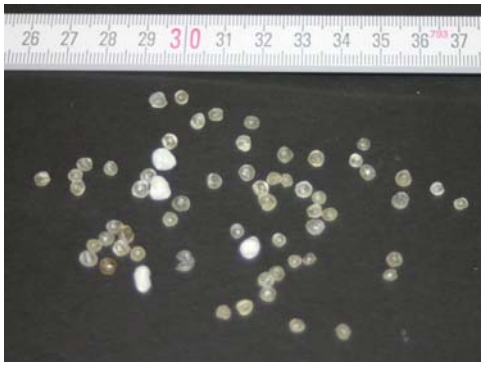

Abb. 5 Sortiergut „transparente Granulate“

Während des Fluges erfolgt die Bildaufnahme. Hinter der Sichtlinie der Kamera ist eine Leiste mit Düsen angebracht, mit denen fehlerhafte Teile aus dem Massestrom ausgeblasen werden. Die Bildauswertung bestimmt in Echtzeit die fehlerhaften Objekte im Massestrom und sorgt dafür, dass die Düsen positions- und zeitgenau angesteuert werden, sodass möglichst nur das fehlerhafte Objekt und wenig gutes Material ausgeblasen wird (Materialstrom siehe Abbildung 6).

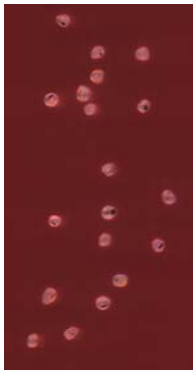

Abb. 6 Transparente Granulate im freien Fall

Der Kern des softwaretechnischen Auswerteverfahrens ist das im Abschnitt 3 beschriebene Purity-Klassifikationsverfahrens, das eine robuste Unterscheidung der Defektklassen ermöglicht. Ein Beispiel hierfür ist aus Abbildung 7 ersichtlich, wobei auf der linken Seite das farbkodierte Bild sowie auf der rechten Seite das Klassifikationsergebnis zu sehen ist.

Basierend auf dem Klassifikationsergebnis erfolgt eine Ansteuerung der Ausblasdüsen, so dass eine optimale Ausscheidung der unerwünschten Fraktion erreicht wird [3].

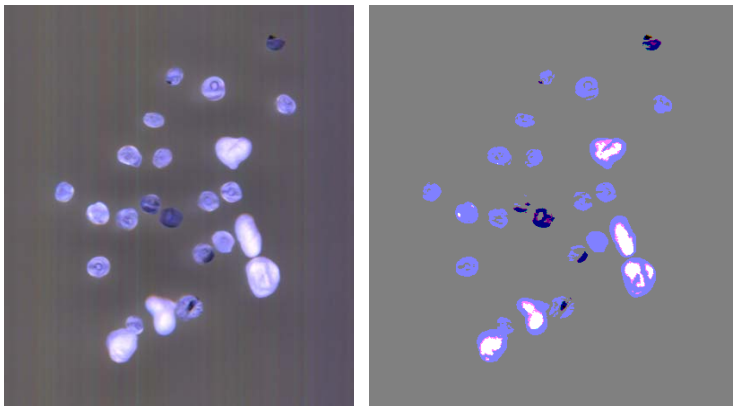

Abb. 7 Farbkodiertes Bild (links) sowie Klassifikationsergebnis (rechts)

6 Zusammenfassung

Ziel der Entwicklung des Fraunhofer IOSB war es, mit einer Produktlinie (*Purity)* eine Lösung bereitzustellen, welche sowohl die Inspektion von flachem Material (Flachglas, Granulate etc.) als auch die Prüfung dreidimensional ausgedehnter Objekte erlaubt. Mit einem einheitlichen Verfahrensansatz für zwei unterschiedliche Konfigurationen konnte dieses Ziel erreicht werden. Dieses Verfahren allein liefert kontrastreiche Bilder der Prüflinge, aus denen Abweichungen des Transmissionsverlaufs von – in der Regel bekannten – Sollprofilen guter Prüflinge ermittelbar sind.

Die echtzeitfähige Bildaufnahme und -auswertung erlaubt zudem die Sortierung bei Materialstromgeschwindigkeiten bis zu 3 m/s sowie die Inspektion im freien Fall, wie in diesem Artikel gezeigt wurde. Erste Ergebnisse beweisen, dass mittels *Purity* der wissenschaftliche Durchbruch bei der Erkennung von „Black Specs“ (kleine Verunreinigungen in transparenten Granulaten) gelungen ist.

Literatur

[1] Vieth, K.-U.; Struck, G, Hartrumpf, M.; Längle, T.; Heintz, R. (2008): Neues Verfahren zur Sichtprüfung transparenter Materialien, Konferenz „Sensorgestützte Sortierung“, Aachen, Germany, March 04-06, 2008. In: CD-Proceeedings.

[2] Hartrumpf, M.; Heintz, R. (2009): „Gut Sortiert“, Zeitschrift Messtec 11/09

[3] Laengle, T. (2007): Quality Control of Bulk Material in Factories of the Future. 23rd International Conference on CAD/CAM Robotics and Factories of the Future. In: Proceedings of the CARS/FOF 2007, ISBN 978-958-978-597-3, Bogota, August 16-18, 2007, pp. 667-670.