

# Einsatz der Instrumentalanalyse im Rahmen der amtlichen Lebensmittelüberwachung

André Herrmann\*

## Instrumental Analysis at the Official Foodcontrol Laboratories of Switzerland

**Abstract:** Swiss legislation of food is enforced by the cantonal laboratories. Through inspection of the food companies and analysis of samples, they survey the conformity of the production and products. Within the last 15 years, the number of samples analysed has fallen by about 30%. The parameters to be analysed are numerous and need high sensitivity and selectivity. The equipment of the official laboratories enable these investigations to be performed well, but only a few labs are using certain crucial instrumental technologies, other methods are not implemented at all. Thanks to instrumental analytical methods, unsuspected frauds or unexpected contaminations can be revealed. This article gives an overview of the instrumental analysis methods used by the official foodcontrol laboratories with examples of applications. It also gives a perspective on how these expensive analytical resources should be shared between the cantonal laboratories.

**Keywords:** Authenticity · Contaminants · Food law enforcement · Food control · Network

## 1. Einführung

Zum Wohle der Menschen sowie zum Schutz der Umwelt wurde eine ganze Reihe von Erlassen geschaffen, deren Anforderungen von den betroffenen Firmen erfüllt werden müssen. Die zuständigen Behörden ihrerseits haben diese Erlasse zu vollziehen. Beide Parteien stützen sich dabei auf Inspektionen und Untersuchungen ab. Diese zwei Kontrollarten ergänzen sich; allerdings sollen analytische Untersuchungen erst dann herangezogen werden, wenn mittels Inspektionen die Probleme nicht lokalisiert oder gelöst werden können.

Abgesehen von mikrobiologischen sowie von einzelnen klassischen chemischen Untersuchungen, führen die Kantonalen Laboratorien nur noch wenige Routineanalysen durch: Gemäss Art. 23

des Lebensmittelgesetzes sind die Firmen verpflichtet im Rahmen ihres internen Qualitätssicherungs- bzw. ihres TQM-Systems diese so genannten Regelkontrollen selber durchzuführen, deren Ergebnisse bei amtlichen Inspektionen miteinbezogen werden können. Die Laboratorien der Kontrollbehörden müssen sich ihrerseits vermehrt mit komplexeren Untersuchungen auseinandersetzen, weil:

- 1) Die wissenschaftlichen Kenntnisse in Bezug auf mögliche Beeinträchtigungen der Menschen oder der Umwelt durch neue oder alte Stoffe entwickeln sich ständig weiter (Stoffe mit endokrinen Wirkungen, Allergene, Dioxine usw.);
- 2) Neue Analysenverfahren oder Messtechniken haben neue Wege geöffnet, um die Produkte auf ihre Konformität zu überprüfen, Verstössen nachzugehen oder Abläufe zu verstehen (molekularbiologische Methoden, LC-MS usw.);
- 3) Ereignisse oder Skandale kommen immer wieder vor und fordern die Analytiker heraus, unmittelbar eine geeignete Analysenmethode einzusetzen, gegebenenfalls zu entwickeln.

Die Labors sind deshalb aufgefordert die notwendige Fachkompetenz zu sichern sowie die entsprechenden technischen Einrichtungen auf dem neuesten Stand der Technik zu halten. Allerdings sind die Anschaffungs- und Betriebskosten (inkl. Personal) von komplexen Techniken sehr hoch und belasten das Budget der einzelnen Labors zu sehr. Dazu kommt noch, dass ein einzelnes Labor die Messkapazität gewisser Anlagen nicht optimal ausnützen kann. Anhand von konkreten Beispielen wird die Notwendigkeit einer kompetenten Instrumentalanalytik der amtlichen Laboratorien erläutert sowie ein möglicher Weg für einen effektiven Einsatz dieser Ressourcen aufgezeigt.

## 2. Amtliche Untersuchungen

Im Rahmen des gesetzlichen Auftrages führen alle Kantonalen Laboratorien (KL) der Schweiz stichprobenweise Analysen von Lebensmitteln und Gebrauchsgegenständen durch, um die Produktkonformität zu überprüfen [1]. Wie Abb. 1 aufzeigt hat die Zahl der Untersuchungen im Laufe der letzten Jahre stetig abgenommen: Seit 15 Jahren hat sich der

\*Korrespondenz: Dr. A. Herrmann  
Kantonales Laboratorium Basel-Stadt  
Kannenfeldstr. 2  
Postfach  
CH-4012 Basel  
Tel.: +41 61 385 25 00  
Fax: +41 61 385 25 09  
E-Mail: sekr.kantonslabor@bs.ch  
Internet: www.labor.bs.ch

Probenumsatz um ein Drittel reduziert [2]. Insbesondere sind die Routinenanalysen stark zurückgegangen, da diese regelmässigen Messungen primär von den Produzenten durchgeführt werden müssen. Die Beanstandungsquote ihrerseits ist leicht angestiegen und liegt heute rund bei 15%. Abb. 2 gibt eine Übersicht der Beanstandungsgründe: Die Hygieneprobleme stehen im Vordergrund, gefolgt

von Täuschungsproblemen (Deklaration, Zusammensetzung). Danach kommen Höchstwert-Überschreitungen bei Kontaminantien wie Pflanzenbehandlungsmittel oder Tierarzneimittel.

Nicht erfasst im abgebildeten Probenumsatz sind Untersuchungen, welche im Rahmen von Monitoring-Kampagnen oder im Auftrag von Dritten, auch Bundesstellen, durchgeführt werden. Solche

Messungen sind aber wichtig, damit neue Erkenntnisse gewonnen werden oder mögliche Probleme rechtzeitig beurteilt werden können (z.B. epidemiologische Abklärungen, ernährungspolitische Fragen, Reinheitsanforderungen).

### 3. Analytisches Potenzial

Die wichtigsten instrumentellen Messtechniken der Kantonalen Laboratorien können der Tabelle entnommen werden. Diese Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und führt auch nicht die Techniken der so genannten Basisanalytik auf, welche die Grundlagen eines jeden analytischen Labors bildet: Sensorik, nasschemische Verfahren, Trennmethode wie GC oder LC mit den klassischen Detektionssystemen sowie die konventionelle Mikrobiologie. Weitere instrumentelle Messtechniken wie allerlei AAS-, elektrophoretische oder immunochemische Verfahren sind ebenfalls nicht aufgeführt, weil diese nun auch zu den klassischen Methoden gehören.

Für die *Bestimmung von Elementen* arbeiten die meisten der Laboratorien mit AAS- bzw. AES-Verfahren. Diese etablierten Methoden eignen sich für viele Elemente, welche in der Regel gezielt und nacheinander gemessen werden. Komplementär dazu sind die ICP-Verfahren besonders wichtig, wenn mehrere Parameter (gleichzeitig) erfasst werden müssen oder wenn nach Abweichungen vom normalen Elementmuster (Fingerprint) einer Produktkategorie gesucht wird. Die ICP-MS bringt zusätzlich den Vorteil mit sich die Isotopen zu differenzieren, womit Schlussfolgerungen bezüglich der Herkunft einzelner Kontaminantien oder bezüglich der Produktionsart gezogen werden können (siehe weiter unten).

Nach einem Radioaktivitäts-Ereignis bietet die ICP-MS eine schnelle Analyse von Radioelementen an, insbesondere für solche mit langer Halbwertszeit (> 1000 Jahre). Für Isotopen mit kurzer Halbwertszeit bleiben die klassischen physikalischen ( $\gamma$ -Spektrometrie) oder radiochemischen Methoden ( $^{90}\text{Sr}$  über seine Tochter  $^{90}\text{Y}$  als Oxalat) unschlagbar in Bezug auf ihre Nachweisgrenzen.

Die Analytik der reinen  $\alpha$ - oder  $\beta$ -Radioelemente mittels der entsprechenden Spektroskopie-Methoden ist recht komplex und wird von wenigen Laboratorien beherrscht. Bezüglich der Messung von  $\gamma$ -Strahlen muss präzisiert werden, dass alle Kantone ein NaI-Detektionssystem

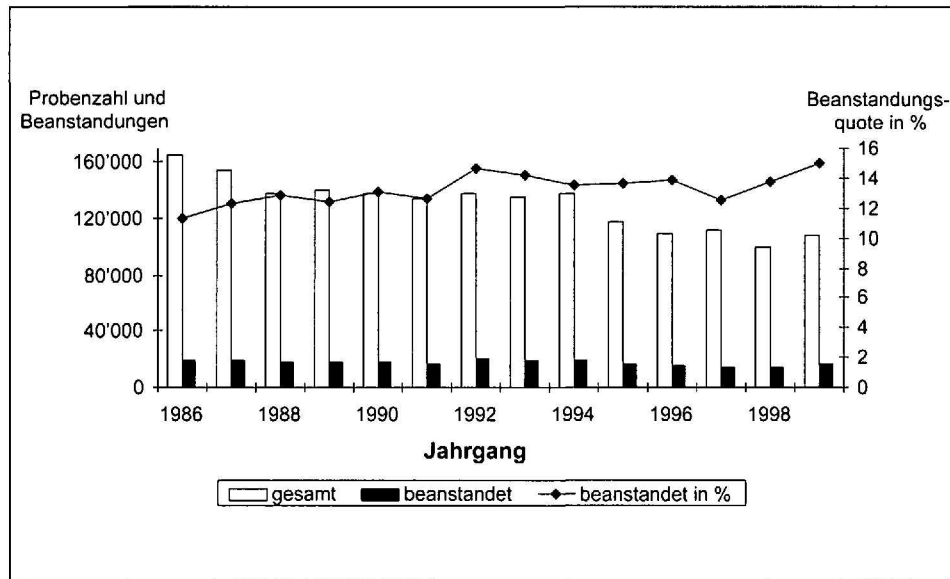


Abb. 1 Probenumsatz und Beanstandungen in der Schweiz 1986–1999.

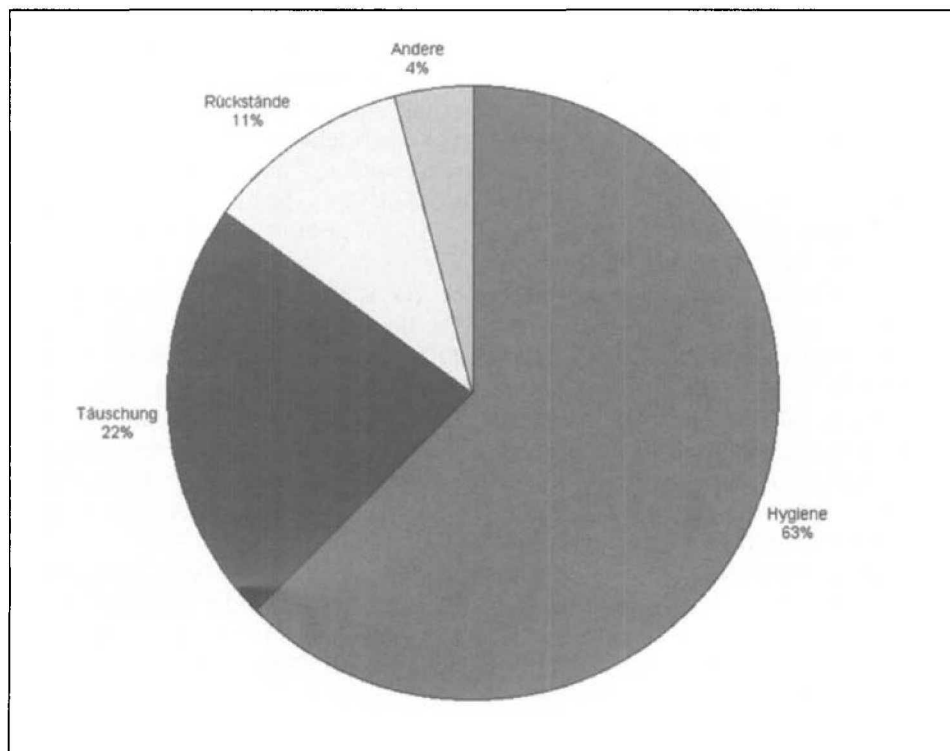


Abb. 2 Beanstandungsgründe im Jahr 1999.

Tabelle. Instrumental Analytik in den amtlichen Laboratorien

<b>Bestimmung von Elementen</b>	
ICP	ICP-AES (4 KLs), ICP-MS (2 KLs, 1 Bund)
Speziation	LC (1 KL)
Aktivierung	NAA (1 KL)
Radioanalytik	hochauflösende $\gamma$ - (5 KLs, 1 Bund), $\beta$ - (2 KLs, 1 Bund) und $\alpha$ - (1 KL, 1 Bund) Spektroskopie
Röntgenfluoreszenz	-
<b>Bestimmung von Stoffen</b>	
GC-HRMS	Sektorfeld-MS (1 Bund)
FT-ICR-MS	-
GC-MS-MS	Multi-MS-Verfahren (4 KLs, 2 Bund)
GC-IR	-
LC-MS	Einfache MS (3 KLs, 2 Bund)
LC-MS-MS	Multi-MS-Verfahren (2 KLs)
LC-GC-(MS oder FID)	Kopplungssysteme (2 KLs)
FIA	(5 KLs)
FT-IR	(4 KLs, 2 Bund)
ESR	(1 KL)
NMR	-
<b>Bestimmung von Organismen</b>	
PCR	Viren / Bakterien (12 KLs, 2 Bund), Tierarten (11 KLs, 1 Bund), Pflanzen (12 KLs, 1 Bund)
Prionix	Prionennachweis (1 KL, 1 Bund)
Maldi-MS	-

von der Armee zur Verfügung haben; allerdings betreiben lediglich ein Drittel der Kantonalen Laboratorien ein hochauflösendes Gerät mit Germanium-Detektor. Diese Messtechnik ist für die erste Phase nach einem Ereignis mit radioaktivem Material erforderlich, um die Vielfalt der möglichen Radioelemente analysieren zu können. Dank enger Zusammenarbeit mit dem Physik-Institut in Basel wird die Neutronen-Aktivierungsanalyse, eine rein instrumentale Methode *par excellence*, durch das hiesige Kantonale Labor routinemässig durchgeführt.

Nur wenige Labors können den chemischen Zustand der Elemente bestimmen und gar keines arbeitet mit Röntgenfluoreszenz. Letztere Messtechnik bietet als nicht-destruktive Methode eine ideale Lösung zur raschen Analyse von (Mengen-) Elementen, z. B. für die Identifizierung von Fremdkörpern in Lebensmitteln.

Für die *Bestimmung von Stoffen* nimmt die Massenspektrometrie eine Schlüsselposition ein, um so mehr als dass einfache und preiswerte Bench-Top-Geräte eingeführt wurden. Heute ist die Kopplung GC-ITD Standard geworden. Allerdings ist die bestehende Messkapazität an hochauflösender Massenspektrometrie eindeutig zu klein: Die Dioxinprobleme der letzten Jahre haben diesen Engpass deutlich aufgezeigt (siehe weiter unten). Die Messtechnik der Ionencyclotronresonanz-Massenspektrometrie wird

einzig durch Forschungslabors betrieben: nebst ihrem hohen Preis hat sie noch ihre Tücken, liefert aber in sehr kurzer Zeit eine verblüffende Menge an Informationen und weist eine unschlagbare Auflösung auf.

Die Flüssigchromatographie kombiniert mit Massenspektrometrie etabliert sich vermehrt ebenfalls als Standard-Methode. Damit werden endlich thermo-labile oder polare Substanzen erfassbar, was zu überraschenden Erkenntnissen führen wird. Die Kopplung der LC mit einem einfachen Quadrupol-Analysator ist insbesondere zur Bestätigung der Anwesenheit von verdächtigen Substanzen effizient. Für die Identifizierung von Unbekannten ist eine multi-MS Konfiguration erforderlich. Allerdings fehlt zurzeit für eine effiziente Zuordnung der Spektren die erforderliche Bibliothek.

Eine spezielle Kopplung zwischen LC und GC hat grosse Dienste geleistet: Mit einem MS als Detektionssystem konnten krasse Kontaminationen durch Öle in Lebensmitteln erkannt und identifiziert werden. Auch mit FID als Detektionssystem bietet diese Kombination neue Wege an, um komplexe Mischungen analysieren zu können (siehe unten).

Abschliessend soll noch auf folgende einzelnen, instrumentalen Methoden hingewiesen werden:

- Ein Bench-Top ESR Gerät wird zum Nachweis einer Bestrahlung von Ge-

würzen oder knochenhaltigen Lebensmitteln eingesetzt.

- Die FT-IR hat sich nur bei einzelnen Labors etabliert, obwohl die neuesten Instrumente auch im unterem mg-Bereich gute Informationen liefern.
- Die NMR wird seit einigen Jahren in Frankreich für die Weinkontrolle eingesetzt: kombiniert mit IRMS liefert sie eindeutige Beweise für die Überprüfung der Herkunftsdeklaration. Die Fachhochschule in Sion ist gegenwärtig daran, diese Methode zu implementieren und wird künftig diese Dienstleistung anbieten.

Die *Bestimmung von Organismen* war und bleibt immer noch eine wichtige Aufgabe der Lebensmittelkontrolle. Wie oben aufgeführt stellen die Mikroorganismen das grösste Risiko für Konsumenten dar. Nicht nur Salmonellen, Listerien oder Campylobacter plagen die Menschen, sondern auch die Viren: gemäss WHO erkranken jährlich 30% der Bevölkerung in industrialisierten Ländern durch mit Mikroorganismen kontaminierten Lebensmitteln. Die Hygienekontrolle ist also ein prioritäres Problem für Produzenten und Behörden. Für die Bestimmung der Mikroorganismen wird immer noch die zeitraubende Züchtungsmethode der klassischen Mikrobiologie angewandt; sie wird aber vermehrt durch molekularbiologische Verfahren ergänzt oder gar abgelöst. Die Identifizierung von Mikroorganismen stützt sich ab auf bekannte spezifische Gensequenzen, welchen direkt mit Gen-Sonden (Hybridisierung) oder erst nach PCR-Vermehrung nachgegangen wird. Die Bestimmung erfolgt schneller und spezifischer. Für den Nachweis von Viren ist die PCR, insbesondere mit einem Real-Time-PCR-Geräte, die Methode der Wahl und wird sich bestimmt schlagartig durchsetzen.

Im Zusammenhang mit dem BSE-Problem drängt sich auf, die Analyse der Prionen noch weiter zu entwickeln. Zurzeit wird eine Methode angewandt, welche sich auf die Untersuchung von Hirnmaterial abstützt. Wegen der grossen Infektiosität der Prionen darf diese Analyse aber nur in speziell ausgerüsteten Labors durchgeführt werden.

Die Identifikation von Tierarten in Fleisch-, Fisch- oder Milchprodukten kann anhand einer Protein-Analyse erzielt werden. Wenn aber Erbmaterial aus dem Erzeugnis extrahiert werden kann, dann bietet die Gen-Analyse mittels PCR eine hervorragende Methode, um die Gattung der Tiere, aus welchen das Pro-

dukt gewonnen wurde, genauestens bestimmen zu können.

Schliesslich hat sich die Real-Time-PCR, insbesondere bei der Bestimmung von gentechnisch veränderten Nutzpflanzen (GVO), einen grossen Ruf geschaffen: Sie ermöglicht nicht nur eine schnelle und genaue Quantifizierung der GMO, sondern lässt noch die gleichzeitige Bestimmung von mehreren Organismen zu. Die Chip-Technologie, womit einer Vielfalt an genetischen Parametern nachgegangen werden soll, ist erst im Entwicklungsstadium und muss für die Bedürfnisse der Lebensmittelkontrolle unbedingt vorangetrieben werden.

#### 4. Untersuchungsstrategien

Bevor auf beispielhafte Anwendungen von instrumental-analytischen Messtechniken eingegangen wird, soll auf die vorausgehenden Etappen hingewiesen werden. Denn einer richtig durchgeführten Messung geht eine korrekte Probenahme und -vorbereitung voraus. Am liebsten würde man auf diese Vorstufen einer jeder Analyse verzichten, denn sie sind Quelle von möglichen Fehlern (Kontaminationen, Veränderungen der Stoffe, Repräsentativität der bezogenen Proben usw.). Das Beispiel des LIDAR-Verfahrens im Umweltschutzbereich ist in dieser Hinsicht beeindruckend: In der Rauchfahne eines zu überwachenden Kamin können die Luftschadstoffe direkt über die Rückstreuung eines spezifischen (Laser-)Lichtstrahles gemessen werden.

Die ansonsten unumgängliche Probenahme muss so angelegt werden, dass die gesammelten Muster für eine Beurteilung des gesamten Loses mit genügender Sicherheit repräsentativ sind. Hier muss die Vernunft walten, ansonsten geraten die Kontrolltätigkeiten in unlösbare Probleme: rein statistisch gesehen müsste die Quadratwurzel der Anzahl der zu überprüfenden Objekte untersucht werden. Dies ist in der Realität kaum zu bewältigen, so dass pragmatischere Vorgehen festgelegt wurden: Für die Kontrolle des Aflatoxin-Gehaltes einer Erdnussladung (Los von rund 10 000 kg) werden in der Praxis 10 Proben à 1/4 kg bezogen, wovon am Schluss nur 0.3 g in Form eines Extraktes für die Messung eingesetzt werden. Trotz korrekten Messungen und weil die Aflatoxine oft nicht homogen im ganzen Los verteilt sind, können kontaminierte Chargen freigegeben werden (Risiko für Konsumenten) oder umgekehrt, nur punktuell kontaminierte Chargen werden gesamthaft gesperrt (Risiko

für Produzenten). Die Analyse des nur bedingt repräsentativen Musters muss dennoch richtig und präzise genug sein, damit ein Vergleich mit den zugelassenen Höchstwerten möglich ist.

Wenn immer möglich soll zuvor mit Hilfe einer Screening-Methode eine grobe Triage der Proben durchgeführt werden. Die Screening-Methode muss gegenüber den zu untersuchenden Parametern eine genügende Empfindlichkeit aufweisen, die Spezifität ihrerseits darf etwas schlechter sein. Damit kann eine repräsentative Anzahl von Proben schnell überprüft und nur noch die verdächtig-positiven Proben mit der aufwändigeren instrumentellen Analyse weiter untersucht werden.

Entscheidend für eine korrekte Analyse ist die Wahl der richtigen Untersuchungsmethode, wobei die Spezifität und die Sensitivität der Messung sowie die Dauer und die Kosten der Analyse mitbetrachtet werden müssen. Die gewählte Untersuchungsmethode muss nach international anerkannten Kriterien validiert sein. Für den Krisenfall allerdings, wenn keine Methode etabliert ist, begnügt man sich mit einer *ad hoc* Validierung, welche baldmöglichst erhärtet werden muss. Bei all diesen Verfahren sollte eine (zertifizierte) Referenzprobe einbezogen werden, welche leider nicht immer vorhanden ist. Gerade in solchen verunsichernden Situationen ist es sehr wertvoll, auf ebenso kompetente Laboratorien zurückgreifen zu können. Einzelne Laboratorien der Universitäten bieten hierzu zusätzliche, punktuelle Unterstützung an. Diese Zusammenarbeit ist allerdings erst dann effizient, wenn sie voraus geplant wurde, ansonsten ist die Verfügbarkeit dieser Ressourcen nicht gesichert.

Zum Abschluss der Untersuchung müssen die Messwerte noch beurteilt und Konsequenzen daraus gezogen werden: Die besten Messergebnisse nützen nicht viel, wenn am Schluss die mühselig gewonnenen Daten zu Datenfriedhöfen werden.

#### 5. Verbraucherschutz dank instrumenteller Analytik: einige Beispiele

##### 5.1. Massenspektrometrie und Dioxinanalyse

Nachdem das Ereignis von Seveso langsam in Vergessenheit geraten war, erinnerte man sich plötzlich wieder an den Begriff 'Dioxin': Im Frühjahr 1998 fanden unsere deutschen Kollegen unerklärbar hohe Dioxingehalte in Milchpro-

ben. Untersuchungen zeigten auf, dass Futtermittel mit Zitrustrester aus Brasilien diese Kontamination verursacht hat. Im Frühjahr 1999 wurde in Belgien eine massive Kontamination von Futtermittel durch PCB und Dioxin entdeckt: Das in Futtermitteln rezyklierte Altöl war mit technischem, PCB-haltigem Öl belastet. Dadurch wurden Geflügel, Eier, Milch und Milchprodukte sehr stark belastet. Im gleichen Jahr wurde eine weitere Dioxinquelle festgestellt, nämlich Tonerde als Zusatzstoff in Futtermitteln. Für Konsumenten bestand langfristig ein Gesundheitsrisiko, für Produzenten unmittelbar ein grosser wirtschaftlicher Verlust. Unter dem Begriff 'Dioxin' verbergen sich 210 Einzelstoffe (Congenere), welche nur mittels hochauflösender Massenspektrometrie gemessen werden können. Die Identifikation der einzelnen Stoffe ist notwendig, um das toxische Potenzial sowie das Vorkommen einer Kontamination eruieren zu können [3]. Das BAG betreibt ein solches Gerät und führt zusammen mit der EMPA Messungen durch.

Auf Grund der Zusammensetzung der Dioxine in Pouletfleisch-Proben kann vorderhand von zwei Kontaminationstypen gesprochen werden: Proben mit erhöhtem Gehalt an Dibenzodioxinen (DD) bzw. Dibenzofuranen (DF). Letztere kommen hauptsächlich in PCB-haltigen Produkten vor. Anscheinend liefen die beiden oben erwähnten Kontaminationsfälle im Jahr 1999 parallel und nicht nacheinander. Gegenwärtig laufen weitere Untersuchungen, um die genauen Quellen dieser Kontaminationen zu eruieren [4]. Im Raum Basel wurden in den Jahren 1993 und 1999 Milchproben erhoben und auf Dioxin untersucht. Ein Vergleich dieser beiden Probenserien zeigt eine Abnahme der DD- bzw. eine Zunahme oder Beibehaltung der DF-Konzentrationen. Weitere Untersuchungen drängen sich auf, um diese nicht übliche Dioxin-Muster verstehen bzw. eine allfällige schleichende DF-Quelle eruieren zu können.

##### 5.2. LC-MS und Analyse von Rückständen

Die klassische Flüssigchromatographie stützte sich lange insbesondere auf die spektrophotometrischen und elektrochemischen Messsysteme ab. Dank der Entwicklung von Massenspektrometern auf andere Trennprinzipien (Quadrupole und Ionenfalle) konnte auch diese Messtechnik für die Flüssigchromatographie oder die Kapillarelektrophorese eingesetzt werden. Entscheidend allerdings

war die Entwicklung von effizienten Ionisierungstechniken wie die 'atmospheric-pressure ionization' (API), die 'electrospray ionization' (ESI) oder die 'atmospheric-pressure chemical ionization' (APCI). Dadurch wird die LC-MS Kopplung zu einer immer öfters verwendeten Messtechnik werden. Erfahrungen müssen zuerst noch gewonnen werden und zurzeit wird diese Messtechnik u.a. im Bereich der Pestizid-Analytik eingeführt: Die LC-MS wird in Fortsetzung der bewährten GC-Methode eingesetzt, damit können weitere Stoffklassen erfasst werden (Carbamate, Phenylurea, Benzoylurea) [5]. In Entwicklung steht auch die Messung von Tierarzneimitteln, Hormonen sowie von ionischen Stoffen (Tensiden).

### 5.3. Kopplungstechnik und Mineralöle aus Verpackung

Die on-line Kopplung LC-GC hat bereits im Jahre 1989 zu überraschenden Erkenntnissen in der Lebensmittelkontrolle geführt: Haselnüsse, Kakaobohnen, Reis und andere Lebensmittel, welche in Jute-Säcken transportiert werden, weisen eine hohe Kontamination an mineralischen Ölen auf. Alkane von C14 bis C22 stammen aus dem 'batching oil', womit die Jutefaser vor dem Weben getränkt wird. Die Konzentrationen erreichen oft 0.1%, in einzelnen Fällen sogar 1%. Das organische Lösungsmittel aus der HPLC-Kolonnen wird in einer unbelegten Vorsäule (5 m; 0.53 mm i.D.) verdampft und abgeführt, danach werden die Alkane mittels einer Kapillarsäule getrennt und mittels MS oder FID gemessen. Die Massenspektrometrie war erforderlich, um die Peaks identifizieren zu können. Wenn die Stoffe einmal erkannt sind, dann genügt eine FID-Messung. Weitere Untersuchungen haben gezeigt, dass ähnliche Kontaminationen durch Druckfarben vom Verpackungsmaterial über die Gasphase stattfinden kann. Betroffen waren auch Kindernahrungsmittel mit Cerealien und/oder Milchpulver: bis zu 50 mg mineralisches Öl pro kg Baby-Nahrung wurden mittels LC-GC-FID gemessen [6]. Nur die in Aluminium verpackten Produkte wiesen selbst nach längerer Lagerung keine Kontaminationen auf.

### 5.4. ICP-MS für Fingerprint von Herkunftsorten oder Anbauart

Die Werbung für Lebensmittel beruft sich oft auf namhafte Regionen (Appellation d'Origine Contrôlée, AOC) oder auf ökologische Produktionsarten (Bodenanbau, Bioproduktion). Eine sorgfältige

Analyse der Elementgehalte der Produkte ermöglicht die Kontrolle der Anpreisung. Die ICP-MS Technik kann bis zu 75 Elementen simultan erfassen und zwar isotopenspezifisch. Die Nachweisgrenzen liegen für mehr als 65 Elemente im Bereich von 1 ppb oder tiefer. Unbestritten bieten klassische AAS-Methoden für gewisse Elemente tiefere Nachweisgrenzen an wie z.B. die Kaltdampfverfahren, bei welchen die Elemente als Amalgam oder als Hydrid angereichert werden können. Die ICP-MS bleibt dennoch eine hervorragende Messtechnik für Multi-elemente.

Diese Technik wurde u.a. dafür eingesetzt, um die Anbauart von Tomaten sowie die Herkunft von Weinen zu überprüfen [7]. Die Studie führte zur Unterscheidung der Anbauarten 'Hors-Sol', 'Sol' und 'Bodenbau' sowie zur Ursprungsunterscheidung der Regionen Holland, Spanien, Thurgau und Wallis. Die untersuchten Parameter wurden mittels Diskriminanzanalyse ausgewertet. Es zeigte sich, dass gewisse Elemente keine nennenswerte Signifikanz zur Diskriminierung bringen. Andere Elemente, insbesondere Al, Co, Cu, Zn, Sr, Cd und Blei liefern eine gute Basis für eine korrekte Zuordnung der Anbauart der untersuchten Tomaten. Auch die Isotopenverhältnisse können zur Herkunftsbestimmung herangezogen werden. Dieses Vorgehen wurde für Wein aus diversen Ländern angewandt. Dazu wurden die Isotopenverhältnisse der Elemente B, Zn, Mo und Pb miteinbezogen, wovon die Elemente Bor und Blei sich als aussagekräftige Indikatoren erwiesen haben.

### 5.5. Polymerase Chain Reaction (PCR)

Die PCR ist eine Vermehrungsmethode, welche grundsätzlich den Nachweis eines einzigen DNA-Moleküls ermöglicht, indem ein DNA-Segment mittels der Enzyme Polymerase vervielfältigt wird. Dafür muss allerdings dieser Bereich des Gens bekannt sein, damit die entsprechenden Primer als Anknüpfungspunkte für die Kettenreaktion vorgelegt werden können. Die so gewonnenen Gen-Fragmente werden meistens mittels Elektrophorese identifiziert. Diese klassische PCR hat bereits einen grossen Ruf in der Lebensmittelkontrolle im Bereich der GVO-Analytik [8] oder Mikrobiologie [9] gewonnen. Neuerdings kann jeder Vermehrungszyklus direkt verfolgt und gemessen werden, indem Fluorophore bei jeder erfolgreichen Vermehrung freigesetzt werden. Diese Messtechnik, so genannte Real Time PCR, erlaubt z. B.

eine korrekte Quantifizierung des GVO-Anteiles in Nahrungsmitteln, vorausgesetzt, dass Erbmaterial extrahiert werden kann. Die Empfindlichkeit liegt im unteren Promillebereich und die Spezifität ist sehr hoch [8]. Diese optimale Messtechnik dürfte allerdings bald einmal ineffizient werden, wenn die Entwicklung von neuen GVO weiterhin anhält. Insbesondere problematisch für die Überwachung ist die Benützung von anderen Promotoren für die Transkription als das 35-S-Promotor wie bis anhin: mittels der zurzeit sehr effizienten Screening-Methode (basiert auf Primer für das 35-S-Promotor) werden nicht mehr die ganze Palette an GVO erfasst werden. Früher oder später wird die Chip-Technologie dabei eine wichtige Rolle spielen.

## 6. Koordinationsstrategien

Wie die oben aufgeführten Beispiele zeigen, ist der Einsatz einer modernen, instrumentellen Analytik unabkömmlich für einen zuverlässigen und vertrauenswürdigen Vollzug. Im Bedarfsfall müssen die Kantonalen Laboratorien ihre Untersuchungen mit Hilfe solcher Messtechniken selber durchführen können. Die Kosten sowohl für die Beschaffung der Instrumente als auch für deren Unterhalt und Bedienung sind in der Regel sehr hoch und belasten die einzelnen Laboratorien zu sehr. Auch die Messkapazität der Instrumenten kann oft nicht optimal ausgenutzt werden, wenn das Gerät nur für den Bedarf eines einzigen Kantons eingesetzt wird. Deshalb müssen sich die Kantonalen Laboratorien vermehrt absprechen und u.a. den Einsatz von speziellen Messtechniken koordinieren. Die Festlegung von Schwerpunkttätigkeiten unter den Kantonalen Laboratorien kann einen Lösungsansatz bieten: Dies macht die mehrfache Anschaffung teurer Technik unnötig, nützt die Messkapazität der Geräte aus und ermöglicht die Entwicklung der Fachkenntnisse mit der erforderlichen hohen Qualität. Heute schon hat sich jedes Kantonale Laboratorium auf das eine oder andere Fachgebiet spezialisiert und sich entsprechend mit den dazu notwendigen Instrumente gerüstet. Aus diesen bestehenden und zukünftigen Kompetenzen sollen Schwerpunkttätigkeiten festgelegt werden. Aufgrund von strategischen Überlegungen (erforderliche Redundanz, genügende Messkapazität, geographische Verteilung usw.) sollen zu einem Fachgebiet jeweils genügende Kantonale Laboratorien die Fachkompetenz untereinander sicherstellen.

Sollen diese gegenseitigen Dienstleistungen in Rechnung gestellt werden? Soll die Aufrechterhaltung bzw. die Entwicklung der speziellen Analytik gemeinsam finanziert werden? Wie wird die Priorität der zu messenden Proben in einem Ereignisfall festgelegt? Viele Fragen bleiben noch offen und sind sorgfältig abzuklären. Beispiele funktionierender interkantonalen Zusammenarbeit bezüglich instrumentellen Messtechniken gibt es schon: Das Know-How zur Methode LC-GC wurde vom Kantonalen Laboratorium Zürich an das Labor St. Gallen weitergegeben; die Kantonalen Laboratorien beider Basel haben bereits drei spezielle Geräte gemeinsam finanziert (Entflammbarkeitsgerät, LC-MS, ICP-MS), welche jeweils an einem Standort zu Gunsten von beiden Labors betrieben werden; das Kantonale Labor Bern bildet ein Kompetenzzentrum für Dioxin-Analytik zusammen mit dem Labor des BAG usw.

Die Sicherstellung einer fachkompetenten Analytik zu Gunsten der Lebensmittelkontrolle ist eine Herausforderung für die Kantonalen Laboratorien der Schweiz. Mit der Schaffung von dezentralen Kompetenzzentren können die Vorteile des bewährten kantonalen Vollzugs mit einem effizienten Verbraucherschutz vereinbart werden.

Eingegangen am 15. Januar 2001

### Abkürzungen

AAS	Atomabsorption-Spektroskopie
AES	Atomemission-Spektroskopie
GFAAS	Graphit-AAS
GC	Gaschromatographie
ICR	Ionencyclotron-Resonanz
ICP	Induktiv gekoppeltes Plasma
IRMS	Isotope-Ratio MS
LC	Flüssigchromatographie
MS	Massenspektrometrie
NAA	Neutronen Aktivierungs-Analyse
PCR	Polymerase Chain Reaction
HPLC	Hochdruck Flüssigchromatographie
TQM	Total Quality Management
ITD	Ionen Trap Detektor
FID	Flammen Ionisation Detektor
FT-IR	Fourier Transform Infrarot Spektroskopie
ESR	Elektronen Spin Resonanz
NMR	Nukleare Magnetische Resonanz
IRMS	Isotopen Ration Massenspektrometrie
BSE	Bovine Spongiforme Encephalopathie
GVO	Gentechnisch veränderter Organismus
LIDAR	Light Detection and Ranging
PCB	Polychlorierte Biphenyle
DD	Dibenzo-Dioxine
DF	Dibenzofurane
EMPA	Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Dübendorf
API	Atmospheric Pressure Ionisation
ESI	Electro Spray Ionisation
BAG	Bundesamt für Gesundheit, Bern

[1] *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.* **2000**, *91*, 418 und frühere Bänder.

[2] A. Herrmann, 'Die Analytik in den Kantonalen Laboratorien der Schweiz' *Chimia* **1997**, *51*, 735-738.

[3] 'Food contamination by PCBs and dioxins' *Nature* **1999**, *401*.

[4] 'Persönliche Kommunikation', A. Kuchen, Bundesamt für Gesundheit, Bern.

[5] M. Zehring, 'Determination of Carbamate Insecticides in Vegetables and Fruit with LC/MS' *Chimia* **2000**, *54*, 395.

[6] C. Droz, K. Grob, 'Determination of food contamination by mineral oil material from printed cardboard using on-line couples LC-GC-FID' *Z Lebensm Unters Forsch A* **1997**, *205*, 239-241.

[7] Jahresbericht **1999**, Kantonales Laboratorium, Zürich.

[8] P. Hübner, H.U. Waiblinger, K. Pietsch, P. Brodmann: 'Validation of PCR methods for the quantification of genetically modified plants in food', *Journal of AOAC International*, in press.

[9] C. Beuret, D. Kohler, Th. Lüthi, 'Norwalk-like Virus Sequences Detected by Reverse Transcription-Polymerase Chain Reaction in Mineral Waters Imported or Bottled in Switzerland', *J. Food Protection* **2000**, *63*, 1576-1582