

Entwicklung eines online-fähigen thermographischen Detektionssystems zur Fremdkörpererkennung in Lebensmitteln

- Koordinierung:** Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
- Forschungsstelle I:** Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI), Braunschweig
Prof. Dr. R. Marutzky/Dipl.-Phys. P. Meinlschmidt
- Forschungsstelle II:** Technische Universität Braunschweig, Institut für Nachrichtentechnik (IfN)
Prof. Dr. U. Reimers/Dr. V. Märgner
- Forschungsstelle III:** Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. H.-D. Jansen/Dr. K. Franke
- Industriegruppe:** Bundesverband der Deutschen Süßwarenindustrie e.V., Bonn
- Projektkoordinator: Dr. B. Schartmann,
Lindt & Sprüngli GmbH, Aachen
- Laufzeit:** 2001 – 2004
- Zuwendungssumme:** € 354.810,--
(Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

Ausgangssituation:

Derzeit werden Lebensmittel in der Regel auf Förderbändern mit Geschwindigkeiten von ca. 50 m/min unter Detektorsystemen hindurchgeführt zur anschließenden Siebung, Sichtung und Sortierung. Dabei werden die Fremdkörper, wenn sie vom Detektor erkannt werden, aus dem Produktionsprozess entfernt.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, bestehende Detektorsysteme zu ergänzen durch ein weitergehendes, thermographisches Inspektionssystem und soweit zu modifizieren, dass es in bereits bestehende Erkennungs- und Beförderungssysteme integriert werden kann, um dann entweder mit Hilfe der Abkühlungs- oder der Mikrowellenthomographie noch verbliebende Fremdkörper zu detektieren, um diese dann aus dem Prozess zu entfernen.

Forschungsergebnis:

Im Rahmen des Projektes wurde im Wesentlichen auf folgende Produkte fokussiert:

Priorität	Lebensmittel	Fremdkörper
1	Haselnüsse	Hartschalen, Häutchen, Schrumpfkern, Steine
2	Mandeln	Hartschalen(-reste), Steine
3	Aprikosen/Pfirsiche	Kernreste an frischen Früchten und im eigenen Saft
4	Konfitüre	Steine, Kelche, Stroh, Kerne in dünner Konfitüreschicht
Sonstiges	Schokoladentafeln	Glas, Kunststoff, Holzreste, Steine

Mit verschiedenen thermographischen Verfahren (Emissionsgrad, Impuls-Thermographie, aktive Online-Thermographie, Abkühlungs-Thermographie, Mikrowellen-Thermographie) konnten verschiedene Lebensmittel von ihren Fremdkörpern unterschieden werden. Je nachdem, um welche Kombination es sich handelte, war die eine oder andere Technik hierfür besser geeignet.

Bei der einfachsten Methode, der Unterscheidung aufgrund des Emissionsgrads, war nur die

Schokolade von Kirschen erfolgreich zu trennen. Weiterführender war die Impuls-Thermographie, mit der die Häutchen, Steine und Hartschalen von den Haselnüssen ebenso gut unterschieden werden konnten wie die Hölzchen in den Weingummis oder den Rosinen. Doch dieses im Labor häufig eingesetzte Verfahren eignet sich wegen seiner quasi-stationären Technik und seines kleinen Messbereiches nicht gut für laufende Prozesse mit hohem Durchsatz. Hierfür bewährten sich die Online- und die Abkühlungs-Thermographie besonders gut. Mit ihnen war es möglich, hölzerne Verunreinigungen in Rosinen und Weingummis, Steine und Hartschalen in Nüssen aber auch Steine und Kunststoffe in Schokoladentafeln zu detektieren. Mit diesen Techniken wurden sowohl im Labor, im Technikum der Zentralfachschule der Deutschen Süßwarenwirtschaft als auch in der Industrie erfolgreich Untersuchungen durchgeführt. Die hierbei erzielten Ergebnisse stimmten gut mit den theoretischen Modellen und Berechnungen überein. Vergleichende Untersuchungen an Schokoladentafeln zeigten, dass sich sowohl bei Ausnutzung der Produktionswärme (Abkühlungs-Thermographie) als auch nach aktiver Erwärmung am Ende des Prozesses (Online-Thermographie) die Fremdkörper von der umgebenden Schokolade unterschieden. Allerdings waren die Unterschiede im ersten Fall deutlicher. Anhand einer „Schaukellagerung“ konnte auch nachgewiesen werden, dass die aktive Erwärmung nicht zu einer Qualitätsminderung der Schokolade (Fettreif) geführt hat.

Mit der Mikrowellen-Thermographie konnte gezeigt werden, dass es auch bei gefrorenen Aprikosen möglich ist, anhaftende Kernreste eindeutig von den Früchten zu unterscheiden, ohne diese vollständig aufzutauen.

Begleitend zu den thermographischen Untersuchungen war ein Hauptbestandteil des Projektes die Entwicklung eines Softwarepaketes, das die Aufnahme thermographischer Bildserien und deren automatische Auswertung erlaubt. Neben der Realisierung der Hardware, insb. deren Schnittstellen, wurde besonderer Wert auf die Bildverarbeitungsalgorithmen gelegt. Die getesteten Methoden erstreckten sich von zeitlichen Temperaturgradienten über einfache Histogramm- bis zu komplexen Texturanalysemethoden. Die Tests ergaben, dass Methoden, die sich auf den Grauwertunterschied (örtliche Temperaturgradienten) zwischen Lebensmitteln und Fremdkörpern stützen, die besten Ergebnisse lieferten. Die Vor- und Nachteile dieser Methoden sind anhand einzelner Beispiele aufge-

führt. Abschließend wurde die Leistungsfähigkeit von Fuzzy-Methoden in einem ersten Test zur Klassifikation einzelner Nüsse gezeigt.

Mit den Untersuchungen konnte insgesamt gezeigt werden, dass es möglich ist, mittels thermographischer Methoden bisher nicht detektierbare Fremdkörper in Süßwaren auch im Online-Betrieb aufzufinden. Für die relevanten Produktgruppen wurden geeignete Verfahren herausgearbeitet.

Wirtschaftliche Bedeutung:

Da ein großer Teil der Süßwarenindustrie mittelständisch strukturiert ist, kann das angestrebte Detektionsverfahren einen großen Beitrag zur Steigerung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit, insbesondere gegenüber ausländischen Produzenten, darstellen.

Dies betrifft in erster Linie die Produktion von schokoladen- und kakaohaltigen Waren, die 1999 mit 1.293 t ca. 44 % der deutschen Süßwaren ausmachten. Als drittgrößter Rohkakaoverarbeiter der Welt (226.000 t in 1997/98) und den in der Kakaoverordnung vorgegebenen Grenzwerten von 5 % Schalenanteile bezogen auf die Kakao-Trockenmasse, ist in dieser Branche ein großes Interesse an der Erkennung und Aussortierung von Schalen zu erwarten.

Aber auch für die Herstellung von feinen Backwaren, die 1999 mit 585 t ca. 20 % der deutschen Süßwarenproduktion ausmachten, ist eine thermographische Erkennung von Fremdkörpern von Interesse, weil ca. 50 % dieser Waren aus kakaohaltigen Keksen oder Waffeln bestehen.

Bei den Knabberartikeln, die 1998 mit 293 t immerhin noch fast 10 % der in Deutschland produzierten Süßwaren ausmachten, gehören ca. 78 t oder 27 % zu den Erdnuss- oder Edelnussprodukten sowie zu den Nussmischungen. Hier liegt das besondere Interesse sowohl in der Erkennung von verdorbenen und damit möglicherweise mit Aflatoxinen belasteten Nüssen als auch in der Erkennung von Schalenresten, die eine entsprechende Gesundheitsgefährdung des Verbrauchers (Erstickungsanfall, Schnittverletzungen, Zahnschäden) verursachen können.

Darüber hinaus ist auch das Auffinden anderer Fremdkörper für die gesamte Süßwarenindustrie von großer Bedeutung, um eine akute Gesundheitsgefährdung des Verbrauchers sowie die

mikrobiologische Kontamination von Produkten und damit Reklamationen so klein wie möglich zu halten.

Von den Ergebnissen können ferner sowohl der Bereich des Sondermaschinenbaus, der sich mit Sortiertechnik beschäftigt, als auch die Hersteller thermographischer Sensoren profitieren.

Am Ende des Projektes ist festzustellen, dass am einfachsten und damit am schnellsten für die Wirtschaft umsetzbar die Detektion von Fremdkörpern in solchen Süßwaren ist, die eine sehr homogene Materialzusammensetzung besitzen, wie z. B. Weingummis. Auch wenn diese farblich sehr unterschiedlich sind, verhalten sie sich thermisch sehr gleichmäßig und unterscheiden sich deutlich von vielen Fremdkörpern. Aber auch in der Schokoladenindustrie konnten Fremdkörper sowohl im Nussstrom als auch in der noch flüssigen Schokolade erkannt werden.

Auch bei der Nutzung der Mikrowellenstrahlung lässt sich ein großes Potential erkennen, wenn es gelingt, hiermit deutlich homogenere Wärmefelder zu erzeugen. Dann besteht die Möglichkeit, Fremdkörper tiefer im Lebensmittel anzuregen und z. B. auch Kerne in einzeln eingefrorenen Kirschen zu detektieren.

Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2004.
2. Meinschmidt, P. und Märgner, V.: Detection of foreign substances in food using thermography. Proc. SPIE 4710, 565 (2002).
3. Franke, K.: Entwicklung eines onlinefähigen thermographischen Detektionssystems zur Fremdkörpererkennung in Lebensmitteln. Jahresbericht Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik, Quakenbrück, 79-83 (2002). Jahresbericht Deutsches Institut für

Lebensmitteltechnik, Quakenbrück, 91-95 (2003).

4. Meinschmidt, P. und Märgner, V.: Thermographic techniques and adapted algorithms for automatic detection of foreign bodies in food. Proc. SPIE 5073, 168 (2003).
5. Meinschmidt, P., Märgner, V. und Franke, K.: Den Fremdkörpern auf der Spur – Teil 1: Neue Möglichkeiten durch Thermographie. Süßwaren 49 (11), 10-13 (2004).
6. Meinschmidt, P., Märgner, V. und Franke, K.: Den Fremdkörpern auf der Spur – Teil 2: Online-Thermographie in der Süßwarenproduktion. Süßwaren 49 (12), 10-12 (2004).

Weiteres Informationsmaterial:

Fraunhofer-Institut für Holzforschung
Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI)
Bienroder Weg 54 E, 38108 Braunschweig
Tel.: 0531/21 55-449, Fax: 0531/35 15 87
E-Mail: meinschmidt@wki.fhg.de

Technische Universität Braunschweig
Institut für Nachrichtentechnik (IfN)
Schleinitzstr. 22, 38092 Braunschweig
Tel.: 0531/391-2483, Fax: 0531/391-8218
E-Mail: v.maergner@tu-bs.de

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V.
(DIL)
Prof.-von-Klitzing-Str. 7, 49610 Quakenbrück
Tel.: 05431/183-228, Fax: 05431/183-200
E-Mail: h.d.jansen@dil-ev.de

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn
Tel.: 0228/372031, Fax: 0228/376150
E-Mail: fei@fei-bonn.de