

■ Die Guten ins Töpfchen, die Schlechten ...

Nach dem erfolgreichen Einsatz beim Recycling sorgen spektroskopische Verfahren nun in anderen Produktionszweigen für eine zuverlässige und automatisierte Qualitätskontrolle.

1) s. Physik Journal, Juli/August 2002, S. 116

Das perfekt geformte Äpfel nicht immer die beste Wahl sind, zeigt uns schon das Märchen von Schneewittchen, denn hätte die Prinzessin den verhängnisvollen, vergifteten Apfel nicht nur wegen seines Äußeren gewählt, sondern auch sein Inneres genauer unter die Lupe nehmen können, so wäre ihr der todesähnliche Schlaf wohl erspart geblieben. Aber auch der Konsument von heute möchte keine bösen Überraschungen erleben, wenn er erwartungsvoll in einen gut aussehenden Apfel beißt.

So kommen heute zur Qualitätskontrolle z. B. von Lebensmitteln, Medikamenten, aber auch Werkstücken immer mehr automatisierte und berührungslose Sortiertechniken zum Einsatz, wo früher in Produktionsprozessen noch mühevoll mit Auge und Hand sortiert werden musste. Oberflächliche Mängel wie falsche Farbe oder abweichende Größe lassen sich schnell und zuverlässig aufdecken, indem die auf einem Förderband transportierten Produkte mit einer feststehenden CCD-Kamera gescannt werden (digitale Bildverarbeitung). Ist das fehlerhafte Produkt erkannt, erlaubt seine Positionsbestimmung das gezielte Aussortieren.

Allerdings bringt die Bildverarbeitung im sichtbaren Spektralbereich einige Nachteile mit sich: So lassen sich geringe Farbabweichungen



Äpfel sollen nicht nur optisch überzeugen, sondern auch geschmacklich. Damit unter der Schale keine bösen Überraschungen

warten, sorgen spektroskopische Verfahren für eine Qualitätskontrolle, die „unter die Haut“ geht.

chungen in der Dreifarbindarstellung (rot, grün, blau) kaum erkennen, und auch Verunreinigungen durch Fette oder andere Rückstände auf Werkstücken, die beim Lackieren, Beschichten oder Kleben stören, bleiben für sichtbares Licht transparent und können damit nicht aufgespürt werden.

Abhilfe schaffen hier spektroskopische Methoden, die im nahen Infrarot (NIR) arbeiten. Licht mit Wellenlängen zwischen 800 und 2500 nm regt unterschiedliche Streck-, Biege- und Deformationsschwingungen von Dipol-Molekülen wie OH-, CH-, NH- und CO-Gruppen an und eignet sich damit besonders zur Analyse organischer Materialien. Da jedes Absorptionsspektrum einem Fingerabdruck für den jeweiligen Inhaltsstoff gleicht, dient die NIR-Spektroskopie der quantitativen und qualitativen Bestimmung von Fetten, Proteinen, Zucker, Stärke oder auch Wasser.

Im NIR ist Licht energieärmer als im sichtbaren Bereich und dringt daher tiefer in die Probe ein – je nach Material bis zu einige Millimeter. Daher liefert es nicht nur Informationen über die Oberfläche, sondern durch die Analyse der chemischen Zusammensetzung auch über Qualitätsmerkmale im Inneren. So lassen sich verschmutzte

Objekte sowie unter der Oberfläche liegende Mängel detektieren, die mit der Bildbearbeitung im sichtbaren Bereich nicht aufzufinden sind. Damit ist die Spektroskopie zwar ideal für die Qualitätskontrolle, doch die orts aufgelöste Abtastung eines Objektes ist nicht ohne weiteres möglich.

Mehr als nur Form und Farbe

Die bildgebende Spektroskopie (Spectral Imaging) kombiniert daher die Vorteile der Bildverarbeitung und der Spektralanalyse. Hierbei wird die Oberfläche eines Objekts zeilenweise abgerastert und für jeden Punkt ein Spektrum aufgenommen (Abb. 1). Dies erlaubt also die gleichzeitige Erfassung der spektralen und räumlichen Information einer Oberfläche. Bereits seit einigen Jahren hilft das Spectral Imaging in Recycling-Prozessen dabei, Kunststoffe sortenrein anhand ihres Absorptionsspektrums zu trennen.¹⁾

Ein solches Sensorsystem, das sich in den Produktionsweg integrieren lässt und dort über dem Förderband hängt, besteht aus einer oder mehreren genormten NIR-Lichtquellen (z. B. breitbandigen Halogenlampen), einer hochauflösenden Optik und einem bildgebenden Spektrographen, der

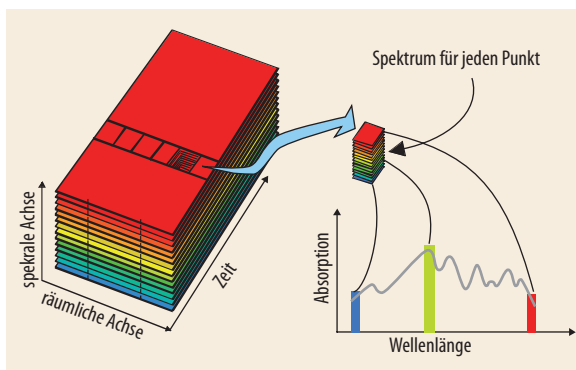


Abb.1 Das sog. Spectral Imaging erlaubt die gleichzeitige Erfassung der spektralen und räumlichen Information, so wird für jeden Punkt der Probe ein ganzes Spektrum aufgenommen.

über ein infrarot-sensibles Array zur Signaldetektion verfügt (Abb. 2). Das von der Probe reflektierte oder transmittierte Infrarotlicht wird über einen schmalen Spalt in den Spektrographen abgebildet und dort mit einem Gitter bzw. einem Prisma spektral zerlegt. Anschließend erzeugt das Licht auf dem Detektor ein zweidimensionales Bild der aufgenommenen Linie, das sowohl die spektrale als auch die räumliche Information enthält.

Um die Signale der zahlreichen Objekte auf dem Förderband schnell und eindeutig zu erfassen, sind integrierte Fasermessköpfe mit bis zu 100 Messkanälen notwendig. Anhand der Mustererkennung registriert eine maßgeschneiderte Software dann in Sekundenbruchteilen, ob das aufgenommene Spektrum von der Norm abweicht und ob das untersuchte Objekt somit Mängel aufweist und daher auszusortieren ist.

Von Äpfeln und Kartoffeln

Bei homogenen Produkten wie Saft oder Fruchtmus erlaubt dieses Verfahren es bereits, den Reifegrad des Obstes über den Zucker- und Säuregehalt zu bestimmen. Aber auch versteckte und unerwünschte Beimischungen, wie z. B. Splitter des Kerngehäuses, lassen sich aufgrund des geänderten Absorptionsverhaltens mittels Spectral Imaging zuverlässig auffinden.

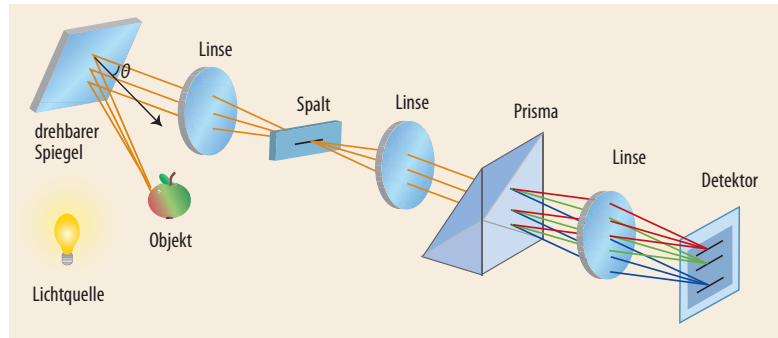


Abb. 2 Beim Spectral Imaging wird das vom Objekt reflektierte Licht über eine Optik in einen Spektrographen einge-

koppelt und dort spektral zerlegt. Auf dem IR-sensitiven Array ist dann das zweidimensionale Bild der Probe zu sehen.

Komplizierter ist die Analyse größerer Objekte wie Kartoffeln, Äpfeln oder Pralinen, in denen die Inhaltsstoffe inhomogen verteilt sein können und bei denen es daher erforderlich ist, die Proben von allen Seiten abzuscannen. Dies erfordert nicht nur einen höheren technischen Aufwand, sondern kostet außerdem erheblich mehr Zeit. Dennoch entlarvt die spektrale Bildverarbeitung bei Äpfeln zumindest auch Mängel, die unter der Schale sitzen und sich – zum großen Ärger des Konsumenten – erst einige Tage nach dem Kauf als brauner Fleck auf der Oberfläche bemerkbar machen. Einige Hersteller bieten bereits NIR-Sortieranlagen an, die bei bis zu sechs Früchten pro Sekunde den Reifegrad bestimmen.

Sortiersysteme, die sich auf einer Erntemaschine installieren lassen und bereits während der Ernte Kar-

toffeln von Steinen und Erdklumpen unterscheiden und trennen, wurden zwar bereits erfolgreich getestet, aus Kostengründen aber noch nicht eingesetzt. So hängt der künftige Einsatz spektroskopischer Sortiertechniken bei der Qualitätskontrolle in Industrie und Landwirtschaft vor allem von ihrer Wirtschaftlichkeit ab. NIR-Sensoren müssen bei der „Feldarbeit“ schnell und mit feiner Rasterung eine möglichst große Sortierbreite abdecken und in wenigen Millisekunden Daten erfassen, verarbeiten und zuordnen. Die Zahl der Messpunkte steigt mit zunehmender Objektgröße. Außerdem gilt: Je höher die Zahl der Messpunkte, desto besser die Auflösung und damit das Ergebnis, das nicht nur geschmacklich überzeugen soll, sondern im Fall von Schneewittchen sogar lebensrettend hätte wirken können.

Katja Bammel

Dr. Katja Bammel,
science & more
redaktionsbüro,
kb@science-and-
more.de