



Folie fest im Blick: Da der Arbeitsabstand der Kamera zur Folie fix ist, variiert je nach Rollenbreite und Zuwachs des Rollendurchmessers während der Produktion die Größe des vom Bildverarbeitungssystem auszuwertenden Bereichs (© Strelen)

## Verunreinigungen im Visier

### *Insekten und Schmutz bei der Nachbearbeitung von Kunststofffolien entdecken*

Im industriellen Umfeld setzen sich vermehrt Bildverarbeitungssysteme durch, die Inspektions-, Qualitätssicherungs- oder Produktionssteuerungsaufgaben vereinfachen oder überhaupt erst ermöglichen. Die Inline-Überprüfung auf Verunreinigungen von Kunststofffolien birgt jedoch einige Herausforderungen, die bislang noch nicht zufriedenstellend gemeistert werden konnten.

**K**undenspezifisch produzierte Kunststofffolien unterscheiden sich je nach Anwendungsfall nicht nur in Material und Stärke, sondern auch in den Maßen und weiteren Merkmalen, etwa durch eine Veredelung. Nach der Produktion müssen Folien daher zumeist noch nachbearbeitet werden, beispielsweise perforiert, beschnitten oder bedruckt, während die Folienbahn in hoher Geschwindigkeit von ihrer Rolle abgewickelt wird. Dieselbe Maschine kann die Folie dann direkt rechtsschneiden, bei Bedarf falten und anschließend wieder aufrollen – all das bei einer Bahngeschwindigkeit von bis zu 400 m/min.

Bei diesem Prozess können Verunreinigungen in die Folie gelangen, da sich die Folie beim Aufwickeln mit hoher

Geschwindigkeit statisch auflädt. Deshalb kommt es immer wieder vor, dass kleine Schmutzpartikel oder auch Insekten, insbesondere Fliegen, sich in der Folie verfangen und mit aufgewickelt werden. Dies ist vor allem dann problematisch, wenn die produzierte Folie für den Einsatz im Lebensmittelbereich vorgesehen ist. UV-Insektenfallen und ähnliche Geräte helfen zwar, die Häufigkeit der Kontaminierungen zu reduzieren, nicht jedoch dabei, betroffene Folienabschnitte zu erkennen.

#### **Zeilenkamera zur Echtzeitanalyse**

Bildverarbeitung bietet einen Ansatz, um Verunreinigungen inline im Rahmen einer Echtzeitanalyse zu erkennen. Im in-

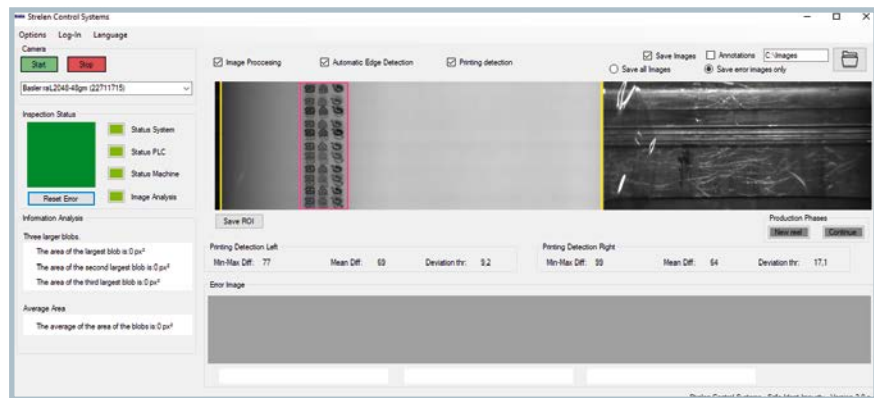
dustriellen Umfeld setzen sich vermehrt Bildverarbeitungssysteme durch, die Inspektions-, Qualitätssicherungs- oder Produktionssteuerungsaufgaben vereinfachen oder überhaupt erst möglich machen. Die Inline-Überprüfung auf Verunreinigungen von Kunststofffolien birgt jedoch im Unterschied zu anderen Bildverarbeitungsaufgaben einige Herausforderungen, die bislang noch nicht zufriedenstellend gemeistert werden konnten.

Die größte Herausforderung bei der automatisierten optischen Inspektion von Kunststofffolien liegt in der Beschaffenheit des Materials. Beim finalen Aufwickeln der Folie können sich Falten bilden, zudem ist die Oberfläche sehr glatt und spiegelt stark. Ist die Folie zusätzlich perforiert oder bedruckt, kann es für den

Bildverarbeitungsalgorithmus schwierig sein, zwischen tatsächlichen Verschmutzungen und anderen Störfaktoren zu unterscheiden. Zusätzlich werden in einer Maschine unterschiedliche Rollenbreiten verarbeitet. Die Kombination dieser Faktoren führt zu einer großen Bandbreite an Situationen, in denen der Algorithmus sicher zwischen Bildern mit harmlosen Störungen und echten Verschmutzungen unterscheiden muss.

Um die Herausforderungen zu meistern, wird bei der von Strelen Control Systems GmbH im Rahmen eines bilateralen Industrieprojekts entwickelten Lösung eine hochauflösende Zeilenkamera eingesetzt, die mit Bildraten von bis zu 51 kHz Bilder aufnimmt (**Titelbild**). Bei dieser Bildrate und einer Bahngeschwindigkeit von 400 m/min bewegt sich die Folie zwischen zwei Aufnahmen um maximal etwa 0,13 mm weiter.

Das Besondere an Zeilenkameras ist die theoretisch unbegrenzte Auflösung in Laufrichtung bei fixer Bildrate und langsamer werdenden Produktionsgeschwindigkeiten. Die Auflösung in der Bildbreite ist durch die Anzahl der Bildpunkte des Kamerasensors definiert; die tatsächliche Auflösung in Bildpunkten pro Millimeter hängt von der verwendeten Optik und damit dem Abbildungsmaßstab des Objekts auf dem Kamerachip ab. Typischerweise zum Einsatz kommen Zeilenkameras mit einer Sensorauflösung von 2000 bis 8000 Bildpunkten,



**Bild 1.** Automatische Rand- und Druckererkennung: Die Ränder der Rolle sind gelb, der Druckbereich rosa markiert. Ausgewertet wird das Bild lediglich zwischen den beiden gelben Markierungen; Bereiche innerhalb des rosa Markierung werden ignoriert (© Strelen)

was bei typischen Arbeitsabständen und Optiken zu einer Bildauflösung von ca. 2 bis 8 px/mm führt.

Durch die rotatorische Bewegung der Folienrolle unter der Kamera in Kombination mit der Aufnahmefrequenz der Kamera wird das Bild in Laufrichtung aufgebaut. In schneller Abfolge wird Bildreihe für Bildreihe aufgenommen und als Stapel von 256 Zeilen in Form eines zweidimensionalen Bildes an die Auswertesoftware übergeben. Die Kombination aus Bildwiederholungsrate, Objekt-Vorschubgeschwindigkeit und Optik legt dann die Auflösung fest. Bei maximaler Folienproduktionsgeschwindigkeit und einem gegebenen benötigten Kamerasichtbereich lassen sich bei einer Bildfrequenz von

51 kHz Objekte mit Abmessungen ab ca. 2 x 2 mm sicher erkennen. Aufgrund ihrer Bauart hilft die Zeilenkamera zusätzlich dabei, Störeinflüsse durch Reflexionen auf der Folie zu beschränken, da pro Aufnahme jeweils nur ein sehr schmaler Bereich der Oberfläche betrachtet wird. Die Lage dieses Bereichs lässt sich so wählen, dass die Reflexion der Beleuchtung nicht in Kamerarichtung verläuft, eine Einhausung schirmt störendes Umgebungslicht ab.

### *Vorverarbeitung mit Schwellenwert- und logischen Filtern*

Nach der Bildaufnahme wird das Bild zunächst mithilfe von digitalen Filtern »



**Bild 2.** Blob: Das System hat einen winzigen verschmutzten Bereich links vom rosa eingerahmten Druckbereich gefunden (© Strelen)

im Hinblick auf die anschließende Auswertung verbessert. In der Regel ist mindestens einer dieser Filter ein Thresholdfilter, der aus dem 8-Bit-Graustufenbild mit 256 möglichen Graustufen ein Binärbild erzeugt, das nur noch aus weißen oder schwarzen Pixeln besteht. Ein einfacher Thresholdfilter besitzt dafür einen festen Schwellenwert, der angibt, ab wann ein Pixel des Bildes als weiß definiert wird. Komplexere Algorithmen, wie die adaptiven Thresholdfilter, berücksichtigen zusätzlich zu dem Grauwert eines Pixels die Helligkeit seiner unmittelbaren Umgebung und setzen den Grauwert damit in Relation. Auf diese Weise lässt sich beispielsweise ein durch Umgebungslicht oder eine nicht komplett homogene Beleuchtung hervorgerufener Helligkeitsgradient, der über das komplette Bild verläuft, zu einem gewissen Grad herausrechnen.

In dem resultierenden Binärbild werden anschließend zusammenhängende Bereiche, sogenannte Blobs, gesucht, die sich vom Kontrast her von ihrer Umgebung abheben. Denn dunkle Blobs auf

der weißen Folienbahn können auf Verschmutzungen hindeuten. Um unterscheiden zu können, ob solche Blobs tatsächlich von einer Verschmutzung herühren oder doch lediglich von anderen unkritischen Kontrastabweichungen, wie etwa Falten, stammen, arbeitet die Bildverarbeitungssoftware neben den digitalen Filtern auch mit logischen Filtern. Sie gehen beispielsweise davon aus, dass Verschmutzungen kompakt sind, also tendenziell punkt- bzw. kreisförmige Blobs erzeugen, während Falten länglich und schmal sind. Somit führt die Berechnung des Kreisformfaktors eines jeden Blobs zur Kategorisierung dieses Bereichs. Zusätzlich kann eine Unterscheidung anhand der Häufigkeit und Lage der gefundenen Blobs erfolgen: Da ein Partikel auch durch mehrere Schichten der Folie hindurch sichtbar bleibt, lassen sich Schmutzpartikel mehrfach hintereinander an identischer horizontaler Position detektieren und von Falten abgrenzen, deren Erscheinungsbild nicht über mehrere Umläufe der Rolle hinweg identisch bleibt.

Sowohl unterschiedliche Rollenbreiten als auch der Zuwachs des Rollendurchmessers im Laufe der Produktion führen in Kombination mit einem fixen Arbeitsabstand der Kamera zu einer variierenden Größe des auszuwertenden Bereichs. Zusätzlich dazu können Drucke in verschiedenen Breiten und an unterschiedlichen Positionen auf der Folie aufgebracht sein. Die Position des Drucks ist auch innerhalb der Produktion einer Rolle variabel, da durch die Zunahme des Rol-

lendurchmessers das Objekt wegen der zunehmenden Nähe zur Kamera im Laufe der Produktion immer größer erscheint – relativ zu der Bildmitte wandern Kanten- und Druckposition also im Laufe der Produktion nach außen. Aus diesem Grund ermittelt der Bildverarbeitungsalgorithmus automatisch die Ränder der Folie sowie einen bedruckten Bereich (**Bild 1**). Durch diese Vorverarbeitung werden Fliegen und Schmutzpartikel (**Bild 2**) letztendlich nur dort gesucht, wo sie auch vorkommen und erkannt werden können. Auch weiteren Schwierigkeiten, wie etwa sich ändernden Helligkeitswerten während des Produktionsprozesses in Abhängigkeit des Rollendurchmessers, wurde bei dem Konzept Rechnung getragen.

### *Verunreinigungen von Pseudofehlern unterscheiden*

Diese von Strelen entwickelte Bildverarbeitungssoftware wurde als Safe-Ident Impurity in das Unternehmensportfolio mit aufgenommen und bereits in der Kunststoffindustrie eingesetzt. Das System detektiert Schmutz und Fremdkörper beim Aufwickeln von Kunststofffolien und unterscheidet bei gewöhnlichen Produktionsbedingungen zwischen Verunreinigungen und Pseudofehlern durch andere Störfaktoren. Wurde vom System eine Verschmutzung erkannt, kann die Produktionsanlage per Fehlersignalauslösung automatisch gestoppt werden, damit nicht noch mehr Folie auf die kontaminierte Rolle aufgewickelt wird. ■

## Der Autor

**Daniel Balsler**, M.Sc., ist Projektingenieur bei der Strelen Control Systems GmbH, Griesheim; [daniel.balsler@strelen.de](mailto:daniel.balsler@strelen.de)

### Digitalversion

» Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/8168544](http://www.kunststoffe.de/8168544)



# Nichts mehr verpassen!

[www.kunststoffe.de/newsletter](http://www.kunststoffe.de/newsletter)

**Kunststoffe.de**