



Food-Chain-Management

**Rahmenprogramm Mikrosysteme – Innovationsunterstützende Maßnahmen
„Berliner Kamingespräche zur Mikrosystemtechnik“**



Berliner Kamingespräche zur Mikrosystemtechnik

Nachdenken? Ja, aber auch Vordenken!

Innovationsverläufe im Bereich von Hochtechnologie sind von einer hohen Dynamik gekennzeichnet. Das Aufspüren von Zukunftsszenarien ist daher vergleichbar einer Fahrt mit dem Auto in eine Nebelbank, wobei sich der Fahrer durch den Blick aus dem Seitenfenster und in den Rückspiegel orientiert. Es findet eine Extrapolation gegenwärtig bekannter Entwicklungslinien in die Zukunft statt; Sprunginnovationen sind kaum vorhersehbar. Dennoch ist „Foresight“ – also die „Vorausschau“ ein wichtiges Instrument, um Trends und damit verbundene Gestaltungsoptionen zu durchdenken. Kurzfristige Vorausschauen und sich daraus abzeichnende Anforderungen an Innovationsprozesse ermöglichen es, die strategische Orientierung staatlicher Maßnahmen regelmäßig zu überprüfen und gegebenenfalls zu modifizieren. Eine mittel- und langfristige Vorausschau eröffnet hingegen neue Anwendungskorridore, in denen sich gesellschaftlich erwünschte Ziele neu formulieren lassen. Technologieoptionen, gesellschaftliche Bedürfnisse und wirtschaftliche Interessen oder auch Notwendigkeiten zeichnen gemeinsam das Bild möglicher Zukunftsszenarien.

Im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) fertigt die VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (VDI/VDE-IT) mit ausgewählten Partnern einzelne Bestandteile oder Episoden eines Zukunftsgemäldes zum Thema Mikrosystemtechnik (MST) an. Dabei haben sich die Akteure als Innovationslotsen oder – mit Verlaub – Innovationstrüffelschweine für MST-affine Technologielinien und visionäre Anwendungen gezeigt. Die Grenze zur Science Fiction wurde dabei bewusst nicht überschritten, weil sich alle Beteiligten einig darin sind, dass die Zukunftsentwürfe durchaus Industrie relevant und damit Stimuli für die Industrie und für eine gemeinsame Diskussion über die Frage „Wie erreichen wir erwünschte Ziele?“ sein sollten.

Die Darstellung von Visionen in MST-relevanten Anwendungsbereichen kann nicht die Unsicherheiten über Märkte sowie über technische und unternehmerische Anforderungen restlos beseitigen. Diese kann aber dennoch Unternehmen Impulse für einen begründeten Einstieg in neue Technologie- oder Produktstrategien geben, wenn seriös erarbeitete Zukunftsszenarien die hohe Bedeutung der Mikrosystemtechnik für die Wirtschaft in für Deutschland wichtigen Feldern aufzeigen.

Unter Beteiligung nationaler Experten und international herausragender Persönlichkeiten wurden interessante Aspekte diskutiert. Die Dokumentation der 1,5 - tägigen Veranstaltung im Dezember 2005 in Berlin wird hiermit vorgelegt.



Verband
Mikroelektronik

Mit der Durchführung des "Berliner Kamingesprächs zur Mikrosystemtechnik" zur Thematik „Food Chain Management“ wurde der Fraunhofer Verbund Mikroelektronik beauftragt.

Gerne nehmen wir Ihre Kommentare und Ergänzungen entgegen.

Senden Sie diese bitte per E-Mail an Alfons Botthof
(botthof@vdivde-it.de)

Abschlussbericht

MST-Kamingespräch Food Chain Management

1./2.12.2005, Hotel Adlon, Berlin

Moderation:	Prof. Dr. Andreas Schäffer	Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und angewandte Ökologie IME & RWTH Aachen
Gastreferent:	Prof. Dr. Klaus-Dieter Jany	Bundesforschungsanstalt für Ernährung
Teilnehmer:	Ute Ackermann Prof. Dr. Elke Anklam Alfons Botthof Dr. Mark Bücking Prof. Dr. Günther Fuhr Dr. Martin Geyer Prof. Dr. Hans Rudolf Glatt Dr. Christian Grugel Beate Kolkmann Dr. Klaus-Dieter Lang Dr. Volker Lange Prof. Dr. Thorsten Müller Dr. Björn Seidel Prof. Dr.. Dr. Hans Steinhart	VDI/VDE Innovation + Technik GmbH European Commission VDI/VDE Innovation + Technik GmbH Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und angewandte Ökologie IME Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik IBMT Leibnitz-Institut für Agrartechnik Deutsches Institut für Ernährungsforschung Bundesamt für Verbraucherschutz Food Processing Initiative e.V. Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM Fraunhofer Institut für Materialfluss und Logistik IML Univ. Hohenheim, Institut für Pflanzenernährung Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und angewandte Ökologie IME Universität Hamburg, Institut für Biochemie und Lebensmittelchemie
Organisation:	Christian Lüdemann Dr.-Ing. Joachim Pelka	Fraunhofer Verbund Mikroelektronik VμE Fraunhofer Verbund Mikroelektronik VμE

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	3
2	Einführung und Motivation	6
3	Gesellschaftliche Randbedingungen	10
3.1	Die Nahrungsmittelkette im Wandel der Zeit.....	10
3.2	Was heißt gesunde Ernährung?	10
4	State-of-the Art in Produktion und Forschung	12
4.1	Lebensmittelproduktion	12
4.2	Forschung	13
5	Visionen und Herausforderungen für den Einsatz der Mikrosystemtechnik.....	14
6	Forschungsthemen, Aufgabenbereiche und Perspektiven der Mikrosystemtechnik innerhalb eines Food-Chain Managements	16
6.1	Herausforderungen für die Mikrosystemtechnik	16
6.2	Die Bedeutung der Rückverfolgbarkeit	17
6.3	Von der Rückverfolgbarkeit zum Food Chain Management.....	18
6.4	Einsatzbereiche der Mikrosystemtechnik	18
6.4.1	Produktion: Feld, Stall, Fabrik.....	18
6.4.2	Industrielle Prozessierung.....	20
6.4.3	Lagerung, Logistik und Handel.....	22
6.4.4	Endkunde / Verbraucher	24
6.4.5	Krisenmanagement.....	25
7	Leitthemen.....	26
7.1	Mikrosystemtechnik beim Urerzeuger	26
7.2	Mikrosystemtechnik für Wareneingang und Produktionskontrolle	26
7.3	Mikrosystemtechnik für Transport und Lagerung	27
7.4	Mikrosystemtechnik für den Verbraucher.....	27
8	Produktvisionen	28
8.1	Mikrosysteme in der Agrarwirtschaft.....	28
8.2	Mikrosystemtechnik in der Lebensmittelherstellung.....	29
8.3	Mikrosystemtechnik beim Verbraucher	30
9	Bedeutung für die Industrie.....	32
9.1	Lebensmittelindustrie.....	32
9.2	Mikrosystemtechnische Industrie	32
10	Empfehlungen.....	33
11	Danksagung	35
12	Die Teilnehmer	36
13	Anlagen	37

1 Zusammenfassung

Die Nahrungsmittelindustrie steht heute vor einem Umbruch. Nicht mehr die Sicherstellung der Ernährung (*Food Security*) steht im Vordergrund, sondern vielmehr die Frage, »Was soll ich essen, um gesund zu bleiben?«. *Functional Food* und *Food on Demand* heißen die neuen Schlagworte.

Lebensmittelsicherheit und Lebensmittelqualität gewinnen dabei vor dem Hintergrund der schon fast alltäglich gewordenen Lebensmittelskandale ständig an Bedeutung. Die Gewährleistung sicherer und qualitativ hochwertiger Lebensmittel (*Food Safety*) wird für Unternehmen aus der ganzen Lebensmittelbranche zu einer existenziellen Frage im Wettbewerb. Für eine effektive Umsetzung müssen Produktion und Bereitstellung von Lebensmitteln als ganzheitlicher Prozess begriffen werden, der bei der Qualität des Ackerbodens beginnt und beim Gesundheitsstatus des Konsumenten endet. Die noch vergleichsweise junge Fachdisziplin des »Food Chain Managements« hat die Analyse und Optimierung dieses Prozesses zum Ziel, um den Konsumenten so effizient und sicher wie möglich mit optimalen Lebensmitteln zu versorgen.

Während heute die Lebensmittelindustrie überwiegend noch mit herkömmlichen Technologien den neuen Anforderungen begegnen muss, eröffnet die Mikrosystemtechnik neue Möglichkeiten. Von mikrosystemtechnischen Konzepten wird erwartet, dass sie helfen, die Lebensmittelproduktion und –bereitstellung zu optimieren. Der Mikrosystemtechnik wird durch das neue Anwendungsgebiet ein Marktsegment eröffnet, in dem bereits heute Umsätze in dreistelliger Millionenhöhe getätigt werden, dessen tatsächliche Größe aber weit aus höher liegen wird.

Die im Zusammenhang mit der Mikrosystemtechnik diskutierten Aufgabenstellungen konzentrieren sich auf drei Bereiche. In einem ersten Aufgabenfeld müssen Informationen über Herkunft und Verarbeitung von Inhaltsstoffen und Fertigprodukten eindeutig mit den jeweiligen Produkten bzw. Rohstoff-Chargen verknüpft werden. Damit soll auf der einen Seite sichergestellt werden, dass alle relevanten Informationen an jeder Stelle der Nahrungsmittelkette zur Verfügung stehen. Auf der anderen Seite wird dadurch aber auch die Rückverfolgbarkeit von verdorbenen oder kontaminierten Waren bis zum Verursacher gewährleistet. Hier treffen im Wesentlichen informationstechnische und logistische Fragestellungen zusammen. Das manipulationssichere Vererben von Informationen während der Verarbeitung stellt dabei eine zentrale Herausforderung dar. Logistik, IuK-Technologien und Mikrosystemtechnik müssen diese

Aufgaben gemeinsam lösen. Auch das Krisenmanagement ist in diesem Bereich anzusiedeln. Hierzu ist zusätzlich ein Dialog zwischen Behörden und Handel erforderlich.

In einem zweiten Aufgabenkomplex lassen sich alle Analyse- und Überwachungsaufgaben zusammenfassen. Miniaturisierte Analysegeräte, standardisierte Screeningverfahren für kritische Kontaminationen und Schnelltests für mikrobielle Belastungen sind heute noch nicht verfügbar, werden aber durch die verschärften rechtlichen Bestimmungen über kurz oder lang unabdingbar. Das Monitoring von Produktionsprozessen und die Überwachung von Transport und Lagerhaltung dienen der Optimierung von Herstellung und Vertrieb und damit letztlich der Kostensenkung und der Aufrechterhaltung oder sogar Verbesserung der Qualität. Screeningverfahren und Schnelltests sind heute noch nicht oder nicht in ausreichendem Maße verfügbar. Analysegeräte sind für den mobilen Einsatz nicht klein genug. Beide Aufgaben sollen von der Mikrosystemtechnik in Zusammenarbeit mit der Lebensmittelchemie gelöst werden.

Die den Endverbraucher betreffenden Herausforderungen können dem dritten Bereich zugeordnet werden. Die bei Bedarf vollständige Weitergabe der mit dem Lebensmittel verknüpften Informationen an den Endverbraucher und die dadurch mögliche individuelle Ernährungsberatung verbinden ein zukünftiges Food Chain Management mit der sog. Ambient Intelligence, der elektronischen Assistenz im Alltagsleben. Hier schließt sich die Lücke zur Informationstechnik und zum Ubiquitous Computing, das in anderen Lebensbereichen bereits Einzug hält. Dieses Feld ist eine komplexe Aufgabe für Mikrosystemtechnik, Mikroelektronik und Informations- und Kommunikationstechnik, die in enger Kooperation mit der Lebensmittelindustrie und dem Einzelhandel bearbeitet werden muss.

Die Expertenrunde, die diese Themen am 1. und 2.12.2005 im Berliner Adlon Hotel diskutiert hat, hat die Notwendigkeit eines intensiven, interdisziplinären Dialogs zum Food Chain Management betont. Dieser Dialog muss neben den Technikern aus unterschiedlichen Forschungsdisziplinen und den Behörden auch die Industrie einbeziehen. Wegen der in Deutschland weitgehend fehlenden Industrieforschung auf diesem Gebiet sehen sie die industriellen Ansprechpartner eher im Bereich der Qualitätssicherung, was der institutionellen Forschung den direkten Zugang zur Anwendung ermöglichen würde. Notwendig ist aber der Aufbau einer Infrastruktur, die der in Deutschland überwiegend mittelständisch geprägten Lebensmittelindustrie den Zugang zu den neuen Technologien ermöglicht.

Die Expertenrunde hat vier Leitthemen definiert und zur Förderung durch den bmb+f empfohlen:

- Mikrosystemtechnik beim Urerzeuger umfasst die Entwicklung von Standards, Analysemethoden und Sensoren für die Überwachung von Landwirtschaft und Viehzucht.
- Mikrosystemtechnik für Wareneingang und Produktionskontrolle schafft die Voraussetzungen für die Informationsverarbeitung in der Produktion und damit für die Rückverfolgbarkeit von Produkten und Rohstoffen. Gleichzeitig ist die Entwicklung einer miniaturisierten in-line Analytik zur Produktionskontrolle und –optimierung Ziel diese Leitthemas
- Mikrosystemtechnik für Transport und Lagerung umfasst die notwendige Überwachung, Waren- und Datenlogistik für Transport und Lagerhaltung.
- Mikrosystemtechnik für den Verbraucher beinhaltet die elektronische Assistenz für den Endkunden, die ihm die gewünschte Information an die Hand gibt, die ihm leicht bedienbare Diagnosewerkzeuge für die heimische Lebensmittelkontrolle zur Verfügung stellt und die – last but not least – erst eine individuelle Ernährungsberatung ermöglicht.

2 Einführung und Motivation

Lebensmittelsicherheit und Lebensmittelqualität gewinnen vor dem Hintergrund der schon fast alltäglich gewordenen Lebensmittelskandale eine immer größere Bedeutung. Die Gewährleistung sicherer und qualitativ hochwertiger Lebensmittel wird daher für Unternehmen aus der ganzen Lebensmittelbranche zu einer existenziellen Frage im Wettbewerb. Für eine effektive Umsetzung muss dieser Qualitätsbegriff aber auch eindeutig definiert und dem Verbraucher vermittelt werden, da heute existierende Prüfsiegel vielfach nur Marketingcharakter haben. Erforderlich dazu ist eine wissenschaftlich fundierte Informationsbasis auf der einen Seite, der entsprechende Kontroll- und Überwachungsmechanismen auf der anderen Seite entgegengesetzt werden.

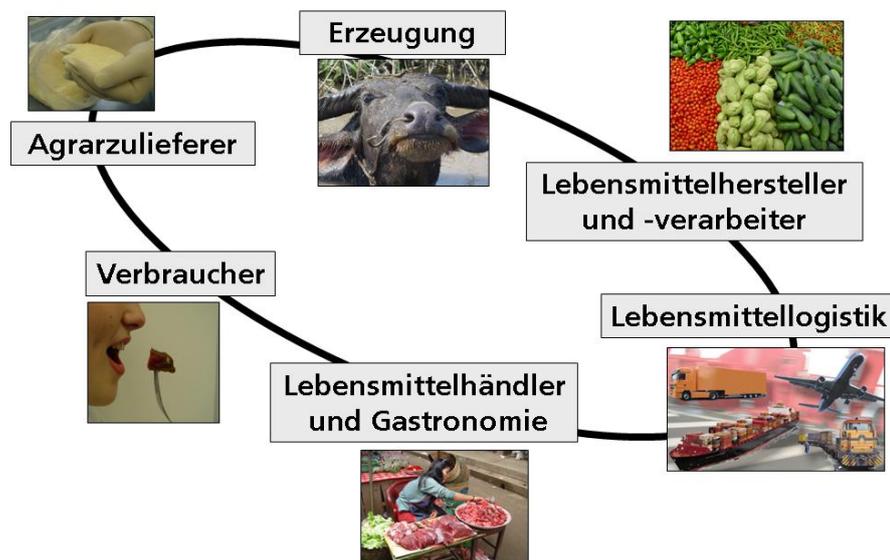


Abb. 1: Für ein effektives Food-Chain Management muss die gesamte Lebensmittelkette vom Urerzeuger bis zum Verbraucher als ganzheitlicher Prozess begriffen werden.

Um diesen Anforderungen entsprechen zu können, müssen Produktion und Bereitstellung von Lebensmitteln zunehmend als ganzheitlicher Prozess begriffen werden, der bei der Qualität des Ackerbodens beginnt und beim Gesundheitsstatus des Konsumenten endet. Dieser Prozess umfasst damit die gesamte Ket-

te der Lebensmittelherstellung von der Produktion über die Verarbeitung und Handel bis hin zum Verbraucher. Die noch vergleichsweise junge Fachdisziplin des »Food Chain Managements« hat die Analyse und Optimierung dieses Prozesses zum Ziel.

Wesentliche Aspekte des Food Chain Managements sind dabei die Lebensmittelsicherheit (*Food Safety*), die Lebensmittelqualität und die Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln bzw. deren Bestandteilen. Durch die in jüngster Zeit gehäuft auftretenden Lebensmittelskandale und Tierseuchen, so z.B. durch die »Lebensmittelkrisen« wie BSE, Geflügelpest, Vogelgrippe, aber auch durch die globalen Warenströme, durch neue gesetzliche Regelungen und das Verbraucherverhalten ist die früher direkte und transparente Nahrungsmittelkette heute praktisch nicht mehr existent. Die fehlende Transparenz bzw. Nachvollziehbarkeit muss heute durch systematische und flächendeckende Kontrollen in Verbindung mit einem effektiven Food Chain Management ersetzt werden.

Ziel eines wirksamen Food Chain Managements ist es, den Konsumenten so effizient und sicher wie möglich mit Lebensmitteln zu versorgen. Dabei wird angesichts der oben genannten Herausforderungen deutlich, dass den Bereichen Lebensmittellogistik und Lebensmittelsicherheit in diesem Kontext eine wichtige Rolle zukommt. Alle Bestandteile der Lebensmittel müssen analysierbar und durch die gesamte Kette zweifelsfrei rückverfolgbar sein. Die Anpassung an diese Entwicklungen ist für die Unternehmen der Agrar- und Lebensmittelindustrie eine große Herausforderung, da sie sich mit ihren Produkten in einem zunehmend komplexen Umfeld aus gesetzlichen Bestimmungen und spezifischen Standards bewegen.

Mikrosystemtechnische Konzepte können in erheblichem Maße dazu beitragen, die Lebensmittelproduktion und -bereitstellung in diesem Sinne zu optimieren.

Während heute in der Lebensmittelüberwachung noch immer zeitaufwändige Laboranalysen und Expertenbeurteilungen dominieren, stehen wir an der Schwelle zu einer neuen Generation von Kontroll- und Analysesystemen, die durch den Einsatz mikrotechnischer Komponenten neue Wege eröffnen. Zukünftig werden kleine, mobile Analysegeräten elektronisch weiterverarbeitbare Ergebnisse liefern und automatisch, d.h. ohne nennenswerten Personaleinsatz messen. Wichtig ist dabei eine »schonende Analytik«, die mit geringsten Probenmengen auskommt – also quasi eine »zerstörungsfreie Werkstoffprüfung« – und die vor allen Dingen auch durch den Verbraucher selbst genutzt werden kann.

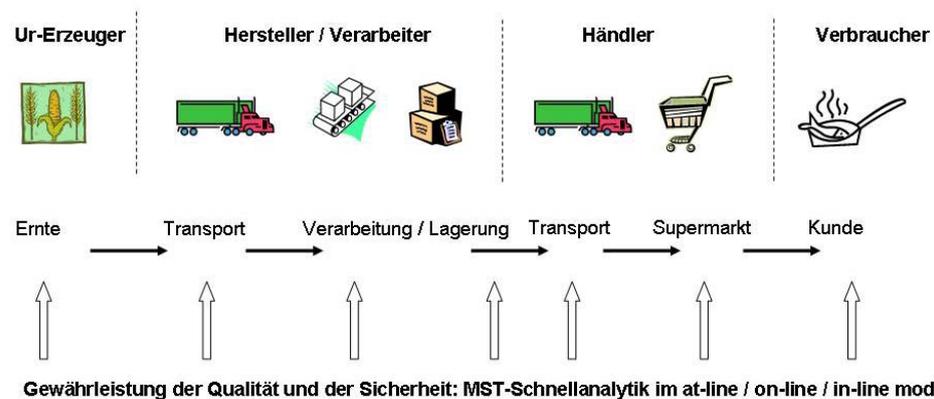


Abb. 2: Von mikrosystemtechnischen Lösungen wird eine maßgebliche Erleichterung und Effizienzsteigerung bei der Durchführung von Lebensmittelkontrollen erwartet.

Derartige Geräte müssen in der vollständigen Kette, d.h. bei

- Erzeugung
- Transport
- Verarbeitung
- Weitertransport
- Lagerung
- Kauf und Verzehr

eingesetzt werden können. Dazu ist der Einsatz bei bzw. die Kooperation mit

- Agrarzulieferern
- Agrarbetrieben
- Lebensmittelherstellern und -verarbeitern
- Lebensmittellogistik
- Lebensmittelhändlern und Gastronomie
- Lebensmittelkonsumenten und eventuell sogar den Verbrauchern
- Lebensmittelüberwachung

erforderlich. Gerade aus deutscher Sicht muss beachtet werden, dass die nationale Ernährungsindustrie weitgehend mittelständisch geprägt ist. Das erschwert die Einführung neuer Technologien und erfordert u.U. sogar den Aufbau neuer Infrastrukturen, um den interessierten Betrieben einen preisgünstigen Zugang zu neuen Ideen und Verfahren zu ermöglichen.

Im Mittelpunkt der vorgestellten Überlegungen stehen daher mikrotechnische Ansätze der Analytik und Logistik, die sich vor dem Hintergrund der Einbettung in die gesamte Lebensmittelkette vor allem durch eine leichte Integrierbarkeit und geringe Kosten auszeichnen. Dies bezieht sich sowohl auf eine technische Integration im Sinne potenziell vernetzter oder gar intelligenter Gesamtsysteme als auch auf eine ökonomische bzw. gesellschaftliche Integration, die spezifische Charakteristika der Lebensmittel-Wertschöpfungskette, wie etwa Agrarsubventionen oder gentechnisch veränderte Nahrungsmittel, einbezieht.

3 Gesellschaftliche Randbedingungen

3.1 Die Nahrungsmittelkette im Wandel der Zeit

Die Entwicklung der Aufgaben der Nahrungsmittelkette ist seit 1945 einem rasanten Wandel unterworfen. Während unmittelbar nach Kriegsende die *Food Security* (Sicherstellung des Nahrungsmittelangebots: »Ist etwas zu essen da?«) im Vordergrund stand, hatte sich der Fokus dreißig Jahre später, also Mitte der siebziger Jahre bereits zur Fragestellung »Was ist zu essen da?« verschoben. Heute, Mitte der ersten Dekade des 21. Jahrhunderts, dominiert dagegen die Unsicherheit (»Was kann ich (überhaupt noch) essen?«). Qualität steht im Vordergrund. Aus der Forderung nach der *Food Security* (»Ist die Ernährung gesichert?«) ist die Forderung nach der *Food Safety* (»Ist die Ernährung noch sicher?«) geworden. Diese Entwicklung geht weiter. Heute müssen wir beginnen, uns auf *Food on demand* einzustellen. Es steht schon jetzt zunehmend die Frage – »Was soll ich essen um gesund zu bleiben?« - und damit die Frage nach dem *Functional Food* im Raume.

Diese Frage wird nur mit Hilfe von technischen Hilfsmitteln zu jeder Zeit und an jedem Ort zufrieden stellend beantwortet werden können. Neben der rein technischen Entwicklung erfordert dies aber ein gesellschaftliches Umdenken in einem Bereich, in dem Technikakzeptanz heute eher die Ausnahme als die Regel ist. Meinungen zählen häufig mehr als Tatsachen, und Begriffe wie Qualität und Sicherheit werden zwischen den gesellschaftlichen Partnern ausgehandelt und beruhen häufig nicht auf gesicherten Erkenntnissen. Ein typisches Beispiel dafür ist das allgemein als positiv akzeptierte Bild der Milch.

3.2 Was heißt gesunde Ernährung?

Die Nahrungsmittelproduktion entzieht sich durch das aus Vorurteilen und Meinungen resultierende Verbraucherverhalten heute mehr denn je einer wissenschaftlich gesicherten Richtlinie für gesunde Ernährung. Das Verhalten der »gesundheitsbewussten« Verbraucher polarisiert sich immer stärker. Viele Verbraucher folgen der Tendenz zum hoch angereicherten Fertigprodukt, dem *functional food* aus dem Supermarkt, während andere sich verstärkt dem *pure food*, also dem frischen, naturbelassenen Lebensmittel zuwendet.

Dabei muss man festhalten, dass gerade die naturbelassenen Lebensmittel bereits zu etwa 60% aus Südamerika kommen und durch die langen Transport-

wege überlagert sind. Diese Produkte sind also nur vermeintlich frisch und natürlich. Eine einfache, schnelle und kostengünstige Analytik zum Nachweis der Frische existiert heute noch nicht.

Für die Lebensmittelindustrie ist die Einführung funktioneller Lebensmittel (*functional food*) und sog. Convenience Produkte wegen der damit verbundenen Wachstumsmöglichkeiten von besonderem Interesse. Die in diesem Zusammenhang diskutierten neuen nationalen und internationalen Rechtsvorschriften, Verordnungen und Kennzeichnungsvorschriften stellen jedoch gerade die mittelständischen Betriebe vor nicht zu unterschätzende Herausforderungen und verursachen bei der Umsetzung z.T. erhebliche Kosten.

Beim hoch angereicherten High-Tech Lebensmitteln ist der Verbraucher überdies im Hinblick auf Produktinformationen vollständig auf die Herstellerangaben angewiesen, die aber in der Regel zwar vollständig aber meist unverständlich sind. Bei Convenience Produkten (Tiefkühlkost, Fertiggerichte) kommt dagegen der Zubereitung beim Verbraucher eine hohe Bedeutung zu. Das richtige Erhitzen zum Erhalt der Inhaltsstoffe oder das simple Öffnen von Verpackungen stellt z.T. eine durchaus nicht zu vernachlässigende Hürde dar.

Die Entscheidung für eine bestimmte Ernährungsform ist somit eher eine Glaubensfrage als eine Tatsachenentscheidung. Eine individuell abgestimmte Ernährung ist auf dieser Basis jedoch nicht möglich.

4 State-of-the Art in Produktion und Forschung

4.1 **Lebensmittelproduktion**

Anfang des zwanzigsten Jahrhundert stellten noch viele Kleinbetriebe ihre Lebensmittel – meist aus regionalen Zutaten - selbst her und vertrieben diese üblicherweise direkt. Da Konservierungsstoffe und –methoden fehlten, waren die Erzeugnisse meist nur kurze Zeit haltbar. Dementsprechend konnten sie in der Regel nur regional vertrieben und verzehrt werden.

Inzwischen hat sich die Produktion von Lebensmitteln grundlegend geändert. Aus der Herstellung im Kleinbetrieb und dem regionalen Vertrieb ist ein hochkomplexes, globales System geworden. Der Markt wird von einigen Großunternehmen und einer Reihe von überwiegend mittelständischen Unternehmen beherrscht, die zur Herstellung ihrer Produkte Zutaten aus der ganzen Welt verwenden. Zusatzstoffe und Konservierungsmethoden ermöglichen teilweise extrem langen Haltbarkeiten, so dass die Unternehmen in der Lage sind, ihre Erzeugnisse weltweit zu vermarkten. Prozessautomatisierung, Produktionsplanung und Produktionslogistik verbunden mit geeigneten Hygienemaßnahmen ermöglicht es den Unternehmen, qualitativ hochwertige und auch sichere Lebensmittel in sehr großen Mengen zu produzieren.

Problematisch an dieser Automatisierung ist jedoch, dass die Prozesse heute kaum mehr überwacht werden können. Lediglich einfache Parameter wie Temperatur, Druck oder die Zugabe verschiedener Zutaten sind kontrollierbar. Aufwändigere Prüfungen z.B. auf mikrobielle und/oder chemische Kontaminanten sind aufgrund der schnellen Abläufe online nicht mehr möglich. Dies erfolgt daher lediglich in Rahmen von Stichproben. Da jedoch diese Analysen bisher sehr zeitintensiv sind, sind in der Regel - im Falle einer eingetretenen Kontamination - zahlreiche Chargen betroffen, die u.U. sogar schon in den Verkauf gelangt sind, so dass ein erheblicher wirtschaftlicher Schaden entsteht.

Ein Einsatz der Mikrosystemtechnik für die Analytik in der Lebensmittelproduktion wird daher nur dann erfolgreich sein können, wenn sie es ermöglicht, online Kontrollen direkt im Produktionsfluss vornehmen und dadurch mögliche Prozessfehler sofort erkennen zu können.

4.2 **Forschung**

Heutzutage bedeutet Ernährung nicht mehr die bloße Kalorienzufuhr mittels Nahrungsaufnahme. Das Essen ist mittlerweile ein bedeutender Teil des sozialen und kulturellen Lebens und wird zunehmend auch als Beitrag zur Erhaltung und Verbesserung unserer Gesundheit angesehen. Der Trend bei Lebensmitteln geht dementsprechend verstärkt zu Lebensmitteln, die dem Verbraucher einem gesundheitlichen Nutzen vermitteln. Auf der anderen Seite sollen diese Lebensmittel »sicher« sein, gleichzeitig aber auch günstig. Zudem werden vom Verbraucher in verstärktem Maße »leichte« Lebensmittel bevorzugt.

Die Ernährungsforschung folgt diesem Trend. Schon seit geraumer Zeit stellt die Entwicklung von Lebensmitteln die u.a. zur Vorbeugung von chronischen Krankheiten beitragen können, ein wichtiges Forschungsgebiet dar und wird bei den entsprechenden Unternehmen als ein starkes Wachstumssegment betrachtet. Andere Bereiche der Forschung konzentrieren sich z.B. auf die Züchtung von Pflanzen mit zusätzlichen gesundheitsfördernden Inhaltsstoffen z.B. einem höheren Gehalt an ungesättigten Fettsäuren, die in Lebensmitteln Anwendung finden sollen. Weiterhin wird versucht, kritische Inhaltsstoffe wie Allergene, gezielt aus den betreffenden Rohstoffen zu entfernen. Weiterhin gibt es Bestrebungen, die Ernährung unserem individuellen Gesundheitsstatus anzupassen. Es existieren bereits Produkte die speziell für Kleinkinder, ältere Menschen, oder für schwangere oder stillende Frauen entwickelt wurden. Dieser Trend setzt sich mittlerweile im Forschungsgebiet »Nutrigenomics« fort. Ziel ist es, für jedes Individuum - abhängig vom jeweiligen Genom - Lebensmittel zur Verfügung zu stellen, die den Gesundheitsstatus positiv beeinflussen. Lebensmitteltechnologische Ansätze versuchen den Geschmack aber auch die Haltbarkeit der Erzeugnisse im Sinne des Verbrauchers zu verbessern.

Um neben der Lebensmittelqualität auch die Lebensmittelsicherheit weiter zu verbessern, werden intensive Anstrengungen seitens der Lebensmittelindustrie unternommen. Ein Auslöser dafür sind die auf die Lebensmittelhersteller verstärkt zukommenden neuen Hygieneanforderungen. Diese erfordern neue Methoden zur Verhinderung von z.B. mikrobiellem Wachstum in Lebensmitteln. Von grundlegender Bedeutung ist es auch, die mögliche Ausbreitung von pathogenen Mikroorganismen in den Produktionsanlagen direkt zu vermeiden.

Aufgrund dieser Anforderungen zielt derzeit ein Großteil der Forschung darauf ab, schnelle und zuverlässige Methoden zum Nachweis unerwünschter Mikroorganismen zu entwickeln. Mikrosystemtechnik in Form von DNA-Microarrays oder Biochips spielen hier aufgrund der derzeit noch sehr hohen Kosten eine bisher untergeordnete Rolle. Es ist daher eine der größten Herausforderungen auf diesem Gebiet, sichere und insbesondere nicht-invasive und kostengünstige Verfahren zum Nachweis von Mikroorganismen zu entwickeln.

5 Visionen und Herausforderungen für den Einsatz der Mikrosystemtechnik

Die Visionen der Ernährungsforscher beschreiben heute eine Ernährungsform, in der der Mensch als Verbraucher mit Hilfe einer entsprechenden technischen Unterstützung seine individuelle Ernährung gemäß seiner genetischen Disposition selbst zusammenstellen kann. Die Vorstellungen gehen soweit, dass der Kunde – ausgerüstet mit einem *Personal Diet Assistant* – den Supermarkt betritt und dort Menüvorschläge anhand der persönlichen Vorgaben und der zur Auswahl stehenden Lebensmittel bekommt.

Unter dem eher technischen bzw. logistischen Blickwinkel gehen die Visionen in Richtung des eCommerce. So könnte ein *Personal Diet Assistant* natürlich auch zu Hause im Dialog mit einem intelligenten Kühlschrank den verfügbaren Lebensmittelvorrat überprüfen und einen Bestellvorgang im Supermarkt auslösen.

Es besteht die große Sorge, dass die dafür notwendigen Techniken den Verbraucher zunehmend entmündigen. Kritiker bemängeln eine starke Einschränkung oder gar den Verlust in der Wahlfreiheit der Ernährung. Sie befürchten, dass technische Lösungen in zunehmendem Maße die natürlichen Sinnesorgane ersetzen und überflüssig machen. Der seit Jahren immer wieder diskutierte intelligente Kühlschrank, der seine Vorräte stets allein wieder auffüllt, gilt in manchen Kreisen bereits als Horrorszenerario. Damit stehen die vielfach persönlich geprägten Vorlieben oder Abneigungen der Verbraucher einem zukünftigen und auf eine individuelle Ernährung abgestimmten Food Chain Management häufig entgegen. Mangelndes Wissen in vielen Fragestellungen wird eines der größten Hemmnisse bei der Durchsetzung neuer Technologien darstellen.

Die Realisierung einer solchen Vision wird also sehr stark von der Akzeptanz der Verbraucher, dem Vertrauen in die Technik und dem Vertrauen in die Datensicherheit abhängen. Es ist aber auch eine weltweite Harmonisierung von Standards und Vorschriften nötig. Ohne eine solche Harmonisierung lassen sich keine klaren Anforderungen an die zu entwickelnden technischen Systeme stellen. Absehbar ist jedoch schon heute, dass dem Einsatz der Mikrosystemtechnik bei der Umsetzung eine entscheidende Rolle zukommen wird.

Aus Sicht der Lebensmittelproduzenten sind dabei jedoch zunächst erst einmal folgende Fragstellungen zu beantworten:

- Wer benötigt Mikrosystemtechnik?
- Für was wird Mikrosystemtechnik benötigt?
- Wer bezahlt den Einsatz der Mikrosystemtechnik?

Dazu kommen die Anforderungen der unterschiedlichen Nutzungsprofile, da es den standardisierten Nutzer dafür nicht gibt. Behörden, Produzenten, Händler, Logistiker und Verbraucher sind zwar alle potenzielle Nutzer einer solchen Technik, stellen aber jeweils unterschiedliche Anforderungen an das Gesamtsystem.

Aufgrund der komplexen chemischen und biologischen Wechselwirkungen erfordert im Prinzip jedes Lebensmittel eine individuell abgestimmte Lösung, was die Entwicklung universell nutzbarer Systeme erschwert. Zudem muss dem globalen Umfeld mit seinen unterschiedlichen Standards, Übereinkünften und Gewohnheiten Rechnung getragen werden. Es kann kaum davon ausgegangen werden, dass eine sinnvolle Angleichung aller dieser z.T. extrem unterschiedlichen wirtschaftlichen, politischen und kulturellen Randbedingungen wird erfolgen können.

Festzuhalten bleibt trotz aller Bedenken, dass die »Einsatzmöglichkeiten« der Mikrosystemtechnik im Food Chain Management sehr vielfältig sein werden. Voraussetzung ist, dass die heute schon erkennbaren Akzeptanzprobleme gelöst und eine ausreichende globale Standardisierung herbeigeführt werden. Offen bleibt im Augenblick allerdings die Frage; ob eine MST-basierte, flächendeckende Analytik bis hin zum Verbraucher sinnvoll sein kann, oder ob eine Qualitäts- und Prozesskontrolle in Produktion und Handel mit entsprechender Rückverfolgbarkeit auf absehbare Zeit ausreicht.

6 Forschungsthemen, Aufgabenbereiche und Perspektiven der Mikrosystemtechnik innerhalb eines Food-Chain Managements

6.1 Herausforderungen für die Mikrosystemtechnik

Um den geschilderten Herausforderungen mittel- und langfristig begegnen zu können, sind die rechtlichen, technischen und organisatorischen Voraussetzungen für ein lückenloses Monitoring von Lebensmitteln während ihres Herstellungs- und Transportprozesses zu schaffen. Um sicherzustellen, dass dem Verbraucher am Ende der Kette auch tatsächlich alle relevanten Informationen zur Verfügung gestellt werden können, steht dabei die Identifizierung, d.h. die eindeutige und fälschungssichere Zuordnung zwischen Nahrungsmittel, entnommener Probe und gewonnenen Messwerten bzw. Daten an zentraler Stelle. Jederzeit muss die Frage »Wo kommt das Produkt her?« beantwortet werden können.

An zweiter Stelle steht die lückenlose Dokumentation. Was in der Landwirtschaft und im Einzelhandel noch beherrschbar aussieht, gestaltet sich während der vielschichtigen industriellen Produktions-, Transport- und Lagerprozesse als sehr aufwändig. Dabei ist das manipulationssichere Vererben von Informationen während der Verarbeitung eine Aufgabe, die aus heutigem Blickwinkel vordringlich zu lösen ist. Dies ist erforderlich, um Produkte und Zutaten jederzeit rückverfolgen zu können.

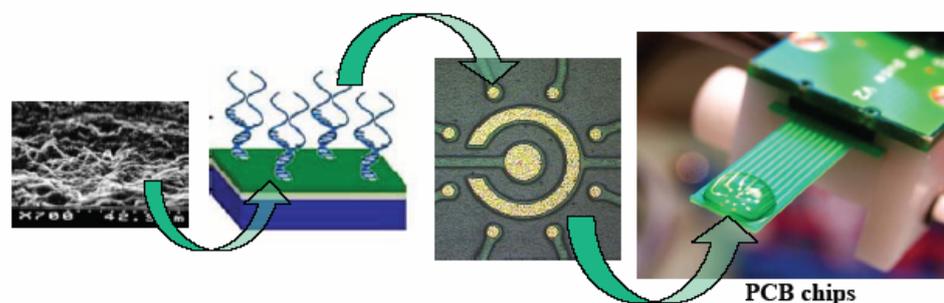


Abb. 3: DNA Chips ermöglichen es schon heute, Lebensmittel auf pathogene Keime zu untersuchen oder anhand »genetischer Fingerabdrücke« die Herkunft zu ermitteln.

Nicht minder aufwändig ist die Erfassung der relevanten Daten. Diese beginnt bei der Herkunft von Saatgut, Dünger und Futter, geht weiter über Krankheits-, Ernährungs- und Verarbeitungsprotokolle und endet bei der Überwachung von Lagerung und Transport. Eine Qualitätskontrolle muss zusätzlich durch den Nachweis pathogener Mikroorganismen, Allergene, Medikamentenrückstände oder Toxine gewährleistet sein. Bei naturbelassenen Lebensmitteln ist außerdem die Erfassung von natürlichen Schwankungen der Inhaltsstoffe von Bedeutung.

Die Verarbeitung dieser Informationen erfolgt in der gesamten Prozesskette. Zum einen können Transport-, Lager und Verarbeitungsprozesse auf der Basis dieser Daten optimiert werden. Zum zweiten können mit den erfassten Daten Managementaufgaben z.B. in der Tierhaltung besser gelöst werden. Letztendlich stehen alle Daten dem Endverbraucher zur Verfügung und ermöglichen es ihm, seine individuelle Ernährung zusammenzustellen. Die dazu notwendige, gezielte Aufbereitung der Daten kann, eine entsprechende Akzeptanz eines solchen Systems vorausgesetzt, in seinem *Personal Diet Assistant* erfolgen.

6.2 Die Bedeutung der Rückverfolgbarkeit

Vor dem Hintergrund der zunehmenden Anzahl von Lebensmittelkrisen und der globalen Verflechtungen der Lebensmittelindustrie wird es immer dringlicher, bei der Identifizierung von nicht zugelassenen Stoffen oder von gefährlichen Keimen und Mikroorganismen, die auslösenden Bestandteile des jeweiligen Produkts bis zu ihrem Ursprung zurückverfolgen zu können. Dies ist nötig, um weitere betroffene Produkte identifizieren zu können. Die Forderung nach einer lückenlosen Rückverfolgbarkeit ist daher inzwischen ein zentraler Bestandteil des europäischen Lebensmittelrechts geworden.

Die Umsetzung entsprechender Vorschriften ist für die Unternehmen nicht einfach, da sie in der Regel nur jeweils ein Glied der gesamten Wertschöpfungskette darstellen. Ohne eine ausreichende Standardisierung und die verlässliche Weitergabe der notwendigen Informationen von einem Unternehmen zum nächsten ist eine Rückverfolgbarkeit nicht möglich. Zwar existieren bereits technische Lösungen für das Tracking von Waren (→ Auffindbarkeit), für das Tracing (→ Rekonstruktion von Warenströmen) und für Reverse Logistics (→ Rückrufaktionen), doch schränken fehlende Standards und die noch nicht gewährleistete Manipulationssicherheit ihre Anwendbarkeit in der Praxis ein. Die Herausforderungen einer schnellen und zuverlässigen Identifizierung von problematischen Substanzen und der korrekten Berücksichtigung von unterschiedlichen nationalen Verordnungen ist noch nicht zufrieden stellend gelöst.

6.3 **Von der Rückverfolgbarkeit zum Food Chain Management**

Die heute bereits verfügbaren Grundlagen für eine lückenlose Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln sind erst der Anfang einer neuen Qualität im Food Chain Management. Was heute lediglich der Qualitätsüberwachung und dem Verbraucherschutz dient, wird zukünftig zur Grundlage eines kompletten Managementsystems darstellen. Dabei wird die Frage »**Wer will was wissen?**« im Mittelpunkt stehen. So wird beispielsweise der Erzeuger Informationen zur Keimfähigkeit des Saatgutes abfragen wollen, während der Endverbraucher vielleicht nur wissen will, ob das Lebensmittel im Regal des Supermarktes frisch oder alt ist.

Daraus ergibt sich ein umfangreicher Aufgabenkatalog mit Fragestellungen wie:

- Wie ist die Keimfähigkeit?
- Wie steigern ich den Ertrag?
- Wie optimiere ich die Mast?
- Wie optimiere ich die Verarbeitung?
- Wie kontrolliere ich die Qualität in der Produktion?
- Wie lange ist die Haltbarkeit?
- Wie erhalte/überwache ich die Qualität?
- Wie garantiere ich die Manipulationssicherheit?
- Wie dokumentiere ich?

6.4 **Einsatzbereiche der Mikrosystemtechnik**

6.4.1 **Produktion: Feld, Stall, Fabrik**

Mit dem heutigen Stand der Technik ist ein Einsatz der Mikrosystemtechnik in weiten Teilen der industriellen Verarbeitung möglich. Sensoren unterschiedlichster Art können prinzipiell zur Regelung von verschiedenen Prozessen eingesetzt werden, doch ist dieser Art des Einsatzes heute noch eher vom Maschinenbau abgeleitet als lebensmittelspezifisch.

In offenen Prozessen, wie sie sich auf dem Feld oder im Stall finden, werden inzwischen auch schon Sensoren für Kontrollaufgaben eingesetzt. Eine Automatisierung bzw. Regelung solcher Prozesse gestaltet sich mit heute verfügbaren Mitteln jedoch noch immer als schwierig. Eine Ausnahme stellt lediglich die Tierhaltung dar. Implantierte RFID-Tags werden bereits erfolgreich für eine Regelung von Fütterungsprozessen in der Viehzucht eingesetzt.

Im Ackerbau scheitern geregelte Prozesse bisher an der fehlenden Sensorik. Sensoren, die den notwendigen Aufschluss über Nährstoffangebot und Ernäh-

rungszustand von Pflanzen geben können, müssen erst noch entwickelt werden.

Erster und bisher einziger bekannter Ansatzpunkt für zukünftige Entwicklungen ist das sog. *Precision-Farming*, bei dem versucht wird, die Effizienz der Feldbearbeitung mit Hilfe von Satelliten-gestützten Navigationsverfahren zu steigern.

Entwicklungsbedarf besteht daher in vielfältiger Hinsicht:

- Eine schnelle und umfassende Eingangskontrolle für angelieferte Grundstoffe ist wesentlicher Bestandteil der Qualitätssicherung. Im europäischen Umfeld kann dieser Prozess eventuell zum Erzeuger zurückverlagert werden, wenn eine entsprechende Weitergabe der Daten gewährleistet ist. Im Bereich der 3. Welt ist so ein Vorgehen auf absehbare Zeit undenkbar.
- Zu einer solchen Kontrolle gehört u.a. auch die Überwachung der Saatgutherstellung auf Bestrahlung oder gentechnische Veränderungen.
- Gleiches gilt für die Qualitätsüberprüfung für Düngemittel: Problematisch sind beispielsweise Schwermetallverunreinigungen bei mineralischen Düngern, oder die wechselnden Eigenschaften von Sekundärdüngern, d.h. von Düngern, die aus Abfällen zurück gewonnen werden. Diese erfordern wegen ihrer wechselnden Eigenschaften individuelle und abgestimmte Dosierungshinweise.
- Zur Vorbeugung von Lebensmittelskandalen ist eine schnelle und preisgünstige Analytik zur Erfassung von Kontaminationen erforderlich.
- Grundvoraussetzung für eine adäquate Bodenanalytik ist die punktgenaue automatische Datenerfassung.
- Eine einfache Bodenanalytik ist jedoch unzureichend. Sie muss letztendlich auf eine Nährstoffanalyse von Böden und Pflanzen erweitert werden, um eine Regelung der Düngung und damit der Pflanzenernährung durchführen zu können.
- Die Bestimmung des optimalen Erntezeitpunktes und ähnlicher Angaben erfordert eine kontinuierliche Online-Datenerfassung.
- Zur Qualitätskontrolle muss eine messtechnische Erfassung der Unterschiede zwischen ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung auch für Pflanzen möglich werden (→ Pestizid-screening).
- Im Bereich der Tierhaltung besteht ein vordringliches Ziel in der Einführung einer Luftanalytik in Stallungen (z.B. NH_3) zur

Krankheitsvermeidung. Derartige Systeme kommen als firmenspezifische Einzellösungen bereits auf den Markt.

- Ein weiteres Ziel ist die automatisierte Gewichts- und Futterkontrolle für das Herdenmanagement.
- Die Überwachung ökologischer Tierhaltung mit mikrosystemtechnischen Lösungen wird angestrebt.
- Perspektivisch ist auch eine individuelle Krankheitskontrolle durch die Erfassung von Vitalparametern, durch Bewegungskontrolle, o.ä. wünschenswert.
- Im Bereich der Milchwirtschaft besteht Bedarf an einer schnellen Milchanalytik beim Vormelken zur Krankheitskontrolle und für den Medikamentennachweis.

Bezogen auf ausgewählte Einzelstoffe ist die erforderliche Analytik für alle diese Aufgaben heute im Labormaßstab verfügbar. Nicht verfügbar sind dagegen Systeme, die ein schnelles Screening für unterschiedlichste Stoffe zulassen. Dieses scheitert bislang an den verwendeten Analyseverfahren, da die heute noch immer notwendigen Trennprozesse nur schwer miniaturisierbar sind. Aus chemischer Sicht sucht man nach Leitsubstanzen, die als Indikator für bestimmte Gefährdungen dienen können. Findet man sowohl derartige Substanzen und die entsprechenden Schnelltests, so wäre eine detaillierte und aufwändige chemische Untersuchung nur noch in Einzelfällen erforderlich.

Last but not least ist das Problem der manipulationssicheren Kennzeichnung und Datenweitergabe zu lösen, um eine Rückverfolgbarkeit bis an den Anfang der Nahrungsmittelkette gewährleisten zu können.

6.4.2 Industrielle Prozessierung

Die Anforderungen an Mikrosysteme beim Einsatz in der industriellen Verarbeitung von Lebensmitteln müssen nach zwei Kategorien unterschieden werden. Zum einen geht es um die Kontrolle der Rohstoffe, zum anderen müssen Verarbeitungsprozesse überwacht und geregelt werden. Nicht vergessen werden darf die »Vererbung« der Daten und Kennzeichnungen der Rohstoffe bei der Prozessierung auf die daraus hergestellten Produkte oder Halbzeuge.

Rohstoffe

In der Eingangskontrolle stehen eine Identifizierung/Authentifizierung und damit eine Herkunftskontrolle der angelieferten Güter im Mittelpunkt. Gleichzeitig muss eine entsprechende Analytik eventuelle Qualitätsverluste durch Lagerung und Transport detektieren. Wünschenswert sind auch hier Schnelltests, mit denen sich die Rohstoffe auf möglicherweise schädigende, aber auch auf zugelassene Substanzen prüfen lassen. Diese erfordern aber die Entwicklung

von produkt- und problembezogene Verfahren. Heute werden bis zu 700 Substanzen eines Lebensmittels in aufwändiger Einzelanalytik kontrolliert.

Zu entwickeln sind somit

- intelligente Sensoren für
 - die Analytik in der Eingangskontrolle
 - die Identifizierung, Authentifizierung und Herkunftskontrolle
- produkt- und problembezogene Sensoren z.B. im Hinblick auf Pflanzenschutzmittel (500 in Deutschland und 1500 weltweit zugelassene Substanzen)
- Schnelltests für Zollkontrollen

Entwicklungsziel für diese Analytik ist eine gruppenbezogene Erfassung biologischer Wirkungen, so dass eine nachgeschaltete, zeitaufwändige Einzelanalytik nur noch im Verdachtsfall durchgeführt werden muss.

Verarbeitung

In der industriellen Verarbeitung stehen neben der auch hier erforderlichen Identifizierung und Datenvererbung zwei weitere Themen im Mittelpunkt. Zum einen ist es die Überwachung und Regelung von Verarbeitungsprozessen selbst, die eine teilweise extrem aufwändige Sensorik erfordert, um die in einigen Bereichen noch immer unersetzbaren menschlichen Sinnesorgane eines Tages ablösen zu können (z.B. in der Kaffeeröstung). Zum anderen ist es der Schutz der Mitarbeiter und Verbraucher durch Kennzeichnung und Kontrolle aller nicht für den menschlichen Verzehr geeigneten Nebenprodukte und eine ausreichende Kontrolle der Umweltbedingungen in den Betrieben zum Schutz der Mitarbeiter.

Daraus lassen sich folgende mikrosystemtechnische Aufgabenstellungen ableiten:

- Entwicklung einer (Produkt-) angepasste Sensorik für die Verfahrenstechnik z.B. in Form einer »elektronischen Nase« für die Prozesskontrolle bei Trocknung, Röstung, etc.
- Erfassung / Kennzeichnung / Kontrolle für Abfälle / Abwässer und nicht zum menschlichen Verkehr geeigneten Produkten z.B. über Aminosäuren-Fingerprint
- Nachweis von allergenen Substanzen
- Sensorik zum Schutz der in der Verarbeitung tätigen MA: Umweltsensorik (z.B. Abluft)

6.4.3 Lagerung, Logistik und Handel

Lagerung, Logistik und Handel, denen im Zeitalter der Globalisierung eine stetig wachsende Bedeutung zukommt, sind eng miteinander verknüpfte Gebiete, die in ihrer spezifischen Problematik an unterschiedlichen Stellen der gesamten Wertschöpfungskette immer wieder auftauchen. So liegen zwischen Grundprodukt (Getreide, Obst Gemüse, Fleisch, Milch...) und fertigem Lebensmittel fast immer ca. 10 Verarbeitungsschritte die logistisch bewältigt werden müssen

Lagerung

Bei der Lagerung von Lebensmitteln stehen eher organisatorische und logistische Fragen im Vordergrund und weniger die bisher überwiegend diskutierten sensorischen Anforderungen. Die Lagerproblematik scheint heute bei den großen Herstellern tatsächlich gelöst zu sein. Der Einzelhandel ist dagegen von einer Beherrschung der Lagerproblematik weit entfernt. Hier müssen Wege gefunden werden, entweder die Konzepte der großen Hersteller zu skalieren und auf die Händler zu übertragen, oder aber Arbeiten zur Selbstorganisation von Warenströmen, wie sie in der Logistik erarbeitet werden, aufzugreifen.

Die Aufgabenstellungen aus der Lagerhaltung beschränken sich damit auf:

- Identifizierung, Authentifizierung und Herkunftskontrolle,
- die Bestandskontrolle: First in – First out
- die Kontrolle der Mindesthaltbarkeit: z.B. Nutzung des spezifischen Gewichts von Eiern als Frischeindikator
- den Befall mit pathogenen Keimen, sowie
- den Schutz vor illegalen Umpackaktionen

Logistik

In der Regel sind etwa 10 Verarbeitungsschritte logistisch zu bewältigen, um ein Grundprodukt (Getreide, Obst Gemüse, Fleisch, Milch...) in verarbeiteter Form zum Kunden zu bringen. Der dabei ablaufende Materialfluss vom Anbau bis zum Kunden umfasst an den verschiedenen Stationen immer wieder die Schritte:

- Transport
- Umschlag
- Lager
- Qualitätssicherung
- Kühlkette

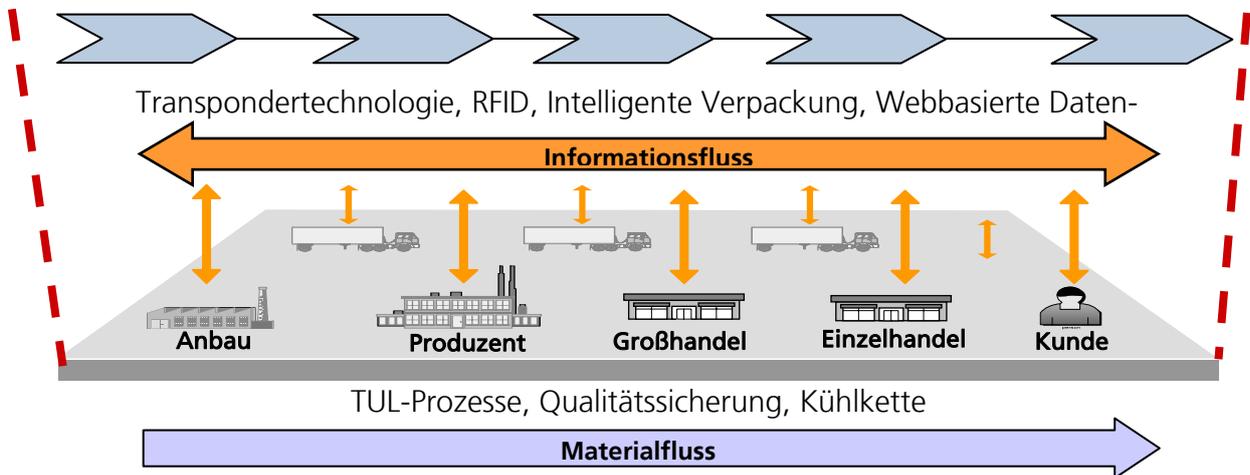


Abb. 4: Auch die Logistik ist in der ganzen Nahrungsmittelkette präsent. Neben Transport, Umschlag und Lagerung der Lebensmittel selbst, verwalten logistische Prozesse die Daten, die eine Rückverfolgbarkeit erst möglich machen.

Parallel dazu ist der Informationsfluss sicherzustellen, was heute auf der Basis von:

- Transpondern/RFID-Tags
- Intelligenten Verpackungen
- Webbasierten Datenbanken

geleistet werden kann. Gleichzeitig gewährleistet ein vollständiger und ungestörter Informationsfluss zu jeder Zeit eine vollständige Dokumentation des gesamten Produktionsablaufs und damit auch die Rückverfolgbarkeit bis zu den Herstellern der Rohstoffe.

Die zunehmende Globalisierung der Warenströme führt jedoch zu einer steigenden Anzahl von Umschlägen, die stets Qualitätseinbußen mit sich bringen. Aus logistischer Sicht ist es daher wichtig Verfahren zu entwickeln, die die notwendigen Lagerbestände minimieren und stattdessen zum Ausgleich die Lieferfrequenz entsprechend erhöhen. Für eine erfolgreiche Umsetzung ist die Optimierung zwischen notwendigem Lagerbestand (out of stock Problematik) und Mindesthaltbarkeit erforderlich, wobei ein hohes Einsatzpotenzial für die Mikrosystemtechnik erwartet wird.

In einem nächsten Schritt kann dies zu einer *production on demand* führen. Dieser Schritt erfordert für eine erfolgreiche Umsetzung ein exzellentes und modellierbares Wissen des Verbraucherverhaltens, um die zu erwartenden Bedürfnisse zum richtigen Zeitpunkt befriedigen zu können.

Handel

In den bisherigen Diskussionen ist implizit immer wieder der Einzelhandel angesprochen worden, bei dem die ganze Lagerhaltungsproblematik erneut auftritt. Zudem ist der Handel Informationsportal für den Verbraucher, über das sich der Kunde mit den notwendigen bzw. gewünschten Informationen über das erworbene Lebensmittel versorgt.

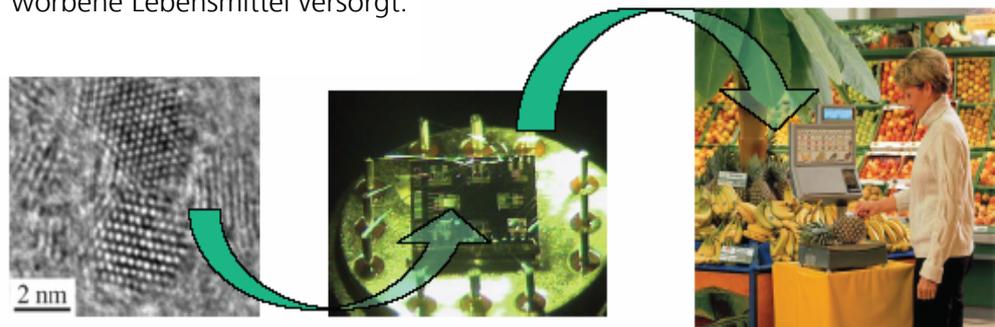


Abb. 5: Für ein wirksames Food-Chain Management müssen auch dem Verbraucher mobile Analysegeräte zur Kontrolle des Frischezustandes zur Verfügung stehen

Zusätzlich rückt im Einzelhandel die Verpackung in den Vordergrund, die als zukünftig intelligente Verpackung nicht nur die klassische Schutzfunktion gegen Qualitätsverlust wahrnimmt, sondern auch Monitoring bzw. Datalogger-Aufgaben erfüllen muss. Verpackungen müssen zukünftig in der Lage sein, die Mindesthaltbarkeit zu kontrollieren und falsche Lagerungen zu erkennen (z.B. Unterbrechung der Kühlkette). Darüber hinaus müssen zukünftige Verpackungen so gestaltet sein, dass eine Manipulation durch den Handel (»Umeticketieren«) ausgeschlossen wird.

6.4.4 Endkunde / Verbraucher

Für den Endkunden sind lebensmittelspezifische Sensorsysteme nur dort wichtig, wo auch im Haushalt eine Überwachung z.B. auf Keimbefall sinnvoll ist. Im privaten Bereich werden daher eher Systeme zum Einsatz kommen, die den Charakter eines elektronischen Assistenzsystems haben. Die bereits mehrfach angesprochene Vision eines persönlichen Ernährungsberaters (*Personal Diet Assistant*), an der bereits konkret gearbeitet wird, setzt auf der immer wieder diskutierten Informationsinfrastruktur auf. Eine Unterstützung durch intelligente Haushaltsgeräte (Kühlschrank, Herd, Kochtopf), die unterschiedlichste Überwachungsaufgaben übernehmen können und die regelnd in den Zubereitungsprozess der Mahlzeiten eingreifen, liegt heute schon im Bereich des technisch machbaren.

Weitaus schwieriger wird die Entwicklung von im Haushalt anwendbaren Schnelltests werden. Vor der Realisierung z.B. eines Bestecks, das allergene Substanzen erkennt und meldet, liegt noch ein erheblicher Forschungsbedarf.

Kritisch bleibt – und da kann auch die Mikrosystemtechnik wenig helfen – die Frage der Akzeptanz, da sich alle hier andiskutierten Anwendungsvisionen dem Vorwurf aussetzen müssen, den Verbraucher zu entmündigen. Hier ist verstärkte Aufklärungsarbeit in der Bevölkerung zu leisten. Gleichzeitig muss aber auch für die Unternehmen eine Verpflichtung zur Offenlegung aller relevanten Informationen eingeführt werden, um die notwendige Vertrauensbasis für den Verbraucher zu schaffen.

6.4.5 Krisenmanagement

Ein entscheidender Punkt – das Krisenmanagement – ist bisher am Rande immer wieder erwähnt, aber nie richtig ausdiskutiert worden. Food-Chain Management muss letztlich auch mit Lebensmittelkrisen jeder Art, seien sie nun ausgelöst durch Krankheiten, Gewinnsucht oder Schlamperei, umgehen können. Auch hierzu lässt sich ein Aufgabenkatalog formulieren, der zwar viele Gemeinsamkeiten mit den bisher formulierten Aufgaben hat, an einigen Stellen aber doch deutlich darüber hinausgeht.

Zentraler Punkt ist wieder die Rückverfolgbarkeit der Produkte bis hin zu ihren Ausgangsstoffen, wobei im Krisenfall die Speicherung der gesamten Historie am einzelnen Produkt wünschenswert ist. Notwendig ist dafür eine genomartige Datenspeicherung, damit nach Problemidentifizierung auf der Basis der auslösenden Grundstoffe eine spezifische Suche nach weiteren belasteten Produkten durchgeführt werden kann.

Die Erkenntnisse aus den jüngsten Vorfällen haben aber auch gezeigt, dass, unabhängig von den technischen Untersuchungsmethoden, Modelle entwickelt werden müssen, die auf der Basis bereits existierender Erfahrungen die Prognose kollektiven Verhaltens ableiten. Solche Modelle lassen sich beispielsweise aus Diskussionen in Internetforen oder dem Informationsverhalten der Verbraucher ableiten. Allerdings ist hier die Modellentwicklung noch in einem sehr frühen Stadium.

Nicht zuletzt müssen auch hier grundlegende Standards geschaffen werden, um die heute dominierende Inkompatibilität von Datenstrukturen zu überwinden. Gerade im Krisenfall ist ein schneller und problemloser Datenaustausch zwischen Handel und Behörden erforderlich.

7 Leitthemen

Für den Einsatz der Mikrosystemtechnik im Bereich des Food Chain Managements sind von dem Expertenkreis vier Leitthemen definiert worden:

- Mikrosystemtechnik beim Urerzeuger
- Mikrosystemtechnik für Wareneingang und Produktionskontrolle
- Mikrosystemtechnik für Transport und Lagerung
- Mikrosystemtechnik für den Verbraucher

7.1 *Mikrosystemtechnik beim Urerzeuger*

In der Landwirtschaft gibt es Anwendungsgebiete in vielen Bereichen. Ökologischer Landbau und Saatgutkontrolle benötigen Qualitätsstandards, die vorort schnell und einfach überprüfbar sein müssen.

Der verkaufsfördernde optimale Erntezeitpunkt oder die Abbaukontrolle von Pestiziden sind wichtige Themen für eine »auf-dem-Feld-Analytik«. Im Bereich der Tierhaltung sind vordringliche Themen schnelle Krankheitsdiagnose und on-line Futterkontrolle von Interesse.

7.2 *Mikrosystemtechnik für Wareneingang und Produktionskontrolle*

Dieses Thema lässt sich in zwei Bereiche unterteilen:

- Für die Rückverfolgbarkeit und Herkunftsbestimmung muss die Authentizität der Rohstoffe nachweisbar sein. Lösungsansätze für einen schnellen und einfachen Nachweis werden von der Mikrosystemtechnik erwartet.
- Im zweiten Bereich steht die Identifikation chemischer und/oder mikrobiologischer Kontamination im Mittelpunkt. Ziel ist die Entwicklung einer on-line bzw. in-line Analytik für Herstellung und Verarbeitung, die durch ein schnelles Screening eine aufwändige laborgestützte Analytik weitgehend ersetzt.

Neben der Entwicklung schneller und zuverlässiger Screeningverfahren für problematische Substanzen wird nach technischen Lösungen gesucht, die unterschiedliche nationale Verordnungen berücksichtigen kann.

7.3 **Mikrosystemtechnik für Transport und Lagerung**

Im Bereich Transport und Lagerung gibt es bereits einige erfolgreiche Anwendungsbeispiele, die die RFID-Technologie nutzen. Weitere, leistungsstärkere Systeme sind im Hinblick auf die wachsenden globalen Warenströme notwendig.

Für die Optimierung und Überwachung der Lagerhaltung sind neben der Kontrolle der Kühlkette folgende Faktoren von Bedeutung:

- Erkennen von plötzlich auftretenden Kontaminanten
- Optimaler Verkaufszeitpunkt
- Kontrolle der Mindesthaltbarkeit
- Interaktion zwischen Produktion und Lagerung, d.h. *production on demand*

Einen speziellen Aspekt stellt die Entwicklung intelligenter Verpackungen dar. Intelligente Verpackungen sollten für das Einzelprodukt möglichst viele der aufgeführten Punkte überwachen können.

7.4 **Mikrosystemtechnik für den Verbraucher**

Mikrosystemtechnik wird den Verbraucher zukünftig sowohl als Diagnosewerkzeug als auch als Informationszentrum und Ernährungsberater begleiten. Das Entwicklungsziel eines leicht bedienbaren und jederzeit einsetzbaren »Kontaminanten-Analysator« erfordert noch erhebliche Forschungs- und Entwicklungsarbeit, um die notwendigen Verfahren zu entwickeln. Gleichzeitig sind die Fragen der Miniaturisierung und der Handhabbarkeit zu lösen. Im Idealfall könnte ein derartiges Gerät einen Stellenwert erhalten, der mit einem heutigen Stromprüfer o.ä. zu vergleichen wäre.

Das zweite wichtige Thema für den Verbraucher ist die individuelle Ernährungsberatung. Das letzte Glied der Nahrungsmittelkette wird durch den kombinierten Einsatz von Informations- und Mikrosystemtechnik zu einem persönlichen Informations- und Beratungsassistenten. Der daraus resultierende Personal Diet Assistant stellt gleichzeitig das Bindeglied zu anderen Themen einer Ambient Intelligence dar. Die Vision eines Personal Diet Assistant wird dabei zu einer Anwendung des Ubiquitous Computing und führt heutige Entwicklungen aus Informations- und Kommunikationstechnik, Mikrosystemtechnik, Mikroelektronik und Lebenswissenschaften zusammen.

8 Produktvisionen

Durch die immer höher werdenden Ansprüche an Qualität und Sicherheit von Lebensmitteln und durch die gleichzeitige Beschleunigung der einzelnen Produktionsschritte bei der Herstellung ist die klassische Analytik nicht mehr in der Lage, allen Anforderungen gerecht zu werden.

Als Querschnittstechnologie kann die Mikrosystemtechnik zu vielen Forschungsthemen Lösungen bereitstellen. Auch für den Bereich des gesamten Food Chain Managements wird von einer breiten Anwendbarkeit der Mikrosystemtechnik ausgegangen. Die diskutierten Anwendungen umfassen die komplette Nahrungskette von der Erzeugung bis zum Verbraucher, so dass das gesamte *from farm to fork* Konzept der EU – abgedeckt wird. Derzeit existieren bereits zahlreiche Mikrosystemtechnik-Anwendungen. In der Lebensmittelanalytik werden vereinzelt schon DNA-Chips eingesetzt. Im Bereich der »intelligenten Verpackung« finden RFID-Chips Verwendung und miniaturisierte Datalogger kontrollieren das Einhalten der Kühlkette bei Fischtransporten.

Unabhängig von diesen bereits existierenden Anwendungen sind jedoch zahlreiche weitere Produkt- und Anwendungsvisionen vorstellbar, die das Anwendungspotenzial der Mikrosystemtechnik im Food-Chain-Management aufzeigen.

8.1 **Mikrosysteme in der Agrarwirtschaft**

Problematisch beim landwirtschaftlichen Anbau ist neben der Kontamination des Produktes durch Rückstände (z.B. Pestizide) auch die gleichzeitige Beeinflussung der Bodenqualität. MST-basierte Analysegeräte werden zukünftig zum schnellen Screening eingesetzt werden, um gezielt ja/nein-Antworten über eine mögliche Kontamination in der Pflanze direkt zu erhalten. Dies wird durch entweder durch Mikroreaktoren oder durch spezielle Mikrochips durchgeführt werden, die durch Untersuchung geringer Mengen an Pflanzenmaterial eine entsprechende Antwort geben können (→ Pestizid-Chip).

Von sehr großer Bedeutung werden diesbezüglich auch Aussagen zur Bioverfügbarkeit von Kontaminanten aus dem Boden in die Pflanze sein. Hintergrund ist, dass aufgrund des immensen Wachstums der Weltbevölkerung in Zukunft immer weniger unbelastete Agrarflächen zur Verfügung stehen werden. Die Kontamination im Boden ist aber dann von sekundärer Bedeutung, wenn diese Stoffe nicht in die Pflanze übergehen. Um solche Flächen landwirtschaftlich

nutzen zu können, sind entsprechende Analyseverfahren und Geräte nötig. Der Boden-Pflanzentransfer könnte beispielsweise gezielt untersucht werden, in dem Flüssigkeit aus den Leitbündeln der Pflanzen entnommen und in einem Mikroreaktor analysiert oder analog zur DNA-Untersuchung auf einen entsprechenden Chip aufgetragen wird (→ Bioverfügbarkeits-Chip).

Ein weiteres Anwendungsgebiet innerhalb des Agrarbereichs betrifft die Haltung und Züchtung von Nutztieren. In diesem Bereich sind meist mikrobielle Kontaminationen ein Problem. Die Nachweise dieser Gefährdungen erfolgt heutzutage mittels aufwendiger klassischer Analytik, meist durch Probennahme bei der Schlachtung. Problematisch ist, dass die Befunde häufig erst dann vorliegen, wenn die Lebensmittel bereits in den Handel gelangt sind. Die Mikrosystemtechnik könnte hier derart eingesetzt werden, dass durch entsprechende Vorrichtungen der mikrobielle Status der Nutztiere bereits auf dem Feld bzw. im Stall untersucht wird (→ Mikrobio-Chip).

Denkbar ist z.B. der Einsatz solcher Detektoren in Geflügelfarmen, um kontinuierlich die Salmonellengefahr zu überprüfen. Weiterhin ist ein Einsatz von Mikrosystemen vorstellbar, um direkt Aussagen über den Gesundheitszustand der Tiere zu gewinnen. Dies könnte beispielsweise durch die Implantation von Mikrosystemen erfolgen, welche die wichtigsten Vital-Parameter ständig kontrollieren und Aktivitätsprofile der Tiere erstellen und überwachen (→ Health Status-Chip). Dadurch kann beispielsweise der Einsatz von Tierarzneimitteln kontrolliert und auch minimiert werden könnte.

Weiterhin ist der Einsatz auf Schlachthöfen vorstellbar, um infizierte von gesunden Tieren unterscheiden zu können, bevor diese in die Lebensmittelkette gelangen.

8.2 Mikrosystemtechnik in der Lebensmittelherstellung

Bei der Herstellung von Lebensmitteln ist die heute eingesetzte Analytik häufig nur ein Werkzeug, um Hygienevorschriften zu erfüllen. Tatsächlich laufen die meisten Produktionsschritte zu schnell ab, um eine wirkliche Überwachung zu gewährleisten. Die Mikrosystemtechnik kann in diesem Bereich die bedeutendste Rolle einnehmen.

Mikrosysteme werden online Prozessabläufe überwachen, die mit der herkömmlichen Analytik nicht mehr überprüfbar sind (z.B. mikrobielle Kontamination) (→ Mikrobio-Chip). Ebenso ist die Anwendung in der Wareneingangskontrolle von außerordentlicher Bedeutung.

Mikrosysteme werden zur Überprüfung der Qualität sowie zur Überprüfung der Herkunft zum Einsatz kommen (→ Origin-Chip). Die Notwendigkeit zur Ent-

wicklung solcher Systeme zeigt u.a. der Lebensmittelskandal einer bayerischen Wildfleischfirma, bei der vermutlich Kängurufleisch als Hirschgulasch verarbeitet wurde und Rattenfleisch als Kaninchen in den Handel gelangte (Januar 2006). Dies war nur möglich, da keine schnellen Nachweissysteme zur Verfügung stehen. Ein MST-basierendes-Nachweissystem zur Tierartenidentifikation in der Wareneingangskontrolle könnte derartige Falschdeklarationen in der Zukunft vermeiden.

8.3 Mikrosystemtechnik beim Verbraucher

Schon in naher Zukunft verwirklicht werden kann das Mikrosystem als Informationsträger in der Verpackung. Auf einem derartigen Mikrosystem könnte neben der Haltbarkeit, Informationen zur Herkunft der eingesetzten Rohstoffe etc. auch Informationen zum Produkt selbst, z.B. hinsichtlich des Gesundheitsgehaltes wie Kalorien- und/oder Vitamingehaltes gespeichert sein. Durch Kommunikation mit einem solchen Mikrosystem erhält der interessierte Verbraucher zusätzliche Informationen zu »seinem« Produkt.

Eine auf diese Weise intelligent gemachte Verpackung stellt die Vorstufe zu weiteren Entwicklungen dar, bei denen zusätzlich Überwachungsfunktionen integriert werden, die z.B. den Frischezustand kontrollieren und Manipulationen ausschließen können.

Von solchen Entwicklungen wird erwartet, dass sie helfen die Akzeptanzproblematik zu lösen. Der Verbraucher profitiert direkt von dem beschriebenen Zusatznutzen, ohne dass das Gefühl vermittelt wird, kontrolliert oder manipuliert zu werden. Damit wird die Skepsis, die der Verbraucher derartigen neuen Technologien entgegenbringt, äußerst gering sein.

Anzustreben ist, dass derartige Informationen mittels eines PDAs direkt im Supermarkt ausgelesen werden können. In einem nächsten Schritt kann der persönliche Gesundheitsstatus auf einen PDA gespeichert werden und der Verbraucher kann Ratschläge abrufen, welches Produkt in seiner jetzigen Situation geeignet ist (→ PDA). Ein solches System wäre bereits kurzfristig umsetzbar, da seitens der Industrie hier bereits Interesse vorliegt.

Weitere Produktvisionen gehen dahin, den Verbraucher vor potentiellen Gefahren, die in Lebensmitteln vorkommen können – wie z.B. Mikroorganismen oder Allergenen – besser zu schützen. So ist die Integration eines Mikrosystems in eine Gabel oder ein Messer vorstellbar, das eine Kontamination oder das Vorhandensein von Allergenen direkt anzeigt.

Eine weitere, MST-basierte Produktvision weist den Verbraucher darauf hin, ob ein Lebensmittel im Haushalt verdorben ist oder ob die Haltbarkeit in kürzester

Zeit abläuft. Informationen zum Haltbarkeitsdatum können sehr einfach von einer intelligenten Verpackung abgerufen werden. Zu einem späteren Zeitpunkt wird die intelligente Verpackung auch Auskunft über den Frischegrad des Lebensmittels geben können. In Verbindung mit einem »intelligenten Kühlschrank«, der diese Informationen abrufen kann, hat der Verbraucher ein System zur Verfügung, das ihm das alltägliche Leben vereinfacht und dadurch auch eine hohe Akzeptanz finden kann.

9 Bedeutung für die Industrie

9.1 *Lebensmittelindustrie*

Die Entwicklung MST basierter Lösungen hat für die Lebensmittel herstellende Industrie enorme wirtschaftliche Bedeutung. Von den MST-basierten Lösungen wird erwartet, dass die hohen Analysekosten herkömmlicher Verfahren weitgehend entfallen. Weiterhin wird durch ihren Einsatz eine signifikante Steigerung von Sicherheit und Qualität der erzeugten Produkte erwartet. Extrem teure Rückrufaktionen – bedingt durch nachträglich festgestellte Kontaminationen – in Verbindung mit dem großen Imageverlust, könnten dadurch vermieden werden.

Eine breite Anwendung der MST-basierter Lösungen wird die entsprechenden Werkzeuge preiswerter gestalten, so dass die reinen Anwendungskosten als gering anzusehen sind. Durch die Mikrosystemtechnik würde die Lebensmittelindustrie erstmalig über ein Tool verfügen, das günstige Einzellösungen innerhalb der kompletten Food Chain zur Verfügung stellt und dadurch die Produktion qualitativ hochwertiger und sicherer Lebensmitteln gewährleistet.

9.2 *Mikrosystemtechnische Industrie*

Der umfassende Einsatz von MST-basierten Kontrolleinheiten bedeutet für die herstellende Industrie Umsätze in Milliardenhöhe. Beispielsweise wurden bereits 2003 die Umsätze 2005 für MST basierte Biosensoren zur Erkennung von pathogenen Keimen auf ca. 200 Millionen Euro geschätzt. Dies wiederum stellt nur einen kleinen Teil des möglichen Anwendungsspektrums dar. Die Entwicklung von geeigneten Mikrosystemen wäre die Initialzündung für ein völlig neues Marktsegment.

Auf dem Gebiet der Haushaltstools, auch in Verbindung mit einem PDA, könnte sich bei rascher Entwicklung ein entsprechendes Unternehmen sehr stark profilieren und ein Alleinstellungsmerkmal gegenüber der internationalen Konkurrenz kreieren.

10 Empfehlungen

Nach Auffassung der Experten ist mit dem Kamingespräch »Food Chain Management« ein grundlegend neuer und bisher nicht existenter interdisziplinärer Dialog gestartet worden, der unbedingt fortgesetzt werden sollte. Ein Aufgreifen des Themas durch das Referat Mikrosystemtechnik wird im Interesse des Standortes Deutschland nachdrücklich empfohlen.

Als wesentliches Merkmal eines zukünftigen Forschungs- und Anwendungsgebietes »Food-Chain Management« wird die Interdisziplinarität zwischen den Agrarwissenschaften, den Ernährungswissenschaften, der Lebensmittelchemie, der Mikrosystemtechnik, der Logistik und der Informationstechnik gesehen.

Als ein Kernelement einer Forschungsförderung mit dem Ziel eines innovativen Food-Chain Managements wird die Entwicklung von neuen *Analyseverfahren* gesehen, die eine schnelle Überprüfung auf Kontaminationen und Keimbelastungen gestatten. Der Mikrosystemtechnik kommt dabei die Aufgabe zu, handhabbare, mobile Geräte zu entwickeln, die überall in der Nahrungsmittelkette eingesetzt werden können.

Als zweiter, wesentlicher Themenkomplex wird die *Informationslogistik* in der Nahrungsmittelproduktion angesehen, um eine lückenlose Rückverfolgung bis zum Urerzeuger und eine vollständige Information des Verbrauchers gewährleisten zu können. Eine zentrale Fragestellung besteht hier in der manipulationsicheren Vererbung von Informationen während der Verarbeitungsprozesse. Mikrosystemtechnik, Logistik und informationstechnik müssen hierzu Hand in Hand arbeiten.

Der dritte Themenkomplex berührt alle Fragen rund um den Endverbraucher. Hier sehen die Experten eine Brücke zu den Visionen einer Ambient Intelligence bzw. zum Ubiquitous Computing. Dem Verbraucher soll langfristig ein Werkzeug an die Hand gegeben werden, das als Informations- und Ernährungsberatungsassistenten Bestandteil der im Entstehen begriffenen Vision von der Elektronischen Assistenz im Alltag sein wird. Dieses Feld ist eine Aufgabe für Mikrosystemtechnik, Mikroelektronik und Informations- und Kommunikationstechnik, die in enger Kooperation mit der Lebensmittelindustrie und dem Einzelhandel bearbeitet werden muss.

Die Experten empfehlen, bei einer Fortsetzung des begonnenen Dialogs verstärkt die Wirtschaft einzubeziehen. Ein vorgeschlagener »Runder Tisch« sollte daher gemeinsam mit Vertretern der Industrie aufgebaut werden.

Aufgrund der speziellen Situation der deutschen Lebensmittelindustrie, die nur über geringe Forschungskapazitäten verfügt, empfiehlt der Expertenkreis eine Einbeziehung der Qualitätssicherungsmanager aus den Unternehmen. Diese können den beteiligten Forschungsinstituten möglicherweise direkt das Tor in die Anwendung öffnen.

Als wesentlich erscheint der Expertenrunde, dass es gelingt, in einer gemeinsamen Anstrengung mit der Politik eine Infrastruktur aufzubauen, die der überwiegend mittelständisch geprägten deutschen Lebensmittelindustrie den Zugriff auf die neuen Technologien ermöglicht. Die Experten sehen für die Mikrosystemtechnik in diesen Entwicklungen die Chance, ein neues Marktsegment zu erschließen, von dem Milliardenumsätze erwartet werden. Für die Lebensmittelindustrie weisen sie auf die Notwendigkeit hin, Zugang zu diesen Technologien zu haben, um im globalen Wettbewerb bestehen zu können.

Der Expertenkreis empfiehlt die in Abschnitt 7 beschriebenen vier Leitthemen

- Mikrosystemtechnik beim Urerzeuger
- Mikrosystemtechnik für Wareneingang und Produktionskontrolle
- Mikrosystemtechnik für Transport und Lagerung
- Mikrosystemtechnik für den Verbraucher

in ein neues Förderprogramm aufzunehmen.

11 Danksagung

Wir danken dem VDI/VDE-IT und dem Bundesministerium für Bildung, Forschung und Wissenschaft für die Initiierung und Unterstützung dieser Studie.

Allen Diskussionspartnern gilt ein besonderer Dank, da diese rückhaltlos und in hervorragender Weise ihre Ideen, Argumente und Prognosen eingebracht haben.

12 Die Teilnehmer



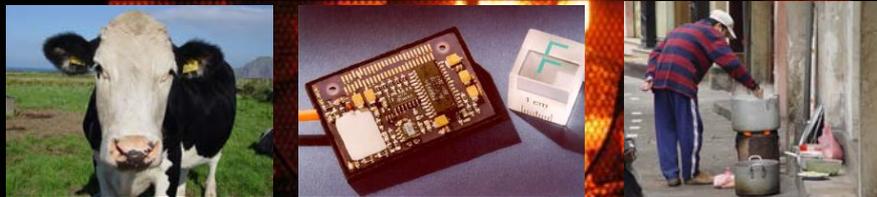
Dr. Björn Seidel, Prof. Dr. Klaus-Dieter Jany, Prof. Dr. Dr. Hans Steinhart, Prof. Dr. Thorsten Müller, Dr. Christian Grugel, Beate Kolkmann, Prof. Dr. Elke Anklam, Prof. Dr. Andreas Schäffer, Dr. Martin Geyer, Ute Ackermann, Dr. Volker Lange, Dr. Joachim Pelka, Prof. Dr. Hans Rudolf Glatt, Prof. Dr. Günther Fuhr, Dr. Klaus-Dieter Lang, Dr. Mark Bücking, Christian Lüdemann (v.l.n.r.)

13 Anlagen

- Food Chain Management, Einführungsvortrag, Dr. M. Bücking, Dr. B. Seidel, Fraunhofer IME
- GVO und gentechnisch veränderte Produkte entlang der Produktionskette, Impulsvortrag, Prof. Dr. Klaus-Dieter Jany, Bundesforschungsanstalt für Ernährung
- Mikrosystemtechnik im Food Chain Management, Statement, Beate Kolkman, Food-Processing Initiative e.V.
- Komplexität logistischer Systeme im Food Chain Management; Dr. V. Lange, Fraunhofer IML

Food Chain Management

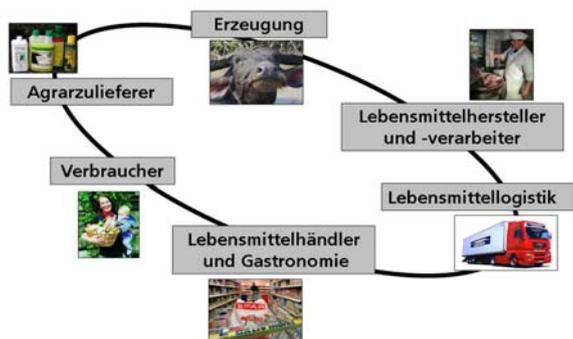
MST – Kamingespräche 2005



Bücking/Seidel

Definition Food Chain Management

FAO:dass die Verantwortlichkeiten einer sicheren, gesunden und nahrhaften Ernährung von **allen** beteiligten (**Produktion, Verarbeitung, Handel und Verbraucher**), geteilt werden....



↓
**Wesentlich höhere Anforderung
als bei den bisherigen
"Food Safety"-Ansätzen**
↑

Fraunhofer Institut
Molekularbiologie und
Angewandte Oekologie

Konsequenz

Steigende Anforderungen an Sicherheit, Qualität und Rückverfolgbarkeit in der Food Chain bedingt durch:

- die Lebensmittelkrisen
- zunehmend globalisierte Warenströme
- neue gesetzliche Bestimmungen (z.B. LFGB)
- inkonsistente Anforderungen seitens der Verbraucher



- Einführung der systematischen Risikoanalyse
- Systematischer Kontrolle der Herstellungsverfahren (GMP, HACCP...) und der damit verbundenen stärkeren Eigenkontrollmaßnahmen im Herstellungsnetz → **Food Net Management**

Lebensmittelsicherheit/Food Chain Management



Die Gewährleistung der Lebensmittelsicherheit erfolgt heute durch:

- Laboranalysen (kosten- und zeitintensiv, invasiv)
- Beurteilung durch Experten (subjektiv)



Die klassischen Methoden zur Gewährleistung der Lebensmittelsicherheit werden den gesteigerten Anforderungen eines Food Chain Management nicht mehr gerecht

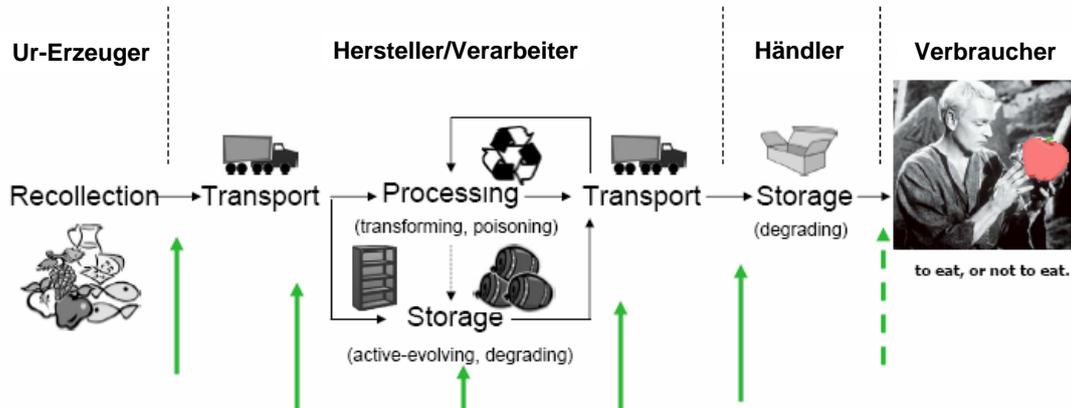


Anwendung von Mikrosystemtechnik als Ersatz?

- Kleine Geräte / Chips
- Tragbar → Felduntersuchungen
- Schnelle Ergebnisse
- Elektronischer Output → geringe Kosten
- Automatische Funktion (kaum Personal)
- kein Fachpersonal nötig
- "schonende" Analytik



Mögliche MST-Anwendungen innerhalb der Food Chain

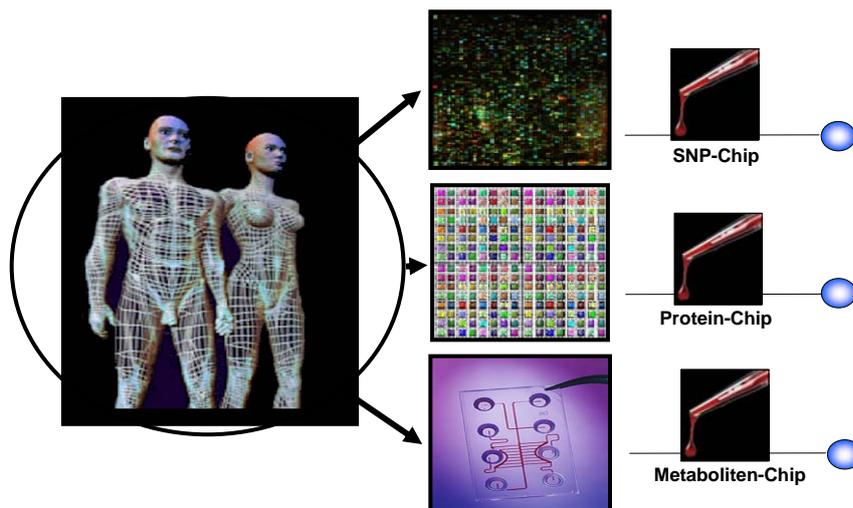


Gewährleistung der Qualität und der Sicherheit

MST: Schnellanalytik im at-line / on-line / in-line modus

großer Probendurchsatz; Mehrpunktmessung; einfaches, dauerhaftes automatisiertes Monitoring

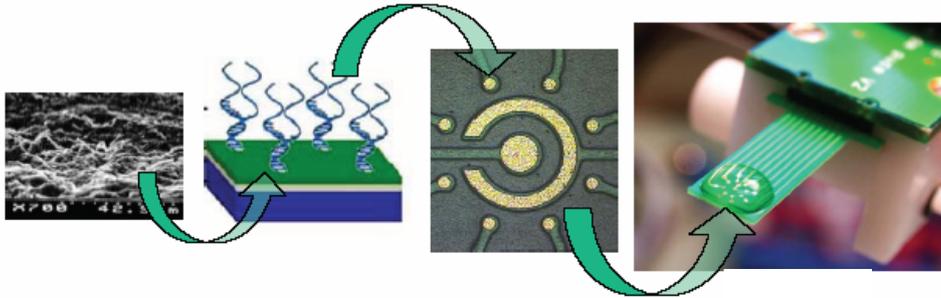
MST-Anwendungen in der Medizin



Fraunhofer  Institut
Molekularbiologie und
Angewandte Oekologie

MST-Anwendungen im Food Chain Management

DNA-Chips



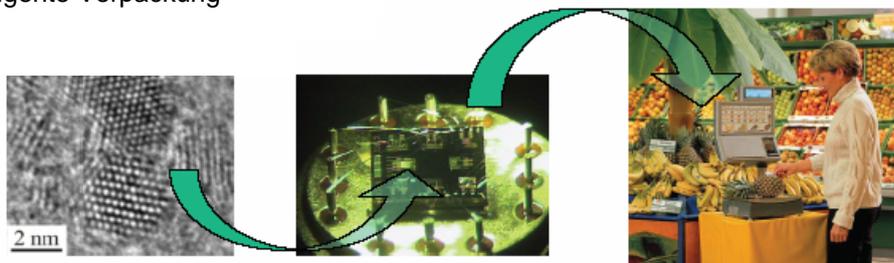
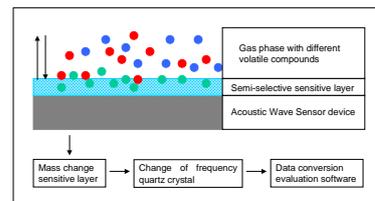
- Nachweis von pathogenen Mikroorganismen
- Herkunftsnachweise
- Qualitätsüberwachung
- Nachweis von GVOs

Fraunhofer
IME
Institut
Molekularbiologie und
Angewandte Oekologie

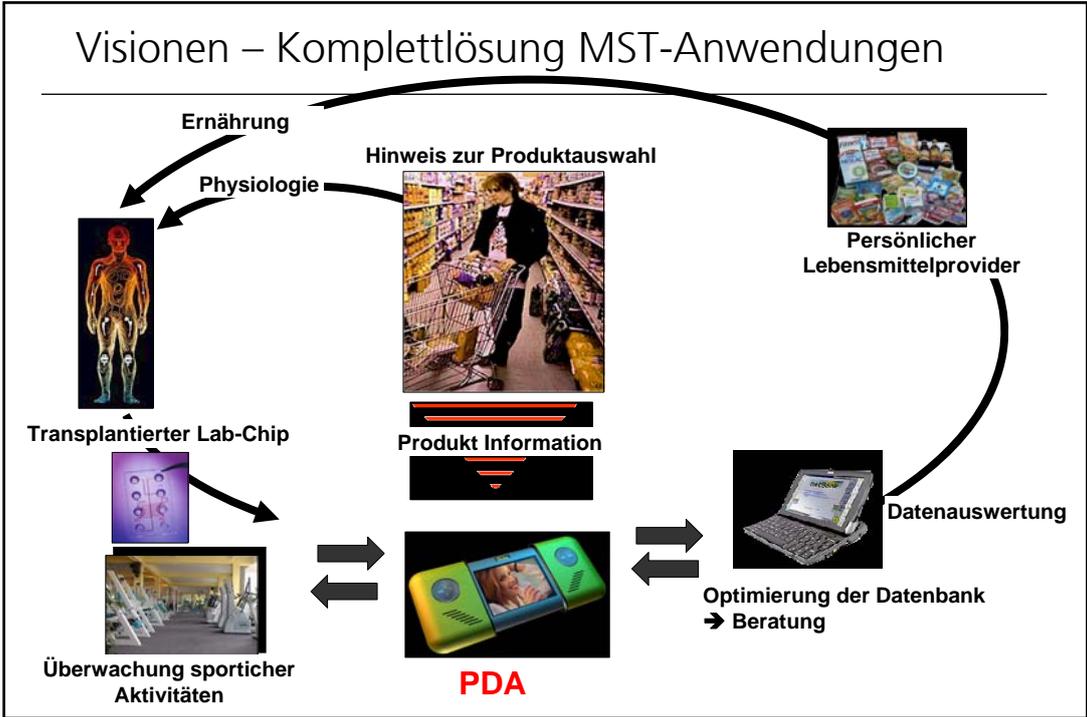
Visionen – Beispiele MST-Anwendungen

MST-basierte Sensoren

- Qualitätskontrolle im Supermarkt
- Überwachung kritischer Parameter bei der Lagerung
- Überwachung der Kühlkette
- Intelligente Verpackung



Fraunhofer
IME
Institut
Molekularbiologie und
Angewandte Oekologie



Interdisziplinäres Forschungsgebiet

Molekularbiologie und Angewandte Oekologie

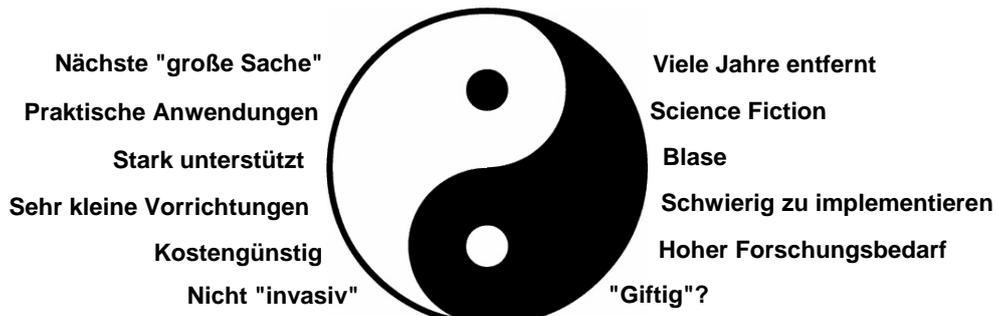
Akzeptanz

Ethische Bedenken und Akzeptanz der Verbraucher nicht unterschätzen

Gefahr / Risiko

"Gläserne Verbraucher"

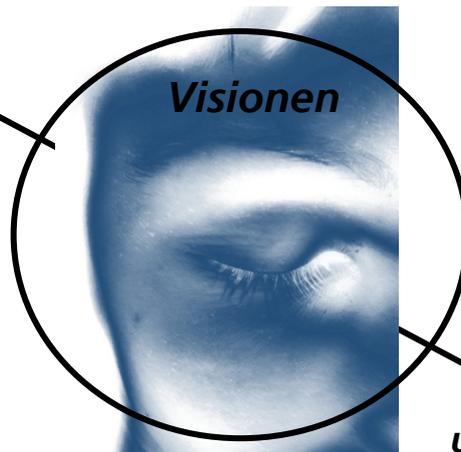
Chance / Nutzen




Fraunhofer Institut
Molekularbiologie und
Angewandte Oekologie

Diskussion

**Forschung und
Entwicklung**



**Markt
und Gesellschaft**


Fraunhofer Institut
Molekularbiologie und
Angewandte Oekologie

GVO und gentechnisch veränderte Produkte entlang der Produktionskette

Rückverfolgbarkeit

Klaus - Dieter Jany

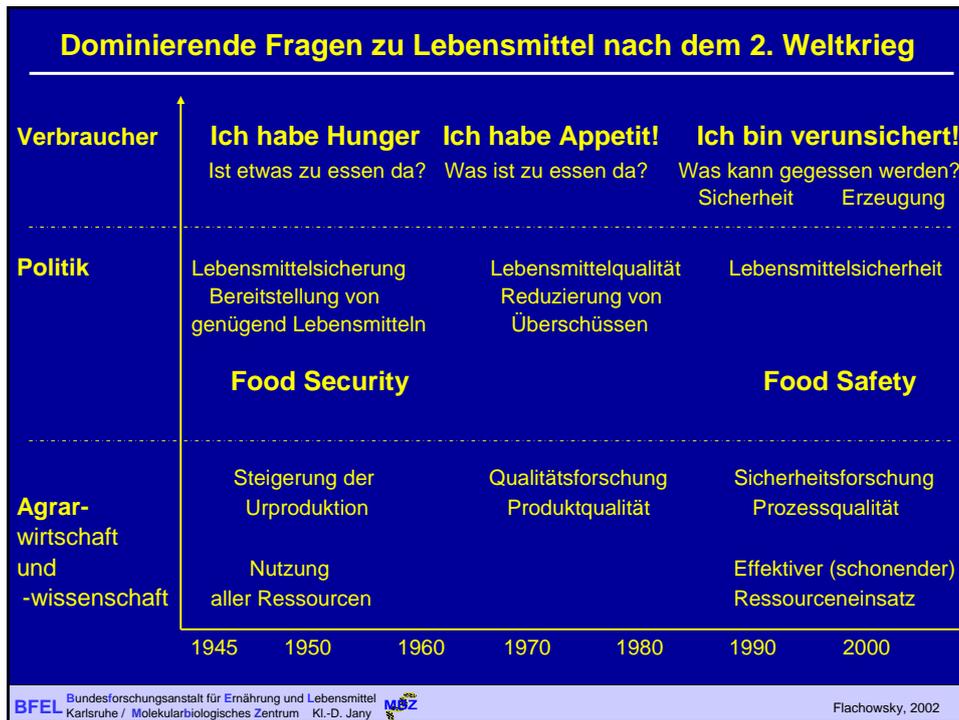
Molekularbiologisches Zentrum
Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel
Standort Karlsruhe

Tatsache ist:

„Es sind nicht die Tatsachen.....

.....die über menschliches Verhalten entscheiden,
sondern es sind die Meinungen, die sich Menschen
über die Tatsachen bilden“

(Alexander von Humboldt)



Globale Rückverfolgbarkeit ist notwendig !

EU-Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF)

- berichtet ständig über Vorkommnisse (information exchanges)

Dezember 2004 (FoodNavigator)

- nicht zugelassener roter Farbstoff im Palmöl
- Salmonella in Tortillas, geforenem Fleisch, Sesam-Samen
- Listeria in geräuchertem Lachs, Weichkäse,
- Ochratoxin A in Müsli, Chilli-Pulver

Februar 2005 UK - FSA

- Nachweis von Sudan Rot in mehr als 400 Produkten
Umfassende Rückholaktionen

2005 GS1 (EAN) und BRC globale Standards

2006 Metro - RFID-markierte Paletten (Produkten)

BFEL Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel Karlsruhe / Molekularbiologisches Zentrum Kl.-D. Jany MSZ

Rückverfolgbarkeit

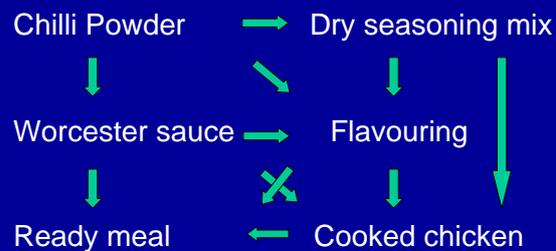
EU-Verordnungen / Richtlinien

2001 / 95 / EG	Produktsicherheit
EC 178 / 2002	General food Law
EC 1935 / 2004	Verpackungsmaterial / Kontakt
EC 1829/2003	GVO / GVO-Material
EC 1830/2003	

Sudan I (Sudanrot)

Sudan I **gefunden** in vielen Batches von Worcester
Saucen und
rückverfolgt zum Chilli-Pulver

Worcester Saucen wird in geringen Mengen in sehr
vielen Produkten genutzt



EU-Verordnung 178/2002

verpflichtet

- **zur Errichtung von Systemen und Verfahren zur Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln**
- **zum Rückruf von Lebensmitteln, die nicht den gesetzlichen Anforderungen entsprechen**

Systeme / Verfahren vom Gesetzgeber nicht definiert

- Gezielter Warenrückruf vermeidet hohe Kosten
- Chargenverfolgung empfohlen
- Systematische Ein (be-)grenzung empfohlen

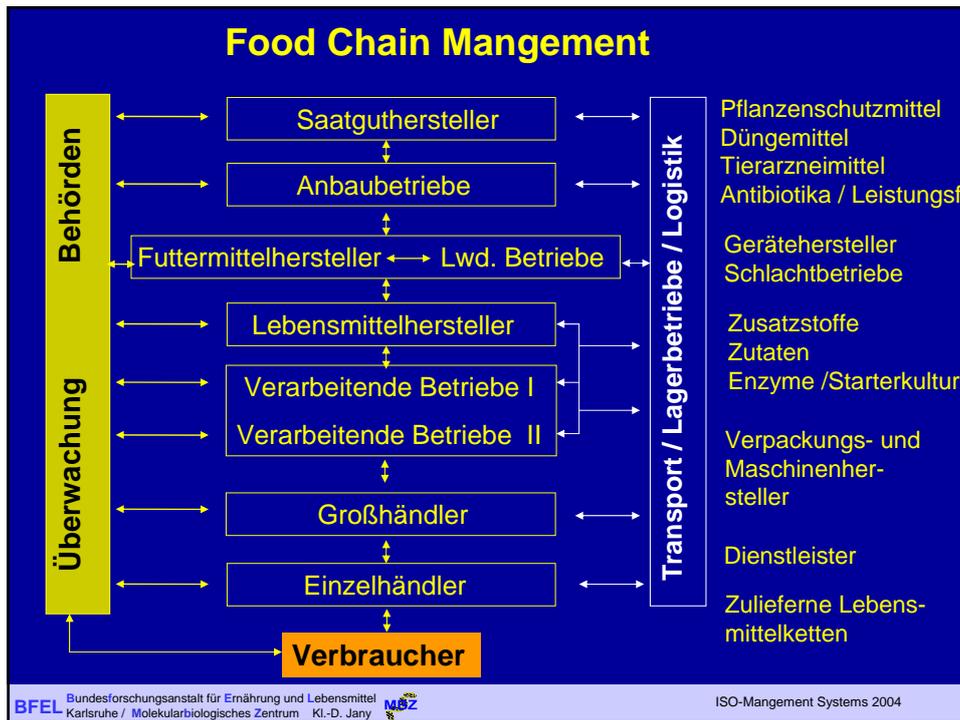
EU-Verordnung 178/2002

verpflichtet

- **zur Errichtung von Systemen und Verfahren zur Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln**
- **zum Rückruf von Lebensmitteln, die nicht den gesetzlichen Anforderungen entsprechen**

Systeme / Verfahren vom Gesetzgeber nicht definiert

- Ware muss verfolgbar und auffindbar sein (Tracking)
- Warenströme müssen rekonstruierbar sein (Tracing)
- Supply chain muss Rückrufe abwickeln können (Reverse Logistics)



Was können wir noch essen?

- Pestizide,
- Bestrahlte Lebensmittel
- Genmanipulierte Lebens-
mittel
- Dioxine,
- Nitrofen
- Acrylamid
- BSE, MKS, Geflügelpest
- Verdorbenes Hühnerfleisch

Wie sicher sind unsere Lebensmittel ?
Machen unsere Lebensmittel uns krank?

BFEL Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel
 Karlsruhe / Molekularbiologisches Zentrum Kl.-D. Jany MZ

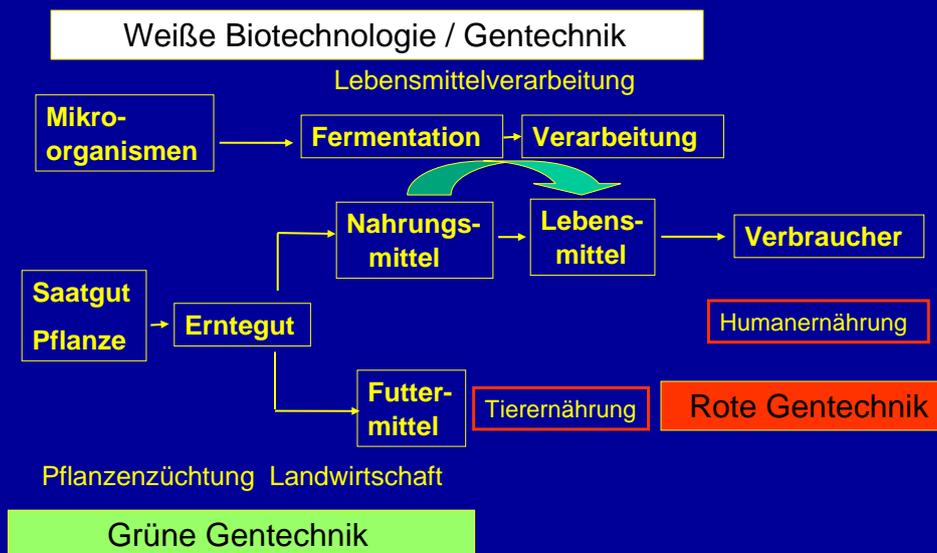
Verbrauchervertrauen

„Consumer only buy foods
in which they have trust“

David Byrne, ehemaliger EU-Kommissar
Consumer confidence comes at a price

Grüne Gentechnik

Anwendungen der Gentechnik im Agrar- und Ernährungsbereich



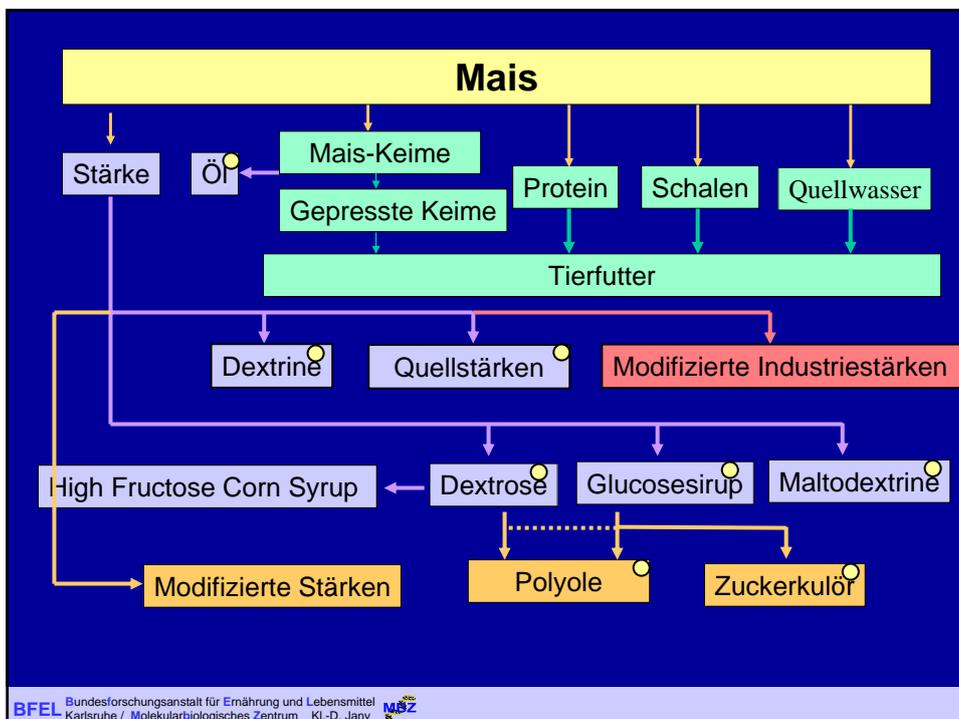
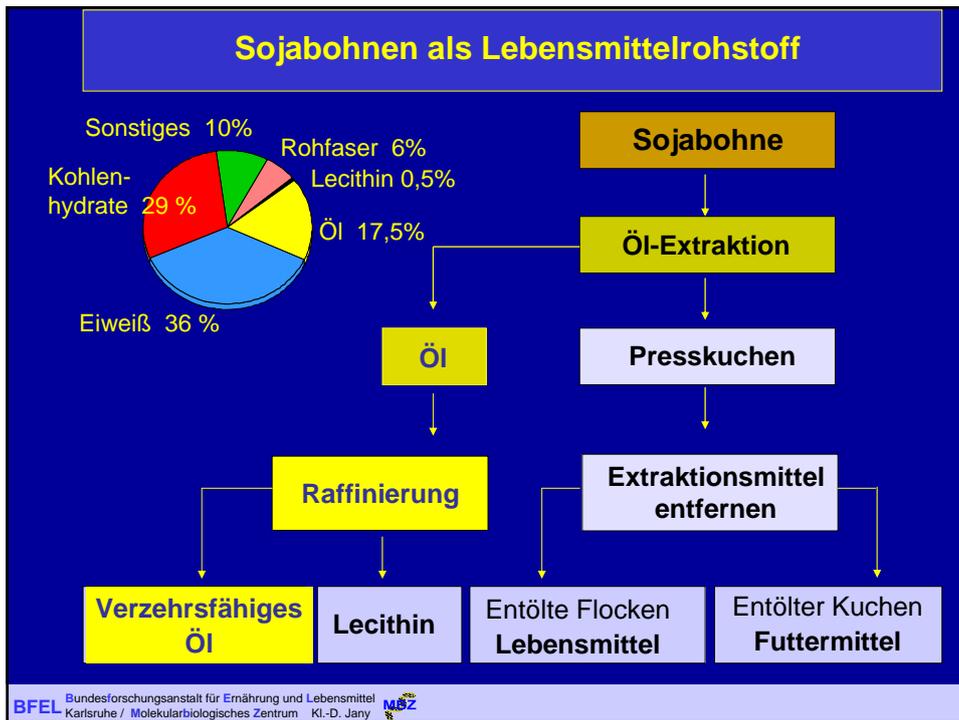


Lebensmittel aus gentechnisch veränderten Organismen

• Einteilung / Geltungsbereich

Gruppe a) Das Lebensmittel besteht aus lebenden GVO	Tomate, Kartoffel, Kürbis, Melone, Sojabohne, Maiskolben,
Das Lebensmittel enthält lebende GVO	Joghurt mit Milchsäurebakterien Käse mit Edelschimmel Wurstware mit Starterkultur
Gruppe b) Das Lebensmittel ist aus GVO hergestellt	Proteinisolate, Öle, Stärke und Stärkehydrolyseprodukte (?) Wein, Obstsaft, Tomatenketchup
Das Lebensmittel enthält isolierte Produkte aus GVO	Vitamine, Aminosäuren, Emulgator (Lecithin), Glucose-Fructose-Sirup, (??)
nicht mehr vermehrungsfähige GVO	Bier, Backwaren, Fruchtmarmeladen pasteurisierter Joghurt

BFEL Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel Karlsruhe / Molekularbiologisches Zentrum Kl.-D. Jany = gentechnisch veränderter Organismus GVO-Einteilung



Rückverfolgbarkeit :

	(EG) Nr. 178/2002	(EG) Nr.1830/2003
Wer ?	Lebensmittelunternehmer	Beteiligter
Wie?	Verfahren / Systeme	Verfahren / st. Systeme
Wen ?	Lieferant und Empfänger	von welchem Beteiligten an welchen Beteiligten
Ebene ?	Produkt	GVO-Zutat / Produkt GVO (Identifizier)
Interne Verfolgbarkeit	-	nach jeder Transaktion
Doku- mentation	keine Aussagen	5 Jahre (Identifizier)

Rückverfolgbarkeit

Die Verordnung VO (EG) Nr. 1830/2003 gilt in jeder Phase
des Inverkehrbringens

und

betrifft nur Lebensmittel und Futtermittel bzw. Zutaten, die

aus GVO bestehen (Art. 4)

oder

**aus GVO hergestellt sind (d. h. vollständig oder teilweise
aus GVO abgeleitet, aber keine GVO enthaltend oder
daraus bestehend)** (Art. 5)

=> Erfasst sind nur Produkte, bei denen bewusst und gewollt
GVO eingesetzt werden (= kennzeichnungspflichtige
Lebensmittel und -zutaten)

Rückverfolgbarkeit

Die Verordnung VO (EG) Nr. 1830/2003 gilt in jeder Phase des Inverkehrbringens

Produkte, die aus GVO bestehen oder GVO enthalten

Notwendige Angaben:

Produkt besteht aus einem GVO, enthält GVO

Angabe des Erkennungsmarkers (unique identifier)

Produkte, die aus GVO hergestellt wurden

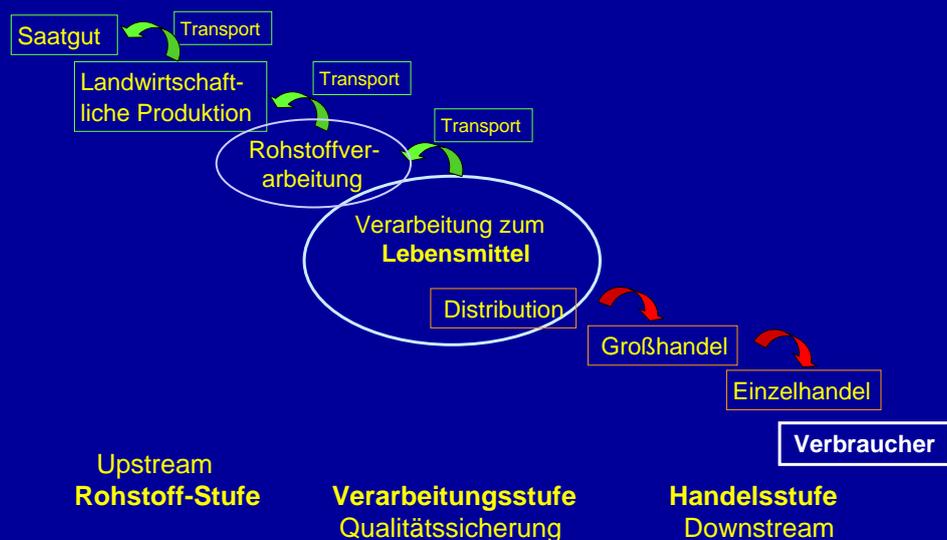
Notwendige Angaben:

Angabe jeder Zutat, jedes Zusatzstoffes, der aus GVO hergestellt wurde

Erkennungsmarker muss nicht weitergegeben werden

Rückverfolgbarkeit - Traceability

Stufen der Rückverfolgbarkeit



Informationsfluss über die Kette (Art. 4 -6)

„In der ersten Phase des Inverkehrbringens“

- Informationen, dass das Produkt GVO enthält oder aus GVO besteht
- Zusätzliche Angabe des eindeutigen Codes („unique codes“) des betreffenden GVO
„unique code“, „unique identifier“

E
C
A
—
B
A
A
9
8
1
—
2

Antragsteller Transformationsereignis Prüfziffer

Jede weitere Phase des Inverkehrbringens:
Weitergabe dieser Informationen

Speichern der Informationen über **fünf Jahre (Art.5)**

Gentechnisch verändertes Ausgangsmaterial - GVO

Bt-Mais

Stoff aus GVO

Stärke

1. Verarbeitungsstufe

Dextrine - Maltodextrine
Glucose - Fructose

2. Verarbeitungsstufe

Sorbitol, Mannitol, Maltitol, Xylitol, Erythritol
Citronensäure, Citrate, Milchsäure, Lactate

3. Verarbeitungsstufe

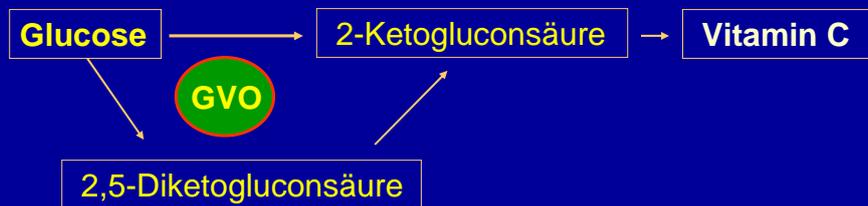
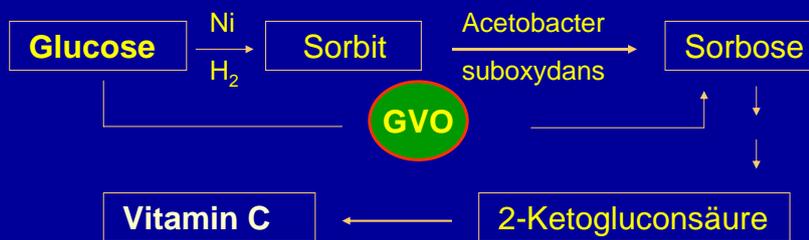
Fumarsäure, Essigsäure
Ethanol,
Ascorbinsäure - Vitamin C

? Fermentations-
produkte

Lysine, Glutaminsäure
Peptide, Geschmacksvertärker

Erzeugnisse aus GVO ?

Vitamin C Synthese



BFEL Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel
Karlsruhe / Molekularbiologisches Zentrum Kl.-D. Jany



Gen- und Biotechnik - Visionen

- Individuelle Anforderungen an Lebensmittel
- Zunehmende Bedeutung an *functional foods*
- Neue Produkte *food on demand*

Neue Herausforderungen an das Food Chain Management

BFEL Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel
Karlsruhe / Molekularbiologisches Zentrum Kl.-D. Jany



Mut mit Verstand ist heute gefragt !

„Die Wagemutigen **können** verlieren in dieser neuen, globalen Wirtschaft.
Die Zaghafte aber **werden** verlieren“

„Nichts ist so **gefährlich** wie die Angst vor dem **Ungewissen**“

Lester Thurow, 2003
Die Zukunft der Weltwirtschaft
Fortune Favors the Bold

Statement Mikrosystemtechnik im Food Chain Management

Beate Kolkmann, Food-Processing Initiative e.V.

Inhalt

1. Bedeutung der Wertschöpfungskette Food-Processing für Nordrhein-Westfalen
 - 1.1. Die Wertschöpfungskette der Ernährungsbranche in Nordrhein-Westfalen
 - 1.2. Export
 - 1.3. Rückverfolgbarkeit & Sicherheit
 - 1.4. Lebensmittelqualität
 - 1.5. Gesunde Ernährung - Ernährungstrends
2. Die Mikrosystemtechnik in Nordrhein-Westfalen
3. Entwicklungspotential der MST in der Wertschöpfungskette Food

1 Bedeutung der Wertschöpfungskette Food-Processing für Nordrhein-Westfalen

Die Ernährungsindustrie hat in Deutschland einen ihrer bedeutendsten Standorte in Nordrhein-Westfalen. Insgesamt gibt es allein bei den Nahrungsmittelproduzenten rund 1000 Betriebe mit knapp. 100.000 Beschäftigten (LDS August 2005: 1034 Betriebe, 97844 Beschäftigte). Hinzu kommen weit über 700 Unternehmen in den vor- und nachgelagerten Wirtschaftsbereichen des Maschinen- und Anlagenbaus für die Nahrungsmittelindustrie, der Produzenten von Zusatzstoffen, der Verpackungsindustrie, der Logistik und EDV. Für Nordrhein-Westfalen stellt dieses Kompetenzcluster eine enorme Wirtschaftskraft dar.

Das Ernährungsgewerbe in Nordrhein-Westfalen ist gemessen am Umsatz der fünftwichtigste Industriezweig. Rund 27 Mrd. EUR der Industrieumsätze Nordrhein-Westfalens entfielen 2003 auf diesen Sektor. Neben einer Vielzahl leistungsstarker und innovativer mittelständischer Unternehmen haben gleichzeitig rund 27 % der rund 40 umsatzstärksten deutschen Unternehmen des Ernährungsgewerbes ihren Sitz in Nordrhein-Westfalen (z.B. Coca-Cola GmbH, Dr. August Oetker KG, Humana Milchunion eG, HARIBO GmbH & Co. KG, Intersnack Knabber-Gebäck GmbH & Co. KG, bofrost Dienstleistungs GmbH & Co. KG, Westfleisch Vieh- und Fleischzentrale Westfalen eG, Warsteiner Brauerei Haus Cramer GmbH & Co. KG, etc.). Zudem haben 8 der 10 größten deutschen Handelshäuser ihren Sitz in NRW (z.B. Edeka Gruppe, Rewe, Metro, Tengelmann, Aldi).

Die deutsche Ernährungsindustrie ist jedoch weitgehend mittelständisch geprägt. Die Zielgruppe wird dominiert von kleinen und mittelständischen Firmen. Schätzungsweise 80% erfüllen die „offiziellen Kriterien“ (bis 250 Mitarbeiter). Typisch für den Mittelstand sind klare Strukturen, die meist auf den Inhaber bzw. Geschäftsführer zugeschnitten sind.

1.1 Die Wertschöpfungskette der Ernährungsbranche in Nordrhein-Westfalen

Kaum ein Wirtschaftszweig des Landes Nordrhein-Westfalen ist so heterogen wie die Nahrungsmittelindustrie. Betrachtet man die gesamte Wertschöpfungskette, so lässt sie sich in folgende Bereiche aufschlüsseln: Landwirtschaft, Lebensmittelverarbeitende Unternehmen, Maschinen und Anlagen für die Ernährungsbranche, Verpackungsmaschinen und –mittel, Herstellung von Zusatz- und Betriebsstoffen, Herstellung von Verfahrens- und Systemtechnologien, sowie Transport / Logistik, Handel (LEH), Gastronomiebetriebe.

1.2 Export

Die Exportquote der Nahrungs- und Genussmittelindustrie mit Sitz in Nordrhein-Westfalen lag 2003 mit 2,923 Mrd. EUR des gesamt Umsatzes bei 10,8%. Das entspricht einem NRW-Anteil am deutschen Auslandsumsatz von 15,5%. Hauptexportländer sind die Niederlande, Frankreich und Belgien.

Im Maschinen- und Anlagenbau für die Ernährungsindustrie liegen je nach Teilbranche die Exportquoten zwischen 60 und 90%. Deutsche Hersteller sind internationale Marktführer mit Nahrungsmittelmaschinen und Verpackungsmaschinen. 2003 betrug der Anteil am Weltexport ca. 25%; in einige Teilbranchen sogar bei über 33%. (Quelle: VDMA). Internationale Märkte haben somit einen sehr hohen Stellenwert.

1.3 Rückverfolgbarkeit & Sicherheit

Die Thematik der Rückverfolgbarkeit innerhalb der Lebensmittelkette einschließlich der Futtermittelunternehmen ist ein zentraler Bestandteil des europäischen Lebensmittelrechts. In der Verordnung (EG) 178/2002 werden die Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts festgelegt und Verfahren zur Lebensmittelsicherheit bestimmt.

Die Sicherheit der Nahrungsmittel gehört – neben der Qualität - für jedes Unternehmen der Ernährungsbranche zum wichtigsten Grundsatz bei der Produktion. Gesetzliche (178/2002, LFGB-Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch) und privatwirtschaftliche Verordnungen bzw. Forderungen (IFS- Internationale Food Standard oder BRC - British Retail Consortium) spielen für die Unternehmen in der Foodkette eine bedeutende Rolle.

Besonders die Umsetzung der Zertifizierungsvorschriften wie der IFS und die Rückverfolgbarkeitsverordnung (178/2002) sind nicht immer leicht für die Unternehmen zu handhaben – zumal jeder einzelne Betrieb meist nur ein Glied in der Wertschöpfungskette ist und auf entsprechende qualifizierte Vorleistungen angewiesen ist. Neue technologische Ansätze wie integrierte Rückverfolgbarkeitssysteme stellen geeignete Instrumente dar, um auch in Krisensituationen (Rückrufaktionen) dem Unternehmen entsprechende Aufzeichnungen unterstützend zu liefern. Sowohl in der Weiterentwicklung von vorhandenen Systemen, insbesondere die Umsetzung zur

praktischen Handhabung als auch in der Grundlagenforschung ist ein hoher Entwicklungsbedarf zu sehen.

1.4 Lebensmittelqualität

Lebensmittelqualität ist für jedes Unternehmen der Ernährungsbranche ein prioritäres Gut. Diese Qualität zu gewährleisten aber auch in die Wahrnehmung der Konsumenten zu bringen, wird die Kernaufgabe der Ernährungsbranche für die nahe Zukunft sein, um wettbewerbsfähig zu bleiben, d.h. nicht nur über das „Qualitätskriterium“ Preis definiert zu werden.

Der Verbraucher ist auf die Qualität der Produkte angewiesen. Es ist allerdings festzustellen: Viele Prüfsiegel und deren Marketingaussagen erreichen den Verbraucher oftmals nicht. Einerseits ist die Ernährungskommunikation und somit die Verbraucherkommunikation wichtig, um für den Verbraucher direkt auf einer fachlich fundierten Basis das Produkt eindeutig als Qualitätsprodukt „erkennbar“ zu machen. Andererseits ist es wichtig, dass alle Stufen der Prozesskette für die Qualität (und Sicherheit) der Produkte stehen. Diese Transparenz setzt ein hohes eigenverantwortliches Handeln sowie eine fachliche Qualifikation aller Beteiligten in den Unternehmen voraus. Des Weiteren ist die gegenseitige Wahrnehmungsmöglichkeiten u. a. durch gezielte Kommunikation, zu verbessern; hier gilt es gemeinsame Modelle, d.h. innerhalb der Wertschöpfungskette Food zu entwickeln. Die Modelle sind besonders auf ihre Durchführungsmöglichkeiten und Praxistauglichkeit zu prüfen. Umso wichtiger ist es die Wertschöpfungskette der Ernährungsbranche zu einer einheitlichen Verantwortungskette zu machen.

Nicht zuletzt ist die Frage zu klären, welche zusätzlichen Qualitätsdimensionen sich für eine Differenzierung von der „normalen“ Qualität und damit zur Hervorhebung aus der Vielfalt der Angebote eignen. Der derzeitige Markt ist von vielen standardisierten Produkten geprägt. Regionale Produkte und Produkte „nach Großmutterart“, werden von den standardisierten Lebensmittelprodukten weitestgehend überlagert. Wie sehen die Bedürfnisse des Verbrauchers nun aus; welche Esskultur bzw. welches Ernährungsbewusstsein liegt vor und wie können diese Bedürfnisse gedeckt werden? Umso wichtiger ist es, weiterhin Lebensmittelprodukte mit einer hohen Qualität auf dem Markt zu bringen. Die Ernährungswirtschaft, mit allen Beteiligten innerhalb der Wertschöpfungskette beruft somit auf Vertrauen.

1.5 Gesunde Ernährung - Ernährungstrends

Der Lebensmittelindustrie eröffnen funktionelle Lebensmittel oder Convenience Produkte neue Wachstumsmöglichkeiten. Die Entwicklung „neuer Lebensmittel“ und deren Auslobung stehen unter den rechtlichen Aspekten (Health Claims) in der Diskussion. Neue Rechtsvorschriften, Verordnungen und Kennzeichnungsvorschriften innerhalb der EU stellen gerade die mittelständische Lebensmittelwirtschaft vor Herausforderungen bei der Umsetzung. Sie gehen als Kostenfaktor – neben den reinen Innovations- und Entwicklungskosten – in die Entscheidung bei der

Innovation und können ein Hemmnis darstellen. Umso dringlicher sind wissenschaftlich fundierte Ansätze, die Innovationen und deren Umsetzung erleichtern.

Durch den anhaltenden Trend der Convenience Produkte, z.B. tiefgekühlte Fertiggerichte sowie Konserven, bekommt die Mahlzeiten-Zubereitung beim Endverbraucher eine hohe Bedeutung. Das heißt die Produkte sollten möglichst inhaltsreich an Vitaminen und Mineralstoffen sein. Die Zubereitung von Convenience stellt insbesondere für ältere Personen (u.a. das Öffnen der Verpackungen) oftmals eine gewisse Hürde dar. Auch vor dem Hintergrund, dass 50 % der Baby-nahrung in die Altenpflege gehen, ist es notwendig entsprechende Produkte für diese Zielgruppe zu entwickeln.

2 Die Mikrosystemtechnik in Nordrhein-Westfalen

Die Mikrosystemtechnik (MST) wird wie die Biotechnologie als Querschnittstechnologie bezeichnet, und wird von vielen Experten als **die Schlüssel- bzw. Spitzenspitzen-technologie** des 21. Jahrhunderts mit einem hohen Wachstumspotential prognostiziert. Das wird u.a. darauf begründet, dass die MST Methoden der Mikroelektronik, der Mikromechanik, der Mikrofluidik und der Mikrooptik sowie der Informatik, Biotechnologie und Nanotechnologie kombiniert. Des Weiteren liefert die MST die nötigen Schnittstellen, um innovative Entwicklungen aus neuen Technologiefeldern wie der Bio- oder Nanotechnik in Produkte zu integrieren. Insbesondere die Nanotechnologie gilt als die Grundlage für zahlreiche neue Entwicklungen von Mikrosystemen und Strukturen.

Für die Forschung in Deutschland gilt es, eine starke Position im Bereich der Mikrosystemtechnik zu behaupten und auszubauen. Von großer Bedeutung ist dabei sicherlich die Förderung des BMBF zur Entwicklung der Mikrosystemtechnik bis zum Jahr 2009 mit rund 260 Millionen Euro. Mit der Forschung sollen die Grundlagen für die Arbeitsplätze der Zukunft geschaffen werden. In vielen Bereichen kann ein Technologievorsprung durch die Mikrosystemtechnik bevorstehen.

Nach Angaben des BMBF sind heute bereits rund 680.000 Arbeitsplätze mit der MST bundesweit verbunden (Tendenz steigend). Es lässt eine dynamische Entwicklung der MTS in den nächsten Jahren erwarten, die auch andere Wirtschaftsbereiche beeinflussen bzw. verändern und somit eine wirtschaftliche Bedeutung erlangen wird.

Bundesweit beschäftigen sich 230 Unternehmen mit der Mikrosystemtechnik. Die größten Konzentrationen befinden sich in Dortmund, Jena, München und Berlin. Von Aachen bis Dresden erstreckt sich in Deutschland ein Gürtel von MST-Clustern, während in Süddeutschland viele Unternehmen auf der Grünen Wiese zu Hause sind. Rund ¼ der MST-Unternehmen haben ihren Sitz in Nordrhein-Westfalen (NRW). Dortmund nimmt bei den Mikrotechnik-Clustern mit 20

Unternehmen eine Spitzenposition ein, die einen Gesamtumsatz von 213 Millionen Euro erwirtschaften. Das Weltmarktvolumen liegt im Vergleich bei rund 44 Milliarden Euro. Zusätzlich verfügt NRW über ein sehr gutes Bildungs- und Forschungsnetzwerk. 16 Universitäten und 15 Forschungsinstitute beschäftigen sich mit der Mikrosystemtechnik, einer Querschnittstechnologie, die in vielen Branchen eingesetzt wird. (Quelle: 2003 gfw, 2005 IVAM)

3 Entwicklungspotential der MST in der Wertschöpfungskette Food

In Zukunft dürfte die Mikrosystemtechnik in der Lebensmittelindustrie eine bedeutende Rolle einnehmen; insbesondere im Bereich von intelligenten Verpackungen, Smartlabels oder Thermolabels, die durch Verfärbung Veränderungen der Temperatur innerhalb der Logistikkette anzeigen. Beispielhaft seien hier die Hinweise auf Skandale wie wieder aufgetautes Fleisch oder auch der intelligente Kühlschrank, der dem Verbraucher das Verfallsdatum signalisiert, gegeben. Hier könnten solche Systeme zur Gewährleistung der Rückverfolgbarkeit in der Wertschöpfungskette Food beitragen. Aber auch innerhalb der Prozesskette, der Lebensmittelverarbeitung kann die Analytik durch eine kontinuierliche Online-Messung (z.B. Reifungsgrad, Sauberkeit, etc.) die Datenerfassung im System vereinfachen.

Bei der Ernährung steht nach wie vor Qualität und Sicherheit der Produkte und Prozesse an erster Stelle. Hier findet sicherlich die Entwicklung/Grundlagenforschung sowie die Weiterentwicklung von bereits bestehende Entwicklungen fortzuführen der MTS, nämlich in der Lebensmittelanalytik (Bio-Sensoren, Chip-systeme) ihre Anwendung. Inwieweit durch die Entwicklungen zu grundlegenden Veränderungen ganzer Technologien führen wird, bleibt abzuwarten.

Vor diesem Hintergrund kann der Einsatz der Mikrosystemtechnik in der Lebensmittelindustrie eine wichtige Rolle für Sicherheit und Rückverfolgbarkeit von Produkten darstellen.

Des weiteren gilt es Fragestellungen rund um das Thema MST zu klären, dies sind u.a.:

- Wie wird die MST in der Öffentlichkeit wahrgenommen bzw. inwieweit ist die Wahrnehmung wichtig?
- Wie viele Vorhaben befinden sich noch im Anfangsstadium (Grundlagenforschung)?
- Wie ist die Nachfrage der MST und von welcher Branche sind aktuell die Nachfrager?
- Wo fand die MST schon Eingang in der Lebensmittelindustrie?
- Wird mit Hilfe von Mikrosystemtechnik alles sicherer in der Wertschöpfungskette Food?

Es gilt die Schaffung von Voraussetzungen für eine erfolgreiche Weiterentwicklung der Mikrosystemtechnik, hier ist die Weichenstellung für die klein und mittelständischen Unternehmen wichtig, insbesondere in der Ernährungsindustrie zu ebnen.

Insbesondere mit neuen F&E-Verfahren kann kurz- bis mittelfristig versucht werden, identifizierte technisch-wirtschaftliche Lücken entlang der Wertschöpfungskette Food bedarfsgerecht auszugleichen. Gerade für die klein und mittelständischen Unternehmen ist der Übergang von der wissenschaftlichen Forschung zum Tagesgeschäft schwierig, bzw. stellt eine große Hürde dar. Hierbei können Kooperationen entlang der Wertschöpfungskette Food sowie die Entwicklung von strategischen Partnerschaften hilfreich sein.

Aber auch die Vernetzung zwischen allen Beteiligten in der Wertschöpfungskette Food, d.h. zwischen Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen, den MTS-Herstellern und MST-Anwendern, den Lebensmittelverarbeiter ist wichtig, um gerade die Bedingungen für mittelständischen Unternehmen zu berücksichtigen. Des Weiteren ist es notwendig Barrieren und Innovationshemmnisse zu identifizieren, z.B. MST-Anwender und Lebensmittelindustrie näher bringen (in wie weit ist ein MST-Hersteller/Anwender mit dem Lebensmittel /-verarbeitung vertraut?).

Hier ist es sicherlich hilfreich zu wissen, inwieweit sich die Unternehmen der MST und der Lebensmittelindustrie schon angenähert haben. Nur durch eine gegenseitige Wahrnehmung können praxistaugliche Entwicklungen umgesetzt werden.

Ziel muss es sein F&E-Aktivitäten kurzfristig -innerhalb von ½ bis 1 Jahr- in die Praxis umzusetzen. Aber auch längerfristige Entwicklungen –5-15 Jahre- gilt es zu betrachten und voranzubringen. Dies setzt eine klare Definition der Forschungsbedarfe innerhalb der Lebensmittelindustrie sowie der Mikrosystemtechnik voraus.

Für eine praxisnahe Kommunikation gilt es die Experten aus der Mikrosystemtechnik und der Wertschöpfungskette Food an einem Tisch zu bringen, um praxisnahe Entwicklungen zu identifizieren und umzusetzen.

Des Weiteren ist für ein umsetzungsorientiertes Handeln der Akteure der Ernährungsindustrie, eine Zusammenarbeit/Zusammenwirken von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik erforderlich. Die Nutzung und Ausweitung von existierenden Netzwerken, mit all ihren Partnern und Aktivitäten scheint hier sinnvoll.

Food Chain Management Komplexität logistischer Systeme

- Globalisierte Warenströme und gebrochene Transportkette
- Möglichst geringe Bestände bei hoher Lieferfrequenz → ECR
- VMI, d.h. Produktion on Demand durch echtzeitnahes Wissen des Verbraucherverhaltens
- Rückverfolgbarkeit über die gesamte Kette
- Handel: Out-of-Stock, Mindesthaltbarkeit
- Verbraucher: E-Commerce, Intelligenter Kühlschrank

Transpondertechnologie, RFID, Intelligente Verpackung, Webbasierte Datenbank

Informationsfluss

Anbau Produzent Großhandel Einzelhandel Kunde

TUL-Prozesse, Qualitätssicherung, Kühlkette

Materialfluss

Seite 1 MST-Kamingespräche in Berlin, 01./02. Dez. 2005

Fraunhofer IML Institut Materialfluß und Logistik

TUL: Transport, Umschlag, Lager
ECR: Efficient Consumer Response
VMI: Vendor Managed Inventory
RFID: Radio Frequency Identification

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Weitere Informationen:

Fraunhofer Institut IML
Joseph-von-Fraunhofer Str. 2-4
44227 Dortmund

Dr. Volker Lange
Tel.: +49 231 / 9743 - 235
Fax: +49 231 / 9743 - 311
Email: lange@iml.fraunhofer.de

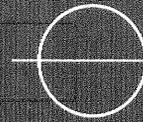
www.iml.fraunhofer.de
www.openID-center.de
www.realtime-logistics.de

**Was man von einer Sache denkt,
kann nie so gut sein wie das,
was man von einer Sache weiß!**

Jean Paul Getty

Seite 2 MST-Kamingespräche in Berlin, 01./02. Dez. 2005

Fraunhofer IML Institut Materialfluß und Logistik



MST Kamingespräche »Food-Chain-Management«

1. und 2. Dezember 2005 im Hotel Adlon in Berlin

AGENDA

1. Dezember	18 ⁰⁰	Begrüßung und Vorstellung der Teilnehmer
	19 ⁰⁰	Abendessen
	20 ³⁰	Motivation und Einführung durch Prof. Schäffer anschließend freie Diskussion
2. Dezember	8 ³⁰	Begrüßung
	8 ⁴⁵	Impulsvortrag von Prof. Jany und anschließende Diskussion
	10 ⁰⁰	Kaffeepause
	10 ¹⁵	Statements der Teilnehmer und Diskussion zu den Themen <ul style="list-style-type: none">• Vision & Roadmaps• Forschungsbedarf• Märkte und Gesellschaft
	12 ³⁰ - 14 ⁰⁰	Mittagspause
	15 ³⁰	Ende der Veranstaltung

Teilnehmerliste

MST Kamingespräche »Food-Chain-Management«

am 1. und 2. Dezember 2005 im Hotel Adlon in Berlin

Wissenschaftliche Leitung: Prof. Dr. Andreas Schäffer

Keynote Speaker: Prof. Dr. Klaus-Dieter Jany

Ute Ackermann

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH
Rheinstraße 10 B

14513 Teltow

Prof. Dr. Elke Anklam

European Commission
Directorate-General Joint Research Centre
Institute for Reference Materials and Measurements
Retieseweg 111

B-2440 Geel
Belgium

Alfons Botthoff

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH
Rheinstraße 10 B

14513 Teltow

Dr. Mark Bücking

Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und
Angewandte Oekologie
Auf dem Aberg 1

57392 Schmallenberg-Grafschaft

Prof. Dr. Günter Fuhr

Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik
Ensheimer Straße 48

66386 St. Ingbert

Dr. Martin Geyer

Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V.
Max-Eyth-Allee 100

14469 Potsdam

Prof. Hans Rudolf Glatt

DifE Deutsches Institut für Ernährungsforschung
Arthur-Scheunert-Allee 114-116

14558 Nuthetal

Dr. Christian Grugel

Bundesamt für Verbraucherschutz und
Lebensmittelsicherheit – BVL
Rochusstraße 65

53123 Bonn

Bundesforschungsanstalt für Ernährung

Prof. Dr. Klaus-Dieter Jany	Haid-und-Neu-Str. 9 76131 Karlsruhe
Beate Kolkmann	Food-Processing Initiative e.V. Herforder Straße 26-28 33602 Bielefeld
Dr. Volker Lange	Fraunhofer-Institut für Materialfluß und Logistik Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2-4 44227 Dortmund
Prof. Dr. Torsten Müller	Institut für Pflanzenernährung Universität Hohenheim (330) Fruwirthstraße 20 70599 Stuttgart
Dr. Klaus-Dieter Lang	Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration Gustav-Meyer-Allee 25 13355 Berlin
Prof. Dr. Andreas Schäffer	Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie Auf dem Aberg 1 57392 Schmallenberg-Grafschaft
Dr. Björn Seidel	Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie Auf dem Aberg 1 57392 Schmallenberg-Grafschaft
Prof. Dr. Dr. Hans Steinhart	Direktor des Instituts für Biochemie und Lebensmittelchemie der Universität Hamburg Abteilung Lebensmittelchemie Grindelallee 117 20146 Hamburg
Dr. Joachim Pelka	Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik Gustav-Meyer-Allee 25 13355 Berlin
Christian Lüdemann	Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik Gustav-Meyer-Allee 25 13355 Berlin

In der Informationsreihe „Berliner Kamingespräche zur Mikrosystemtechnik“ werden Ergebnisse von Diskussionen ausgewiesener Experten zu künftigen Entwicklungen bei Technologien und Anwendungen der Mikrosystemtechnik vorgestellt.

Im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung werden in den „Innovationsunterstützenden Maßnahmen“ begleitend zum Rahmenprogramm Mikrosysteme durch den Projektträger VDI/VDE Innovation + Technik GmbH strategische Diskussionen unter Einbindung von Vertretern der Forschung, Wirtschaft und Gesellschaft befördert.

Bisher erschienene „Kamingespräche“ der zweiten Staffel:

1. Zukunftsszenarien Food-Chain-Management
2. Mikro-Nano – Integration

Diese sind als Dokumente im Adobe Reader Format (PDF) kostenfrei auch im Internet abrufbar:

<http://www.mstonline.de/medien/>

Die Dokumentation der ersten Staffel der Kamingespräche liegt als Buchveröffentlichung vor:

Botthof, A.; Pelka, J. (Hg.): **Mikrosystemtechnik – Zukunftsszenarien**; Springer Berlin, 2003.



Klappentext:

Mikrosystemtechnik, entstanden aus der Ergänzung der Mikroelektronik durch andere Mikrotechniken, ermöglicht heute die Realisierung vollständiger Systeme für unterschiedlichste Anwendungen auf kleinstem Raum. Die Bewertung des Potenzials einer Mikrosystemtechnik von morgen verlangt einen umfassenden Blick in die weitere Zukunft. Um Trends und Gestaltungsoptionen zu durchdenken, trafen sich Experten und herausragende Persönlichkeiten aus dem In- und Ausland. Diese Expertengespräche spannten einen Bogen von der Mikroelektronik-basierten drahtlosen Telekommunikationstechnik über die Fragen optischer Mikrosysteme bis hin zu den "denkenden Gegenständen" des MIT Media Lab. Neben generellen Betrachtungen zu einer auf das Jahr 2020 ausgerichteten Mikrosystemtechnik wurden auch die Grenzbereiche zu den Life Sciences, zur Mikrooptik und zur Mikrorobotik vertieft. TOC:Geleitwort.- Vorwort.- Zusammenfassung.- Das Leben im Jahr 2020.- Life Sciences.- Mikrooptik.- Mikrorobotik.- Fachliche Empfehlungen und Leitthemen.- Empfehlung an die Politik.- Die Teilnehmer.- Danksagung.

