

BEREITS VERÖFFENTLICHTE WERKE

- DIE GESUNDHEIT DES DARMS -

Finn Holm

FoodGroup Denmark - Dänemark
(November 2001)

- GENMANIPULIERTE NAHRUNGSMITTEL -

Finn Holm

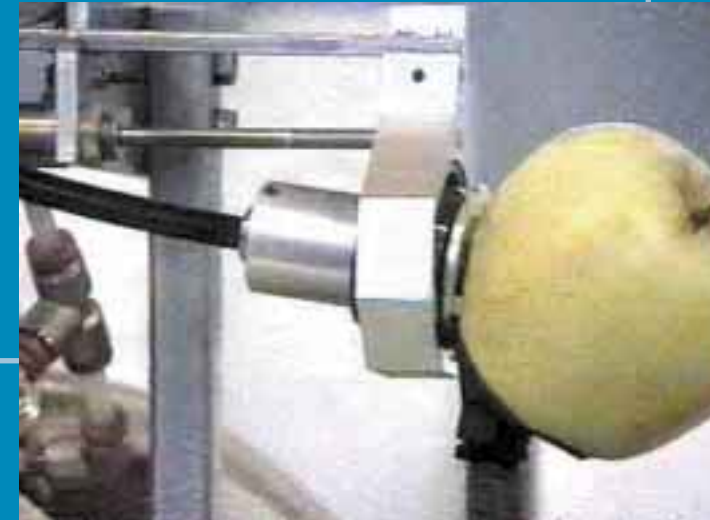
FoodGroup Denmark - Dänemark
(Juni 2002)

- DIE MYKOTOXINE -

Jean-François Quillien

Institut National de la Recherche Agronomique - Frankreich
(Oktober 2002)

Sensoren für Lebensmittelqualität



Finn Holm
FoodGroup Denmark
Dänemark



Project n° QLK1-CT - 2000 - 00040

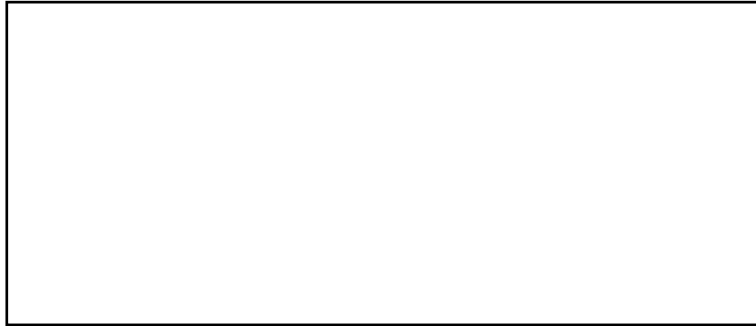
N° ISBN : 2-7380-1077-6

Januar 2003

Kleine und mittlere Unternehmen

N° 4





National Network Leader

Diese Unterlage wird im Rahmen des Projekts FAIR FLOW EUROPE 4 verbreitet. Sie ist Teil einer Reihe halbjährig erscheinender Informationen für Verbraucher, Angehörige der medizinischen Berufe sowie kleine und mittlere Unternehmen der Nahrungs- und Genussmittelbranche.

Fair Flow Europe 4 (FFE 4) ist ein Projekt, das direkt von der Europäischen Kommission in die Wege geleitet worden ist. Es bezweckt die Verbreitung der Ergebnisse der Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der industriellen Nahrungs- und Genussmittel. Das Projekt ist in den Tätigkeitsbereich des 5. Rahmenprogramms für Forschung und technologische Entwicklung eingefügt, und 24 Länder nehmen daran teil.

Die beiden Ziele von FFE 4:

- 1 - Verbreitung der europäischen Forschungsergebnisse im Nahrungs- und Genussmittelbereich an die Nutzer, nämlich Unternehmen der Nahrungs- und Genussmittelbranche, Verbraucherverbände und Angehörige der medizinischen Berufe;
- 2 - Organisation eines Dialogs zwischen den verschiedenen Nutzergruppen und den Wissenschaftlern über Themen, welche die Forschung auf dem Gebiet der Nahrungs- und Genussmittel betreffen.



Institut National de la Recherche Agronomique
147, rue de l'Université 75338 PARIS cedex 07 - France

Koordinator : Jean-François Quillien
quillien@rennes.inra.fr

www.flair-flow.com

SENSOREN FÜR LEBENSMITTELQUALITÄT

Finn Holm
FoodGroup Denmark
Dänemark

Finn.Holm@FoodGroup.DK

*Die in diesem Dokument vertretene Meinung liegt in der
Verantwortung des Autors und reflektiert nicht notwendigerweise
die offizielle Meinung der Europäischen Kommission*

Inhalt

	<i>Blatt</i>
Einleitung	5
Erfordernisse bei der Prüfung von Lebensmittelqualität	6
Künstliche Sinne für die Lebensmittelqualität	8
EU-Forschung über Lebensmittelsensoren	10
Schlussfolgerungen	28
Dank	29
Referenzen	30

Bild : © CEMAGREF / V. Steinmetz

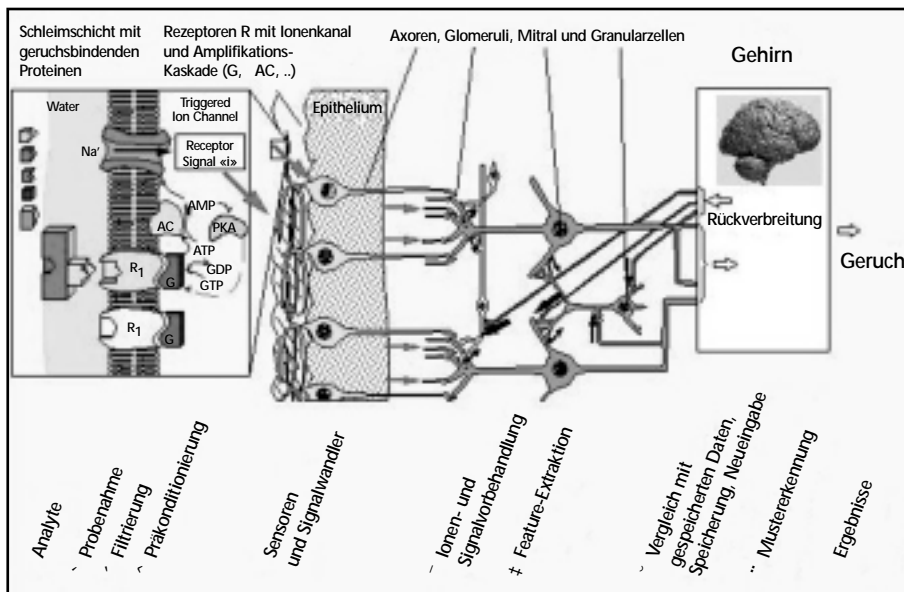
Einleitung

Ein Sensor für Lebensmittelqualität ist ein Gegenstand, der auf eine bestimmte Eigenschaft oder Eigenschaften in Lebensmitteln anspricht und die Reaktion(en) in ein Signal umwandeln kann, häufig in ein elektrisches Signal. Dieses Signal kann eine direkte Information über den(die) zu messenden Qualitätsfaktor(en) liefern oder eine bekannte Relation zu dem Qualitätsfaktor aufweisen.

Sensoren werden gewöhnlich nach ihrer Verwendungsart eingeteilt in: Online, Atline oder Offline. **Online-Sensoren** arbeiten direkt im Prozessstrom und geben ein Echtzeitsignal ab, das auf den in Frage kommenden Qualitätsfaktor bezogen ist. Daher bietet ein Online-Sensor den Vorteil, dass er eine sofortige Qualitätsmessung abgibt und die Möglichkeit, den Prozess durch neue Einstellungen zu regeln. **Atline-Sensoren** sind Geräte, die z.B. in Split-Flow-Messungen verwendet werden, bei denen weitere Reagenzien oder Ausgleichs-/Ansprechzeiten erforderlich sind. Sie haben oft kurze Ansprechzeiten (Minuten oder Sekunden) und ermöglichen ebenfalls Prozessberichtigungen. **Offline-Sensoren** sind dagegen Laborgeräte, die erst innerhalb von Stunden oder Tagen ansprechen.

Dieser Bericht konzentriert sich auf den technologischen Fortschritt bei Online- und Atline-Sensoren für Lebensmittelqualität. Er basiert auf den Ergebnissen von etwa 20 durch die EU geförderte wissenschaftliche Projekte innerhalb des 4. und des 5. Rahmenprogramms (1994-2002), Unterprogramm Lebensmittel und Landwirtschaft.

Ziel dieses Verbundberichts von Flair-Flow Europe ist es, die europäische Lebensmittelindustrie in bündiger Form über die wissenschaftlichen Entwicklungen in den letzten EU-Projekten zu unterrichten, die im Zusammenhang mit Messungen der Lebensmittelqualität durchgeführt wurden, und die Anwendung und Innovation auf diesem Gebiet zu verstärken.



Sensor der Natur

(www.ipc.uni-tuebingen.de/weimar/research/main_topics/elecnose)

Erfordernisse bei der Prüfung von Lebensmittelqualität

Qualitätsprüfung ist in der Lebensmittelindustrie von ausschlaggebender Bedeutung, und eine effiziente Qualitätssicherung wird zunehmend wichtiger. Die Verbraucher erwarten eine angemessene Qualität zu einem bestimmten Preis, gute Haltbarkeit und hohe Sicherheit, wogegen bei Lebensmittelinspektionen eine gute Produktionspraxis, Sicherheit, einwandfreie Etikettierung und die Einhaltung der Bestimmungen vorausgesetzt werden. Außerdem fragen die Lebensmittelproduzenten immer mehr nach effizienten Prüfmethode, besonders durch Online- oder Atline-Qualitätssensoren, und zwar erstens, um die Forderungen durch Verbraucher und Vorschriften erfüllen zu können und zweitens, um die Herstellungsfähigkeit, Qualitätssortierung, Automation und Reduzierung der Produktionskosten und Produktionszeit (erhöhte Durchsätze) zu verbessern.

Damit haben also alle drei Antriebskräfte für Online-Qualitätskontrolle, die Verbraucher, Aufsichtsbehörden und Lebensmittelproduzenten, ein großes Interesse an der Entwicklung neuer Sensorsysteme, die über die bereits vorhandenen Online-Technologien, wie z.B. die Prüfung von Gewicht, Volumen, Temperatur, pH-Wert, Viskosität, Farbe und Aussehen hinausgehen.

Außerdem sind viele neue Konzepte für die Lebensmittelsicherheit und wichtige Qualitätsparameter in den letzten 10 Jahren entstanden: Die Hazard Analysis Critical Control Points (HACCP), das Total Quality Management (TQM), die Zertifizierungen nach ISO 9000, Rückverfolgbarkeit und Authentifizierung, die alle verbesserte Prüfmethode erfordern. Daneben bringen pathogene Mikroorganismen, BSE, gentechnisch veränderte Organismen und viele Umweltschadstoffe spezifische Sicherheitsprobleme mit sich, die eine intensive Kontrolle, Datenaufzeichnung und Datenverarbeitung erfordern. Überall werden In-time- und Online-Sensoren für die Kontrolle, neue Datensysteme, Warnsysteme, enge Feedbackschleifen für die Produktionsautomation usw. benötigt..

Die große Herausforderung besteht darin, dass jetzt Wert auf Echtzeit- und Online-Sensoren sowie auf Datensysteme gelegt wird, die die Prozesse und Produkte überwachen, den automatisierten Prozess und den Rohmaterialstrom steuern, die Endproduktqualität mit Sensoren messen, die Produktetiketten, Nährwert- und Gesundheitsinformationen schreiben und vieles mehr.

Heute sind folgende Qualitätsparameter und Konzepte für die Produktionskontrolle am wichtigsten:

- Sensorische Qualität (Aussehen, Aroma/Geruch, Geschmack, Textur, Stabilität usw.)
- Nährwertqualität, einschließlich Angaben zur Gesundheit, wie z.B. «ballaststoffreich», «Senken Sie den Cholesterinspiegel», «nicht gentechnisch verändert», Lebensmittelallergene,
- Zusammenstellung und Etikettierung, einschließlich der Additiva, Qualitätsforderungen, ethischen Aspekte (wie z.B. ökologische Angaben),
- Schadstoffe, einschließlich Umweltschadstoffen, Tierarzneimittel, landwirtschaftliche Chemikalien, BSE-Prionen und Mycotoxine
- Detektion von Fremdkörpern, wie Steine, Glas oder Metall
- Mikrobielle Sicherheit, besonders gegenüber *Listeria*, *Salmonella*, *Campylobacter*, *E. Coli* und *Yersinia*
- Haltbarkeit auf dem Verkaufsregal (mikrobiell, sensorisch, chemisch, Sterilitätsprüfung, FO-Werte)
- Produktionshygiene, Reinigung, Kontaminierung
- HACCP, Rückverfolgbarkeit und Authentisierung (ab 2005)
- Prozessparameter: Maschineneinstellungen, Temperatur, Druck, Durchflussvolumen, aseptische Bedingungen und viele physikalische Parameter
- Verpackungsprüfung: Unversehrtheit, Pin-Holes (Dichtheit), Gasdurchlässigkeit, Migrationsüberwachung

Künstliche Sinne für die Lebensmittelqualität

Wie bereits oben gesagt, ist ein Sensor ein Gerät, das auf eine Eigenschaft oder Eigenschaften der Umgebung oder des Analyts (der zu analysierenden Substanz) ansprechen und diese Reaktion in ein elektrisches Signal umwandeln kann. Das Signal kann direkt über den zu messenden Qualitätsfaktor informieren oder eine bekannte Relation zu dem Qualitätsfaktor aufweisen, wobei häufig aus komplexen Datenverarbeitungen extrahiert werden muss.

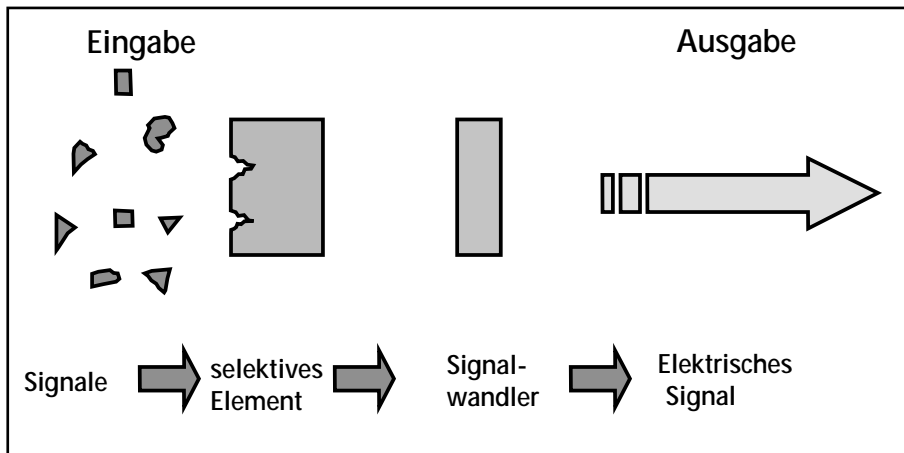


Abb. 1. Prinzip eines Sensors

Die neuen Online- oder Atline-Sensoren für Lebensmittelqualität, mit denen sich dieser Bericht befasst, können unterschiedlich klassifiziert werden, meist erfolgt dies aber entsprechend der physikalischen Art des Sensors, der optisch, chemisch oder elektrisch arbeiten kann. Eine Konzertierte Europäische Aktion unter dem Namen ASTEQ (Ref. 1) hat die folgende Klassifizierung aufgestellt:

- Biosensoren, zu denen ein **biologischer** Stoff, wie Enzyme oder Antikörper gehören
- Sensoren, die auf einem **elektrischen** Signal basieren, z.B. Potentiometrisch-Chemische Sensoren, Metalloxyd-Halbleiter (MOS), Feldeffekttransistoren (FET) oder leitende Polymer-Sensoren (CPS)

- Sensoren, die auf Interaktion durch **elektromagnetische** Wellen basieren, insbesondere Sensoren, die sichtbare, ultraviolette und Infrarotwellen - (NIR, NIT, FTIR, Thermographie) -, Mikrowellen, Radiowellen, Röntgenstrahlen, Hochfrequenzwellen (Nukleare oder elektronische magnetische Resonanz) verwenden
- Sensoren, die auf der Interaktion mit **Ultraschallwellen** basieren (100kHz-1MHz)
- Sensoren, die auf Frequenzvariationen basieren, z.B. Quartz Crystal Microbalance (QCM) und Surface Acoustic Waves (SAW)
- Sensoren, zu denen **selektive Mittel** gehören, wie z.B. molekulare Filme oder komplexbildende Filme

Etwa 20 der von der Europäischen Kommission innerhalb des 4. und 5. Rahmenprogramms finanzierten Projekte befassen sich mit der Entwicklung neuer, effizienter Sensoren und Echtzeit-Sensoren, die wichtige Qualitätsmerkmale von Lebensmitteln messen. Sie gehören alle zu den oben genannten Sensorklassen. Allerdings konzentriert sich eine große Anzahl der Projekte auf Sensoren, die auf der Interaktion von Lebensmitteln mit elektromagnetischen Wellen (11 Projekte) oder auf elektronischen Nasen /Zungen beruhen und Arrays nicht spezifischer Sensoren, MOS, FET oder CPS-Sensoren sind (4 Projekte).

Viele Qualitätsfaktoren werden in diesen europäischen Projekten untersucht, insbesondere:

- Obst- und Gemüsequalität: Essbarkeit, Verderb, Reife, interne Mängel
- Messung der Spuren von Tierarzneimitteln, Pestizide und Wachstumsbeschleunigern
- Messung der Mycotoxine
- Qualitätssortierung bei Kartoffeln und Oliven
- Frischegrad von Rohprodukten wie Fisch und Fleisch
- Klassifizierung von pflanzlichen Ölen
- Früherkennung von mikrobiellem Wachstum
- Qualität fermentierter Lebensmittel

Im folgenden Abschnitt werden diese Forschungsprojekte kurz vorgestellt. Referenzen zu den Wissenschaftlern, von denen die Arbeit koordiniert wird, sind angegeben, ebenso wie die entsprechende Projekt-Website (soweit vorhanden).

EU-Forschung über Lebensmittelsensoren

A. Sensoren, die auf der Interaktion mit elektromagnetischen Wellen beruhen (EMW)

Elektromagnetische Sensoren können anhand der Wellenlänge der verwendeten elektromagnetischen Wellen klassifiziert werden. Es gibt Sensoren (Abb. 2) mit: sichtbaren Wellen (400-700 nm), ultravioletten Wellen (10nm - 400 nm), Infrarotwellen (700 nm - 30.000 nm: NIR, NIT, FTIR, MIR), Mikrowellen (1 - 10 cm), Radiowellen (1-10 m), Röntgenstrahlen (100 pm - 1 nm) und Hochfrequenzwellen (Magnetische Resonanz, MHz-GHz).

Jede Klasse kann je nach molekularer Information, die durch die Interaktion entstanden ist, weiter unterteilt werden. So können Infrarotwellen in nahes Infrarot (700 - 2500 nm), mittleres Infrarot (2500 - 30000 nm), fernes Infrarot (bis zu 1.000.000 nm) und Thermografie (1 - 15 µm) unterteilt werden, die jeweils unterschiedliche Informationen von den mit dem Licht interagierenden Molekülen (Probe) extrahieren. Wir können die Sensoren auch entsprechend ihrem genauen Interaktionstyp unterscheiden: Absorbanz, Transmission oder Reflexion.

Wellenlänge Meter (m)	Bereich	Interaktion	Beispiele
	Radiofrequenz (1-10 m)		Wasser, Salz, Dichte, Partikelgröße
* 10 exp ⁻¹	Magnetresonanz (0.01-10 m)	Elektron/Kernspin	Wasser-, Ölqualität
* 10 exp ⁻³	Mikrowellen (0.01-0.15 m)	Dipol (4-15 cm)	Wasser, Dichte, Saccharase, Fett, Dichte
	Fernes IR Mittleres IR (2,5 - 30 mm), Raman, Thermografie (1 - 15 mm)	Vibration und Rotation	Qualitative Messungen, Qualität, Temperatur
* 10 exp ⁻⁶	Nahes IR (700 - 2500 nm)	Vibrationsobertöne	Wasser, Öl, Protein, qualitative Messungen,
* 10 exp ⁻⁷	Sichtbares (400 - 700 nm) Ultraviolett	Elektronen	Viele organische Stoffe, Farben
* 10 exp ⁻⁹			
* 10 exp ⁻¹¹	Röntgenstrahlen	Ionisation	Fremdkörper
	Gammastrahlen	Ionisation	

Abb. 2. Elektromagnetische Wellen (EMW) und ihre Interaktionen

Seit vielen Jahren sind Sensoren besonders für Laborzwecke erhältlich, die auf einer Interaktion mit elektromagnetischer Strahlung beruhen. Es gibt zudem viele Online-Beispiele: Röntgenstrahlen für die Fremdkörpererkennung, Sensoren für die Farberkennung oder Maschinensichtinspektion mit sichtbarem Licht, Nahinfrarot-Sensoren für Qualitätsprüfungen und Temperaturmessungen oder Mikrowellensensoren zur Messung des Wassergehalts.

Aber in den letzten 10 – 20 Jahren bestand die wissenschaftlich-technologische Herausforderung darin, einfache, preisgünstige und stabile Online-EMW-Sensoren, besonders optische Sensoren, zu entwickeln. Ein weiteres Ziel war die Entwicklung hochentwickelter mathematischer Modelle, statistischer (chemometrischer) Methoden und effizienter Algorithmen, um Informationen über die Lebensmittelqualität aus den übertragenen oder gestreuten Signalen der jeweiligen Lebensmittel extrahieren und verwenden zu können. Ein dritter, wichtiger Trend besteht in der Herstellung von Chips und hochentwickelten Biosensoren mit biologischen Komponenten, wie z.B. Enzymen, Antikörpern oder Zellbestandteilen, wobei häufig die EMW-Erkennung oder elektrochemische Erkennung eingesetzt wird. Außerdem wurde beträchtliche Arbeit darauf verwendet, Mikrosensoren für kompakte Bauweise und Einbau in Mikroumgebungen, z.B. innerhalb einer einzelnen Zelle zu konstruieren. Die meiste von der EU finanzierte Forschungsarbeit hat sich auf die NIR/VIS-Sensoren, SPR-Sensoren (Surface Plasmon Resonance) und NMR-Sensoren (magnetische Kernresonanz, gepulste und niedrige Auflösung) konzentriert, aber es wurde auch an Fluoreszenzsensoren, MIR- und Raman-Sensoren, Fourier-Transformations-NIR-Sensoren, auf Thermografie basierenden Sensoren und an Sensoren gearbeitet, bei denen zwei oder mehr Sensorprinzipien miteinander kombiniert werden.

Im Rahmen der fertiggestellten Konzertierte Aktion ASTEQ (Ref.1) haben sich Wissenschaftler mit mehreren Sensorprinzipien befasst, mit denen die Obstqualität, besonders die interne und externe Qualität und der Geruch/das Aroma gemessen wird. Ziel war es, verbesserte instrumentelle Methoden zu entwickeln, zu optimieren und zu fördern,

um verbraucherorientierte makroskopische Qualitätsfaktoren bestimmen zu können. Von den Instrumententechniken wurden ausgewählt: 1) bildgebende Techniken auf der Basis von ultraviolettem, sichtbarem Licht und Infrarot-Licht, 2) Bildsynthesetechniken, wie NMR (magnetische Kernresonanz), Ultraschall oder Mikrowellen-Tomografie 3) verschiedene künstliche Nasen.

Zu den Ergebnissen gehörte ein neu entwickelter, kostengünstiger Olfactometer, neue und verbesserte Software und Methodologie sowie eine verbesserte Informationsextraktion, wobei zwei oder mehr Technologien miteinander kombiniert wurden. Ebenso wurde die Leistungsfähigkeit folgender Techniken untersucht::

- NMR- Pulse für Messungen an Wasser, Öl, Wasseraktivität und Apfelreifegrad
- NIR/VIS-Sensoren zum Messen von Mehligkeit, schadhafte Stellen (3 – 5 Minuten), Reife, Glasigkeit und Atmungsrate von Äpfeln (Transmissions-, Reflexions- und Fourier-Transformationspektren)
- VIS-Fluoreszenz-Sensoren für Mehligkeit, Frische und Reifegrad von Äpfeln
- Thermografie (etwa 10 mm Reichweite) zur Messung von mechanischer Beschädigung, Reifegrad und mikrobiellem Befall bei mehreren Obstsorten
- Akustikimpuls-Sensoren zur Messung von Reifegrad, Mehligkeit und zur Klassifizierung von Obst, wobei die Abschwächung von akustischen Impulsen genutzt wird.
- Elektronische Nasen zum Messen der Obstqualität (Einzelheiten weiter unten)

Der NIR/VIS-Wellenbereich wurde in weiteren Projekten genutzt. So haben Wissenschaftler beim GLOVE-Projekt (Ref. 2) ein Gerät in Form eines Handschuhs konstruiert, das mit zahlreichen miniaturisierten Sensoren bestückt ist, die Informationen über Obstqualitätsparameter, wie Zuckergehalt, Reife, mechanische Eigenschaften (Festigkeit, Steifigkeit) und interne Farbe liefern.

Der Zuckergehalt und die interne Farbe werden durch ein miniaturisiertes

Spektrometer (NIR/VIS) gemessen, das an optische Fasern gekoppelt ist. Ein Schallsensor misst die mechanischen Eigenschaften, und die Größe wird durch ein Potentiometer gemessen, der in der Handöffnung platziert ist. Diese Sensoren sind an einen Mikrocomputer gekoppelt, der verarbeitete Informationen über die Obstqualität liefert, nachdem ihm vorher die Unterschiede und Qualitätsklassen beigebracht wurden.. Das Gewicht des Handschuh-Prototyps beträgt 400g, und die elektronische Ausstattung befindet sich in einem Rucksack mit einem Gewicht von 1000g. Der Handschuh kann vor der Ernte benutzt werden, um damit das Wachstum und Erntedatum zu kontrollieren, während der Ernte, um bestimmte Qualitäten auszuwählen, oder nach der Ernte, um die Qualität zu kontrollieren und zu messen.

Beim OPTIVEG-Projekt (Ref. 3) haben Wissenschaftler an Methoden gearbeitet, bei denen Chlorophyllfluoreszenz und Reflexionsvermögen im sichtbaren und nahen Infrarotspektrum eingesetzt werden. Es ging dabei um mechanische Eigenschaften als Qualitätsfaktoren von grünen Bohnen, Brokkoli und Möhren. Die Sensoren wurden auch zum Messen von Pasteurisierungsergebnissen bei Gemüse verwendet, indem die restliche Enzymaktivität, besonders Lipoxygenase- und Peroxidase-Aktivitäten gemessen wurden.

Im DIFFRUIT-Projekt (Ref. 4) wurde mit der **zeitlich aufgelösten diffusen Reflexionsspektroskopie** (TDRS) im NIR/VIS-Wellenbereich die interne Qualität von Obst und Gemüse gemessen. Die Projektgruppe hat statistische Modelle für die Relation zwischen den TDRS-Signalen und der Festigkeit sowie dem Zucker- und Säuregehalt von Kiwi, Tomaten, Äpfeln, Pfirsichen, Nektarinen und Melonen entwickelt. Sie hat auch Klassifizierungsmodelle für die Sortierung von Äpfeln, Pfirsichen, Kiwi und Tomaten in 3 Qualitätsklassen entwickelt. Dabei wurde eine gepulste Laserdiode (70 - 200 pico-sec./pulse) verwendet, und die Messdauer betrug 100 Millisekunden. Der Absorptionskoeffizient bezog sich auf die Gewebebestandteile, während der Streukoeffizient sich auf die Festigkeit und den Fasergehalt bezog. Der Preis für die Ausrüstung wurde auf etwa 25.000 US \$ geschätzt.

Schließlich wurden in einem neuen Projekt unter dem Namen NIOAT (Ref.5) Echtzeit-Sensoren im NIR/VIS Wellenbereich verwendet, um qualitätsrelevante Eigenschaften, wie z.B. interne Krankheiten und Schädigungen, Reifegrad oder Aroma zu messen und Kartoffeln, Äpfel und Pfirsiche aufgrund ihrer Qualität zu sortieren.

Surface Plasmon Resonance (SPR) ist ein weiteres optisches Phänomen, das in einer Reihe neuer Sensoren genutzt wird, oft in Biosensoren mit Antikörpern oder Enzymen (Ref. 6). Der verwendete optische Bereich liegt meist im sichtbaren Teil des Spektrums, kann sich aber auch im NIR-Bereich befinden. Herkömmlich verwendet finden SPR-Geräte winzige Veränderungen im Brechungsindex der Messfläche und in der unmittelbaren Nachbarschaft. Sie können aus einem optischen Gitter oder Prisma auf einer Glasfläche oder aus einem optischen Wellenleiter bestehen, der mit einer dünnen Metallschicht, z.B. aus Gold, versehen ist. Die Metallschicht trägt eine Sensibilisierungsschicht, wie z.B. immobilisierte Antikörper oder andere Schichten, die das Analyt besonders gut binden, und diese Schicht hat Berührung mit der Probe. In dem Gerät entsteht eine kollektive Anregung der Elektronen im Metallfilm und führt bei einer bestimmten Wellenlänge zu einer totalen Lichtabsorption bei einem bestimmten Einfallswinkel. Dieser Einfallswinkel ist abhängig von den Brechungsindices auf beiden Seiten des Metallfilms. Moleküle, die an der Sensitivierungsschicht binden, verändern den Brechungsindex, und dieser veränderte Winkel der totalen Absorption wird gemessen und zur Konzentration des Analyts in Relation gesetzt (Abb. 3).

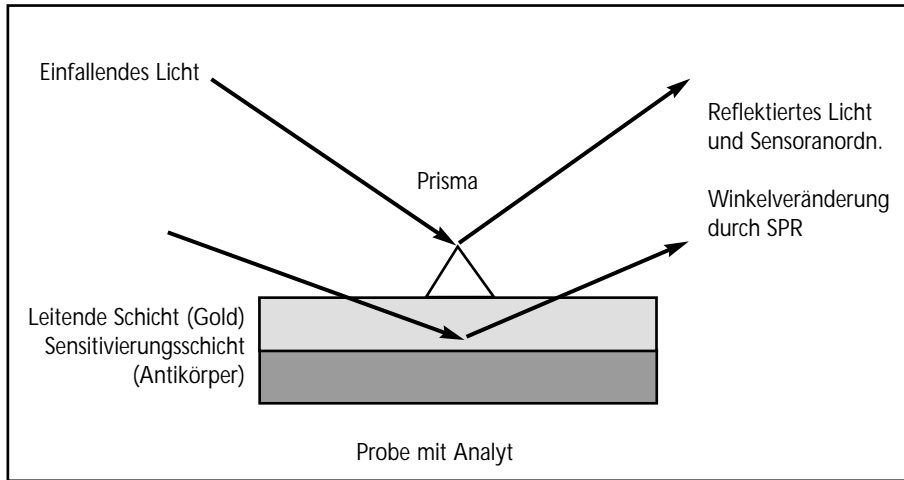


Abb.3. Prinzip der Surface Plasmon Resonance (SPR).

Die SPR-Technik wurde bei FOODSENSE (Ref. 7) eingesetzt. In diesem Projekt wurde eine Methodologie für die Online-/Atline-Erkennung von Tierarzneimitteln (Hormone und Antibiotika) in Molkereien (Milchstrom) und Schlachthäusern (Galle oder Urin, einschließlich eines handelsüblichen Handlingroboters) entwickelt und demonstriert. Clenbuterol und Ethinyl-Estradiol in Rinderurin, Sulfamethazin (SMT) und Sulfadiazin (SDZ) in Schweinegalle, sowie SMT, SDZ und Enrofoxacin in Milch sind durch diese Technik festgestellt worden. Der Biosensor arbeitet in Echtzeit und kann bis zu 8 unterschiedliche Tierarzneimittel gleichzeitig mit einem Durchsatz von bis zu 600 Proben pro Tag feststellen. Die Projektteilnehmer haben eine neue Firma gegründet, um die Sensorsysteme weiter zu entwickeln, und mehrere neue SPR-Sensoren mit elegantem Design werden zur Zeit von anderen Gruppen entwickelt.

Das Prinzip des SPR-Sensors wurde auch im MICROSENSOR-Projekt (Ref. 8) genutzt. Der entwickelte Sensor wird für die Quantifizierung von Mycotoxinen, Listeria und Markern für Wachstumshormone (rekombinantes bovines Somatotrophin, rBST) verwendet. Bei der entwickelten Sensortechnologie wird ein **elektrophoretisches**

Miniatursystem (mFFE) eingesetzt, durch das ein bestimmtes Analyt separiert und konzentriert wird, wobei mehrere elektrophoretische Methoden zur Anwendung kommen: Vorbereitungszone, Intervallzone, Isotachophorese, isoelektrische Fokussierung. Die Konstruktion des mFFE-Systems kann aus einem 1,5 mm dicken einfachen Glsträgermaterial und einer vernetzten Polydimethyl-Siloxan-(PDMS)-Schicht mit mikrobearbeiteten Probenkanälen bestehen. Die zentrale Separationskammer (12 x 4 x 0,15 mm) ist mit 34 Eingangskanälen für die Probeninjektion and 36 Ausgangskanälen für die Probensammlung verbunden. Mit einer Spritze werden die Proben senkrecht zum elektrischen Feld gepumpt. (Abb.4).

Die Detektoreinheit kann auf mehreren Prinzipien beruhen. Im Fall von Listeria kann es sich bei der Detektoreinheit um einen bekannten ATP-Lumineszenzdetektor handeln. Bei anderen Analyten kann das SPR-Detektorsystem verwendet werden, bei dem eine biospezifische Schicht immobilisiert wird, z.B. ein Antikörper. (Ref. 9).

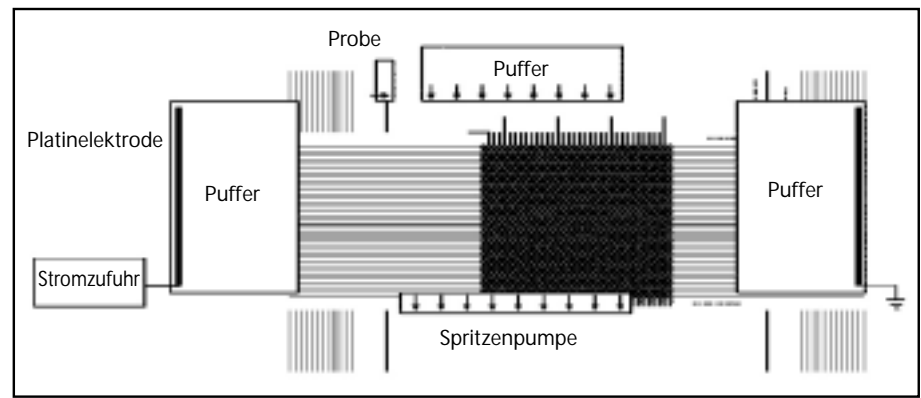


Abb. 4. Anordnung des FFE-Systems (MICROSENSOR-Projekt)

Aufgrund des teuren und aufwendigen Herstellungsverfahrens für viele Sensitivierungsschichten in der SPR-Technologie und anderen Biosensoren wurden neue und wesentlich billigere Sensitivierungsmaterialien auf der Basis von Kunststoffpolymeren von Werkstoff-Fachleuten entwickelt.. **Molekular Geprägte Polymere** (MIP) sind Polymere, die dadurch hergestellt werden, dass Erkennungsstellen mit einer vorbestimmten Spezifität in vernetzte synthetische Polymere geprägt werden. Die Erkennungsstellen werden in situ durch die Copolymerisation funktionaler Monomere mit Vernetzern in Gegenwart von Printmolekülen, die häufig Matrixmoleküle genannt werden, maßgefertigt. Nach der Polymerisierung werden die Printmoleküle aus dem Polymer extrahiert, und sie hinterlassen Erkennungsstellen, die komplementär zu der Position und Form der funktionalen Gruppen sind. Das Polymer ist danach in der Lage, das Printmolekül wieder selektiv zu binden (Ref. 10). Diese Art Sensormaterial wurde «künstliche Antikörper» (Abb. 5) genannt. Die MIP-Technologie ist besonders geeignet für kleinere molekulare Analyte bis zu etwa 400 Dalton.

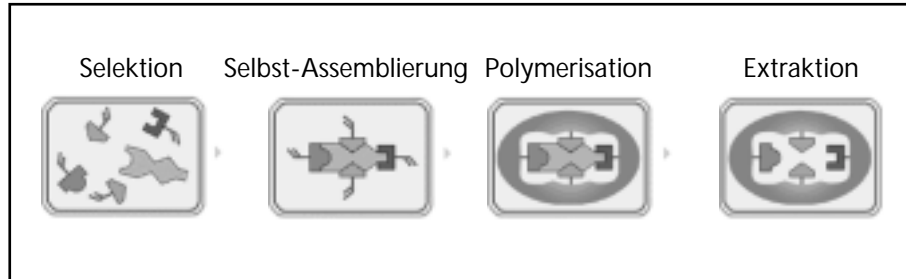


Abb. 5. Technologie der molekularen Prägung. Prinzip: Das Analyt und geeignete Kunststoffmonomere werden gemischt und polymerisiert, danach wird das Analyt extrahiert. Die fixierten Analytstellen sind dann bereit, um Analysegut in Lebensmittelproben zu binden. .

Diese Technologie wurde für das CREAM-Projekt (Ref. 11) genutzt, mit dem Ziel, eine Einsteck-Detektionspatrone für Assays molekular geprägter Polymere zu entwickeln und zu optimieren. Diese Technologie kann zur Bindung und Erkennung vieler chemischer Schadstoffe in

unseren Lebensmitteln, wie Pestizide und Tiermedikamente in Fleisch und Milchprodukten, verwendet werden. Bei diesem Projekt richtet sich die Forschung auf die At-Site-Erkennung verschiedener b-Lactam-Antibiotika in der Milch. Der Sensor besteht aus einer mikrogefertigten Säule, in der ein optisches Erkennungsfenster untergebracht ist. Molekular geprägte Polymere in Kugelform werden als Packmaterial und Erkennungselemente verwendet. Die Analytbindung wird über Fluoreszenz erkannt.

Auch in einem anderen Projekt (Ref. 12) wurde dieselbe MIT-Technologie angewendet, wobei das Gesamtziel darin bestand, neue und robuste Techniken auf MIP-Basis in Verbindung mit der Sensortechnologie für die Echtzeitmessungen von Lebensmittelkontaminationen, besonders von b-Lactam-Antibiotika und Clenbuterol, zu entwickeln. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass MIPs dazu verwendet werden können, selektive und auch allgemeine Erkennungsmatrizen entweder für einzelne Analyte (wie z.B. Penicillin) oder auch für Stoffgruppen (wie z.B. die b-Lactam-Antibiotika-Gruppe) herzustellen. Die entwickelten MIPs weisen eine sehr gute Reproduzierbarkeit und Stabilität auf. Praktische Anleitungen für ihre Verwendung als selektive Festphasen-Absorptionsmittel für die Analyse von Lebensmittelproben wurden entwickelt und kurz bewertet. Die spezifische, auf MIP basierende Separation von Clenbuterol aus Fleisch und Niere sowie von b-Lactam-Antibiotika aus Milch wurde demonstriert. Das für Clenbuterol entwickelte MIP wurde erfolgreich eingesetzt, um einen neuartigen Sensor mit MIP als selektivem Element und amperometrischer Erkennung als Messwertgeber fertigen zu können. Die Reaktionen mehrerer solcher Sensoren wurden mit einer Variabilität von 10 % bestimmt. Außerdem wurde die Machbarkeit eines auf MIP basierenden Sensors für Oxazillin demonstriert..

Zu den in Industrieumgebungen entwickelten und eingesetzten optischen Sensorsystemen gehört die Bildtechnik. Im CRAFT-Projekt NIPCO (Ref. 13) bestand die wichtigste Neuerung in einem System zur Olivensortierung, bei dem eine herkömmliche Bild-Kamera und drei CCD-Farbsensoren verwendet wurden, mit denen Form, Größe und

Farbe gemessen wurde. Ein neuer Algorithmus macht es möglich, die Oliven mit einer Geschwindigkeit von 132 Oliven/sec and 6 Bildern/sec in 4 Klassen zu sortieren.

Im STAS-Projekt (Ref. 14) haben Wissenschaftler die Mittel-Infrarot-(MIR)-Spektroskopie sowie die Ramansche Streuung für die Online-Qualitätsüberwachung in Bäckereien, Brauereien, Molkereien und in der Obstindustrie eingesetzt, und dabei auch die Marktanforderungen berücksichtigt.

Schließlich wird die NMR-Technologie noch im QTEPACK-Projekt (Ref. 15) eingesetzt. Ziel dieses noch nicht beendeten Projekts ist es, innovative, kostengünstige magnetische Kernresonanz-Techniken sowie Obsthändlungsmechanismen zur Prüfung des Qualitätsgrads bei Plantagenobstprodukten in Sortier- und Verpackungslinien zu entwickeln und zu testen. Die Projektteilnehmer wollen eine frühzeitige Erkennung von Verderb aufgrund von Fäulnispilzen, wie z.B. *Penicillium digitatum*, in einer Orangen-Verpackungslinie erreichen, indem sie die Frequenzverschiebung der NMR-Protonenlinie messen.

B. Sensoren auf der Grundlage von elektronischen Nasen / Zungen

Elektronische Nasen und Zungen sind die allgemeinen Namen für Sensoren, die auf Aroma / Geruch (ätherische Stoffe) oder Geschmack (lösliche Stoffe) ansprechen, wobei ein Array einfacher und unspezifischer Sensoren sowie ein Mustererkennungs-Softwaresystem verwendet werden. In der Vergangenheit waren die verwendeten Sensoren hochentwickelte Massenspektrometer oder Gas/Flüssigkeitschromatografen, die einen Fingerabdruck des Analyts zur Erkennung lieferten. Heute werden diese Sensoren durch ein Array von bis zu 25 einfachen elektrischen Sensoren und/oder Frequenzsensoren oder von Sensoren ersetzt, die Spannungs- oder Frequenzänderungen als Reaktion auf die Berührung mit den Lebensmitteln messen.

Im wesentlichen hinterlässt jeder Geschmack ein charakteristisches Muster oder einen Fingerabdruck auf dem Sensorarray, und ein

künstliches Nervennetz lernt, die Gerüche oder Geschmacksarten zu unterscheiden und zu erkennen. Die Mustererkennung wird dadurch erreicht, dass dem Nervennetz bekannte Geruchsmischungen vorgegeben werden und eine Geruchsbibliothek erstellt wird. So sind die e-Nasen und e-Zungen Sensortypen, die eine Reaktion der Sinne simulieren sollen, ein spezifisches Aroma, einen sauren, süßen, salzigen oder bitteren Geschmack usw. (Ref. 16 und 17).

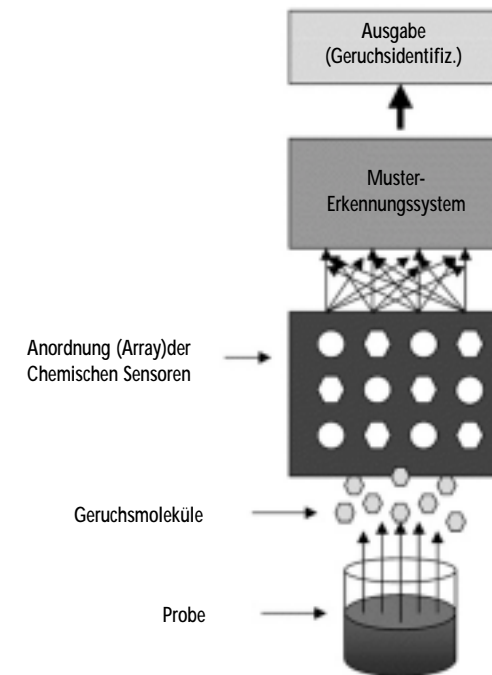


Abb. 6. Prinzip der elektronischen Nase (Ref. 18)

Als Sensortyp werden am häufigsten potentiometrische chemische Sensoren verwendet, wie z.B. ionenselektive Sensoren und:

- Metalloxid-Halbleiter (MOS), das sind aus einer Keramikspule gefertigte Sensoren, die mit einem Heizdraht erhitzt werden und mit einem Halbleiterfilm beschichtet sind. Viele Gase werden an die Sensorfläche gebunden, und Veränderungen bei dem elektrischen Signal werden überwacht.

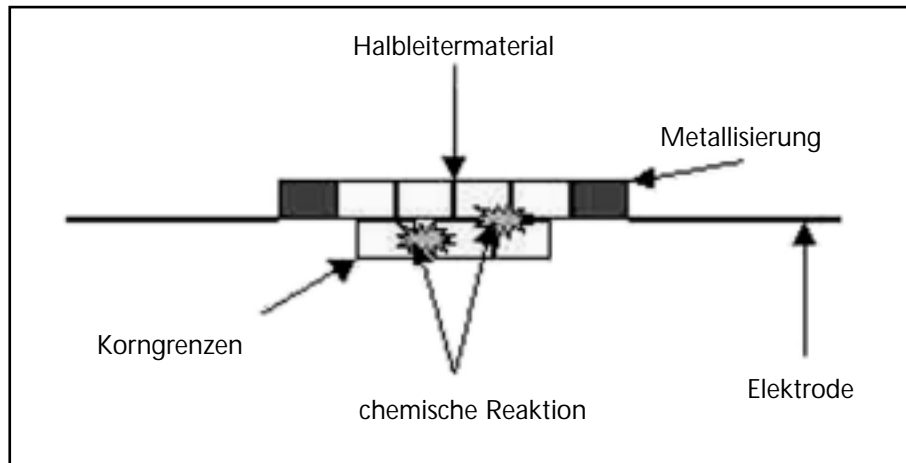


Abb. 7. Prinzip eines Metalloxid-Halbleiters (MOS)

- Leitende Polymersensoren sind Sensoren, zu deren Herstellung ein Polymerfilm zwischen goldplattierten Elektroden elektropolymerisiert wird. Viele Chemikalien werden an die Sensorfläche gebunden, verändern die Leitfähigkeit des Polymers, und die Spannungsveränderung auf dem leitenden Polymer wird überwacht

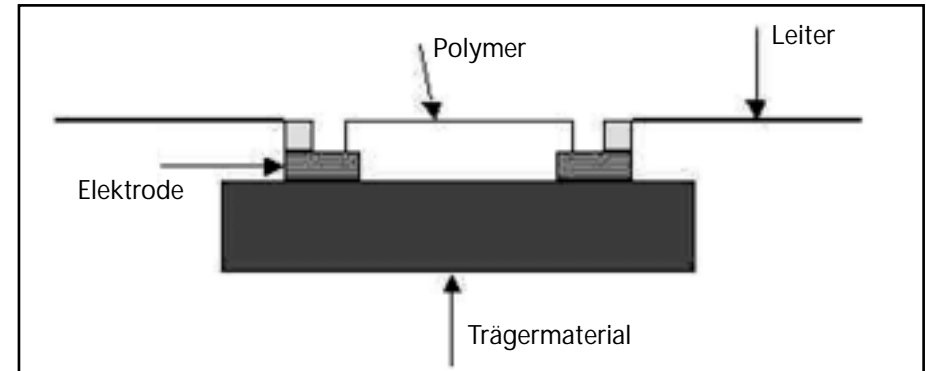


Abb. 8. Leitende Polymersensoren

- Quartz Crystal Microbalance, das sind Sensoren, die auf dem piezoelektrischen Effekt basieren. Wenn Moleküle auf der beschichteten Fläche an der Quarzkristalloberfläche absorbiert werden, ändert sich die Schwingungsfrequenz im Verhältnis zu der Menge der absorbierten Masse, und daher wird die Änderung bei der Leistung gemessen.

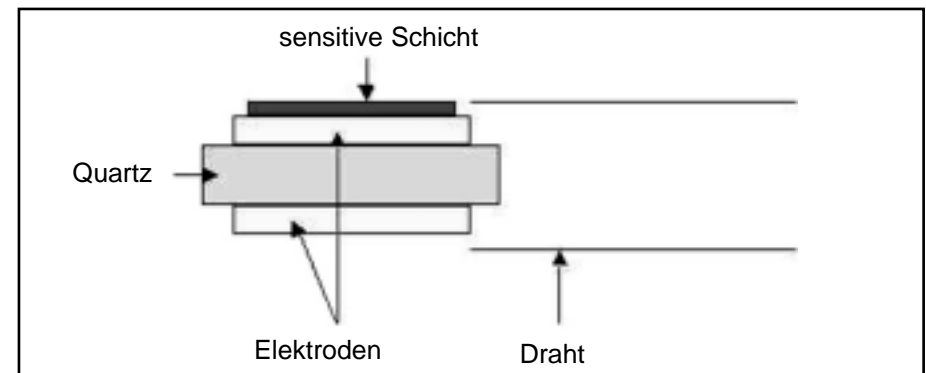


Abb. 9. Quartz Crystal Microbalance

Elektronische Nasen und Zungen werden von vielen Firmen gefertigt, z.B. von Alpha Moss (Frankreich) und Bloodhound (Großbritannien). Die Sensoren werden bei der Lebensmittelproduktion und bei der Qualitätskontrolle verschiedener Produkte eingesetzt, typischerweise für Labortests oder At-Line-Prüfungen, können aber für die zukünftigen Inline-Anwendung weiter entwickelt werden. Die Testzeiten liegen oft nur im Bereich weniger Minuten, und der stärkste Nachteil dieser Sensoren ist ihre mangelnde Sensorstabilität. Auch wenn sie in einigen Anwendungen erfolgreich sind, ist es bei einigen Anwendungen schwieriger. Beispiele für erfolgreich bewertete Anwendungen sind:

- Unterscheidung zwischen einzelnen flüchtigen Bestandteilen
- Verfolgung der Geruchsentwicklung bei in Eis gelagertem Fisch oder Fleisch
- Verfolgung der Käsearomaentwicklung während des Alterns
- Klassifizierung von Wein
- Bestimmung von Ebergeruch (Androsteron) in Schweinefett
- Klassifizierung von Pfirsichen und anderem Obst
- Unterscheidung von Gewürzen aus unterschiedlichen Anbaugebieten
- Allgemeine Rohmaterialprüfung
- Tests bei Kaffee, alkoholfreien Getränken und Whisky
- Prüfung der Bierqualität und Mängel im Bier

Die folgenden EU-Forschungsprojekte haben sich mit unterschiedlichen Aspekten bei elektronischen Nasen und Zungen befasst:

ENOSEFOODMICRODETECT (Ref. 19): Ziel dieses Projekts ist die Entwicklung elektronischer Nasen für die frühzeitige Erkennung von Bakterien, Hefen, Fadenpilzen und unangenehmen Gerüchen in Milch- und Bäckereiprodukten. Es werden Ergebnisse unter anderem zu folgenden Themen erwartet:

- Schnelle Unterscheidung zum ersten Mal in vitro und in situ zwischen verschiedenen, schädlichen Mikroorganismen und toxischen und nicht toxischen Arten bei Milch, Käse und Bäckereiprodukten und Vergleiche mit Bioassaysystemen

- Verhältnis zwischen den Forderungen nach gesetzlich festgelegten mikrobiellen Stufen und der Sensitivität von e-Nasensystemen auf diesem Gebiet.
- Zum ersten Mal Aussagen über die Korrelation zwischen den bisherigen Zählmethoden für Kolonien von Mikroorganismen und den enzymatischen Assays mit e-Nasensystemen..
- Schnelle Methoden für die Früherkennung von einzelnen und vermischten schädlichen Mikroorganismen-Populationen in Lebensmittel-Matrizen.
- Potentielle Einsatzmöglichkeit, wenn die Wirksamkeit von Konservierungsmitteln für längere Haltbarkeit in den Regalen klassifiziert wird
- Bewertung des Einsatzes von e-Nasensystemen für genaue in-situ-Qualitätsprüfungssysteme an Prozessanlagen in Relation zu der Herstellung von Milch, Käse und Bäckereiprodukten.

Ersten Berichten der Wissenschaftler zufolge ist es zu Anfang bereits in Untersuchungen möglich gewesen, zwischen verschiedenen Mikroorganismen und Konzentrationen von Mikroorganismen in Molkerei- und Bäckereiprodukten, Körnern und Mehl zu unterscheiden. Vorläufige Ergebnisse mit Blauschimmelkäsesorten zeigen, dass es möglich ist, zwischen unterschiedlichen Käsesorten, unterschiedlichen Molkereien, unterschiedlichen Reifegraden und unterschiedlichen mikrobiellen Kontaminationen zu unterscheiden. Die ersten Ergebnisse machen auch deutlich, dass eine mikrobielle Kontamination bereits am 4. Tag der Reifung von Blauschimmelkäse erkannt werden kann. Zu den gleichen positiven Ergebnissen kommen diejenigen Gruppen, die mit Brotprodukten arbeiten.

Mit beträchtlichem Interesse wurde die Entwicklung von billigen, tragbaren, elektronischen Nasen für die Online- oder Atline-Erkennung der sensorischen Qualitäten vieler Lebensmittel beobachtet. Für die Produzenten von Olivenöl würde die Erkennung der Ölqualität, der Haltbarkeit und der Verbraucherpräferenzen sowie die Klassifizierung in Ölqualitätsklassen (z.B. Olivenöl Extra Vergine) einen enormen Vorteil bieten. Um diese Ziele ging es bei einem Projekt, bei dem Klein- und Mittelbetriebe sowie Wissenschaftler aus olivenproduzierenden Ländern

elektronische Nasen in Olivenproduktionsanlagen mit großem Erfolg entwickelt und getestet haben. (Ref. 20).

In anderen Forschungsprojekten der EU sind e-Nasen für eine Vielzahl von Zwecken entwickelt worden. So war das Projekt PROFILE-QD (Ref. 21) auf die Entwicklung eines neuen Sensortyps gerichtet, nämlich auf einen discotischen Flüssigkristallsensor, mit dem das Ansprechen des Sensors bei der Detektion von Mikroorganismen in der Wasserversorgung oder beim Messen der Frische bei Fisch und Fischprodukten verbessert werden sollte.

Bei der Konzertierten Aktion ASTEQ (Ref.1) wurde mit mehreren Sensorprinzipien gearbeitet, besonders mit optischen Sensoren und elektronischen Nasen. Bei der Arbeit mit elektronischen Nasen wurden hauptsächlich Fruchtsäfte und Obst analysiert. Im ASTEQ-Projekt wurden Metalloxyd-Halbleiter (MOS), Polymer-Halbleiter, Quartz-Microbalance-Resonatoren und ein neuer Ionenmobilitätssensor (IMS) verwendet. Sie wurden bei Birnen, Äpfeln, Pfirsichen und Fruchtsäften eingesetzt. Das Ziel bestand darin, verschiedene Qualitätsfaktoren, wie Mehligkeit, Reifegrad, schadhafte Stellen am Obst und den Geschmack der Fruchtsäfte zu messen. Die Arbeitsgruppen fanden vor allem neue MOS-Sensoren für unterschiedliche Obstsorten kommerziell verwertbar, und sie fanden die IMS-Sensoren in Kombination mit neuen mathematischen Algorithmen für die Fruchtsaftbestimmung interessant.

C. Immunologische Sensoren

Andere Sensorprinzipien zur Erkennung oder Messung unterschiedlicher Qualitätsparameter sind in den EU-Rahmenprogrammen für Forschung untersucht worden, besonders die Immunosensoren, die bisher in diesem Bericht nicht erwähnt worden sind.. Das FOODSAFE-Projekt (Ref. 22) befasst sich mit der Entwicklung neuer At-Line-Immunosensoren, bei denen die amperometrische Detektion der gebildeten Antikörper-Antigen-Komplexe verwendet wird. Der wichtigste Qualitätsfaktor bei diesem Projekt sind toxische Chlorphenol-Fungizide und ihre chloranisolen Spaltungsprodukte in Milliardstel Teilchen in Trinkwasser, Wein und Fruchtsaft. Der elektrochemische Immunosensor verwendet monoklonale Antikörpervorbereitungen. Durch das Screening von 14.000 Hybridom-Zelllinien wurden zwei Antikörperklone zu Pentachlorophenol und zwei zu Pentachloroanisol identifiziert, charakterisiert und vermehrt. Vorläufige Nachforschungen im Zusammenhang mit Matrizen für flüssige Lebensmittel bei elektrochemischen Transduktionsprozessen zeigen bereits, dass Meerrettich-Peroxidase ein geeignetes Abfragelabel des Analyt-Antikörper-Immunkomplexes unter Verwendung von Amperometrie und eigengefertigten gerasterten Elektroden darstellt.

In dem RADAR-Projekt (Ref. 23) wird der Augenmerk auf Immunosensoren gerichtet, die hormonelle Substanzen für Wachstumsbeschleuniger erkennen. Dieser Sensor wird vor dem Schlachten verwendet, und er misst oder erkennt Testosteron, Methyltestosteron, 19-Nortestosteron, Stanozolol und Trenbolon in biologischen Flüssigkeiten, wie z.B. Blut. Man rechnet mit 30 Minuten für die Analyse, wogegen zur Zeit in Labors 24 – 36 Stunden aufgewendet werden.

Schlussfolgerungen

In den letzten 8 Jahren wurden durch EU-Forschungsprogramme zahlreiche Projekte unterstützt, die sich mit der Online- oder Atline-Erkennung vieler Lebensmittelqualitätsfaktoren befassen haben. Besonderer Wert wurde auf Sensoren gelegt, bei denen Interaktionen zwischen der elektromagnetischen Strahlung und den Lebensmitteln sowie nachfolgende spektroskopische Analysen der übertragenen oder reflektierten Strahlung angewendet wurden. Elektronische Nasen oder Zungen mit Arrays aus nicht spezifischen Festkörpersensoren waren ebenfalls Ziel der Weiterentwicklung und Erprobung, ebenso weitere Sensorprinzipien, besonders immunologische Sensoren und Sensoren, die auf der molekular geprägten Polymertechnologie (MIP, künstliche Antikörper) basieren.

Viele der EU-Projekte waren äußerst erfolgreich und haben neue Prototypen hervorgebracht, die in der Industrie erprobt wurden, wobei die Innovationen durch Lizenzverträge oder durch die Gründung neuer Sensorfirmen geschützt werden. Hierdurch können die Erkenntnisse in der Lebensmittelindustrie durch konsequente Verbesserungen auf den Gebieten der allgemeinen Lebensmittelsicherheit und Lebensmittelqualität realisiert werden.

Dank

Der Autor bedankt sich bei Dr. Douglas Neil Rutledge, Dr. Gerry Downey und Ms. Marta Vidal für die Überarbeitung des Manuskripts und bei der Europäischen Kommission für die Finanzierung dieser Unterlage über das Flair-Flow Europe Projekt (Nr. QLK1-2000-00040) innerhalb des 5. Rahmenprogramms unter «Lebensqualität und Management lebender Ressourcen, Hauptaktion 1».

Referenzen

1. ASTEQ

Künstliche Sinne für die Qualitätsbewertung

FAIR-97-3516

Projekt-Koordinator: Dr. Douglas Neil Rutledge
Institut National Agronomique, Paris-Grignon,
16 Rue Claude Bernard, Fr-75005 Paris, France.

Tel : +33 144081648

e-mail : rutledge@inapg.inra.fr.

URL: http://www.inapg.inra.fr/ens_rech/siab/asteq/

2. GLOVE

Entwicklung eines technischen Handschuhs zur Unterstützung der Qualitätsprüfung und für die Selektion von Obst je nach Pflückreife durch den Pflücker.

FAIR-97-3399

Projekt-Koordinator: Michel Crochon
Cemagref-Giquel, BP 5095, 361 rue JF Breton,
F-34033 Montpellier, Cedex 1, France.

Tel : +33 4 67046300

e-mail: michel.crochon@cemagref.fr.

URL: <http://www.montpellier.cemagref.fr/teap/projets/caporal/projetglove.htm>

3. OPTIVEG

Optische Online-Messungen als Prüfgrundlage bei der milden Wärmebehandlung von Gemüse

FAIR-98-3155

Projekt-Koordinator: Prof. Josse De Baerdemaeker
Katholieke Universiteit Leuven,
Department Agrotechniek en Economie, Kard Mercierlaan 92,
3001 heverlee, Leuven, Belgique.

Tel. : +32 16321445

e-mail : josse.debaerdemaeker@agr.kuleuven.ac.be.

URL: <http://www.agr.kuleuven.ac.be/aee/amc/research/process/optiveg/optiveg.htm>

4. DIFFRUIT

Diffuse Reflektanzspektroskopie für die Bewertung der internen Qualität von Obst und Gemüse

FAIR-96-1060

Projekt-Koordinator: Dr. Claudio Zarotti
Vela Srl, Viale teodorico 2,
20149 Milano, Italie.

Tel: +39 0232 4879

e-mail : velasrl@tin.it.

5. NIQAT

Zerstörungsfreie NIR-Technologie für die Bewertung der internen Obst- und Gemüsequalität unter Vermeidung von Außenhautverletzungen

QLK1-2000-00455

Projekt-Koordinator: Dr. Raina Chalucova
Institute for Horticulture and Canned Foods
Vassil Aprilov Blvd. 154, 4000 Plovdiv, Bulgarie

Tel. : +359 32 952109

e-mail: cic@evro.net

6. Garth Rand, A; Ye, J; Brown, CW; Letcher, SV. 2002.

Optical biosensors for food pathogen detection Food Technology, 56(3), 32-39

7. FOODSENSE

Die Verwendung optischer Biosensoren für den Nachweis von Tierarzneirückständen in Lebensmitteln – ein Demonstrationsprojekt.

FAIR-98-3630

Projekt-Koordinator: Dr. Karl-Erik Hellnaes
National Food Administration, Chemistry Division III, 751 26 Uppsala,
Sweden

Tel : +46 18 175708

e-mail: kahe@slv.se

URL: <http://www.slv.se/foodsense2/>

8. MICROSENSOR

Konstruktion von Miniatorsystemen auf der Basis frei fließender Elektrophorese (mFFE) einschließlich spezieller Sensoren für die Echtzeitanalyse von Lebensmittelkontaminierungen.

QLK1-1999-00343

Projekt-Koordinator: Dr. Pradip Patel

Leatherhead Food International, Randalls Road, KT22 7RY

Leatherhead, Surrey, Royaume Uni

Tel : +44 1372 376761

e-mail: ppatel@ifra.co.uk.

URL: <http://www.leatherheadfood.com/lfi/submenu.asp?item=2782&subsection=75>

9. Patel, PD. 2000. Biosensors for measurement of analytes implicated in food safety: A review. *Trends in Analytical Chemistry*, 21, 96-116

10. Mosbach, K; Ramström, O. 1996. . The emerging technique of molecular imprinting and its future impact on biotechnology *Bio /Technology* 14, 163-170

11. CREAM

Patronen mit molekular geprägten Erkennungselementen für die Überwachung von antibiotischen Rückständen in der Milch

QLK1-1999-00902

Projekt-Koordinator: Dr. Maria Kempe

Lunds Universitet, Centre for Chemistry and Chemical Engineering,

Getingevägen 60, 221 Lund, Suède.

Tel : +46 46 2220857

e-mail: maria.kempe@tbiokem.lth.se

URL: <http://www-samlab.unine.ch/Activities/Activity.htm>

12. Entwicklung neuer und robuster Technologien auf der Basis molekularer Prägung für Echtzeitanalysen von Lebensmittelschadstoffen und Lebensmittelkomponenten

FAIR-96-1219

Projekt-Koordinator: Dr. Pradip Patel,

Leatherhead Food International

Randalls Road, KT22 7RY Leatherhead, Surrey, Royaume Uni

Tel: +44 1372 376761

e-mail: ppatel@ifra.co.uk

13. NIPCO

Neue Bildbearbeitung für die Charakterisierung von Oliven und anderen Früchten

FAIR-97-9505

Projekt-Koordinator: Ricardo Diaz Pujol

Instituto Tecnológico Agroalimentario, Parque Tecnológico de Valencia,

Benjamin Franklin 5-11, 46980-Paterna (Valencia), Espagne.

Tel : +34 961 366 090

e-mail: rdiaz@ainia.es

URL: <http://pomelo.ivia.es/index.html>

14. STAS

Die Entwicklung spektroskopischer Techniken als hochentwickelte Sensoren für die Optimierung und Kontrolle in der Lebensmittel- und Papierverarbeitung

FAIR-96-1169

Projekt-Koordinator: Pierre Grenier

Cemagref, BP 5095, 34033 Montpellier cedex 1, France

Tel : +33 4 67 04 63 (21 or 15 or 86)

e-mail: grenier@dir.montpellier.cemagref.fr.

URL:

<http://www.montpellier.cemagref.fr/teap/projets/caporal/projetstas.htm>

15. QTEPACK

Hochentwickelte elektromagnetische Lösung zur Qualitätsprüfung in Verpackungsanlagen von Obstplantageprodukten

QLK1-2000-00936

Projekt-Koordinator: Dr. Jose Maria Martinez-Iglesias

Talleres Daumar SA, Wifredo 794-796, 08918 Badalona, Espagne.

Tel : +34 934601593

e-mail: mziglesias@daumar.es

URL: <http://qtepack.rmee.upc.es/>

16. Barlett, PN; Elliott, JM; Gardner, JW. 1997. Electronic noses and their application in the food industry

Food Technology, 51(12), 44-48

17. Tan, T; Schmitt, V; Isz, S. 2001. Electronic tongue: A new dimension in sensory analysis

Food Technology; 55(10), 44-50

18. Ellis, DI; Goodacre, R. 2001. Rapid and quantitative detection of the microbial spoilage of muscle foods: current status and future trends

Trends in Food Science and Technology, 12, 414-424

19. ENOSEFOODMICRODETECT

Schnellnachweis von mikrobiellen Kontaminationen in Lebensmittelprodukten unter Verwendung der e-Nasen-Technologie

QLK1-2000-01763

Projekt-Koordinator: Prof. Naresh Magan

Cranfield University, MK43 OAL, Silsoe, Bedford, Royaume Uni

Tel : +44 1234 754339

e-mail: n.magan@cranfield.ac.uk

URL: <http://www.e-nose.net/>

20. Bewertung der Aromaeigenschaften von Olivenöl durch elektronische Sensoren

FAIR-98-9540

Projekt-Koordinator: Benavent Chafer

Oleicola El tejar Nuestra Senora de Araceli Sci,

Carretra Cordoba-Malaga, 14915 Cordoba, Andalucia, Espagne

Tel: +34 95 7530163

21. PROFILE-QD

Elektronische Profilierung von Lebensmittel- und Getränkearomen für Qualitätsbestimmungen

FAIR-98-3436

Projekt-Koordinator: Dr. Tim Gibson

University of Leeds, 175 Woodhouse Lane,

LS2 3AR Leeds, Yorkshire, Royaume Uni

Tel : +44 113 2332599

e-mail: T.D.Gibson@leeds.ac.uk

22. FOODSAFE

Schnellnachweis der Lebensmittelsicherheit durch neuartige Atline-Messungen

QLK1-2000-00518

Projekt-Koordinator: Dr. Steven Setford

Cranfield University, Building 39, MK45 4DT, Silsoe, Royaume Uni

Tel : +44 1525 863549

e-mail: s.j.setford@cranfield.ac.uk

URL: <http://www.cranfield.ac.uk/ibst/ccas/foodsafe/>

23. RADAR

Entwicklung von Einzel- und Multianalyt-Affinitätssensoren für den Schnellnachweis von androgenen Rückständen in lebenden und post-mortem Tieren

QLK1-2001-01670

Projekt-Koordinator: Dr. George Guilbault

University College Cork, Western Road, Cork, Irlande

Tel : +353 214902403

e-mail: g.guilbault@ucc.ie

URL: <http://intel.ucc.ie/sensors/androgen/>

Weitere Literatur

Kress-Rogers, E; Brimelow, CJB (editors). 2001. Instrumentation and sensors for the food industry, 2nd edition; Woodhead Publishing Limited (ISBN 1 85573 560 1)