

Manuela Zude, Manfred Linke und Bernd Herold, Potsdam, sowie Horst Ahlers und Renate Reisch, Jena

# Qualitätsmonitoring im Fruchtcontainer

*Moderne Fruchtlagerung sowie Transporte über Land und auf Frachtschiffen erfolgen in geschlossenen, oft gasdichten Containern, in denen derzeit keine Methode zur Qualitätskontrolle direkt an der Frucht zur Verfügung steht. Transportable „elektronische Nasen“ könnten hier Abhilfe schaffen. Der Einsatz der neuen Technik ermöglicht zeitnahes Handeln zur Vermeidung von Verlusten durch Überreife und Fäulnis.*

Dr. Manuela Zude, Manfred Linke und Dr. Bernd Herold sind Mitarbeiter der Abteilung „Technik im Gartenbau“ am Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam (Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Zanke); e-mail: [mzude@atb-potsdam.de](mailto:mzude@atb-potsdam.de)  
 Doz. Dr. Horst Ahlers ist Vorsitzender und Dr. Renate Reisch Verantwortliche für Forschung und Management der JENASENSORIC e.V., Am Planetarium 5, 07743 Jena; e-mail: [sensoric@infokom.de](mailto:sensoric@infokom.de). Die Projektarbeiten werden finanziell durch das BMBF unterstützt.

## Schlüsselwörter

Lagerung, Qualitätskontrolle, Transport, zerstörungsfreie Messung

## Keywords

Storage, quality inspection, transport, non-destructive detection

## Literatur

- [1] Friedrich, G. et al.: Physiologie der Obstgehölze. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo, 2. Auflage, 1986
- [2] Correa, E.C. et al.: Use of a QCM electronic nose to evaluate the aromatic quality in apples. In: Zude et al., Fruit, Nut, and Vegetable Production Engineering, Proceedings of the 6th Int. Symposium, Institut für Agrartechnik Bornim, 2002

Lagerungs- und transportbedingte Qualitätseinbußen bei Obst und Gemüse verursachen oft hohe Verluste. Die Lagerung von sogenannten klimakterischen Früchten, die nach der Ernte eine weitere Reifeentwicklung mit hoher Stoffwechselaktivität aufweisen, ist besonders kritisch [1]. Die empfindlichen Produkte sind bedingt durch ihre fortschreitende Reifung (Bild 1) sehr schnellen Veränderungen unterworfen. Geeignete Qualitätssicherungsmethoden könnten nicht nur einen durch Überreife oder Verderb bedingten ökonomischen Schaden mindern, sie können auch die Umwelt doppelt entlasten: Ressourcen, zur Produktion wie für die Entsorgung von verdorbenem Gut „nutzlos“ investiert, werden eingespart.

Einen Lösungsansatz bietet die Charakterisierung der Stoffwechselprozesse mit Hilfe von Verfahren zur Kontrolle des Luftraumes in einem Fruchtcontainer. Im Verlauf der Reifeentwicklung lassen sich Veränderungen im Gaswechsel von Obst und Gemüse (Kohlendioxid, Ethylen, Aromastoffe, ..) in deren Umgebungsatmosphäre nachweisen, wobei hierfür bisher teure Sensoren eingesetzt wurden.

In den letzten Jahren wurden eine Reihe unterschiedlicher Messverfahren für die preiswerte Analyse komplizierter Gaszusammensetzungen für industrielle Zwecke entwickelt, die als „elektronische Nase“ auch bei Messungen an biologischem Material zunehmende Bedeutung erlangen. Für die Qualitätssicherung von Obst und Gemü-

se wird derzeit am ATB der innovative Sensor Multigas-SENSORiCCARD® (JENASENSORIC e.V., Jena) hinsichtlich seiner Eignung zur Charakterisierung der Stoffwechselprozesse und der Produktqualität getestet. Zunächst wurde unter Laborbedingungen die Atmosphäre in einer Küvette mit Früchten untersucht. In der Küvette befinden sich die elektronische Nase sowie verschiedene hochempfindliche Gassensoren, die als Referenz dienen. Der visitenkartengroße Multigas-Sensor besteht aus einem Sensormesskopf mit drei halbleitenden SnO<sub>2</sub>-Schichten unterschiedlicher Dotierung und zwei integrierten Platinheizern (Bild 2) zur Temperierung der Sensorschichten von etwa 50 °C bis 400 °C sowie der Ansteuer- und Messelektronik.

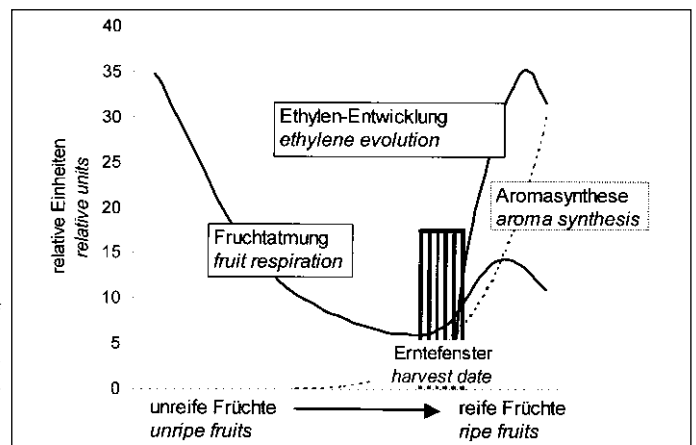
Gasmoleküle mit verschiedenem atomaren Aufbau und resultierenden Partialladungen reagieren in unterschiedlichem Maße an der Oberfläche der Sensorschichten und beeinflussen deren elektrische Leitfähigkeit. Die resultierende Veränderung des Sensorwiderstandes wird aufgezeichnet. Ein Messzyklus dauert rund eine Minute und umfasst ein einmaliges Aufheizen der drei Sensorschichten.

## Kalibrierung

Je nach Gaszusammensetzung im Luftraum um die Früchte werden spezifische Messsignale oder Messsignalabfolgen gemessen. Als Auswertungsmethoden werden mathe-

*Bild 1: Schematische Darstellung der Fruchtentwicklung von Äpfeln mit klimakterischem Fruchtreifeverlauf*

*Fig. 1: Schematic view on the fruit development of apples with climacteric fruit ripening course*



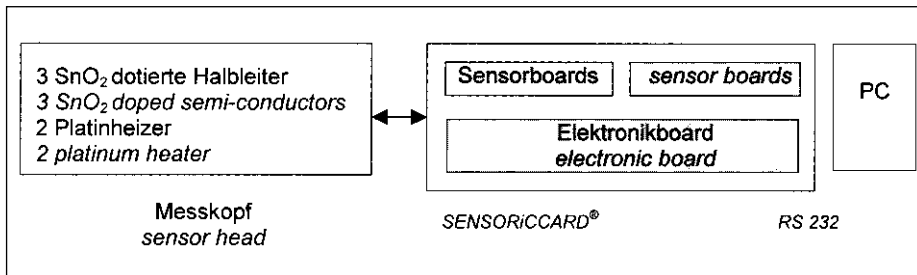


Bild 2: Aufbau der Multigas-SENSORiCCARD®

Fig. 2: Schematic view of the Multigas-SENSORiCCARD®.

matische Objekterkennungsverfahren eingesetzt, wobei die Messsignale aller drei Sensorschichten über den Temperaturbereich von etwa 200 bis 400 °C verwendet werden. Die Signalcharakteristika lassen eine Überwachung von Veränderungen in der Küvettenatmosphäre zu. Testergebnisse zeigten, dass eine Kalibrierung auf Reinstsubstanzen (Aromakomponenten von Früchten), die in den Luftraum einer Küvette injiziert wurden (Bild 3), sowie die Erkennung von unterschiedlichen Ethylenkonzentrationen mit Hilfe des Sensors möglich sind.

Die Voraussetzungen für den Einsatz im geschlossenen Lager- oder Transportcontainer scheinen vielversprechend. Temperatur, relative Luftfeuchte und die unvorhergesehene Anwesenheit von flüchtigen Substanzen, die eine stabile Kalibrierung von „elektronischen Nasen“ in anderen Anwendungsgebieten bislang erschwerten [2], treten in gasdicht geschlossenen Containern in vorhersehbaren Grenzen auf und können in die Kalibrierung einbezogen oder durch Korrekturalgorithmen gemindert werden. So wurde etwa ein Temperatureinfluss auf das Messsignal des Multigas-Sensors in einer mit synthetischer Luft gefüllten Küvette bei einer Temperaturerhöhung um 4 K festgestellt. Die Bearbeitung der Messergebnisse erfolgte über die Einzelwerte der Sensorschichten von 200 bis 400 °C. Die Temperaturabhängigkeit der Multigas-SENSORiCCARD® konnte mit einer geeigneten Korrekturfunktion eliminiert werden. Des Weiteren zeigt aber auch das Produkt eine temperaturabhängige Reaktion hinsichtlich der Gaswechselrate der flüchtigen Fruchtsubstanzen. Ein entsprechender Korrekturalgorithmus wird derzeit mit Hilfe von parallelen Messungen der „elektronischen Nase“ und der Aromastoffkonzentration im Luftraum um die Früchte bei variierenden Temperaturen untersucht. Aromastoff-Chromatogramme, aufgezeichnet bei unterschiedlichen Temperaturen, zeigen die nicht-linearen Abhängigkeiten der einzelnen flüchtigen Substanzen, im Bild erkennbar durch die unterschiedlichen Veränderungen der Peakhöhen (Bild 4). Zum robusten Einsatz von transportablen „elektronischen Nasen“ in der Praxis unter

variierenden Umweltbedingungen werden entsprechende Korrekturen der Messungen benötigt. Erste Versuchsreihen hierzu werden am ATB in Zusammenarbeit mit der Humboldt-Universität zu Berlin, FG Obstbau durchgeführt.

### Ausblick

Die Sensitivität der elektronischen Nase gegenüber den im Versuch getesteten Frucht-Aromastoffen und gegenüber Ethylen lässt grundsätzlich eine Überwachung der fortschreitenden Reife von Früchten zu. Eine solche Anwendung würde erstmals die direkte Messung der Fruchtreifeentwicklung in einem gasdicht verschlossenen Container oder Fruchtlager in den Praxisbetrieben ermöglichen.

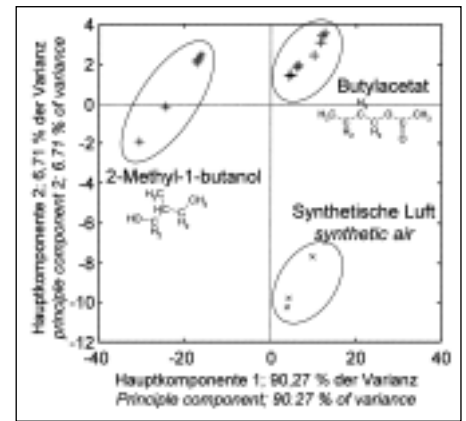


Bild 3: Erkennung von unterschiedlichen Frucht-aromastoffen nach 20 min Messdauer, dargestellt mit Hilfe der Hauptkomponentenanalyse

Fig. 3: Recognition of different fruit aroma compounds after 20 min measuring time, using component analyses

Eine stabile Kalibrierung des Sensors setzt jedoch die Fruchtreifebestimmung mit guter Wiederholbarkeit voraus. Hierzu werden derzeit am ATB zahlreiche Versuche hinsichtlich des Einflusses von Umgebungsbedingungen sowie der Sensorstabilität (Nullpunktdrift, Alterung der sensitiven Oberflächen, Gehäusekonstruktion) in Angriff genommen.

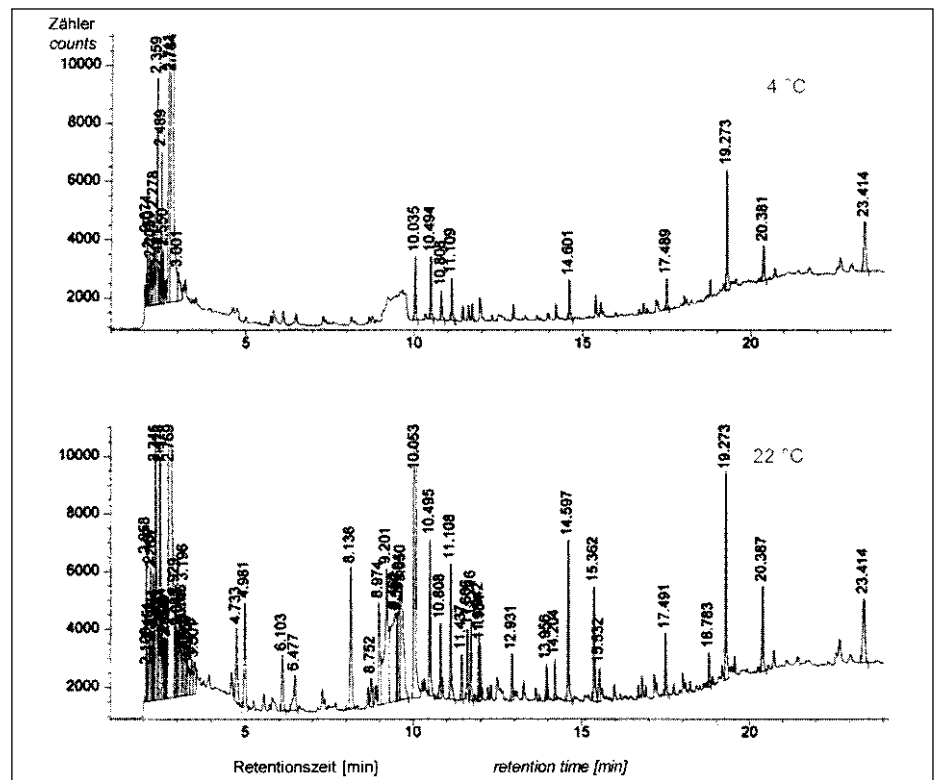


Bild 4: Gaschromatogramme des Luftraumes von Äpfeln in der Lagerung, gemessen bei 4 °C (oben) und 22 °C (unten)

Fig. 4: Head space analyses recorded by gas-chromatograms of stored apple fruit at 4 °C (above) and 22 °C (below)