



< Die Verluste während der Lagerung von Frischobst sind hoch. Ein Messsystem überwacht die Konzentration von Reifegasen und schafft so die Voraussetzung für eine optimierte Lagerung.

## GRUPPE INTEGRIERTE SENSORSYSTEME

# Sensor überwacht Reifeprozesse in Obstlagern

Mehr als hundert Komponenten bestimmen das Aroma von Früchten. Beim Verzehr ist dieses Aroma ein wichtiges Qualitätskriterium. Für die Lebensmittelindustrie liefert der Duftcocktail wertvolle Informationen, zum Beispiel über das Reifestadium von Früchten. Fraunhofer IPM entwickelt gemeinsam mit Industriepartnern ein miniaturisiertes Messsystem für die Detektion von Obst-Reifegasen, das unter anderem in Fruchtlagern zum Einsatz kommen soll.

In Deutschland verderben laut einer Studie des WWF über zehn Prozent der Obsternte während des Transports oder der Lagerung. Klimaoptimierte Lagerbedingungen können diese Nachernteverluste deutlich verringern und so den materiellen und finanziellen Schaden minimieren. Voraussetzung dafür ist es, die Gaszusammensetzung in den Lagerräumen genau zu kennen: Erhöhte Konzentrationen bestimmter Gase beispielsweise weisen auf eine vorzeitige Fruchtreifung hin, die den Verderb der Ware zur Folge haben kann. Auch Bakterien- oder Pilzbefall lässt sich in vielen Fällen aus den Gaskonzentrationen ablesen.

Die Entwicklung von Sensorik, die relevante Gase in Fruchtlagern kontinuierlich misst, ist das Ziel des Eurostars-Projekts »FreshFruitLab«. Geeignete Messtechnik ist notwendig, um Reifeprozesse und Produktionsschritte gezielt zu steuern, etwa durch Zuführen von Reifegasen oder durch gezielten Luftaustausch. Gemeinsam mit der Scemtec Transponder Technology GmbH und der niederländischen Environmental Monitoring Systems EMS B.V. entwickelt Fraunhofer IPM ein miniaturisiertes Gassensorsystem für das Monitoring von Obst-Reifeprozessen. Im Projekt stehen zunächst charakteristische Reifegase von Äpfeln, Birnen und Kiwis im Vor-

dergrund. Das Messsystem ist grundsätzlich für eine große Bandbreite an lebensmittelrelevanten Gasen ausgelegt und kann zukünftig auf breiter Basis zur Qualitätssicherung in der Lebensmittelindustrie eingesetzt werden.

### Gaschromatographie plus Halbleiter-Gassensoren

Die Wissenschaftler setzen für die empfindliche Fruchtreifeüberwachung auf eine Kombination aus Gaschromatographie (GC) und Halbleiter-Gassensoren (HL) als Detektoren. Um die Vielzahl der auftretenden Gase zu erfassen, werden kommerzielle chromatographische Trennsäulen mit sehr hohen Trennleistungen verwendet. Siliziumbasierte, mikromechanisch hergestellte GC-Systeme sind heute kommerziell erhältlich. Als Detektoren werden in der Regel Wärmeleitfähigkeits- oder Surface-Acoustic-Wave-Sensoren verwendet. Für den FreshFruitLab-Sensor setzt Fraunhofer IPM auf HL-Gassensoren als Detektoren, um so die Nachweisempfindlichkeit vom ppm- bis in den ppb-Bereich zu steigern. HL-Gassensoren reagieren auf fast alle reduzierenden und oxidierenden Gase und ermöglichen somit nicht nur die Detektion von Spurengasen, sondern auch die Analyse komplexer Aromen.

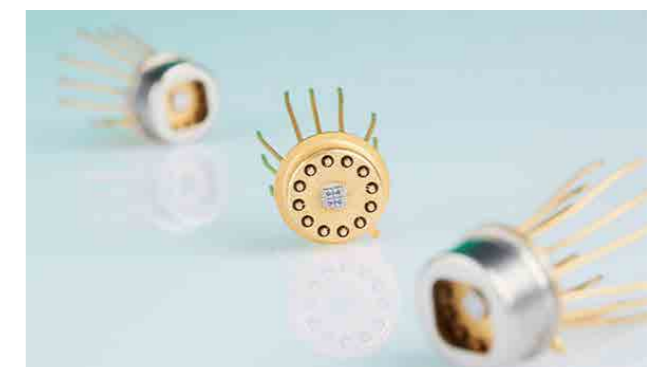
**GASCHROMATOGRAPHIE (GC):** Die menschliche Nase ist ein sehr empfindlicher Sensor für flüchtige organische Verbindungen (volatile organic compounds, VOC). Die Humansensorik wird daher auch heute noch gerne genutzt, um die Bestandteile in einem Gemisch flüchtiger Gase zu identifizieren. Als analytisches Verfahren für die Charakterisierung von VOC hat sich die GC etabliert. Bei diesem aufwändigen Verfahren werden Proben verdampft und anschließend in einer Trennsäule in ihre Einzelkomponenten zerlegt. Seit Anfang der 1980er Jahre werden kompakte und preiswerte GC-Systeme mit mikrosystemtechnischen Verfahren hergestellt.

Indikator für die Fruchtreife sind flüchtige organische Verbindungen (volatile organic compounds, VOC). Beim Reife-Monitoring von Äpfeln, Birnen und Kiwis spielen vor allem kurzkettenige Kohlenwasserstoffe von C2 bis C4 eine Rolle. Zusätzlich sind Komponenten wie Formaldehyd, Methylmercaptan, Trimethylamin sowie Schwefelverbindungen für die Lebensmittelüberwachung interessant. Als geeignete gassensitive Metalloxide für die empfindliche Detektion dieser VOC wurden Zinnoxid mit Platin- bzw. Palladiumbeimischung, Lanthan-Indium-Oxid, Wolframoxid und Chrom-Titan-Oxid identifiziert. Das Sensorlayout sieht vier HL-Gassensoren auf Basis dieser Metalloxide vor, sodass eine hohe Bandbreite an relevanten Gasen detektiert werden kann. Zur Selektivitätssteigerung ist jedes Sensorelement separat heizbar und auf einer separaten Sensorplattform platziert. Die gassensitiven Flächen sind  $45 \times 45 \mu\text{m}^2$  groß. Das Sensorarray hat eine Gesamtfläche von  $1,6 \times 1,6 \text{ mm}^2$ .

### »Low power« – hohe Sensitivität

Für einen »low power« Sensor werden die HL-Gassensoren auf mikrostrukturierten Silizium-Substraten (sog. Micro-Hotplates) in Form speziell entwickelter, druckfähiger Metalloxid-Tinten abgeschieden. Ein photolithographischer Prozess entfällt. Die besonders porösen gedruckten Schichten sorgen für ein günstiges Verhältnis von Oberfläche zu Volumen und damit für eine höhere Empfindlichkeit. Der

Sensor benötigt 15 Milliwatt für eine Betriebstemperatur von  $400^\circ\text{C}$ , sodass ein Batteriebetrieb grundsätzlich möglich ist. So entsteht ein kostengünstiges, kompaktes und robustes Gerät, das für spezifische Messaufgaben konfiguriert und als tragbare oder stationäre Einheit in Obstlagern eingesetzt werden kann. Die Sensitivität des Systems ist vergleichbar mit der Genauigkeit komplexer Labor-Gaschromatographen, die bisher vereinzelt zur Überwachung von Obstreifeprozessen getestet wurden. Was Genauigkeit und Objektivität betrifft, wird der Sensor die menschliche Nase in jedem Fall übertreffen.



Der Halbleiter-Gassensor detektiert flüchtige organische Verbindungen bis in den ppb-Bereich. Die vier gassensitiven Flächen (je  $45 \times 45 \mu\text{m}^2$ ) sind auf  $120 \times 120 \mu\text{m}^2$  großen Micro-Hotplates aufgebracht.