



Mittels hyperspektraler Bildverarbeitung lassen sich Astlöcher, Stellen mit Harz und hoher Feuchtigkeit in Holz sicher erkennen.

## Produktkontrolle mit Durchblick

Die hyperspektrale Bildverarbeitung erobert viele Bereiche der Industrie.

Peter Stiefenhöfer

Während übliche 2D- und 3D-Vision-Systeme die Qualität von Objekten überprüfen, indem sie bestimmte Fehlermerkmale an der Oberfläche erkennen, geht die hyperspektrale Bildverarbeitung einen Schritt weiter: Sie erlaubt eine spektroskopische Analyse von Objekten, um organische oder anorganische Verunreinigungen festzustellen – und zwar nicht nur an der Oberfläche, sondern teilweise auch im Inneren der Materialien.

**H**yperspektrale Bildverarbeitungssysteme nutzen meist 100 oder mehr Wellenlängen und verwenden dazu einen Spektrographen, der das vom Objekt reflektierte Licht in sein Spektrum zerlegt und auf den Sensor der Kamera abbildet. Die auf diese

Weise entstehenden Bilder setzt ein Hyperspectral Imaging (HSI)-System zu einem dreidimensionalen hyperspektralen Datenwürfel zusammen, der sehr große Datenmengen enthalten kann. Als Ergebnis entsteht ein chemischer Fingerabdruck des betrachteten Objekts, der ein genaues Bestimmen der vorliegenden Materialeigenschaften ermöglicht. Mithilfe einer speziellen Auswertesoftware lässt sich jeder erkannte chemische Bestandteil mit einer eigenen Farbe in den aufgenommenen Bildern kennzeichnen, um die vorliegenden Stoffe zu visualisieren. Die dabei eingesetzte Technologie nennt sich Chemical Colour Imaging (CCI).

### Vielfältige Anwendungen

Hyperspektrale Bildverarbeitung eignet sich für unterschiedlichste industrielle Anwendungsbereiche und bietet in bestimmten Fällen Lösungen für Aufgaben, an denen übliche Bildverarbeitungssysteme scheitern. Das Unternehmen Perception Park hat sich vor einigen Jahren auf diese Technologie spezialisiert. Ein Anwendungsbeispiel ist die Klassifizierung von Stoffen, die sich optisch nicht unterscheiden, chemisch jedoch nicht identisch sind. Kunststoffe verschiedener Zusammensetzung können sehr ähnlich aussehen und sind mit herkömmlicher Bildverarbeitung kaum zu differenzieren. HSI-Systeme analysieren hingegen die chemischen Eigenschaften und erkennen die

Materialien daher sehr sicher. Auch die Konzentration und Verteilung von Inhaltsstoffen lässt sich damit weitgehend und in Echtzeit erfassen.

Eine Besonderheit von Hyperspektralsystemen macht sie für bestimmte Anwendungsfälle attraktiv: Einige Stoffe sind für sichtbares Licht nicht transparent, wohl aber für Infrarot-Licht. Dadurch ist es möglich, die chemische Zusammensetzung von verpackten Inhalten durch eine entsprechend ausgelegte Verpackung hindurch zu prüfen. Anwendungen finden sich vor allem in der Pharma- und Lebensmittelindustrie, aber auch in zahlreichen anderen industriellen Segmenten.

## Fehlererkennung in der Pharmaindustrie

Wie in vielen anderen Bereichen auch nehmen die Produktionsgeschwindigkeiten in der Pharmaindustrie weltweit rasant zu. Um das Risiko von Produktrückrufen zu verringern und Verbraucher vor kontaminierten Arzneimitteln zu schützen, gelten hier besonders strenge Sicherheitsvorschriften. Bildverarbeitungssysteme sind bei der Herstellung von pharmazeutischen Produkten seit einiger Zeit Stand der Technik, um Produkte in Echtzeit nach Kriterien wie Form, Größe oder Gewicht zu bewerten. Hyperspektrale Bildverarbeitungs- und CCI-Systeme verbessern die Überwachung der Produktionsprozesse noch weiter: So lassen sich Pharmazeutika damit zu 100 Pro-

zent auf ihre molekularen Eigenschaften hin untersuchen.

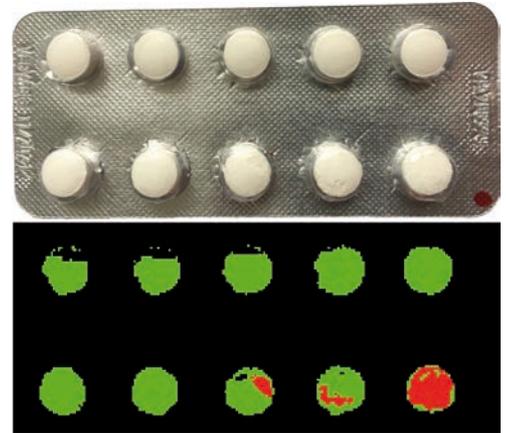
Eine typische Anwendung ist die Inspektion der Beschichtung von Retard-Tabletten. Diese geben den Wirkstoff nach seiner Verabreichung über einen längeren Zeitraum oder an ein bestimmtes Ziel im Körper ab. Entscheidend dafür ist die Retard-Beschichtung der Tablette: Ist sie beschädigt oder fehlt sie, gelangt die Arznei schneller als gewünscht in den Körper und verfehlt ihre Langzeitwirkung.

Mit einer Kombination aus HSI- und CCI-Technologie lässt sich die Qualität von Retard-Medikamenten sicher kontrollieren. Auch durch Blisterverpackungen hindurch ist eine Qualitätsprüfung möglich, sofern das Blistermaterial nicht aus Aluminium besteht, das die NIR-Strahlung reflektieren würde.

Darüber hinaus lässt sich mittels HSI-Technologie sicher kontrollieren, ob Tabletten in korrekter Zahl, unbeschädigt und ohne Fremdkörper in Blister verpackt sind, ob die richtigen Inhaltsstoffe in Arzneimittelkapseln enthalten sind und ob diese vollständig verschlossen sind.

## Mehr Sicherheit in der Lebensmittelproduktion

Bei der Herstellung von Lebensmitteln gelten ähnliche Vorgaben wie in der Pharmaindustrie: Um Gesundheitsgefährdungen der Konsumenten auszuschließen, dürfen sich keine Fremdkörper in den Produkten befinden. Die Lebensmittel müssen zudem exakt die



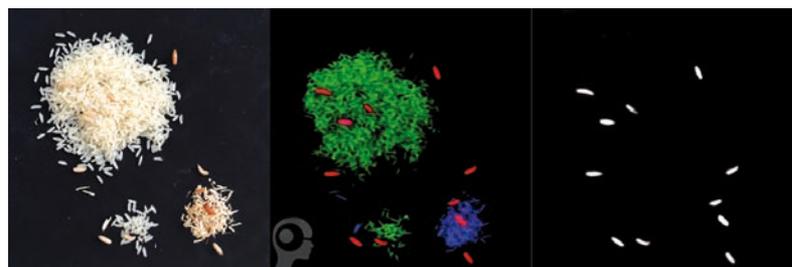
Die korrekte Füllung von Blistern und Fehler zum Beispiel an der Retard-Beschichtung von Medikamenten lassen sich mit HSI- und CCI-Technologie auch bei hohen Produktionsgeschwindigkeiten in Echtzeit überprüfen.

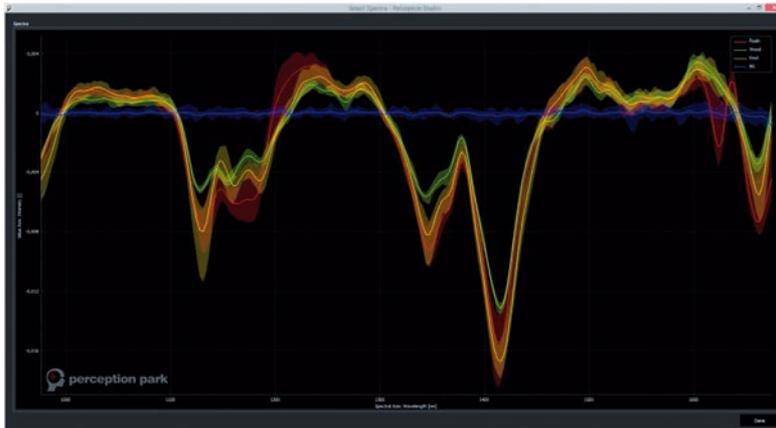
Inhaltsstoffe aufweisen, die vom Hersteller gewollt und in den Produktbeschreibungen definiert sind.

Auch für diese Branche bieten HSI und CCI zahlreiche Anwendungen. So vereinfachen diese Techniken das Auffinden von Verunreinigungen in Lebensmitteln und identifizieren auch in Hochgeschwindigkeits-Fertigungslinien Fremdkörper wie Steine oder Erde beim Sortieren von Kartoffeln, Karotten oder anderem Gemüse sowie Schalenteile oder andere Stoffe beim Verpacken von Nüssen. Bei zu langer Lagerung von Lebensmitteln können sich Maden einnisten oder frisches Obst kann anfangen zu faulen. Diese und viele weitere Qualitätsmängel lassen sich durch hyperspektrale Bildverarbeitungssysteme sicher ausschließen.

Industriell hergestellte Lebensmittel wie Wurst und Käse werden

Eine auf hyperspektraler Bildgebung basierende Bildverarbeitungslösung erkennt Verunreinigungen wie Maden und Holzstücke zwischen Reis. Das rechte Teilbild zeigt ein Segmentierungsbild mit erkannten Maden.





Grundlage der hyperspektralen Bildverarbeitung sind die Spektralkurven der untersuchten Materialien.

meist eingeschweißt verkauft. Analog zur Pharmaindustrie erlauben HSI-Systeme auch hier in vielen Fällen Qualitätsprüfungen durch die Verpackung hindurch. Eine besondere Aufgabe ist die Kontrolle von Siegelnähten, die eine absolut dichte Verpackung der Lebensmittel garantieren sollen. Schon kleinste Verunreinigungen oder Beschädigungen an diesen Siegelnähten können zum Verderben der Ware vor dem Mindesthaltbarkeitsdatum führen. Unverkäufliche Produkte oder teure Rückrufaktionen wären mögliche Folgen, die sich durch den Einsatz hyperspektraler Bildverarbeitung in vielen Fällen vermeiden lassen.

## Hyperspektralsysteme in der Holzverarbeitung

In den letzten Jahrzehnten haben die Technologien zur Holzverarbeitung außerordentliche Fortschritte gemacht. Auch finden sich viele Optionen, um Produkte wie Schnittholz, Holzwerkstoffe, Holzhackschnitzel sowie Papier und Papierprodukte mit HSI-Systemen auf ihre Qualität zu prüfen.

So können Hyperspektralsysteme in Kombination mit einer Nahinfrarot-Hyperspektralkamera Defekte wie Harztaschen oder Astlöcher erkennen. Harz im Holz lässt

sich auch dann noch identifizieren, wenn es von einer dünnen Holzschicht bedeckt ist. Klebstoffe, die in der Produktion kleine Löcher ausgleichen sollen, zeigen sich durch Chemical Color Imaging – eine Aufgabe, an der herkömmliche Bildverarbeitungskameras oft scheitern, da der Klebstoff in der Regel durchsichtig ist.

Ein weiteres wichtiges Merkmal von Holz ist seine Feuchtigkeit. Mit HSI-Analysen lassen sich feuchte Stellen am Holz eindeutig nachweisen und als CCI-Bild darstellen. Es ist sogar möglich, ein Wahrnehmungssystem zur Messung des Wassergehalts zu kalibrieren. Durch die Anpassung einer Hyperspektralkamera an ein solches System entsteht eine leicht verständliche Feuchtigkeitskamera für Holz, die sich in jedes Bildverarbeitungssystem integrieren lässt.

## HSI-Systeme sortieren Kunststoffe

Kunststoffe sind auch am Ende ihrer Lebensdauer noch zu wertvoll, um sie einfach wegzuworfen. Wenn die besten Recycling- und Energierückgewinnungsmethoden bei den aktuell deponierten Kunststoffabfällen ihr volles Potenzial entfalten könnten, ließen sich viele Millionen Tonnen Kunststoffe zusätzlich

recyclen. Außerdem würden hierbei große Mengen an Wärme und Strom entstehen.

Für derartige Verbesserungen sind geeignete Maßnahmen erforderlich, um die Deponierung von Kunststoffen zu stoppen und rückgewinnungsorientierte Sammelsysteme einzurichten. Diese müssen mit moderner Sortierinfrastruktur und verbesserten Recycling- und Verwertungsprozessen in Einklang sein, um das volle Potenzial dieser Ressource auszuschöpfen. Recycelte Kunststoffe lassen sich in vielen Produkten des täglichen Gebrauchs wiederverwenden, zum Beispiel in Kleidung, Fahrzeugteilen oder Verpackungen. Aktuell wird jedoch zu wenig Kunststoff recycelt, obwohl innovative Technik wie das Perception Studio von Perception Park die erforderlichen Möglichkeiten dafür bietet.

Eine Unterscheidung zwischen Polypropylen und Polyethylen oder anderen, auf den ersten Blick sehr ähnlichen Materialien ist mithilfe der hyperspektralen Bildverarbeitung problemlos möglich. Die technischen Möglichkeiten für einen deutlichen Ausbau der Recyclingquoten von Kunststoffen sind also vorhanden und sollten aus Umweltschutzgründen erheblich mehr genutzt werden.

## Der Autor

**Peter Stiefenhöfer**, PS Marcom Services, [www.psmarcom.de](http://www.psmarcom.de)

**Perception Park GmbH**,  
Wartingergasse 42, A-8010 Graz, Österreich,  
Tel.: +43 (0)316 931269100,  
E-Mail: [info@perception-park.com](mailto:info@perception-park.com)