

Zeitschrift:	Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène
Herausgeber:	Bundesamt für Gesundheit
Band:	77 (1986)
Heft:	4
Artikel:	Betrachtungen zur Festlegung und Bedeutung gesetzlicher Normen für potentiell gesundheitsgefährdende Stoffe in Lebensmitteln = Potentially hazardous substances in food : reflections on the procedure for the establishing of legal standards and their sign...
Autor:	Zimmerli, B.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-983395

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 28.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Betrachtungen zur Festlegung und Bedeutung gesetzlicher Normen für potentiell gesundheitsgefährdende Stoffe in Lebensmitteln*

Potentially Hazardous Substances in Food: Reflections on the Procedure for the Establishing of Legal Standards and their Significance

B. Zimmerli

Bundesamt für Gesundheitswesen,
Abteilung Lebensmittelkontrolle, Bern

Einleitung

Der umfassende Begriff «potentiell gesundheitsgefährdende Stoffe» drückt aus, was Paracelsus wohl meinte, als er schrieb: «Was ist, das *nicht* Gift ist? Alle Dinge sind Gift und nichts ist ohne Gift. Allein die Dosis macht, dass ein Ding *kein* Gift ist, . . .». Zur Verdeutlichung wählte er als erstes Beispiel dazu nicht etwa Arzneien, sondern Speise und Trank im allgemeinen (1).

Unter dem Begriff Rückstand, dem Motto dieses Symposiums, wird streng genommen diejenige Menge eines Stoffes verstanden, die infolge der direkten Behandlung eines Lebensmittels ungewollt in diesem verbleibt. Andere im Lebensmittelsektor eingesetzte potentiell gesundheitsgefährdende Stoffe können, ohne dass die Lebensmittel mit diesen behandelt werden, indirekt ebenfalls zu «Rückständen» in den Lebensmitteln führen.

Die für potentiell gesundheitsgefährdende Stoffe gültigen gesetzlichen Regelungen werden im Rahmen dieses Symposiums von Siegwart (2) und Hurter (3) dargelegt, wobei das Schwergewicht auf die absichtlich im Lebensmittelsektor verwendeten Stoffe gelegt ist.

* Nach einem Vortrag anlässlich des Fachsymposiums «Angewandte Probleme der Rückstandsanalytik», gemeinsam veranstaltet von der Schweiz. Gesellschaft für Analytische und Angewandte Chemie, der Schweiz. Gesellschaft für Lebensmittelwissenschaft und -technologie und der Schweiz. Gesellschaft für Instrumentalanalytik und Mikrochemie im Rahmen der 165. Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft am 3. Oktober 1985 in Biel.

Die in diesem Diskussionsbeitrag geäusserten Ansichten entsprechen denjenigen des Autors und haben keinen offiziellen Charakter.

Im folgenden sollen einerseits die Verfahren und Kriterien dargelegt werden, die bei der Festlegung von gesetzlichen Normen für die Gehalte der Lebensmittel an potentiell gesundheitsgefährdenden Stoffen angewendet werden. Andererseits sollen Denkanstösse zu verschiedenen damit zusammenhängenden Begriffen, Fragen und Verfahren gegeben werden, wobei Schwermetalle als Kontaminanten von Lebensmitteln häufig im Vordergrund stehen. Auf die spezielle Problematik kanzerogener Stoffe in Lebensmitteln wird nicht im Detail eingegangen.

Da die Gegenwart häufig nur verständlich wird, wenn die Vergangenheit bekannt ist, wird auch auf die Situation vor allem im letzten und anfangs dieses Jahrhunderts eingegangen.

Historisches

Übersicht

Der Mensch ist seit Jahrtausenden bestrebt, toxische Lebensmittel auszuschalten und das Nützliche zu behalten. Dieser Prozess hält auch heute noch an. Dabei liess sich der Mensch in aller erster Linie von den leicht feststellbaren, akut toxischen Effekten leiten. Chronische Giftwirkungen gewisser Lebensmittel sind ihm lange Zeit verborgen geblieben, da der Zusammenhang zwischen dem Verzehr dieser Lebensmittel und den erst viel später allfällig auftretenden Erkrankungen in der Regel schwierig zu erkennen ist.* Die Kenntnisse über die Auswirkungen der langandauernden Zufuhr geringer Mengen von potentiell gesundheitsgefährdenden Stoffen ist erst in den letzten Jahrzehnten bedeutend gewachsen.

Mitte und Ende des letzten Jahrhunderts wurden «zahlreiche Lebensmittel in der gewissenlosesten und grössten Weise» verfälscht, offensichtlich mehr noch als dies bereits in früheren Zeiten der Fall gewesen war (5). Einige Beispiele: mit Margarine gestreckte Butter; Sesam- und Baumwollöle u. a. wurden als Olivenöl verkauft; Brot aus verunreinigtem Mehl (Mutterkorn, Pilze) und aus beschwertem Mehl (Kreide, Gips) wurde angepriesen; Wurst wurde mit Mehl und Wasser gestreckt; als Surrogate für Hopfen und Malz wurden Herbstzeitlose, Belladonna, Pikrinsäure und anderes verwendet (6).**

* Den Römern waren die gesundheitlichen Risiken der chronischen Bleizufuhr unbekannt. Zum Beispiel empfahl Plinius, zum Eindicken von Most, der den Römern zum Süßen der Speisen diente, bleierne Kessel zu verwenden, da die Verwendung von Bronzekesseln zu Produkten mit brecherregender Wirkung führte (4). Bis die krankmachende Wirkung von Mutterkorn in Getreide erkannt wurde, vergingen Jahrhunderte.

** 1858 erwies sich die nach Paris exportierte Butter eines Berner Gutsbesitzers als mit Bleichromat gefärbt (8).

Der Grund für diese schlimmen Zustände lag in der industriellen Entwicklung, die viele Menschen vom Land, wo ein hoher Selbstversorgungsgrad mit Lebensmitteln herrschte, in die rasch wachsenden Städte zog, in denen in der Folge eine grosse Nachfrage nach Nahrungs- und Genussmitteln herrschte. Diese nützten unlautere Gewerbe- und Fabrikbetriebe aus, wobei ihnen auch die erweiterten naturwissenschaftlichen Erkenntnisse der damaligen Zeit zu Hilfe kamen. Zudem standen damals technisch hergestellte Chemikalien erstmalig jedem zur Verfügung, der sie bezahlen konnte. Der Aufschwung des Handels im 19. Jahrhundert, der durch die Eisenbahn und die eidgenössische Post erst möglich wurde, hatte zur Folge, dass infolge gesenkter Transportkosten lebensmittelverarbeitende Industrien rentabel wurden (5, 6).

Diese Situation führte dazu, dass in den damaligen Industrieländern Mitte des letzten Jahrhunderts gesetzliche Regelungen bezüglich Lebensmitteln und Gegenständen des täglichen Bedarfs geschaffen wurden (6–8). Als erster Schweizer Kanton schuf Glarus im Jahre 1864 entsprechende Gesetze (8).*

Aus der Sicht des Gesundheitsschutzes befasste sich die damalige Gesetzgebung in erster Linie mit den *akut gesundheitsschädlichen* Stoffen in Lebensmitteln, Verbrauchs- und Gebrauchsgegenständen, welche als solche in vielen Fällen zu Massenvergiftungen geführt hatten. Beispiele für solche Stoffe sind Zink, Blei, Kupfer und Arsen.**

Derartige Vergiftungsfälle fanden ihren Niederschlag in der damaligen Gesetzgebung. Beispielsweise steht noch heute in der Lebensmittelverordnung in Artikel 477 Absatz 1, dass u. a. Tapeten kein Arsen enthalten dürfen.*** Auch die uns heute seltsam anmutende Vorschrift in Artikel 456 der Lebensmittelverordnung: «Mühlsteine zum Mahlen von Lebensmitteln dürfen an der Mahlfläche nicht mit Blei oder bleihaltigen Legierungen ausgegossen werden» hat einen sehr realen Hintergrund.****

* Die Aufnahme eines entsprechenden Artikels in die Bundesverfassung erfolgte 1897. Das darauf basierende Bundesgesetz von 1905, wogegen das Referendum ergriffen worden war, trat am 1. Juli 1909 in Kraft.

** Im Jahre 1900 führte ein in England aus Glucose hergestelltes Bier zu Arsenvergiftungen, von denen schätzungsweise 6000 Personen betroffen waren und mindestens 70 Personen starben. In das Bier gelangte das Arsen via Schwefelsäure (arsenhaltiger Pyrit), die zur Glucosegewinnung aus Stärke eingesetzt worden war (10).

*** Die Verwendung von arsenhaltigen Farbstoffen (Schweinfurter-Grün, $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$) für Tapeten oder Zimmeranstriche führte im letzten Jahrhundert dadurch zu Vergiftungen, dass durch Mikroorganismen Arsenwasserstoff und/oder flüchtige Alkylarsenverbindungen gebildet wurden (11).

Quecksilberhaltige Weihnachtskerzen (mit Zinnober gefärbt) führten durch die Aufnahme von Quecksilber via Atemluft ebenfalls zu Vergiftungen.

**** Vor kurzem traten bei den Bewohnern zweier Dörfer in der Nähe von Nablus durch derart reparierte Mühlsteine Bleivergiftungen auf; die Bleigehalte der entsprechenden Mehle lagen im Bereich von 30–580 µg/g (12), d. h. etwa 1000mal über den Normalgehalten.

War ursprünglich vom Gesetz her alles erlaubt, was nicht ausdrücklich verboten war, wurde z. T. bereits in den 20er Jahren dieses Jahrhunderts das Verfahren umgekehrt. Es galt nun nicht mehr das Prinzip, dass schädliche Zusätze im Nachhinein auszuschalten waren, sondern, dass nur geprüfte und, soweit dies möglich war, als unschädlich befundene Stoffe als Lebensmittelzusätze zugelassen wurden (Positivlisten für Zusatzstoffe) (8). In der schweizerischen Lebensmittelverordnung von 1926 wurde im damaligen Artikel 7 dieses Prinzip für die heute als Zusatzstoffe bezeichneten Stoffe erstmals verankert (13, 14).

Die Frage nach den in den Lebensmitteln verbleibenden geringen Resten von Behandlungsstoffen war damit aber noch nicht gestellt, da derart geringe Mengen mit den damals verfügbaren analytischen Verfahren nicht nachweisbar waren.

Pflanzen- und Vorratsschutzmittel

Seit der Mensch sesshaft wurde, kämpfte er wohl gegen Unkräuter, Insekten und Pilzkrankheiten, die seine Kulturen befielen, und gegen Mäuse, Ratten und andere Schädlinge, die sich über seine Vorräte hermachten. Diesbezügliche Hinweise aus dem klassischen Altertum und aus dem 16. und folgenden Jahrhunderten finden sich in der Literatur (15, 16).

Mit der anfangs dieses Jahrhunderts vermehrt aufkommenden Verwendung von Bleiarsenat als Insektizid in der Landwirtschaft wurden in den USA wohl erstmals entsprechende Normen für die in Lebensmitteln duldbaren Rückstände von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen (Blei und Arsen) festgelegt. Auch in der Schweiz wurden in den 20er Jahren Überlegungen bezüglich der gesundheitlichen Bedeutung von Bleiarsenatrückständen auf Obst angestellt.*

Handelte es sich bei den bis anhin eingesetzten Pflanzenschutzmitteln vor allem um natürlich vorkommende, z. T. akut stark giftige Stoffe wie Arsen-, Kupfer-, Thallium-, Bleisalze, Schwefel, Tabaksaft usw., über deren Toxizität auch Daten aus dem Erfahrungsbereich des Menschen verfügbar waren, änderte sich die Situation Ende der 40er Jahre, als die rein synthetischen Insektizide vom Typ der Organochlorkohlenwasserstoffe (z. B. DDT) sowie die Phosphorsäureester in immer grösserem Umfang angewendet wurden.

* Während der ehemalige Kantonschemiker von Zürich, Waser (17), zur Auffassung gelangte, dass der Arsengehalt der Lebensmittel $0,1 \mu\text{g/g}$ nicht übersteigen sollte, vertrat von Fellenberg (18) die Ansicht, dass durch die bei vorschriftsgemässer Anwendung der entsprechenden Produkte auftretenden Arsenrückstände auf Obst kaum Vergiftungen zu befürchten seien. Wegen des Bleigehaltes dieses Insektizides empfahl er hingegen die Verwendung anderer, bleifreier Arsenpräparate. 1929 wurde die Behandlung von Äpfeln und Trauben mit bleiarsenathaltigen Spritzmitteln durch verschiedene Kantone zugelassen (18). Der in Artikel 214 der Lebensmittelverordnung aufgeführte Wert für Arsen in Obstkonserven von $1 \mu\text{g/g}$ dürfte aus der Zeit der Bleiarsenatverwendung stammen, die in der Schweiz erst vor etwa 20 Jahren zu Ende ging. In Australien wurden Bleiarsenate noch bis in die 80er Jahre in Weinbergen angewendet (19).

Die Gesundheitsbehörden waren sich damals sehr wohl im klaren darüber, dass infolge der unvermeidlichen Rückstände in oder auf den Lebensmitteln von nun an die gesamte Bevölkerung solchen körperfremden Stoffen dauernd ausgesetzt sein würde und dass somit neben der akuten Toxizität allfällige chronische Giftwirkungen sorgfältig abgeklärt und entsprechende Normen für die Rückstände auf den Lebensmitteln festgelegt werden mussten. Wie sich dann aber in den 50er und 60er Jahren zeigte, war im Fall des DDT und anderer chlorhaltiger Kohlenwasserstoffe deren Persistenz in der Umwelt und der daraus resultierenden Konsequenzen für die Nahrungskette zu wenig Bedeutung zugemessen worden. Seit jener Zeit wird in wissenschaftlichen Gremien sowie in der Öffentlichkeit intensiv über Rückstände von Pflanzenschutzmitteln diskutiert.

Diese ganze Entwicklung konnte nicht ohne Auswirkungen auf die Lebensmittelgesetzgebung bleiben. Nachstehend wird ein Überblick über die zeitliche Entwicklung der diesbezüglichen Grundsätze in der Lebensmittelverordnung gegeben:

- 1926 Lebensmittel dürfen gesundheitsschädliche Stoffe nicht enthalten (Art. 4).
- 1963 Lebensmittel dürfen gesundheitsschädliche Stoffe und Organismen, welche die menschliche Gesundheit gefährden, nicht enthalten (Art. 6).
- 1969 wie 1963, zusätzlich 5 weitere Absätze mit Ausnahmen für einzelne Behandlungsstoffe wie z. B. Pflanzen- und Vorratsschutzmittel.
- 1981 Lebensmittel dürfen Stoffe und Organismen nur in Mengen enthalten, welche die menschliche Gesundheit nicht gefährden können (Art. 6).

Während 1926 noch kurz und bündig von gesundheitsschädlichen Stoffen gesprochen wird, die in den Lebensmitteln nicht enthalten sein dürfen («Nulltoleranz»), wird 1963, obwohl als Grundsatz noch immer die totale Abwesenheit solcher Stoffe postuliert wird, der eher relativierende Begriff der Gesundheitsgefährdung verwendet.

Bedingt durch die grossen Fortschritte der analytischen Chemie, die den Nachweis immer geringerer Mengen entsprechender Stoffe in den Lebensmitteln erlaubte, musste 1969 für die Rückstände von Pflanzen- und Vorratsschutzmittelwirkstoffen eine neue Regelung gefunden werden. Die Anwesenheit dieser Stoffe wurde im Sinne von Ausnahmen toleriert und deren Mengen in den Lebensmitteln begrenzt. Erst 1981 wurde durch den Einbezug der Menge eines Stoffes der Satz von Paracelsus, dass nur die Dosis einen Stoff nicht zu einem Gift macht, in der Lebensmittelverordnung verankert.

Einteilung der potentiell gesundheitsgefährdenden Stoffe

Im Hinblick auf allfällige gesetzliche Regelungen müssen bei der Beurteilung von potentiell gesundheitsgefährdenden Stoffen in Lebensmitteln neben deren Toxikologie noch andere Aspekte berücksichtigt werden. Im folgenden sollen daher diese Stoffe versuchsweise primär nach den Ursachen ihres Vorkommens in

den Lebensmitteln eingeteilt werden, nämlich in Inhaltsstoffe, absichtlich im Lebensmittel sektor verwendete Stoffe und Kontaminanten.

Zu den *Inhaltsstoffen* gehören z. B. Amygdalin in Bittermandeln, Solanin und Chaconin in Kartoffeln, Serotonin in Bananen, kropferzeugende Stoffe (Glucosinolate) in Kohl- und Krautarten der Gattung Brassica sowie Stoffe, die durch Mikroorganismen gebildet werden wie biogene Amine und Mykotoxine (Inhaltsstoffe nach Artikel 7 der Lebensmittelverordnung). Bei den zwei zuletzt genannten Stoffgruppen sind hier nur die Vertreter zu berücksichtigen, die weitgehend als eigentliche Inhaltsstoffe betrachtet werden müssen (wie z. B. biogene Amine in Hartkäse, das Mykotoxin Roquefortin in Blauschimmelkäse, Ethylalkohol in Genussmitteln, Urethan in Brot).

Zu den Stoffen, die *absichtlich* im Lebensmittel sektor im weitesten Sinne (Gewinnung, Produktion, Verpackung, Lagerung, Transport usw.) eingesetzt werden, gehören Pflanzenschutzmittel, Desinfektionsmittel, technische Hilfsstoffe (processing aids), Tierarzneimittel, Dünger, Anstrichstoffe usw. (Fremdstoffe nach Artikel 7a Absatz 2 Buchstabe a der Lebensmittelverordnung) sowie Stoffe, die aus Verpackungsmaterialien u. a. Gebrauchs- und Verbrauchsgegenständen in die Lebensmittel migrieren können, aber auch Zusatzstoffe und Kellerbehandlungsmittel. Diese Stoffe sind in der Lebensmittelverordnung in besonderen Artikeln geregelt, deshalb soll im folgenden auf sie nicht eingegangen werden.

Als *Kontaminanten* sollen der Einfachheit halber Stoffe bezeichnet werden, die aus der Umwelt in die Lebensmittel gelangen bzw. beeinflusst durch Umwelt und/oder Lebensmitteltechnologie in diesen chemisch oder biologisch gebildet werden, ausgenommen sind aromagebende Stoffe, z. B. Maillardreaktionsprodukte.* Die derart definierten Kontaminanten entsprechen weitgehend den in Artikel 7a Absatz 2 Buchstabe b der Lebensmittelverordnung umschriebenen Fremdstoffen. Beispiele für solche Stoffe sind: polychlorierte Biphenyle und Dioxine, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (z. B. Benzpyren), Cadmium, Blei, Nitrosamine, Phytoalexine (Stoffe, welche durch Pflanzen infolge umweltbedingter Stresseinwirkungen gebildet werden, wie z. B. Bergapten in schimmelbefallenem Sellerie), gewisse Mykotoxine (z. B. Aflatoxine in Erdnüssen, Mutterkornalkaloide in Cerealien, Patulin in Obstsaften), Histamin in Wein, Lysinoalanin.

Wie die nachstehende Diskussion zeigt, ist insbesondere eine strenge Unterscheidung zwischen Inhaltsstoffen und Kontaminanten nicht unproblematisch und nur bedingt möglich:

* In der Definition des Codex Alimentarius umfassen Kontaminanten sämtliche Stoffe, die den Lebensmitteln *nicht absichtlich zugesetzt* werden (Zusatzstoffe), wobei für die Pestizidrückstände eine besondere Codex-Definition existiert (20, 21): «Der Begriff Kontaminant bedeutet einen Stoff, der Lebensmitteln nicht absichtlich zugefügt ist und der als Ergebnis der Herstellung (einschliesslich Pflanzenbau und Tierzucht, Behandlung, Verpackung, Packmaterial, Transport oder Lagerung) oder als Ergebnis der Umweltverschmutzung im Lebensmittel vorhanden ist. Der Begriff umfasst nicht Insektenfragmente, Nagetierhaare oder anderes Fremdmaterial ('filth' nach US-Lebensmittelrecht).»

Polychlorierte Biphenyle beispielsweise sind nicht natürlicher Herkunft und werden nicht im Lebensmittel sektor eingesetzt; sie sind typische Kontaminanten. Cadmium und Blei hingegen sind natürliche Bestandteile des Bodens und somit auch Inhaltsstoffe der Pflanzen. Zu Kontaminanten werden sie erst, wenn die Pflanzen infolge entsprechender Immissionen (oder geologisch bedingt?) mehr Cadmium und Blei aufnehmen als üblich. Ähnliches gilt für die Nitratgehalte der Pflanzen, die Quecksilbergehalte der Fische und die Arsengehalte von Krusten- und Weichtieren.

Bei biogenen Aminen andererseits, die in jedem Lebensmittel, das einer mikrobiologischen Veränderung unterworfen war, enthalten sind, kann sich die Frage stellen, bis zu welchen Mengen diese Stoffe als Inhaltsstoffe (z. B. biogene Amine in Käse und Joghurt) bzw. ab welchen Mengen sie als unerwünschte Stoffe (Kontaminanten) zu gelten haben (z. B. Histamin in Wein).

Des weiteren müsste auch zwischen Kontaminanten, die aus der Umwelt in die Lebensmittel gelangen, und solchen, die durch chemische oder biologische Vorgänge in diesen entstehen, unterschieden werden. Die Gehalte der Lebensmittel an den beiden zuletzt genannten Stoffgruppen können in der Regel direkt oder indirekt, z. B. lebensmitteltechnologisch, beeinflusst werden («gute Herstellungs- oder Gewinnungspraxis»), z. B. Verminderung der Nitrosamingehalte von Bier durch Änderung der Malz trocknung (22). Aus der Umwelt in die Lebensmittel gelangende Kontaminanten lassen sich kaum durch einfache Massnahmen im Lebensmittel sektor beeinflussen.

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (z. B. Benzpyren) in Gemüse, Speiseölen usw. müssen vorwiegend als aus der Umwelt stammende Kontaminanten (entstanden durch Verbrennungsprozesse) betrachtet werden (56). Deren Vorkommen in geröstetem Kaffee, grilliertem Fleisch ist hingegen durch lebensmitteltechnologische Prozesse bedingt. Die entsprechenden Gehalte der Lebensmittel lassen sich somit allenfalls lebensmitteltechnologisch beeinflussen. Die Benzpyrengehalte von geräucherten Fleischwaren und Käseerzeugnissen (absichtliche Anwendung) wurden in der Bundesrepublik Deutschland denn auch gesetzlich geregelt (1 ng/g) (57); für den Benzpyrengehalt von Raucharoma ist im Schweizerischen Lebensmittelbuch ein Wert von 30 ng/g aufgeführt.

Ähnliches trifft auch für verschiedene natürlich vorkommende, potentiell gesundheitsgefährdende Stoffe zu: Verminderung der Urethangehalte von Branntweinen durch andere Gärungs- und Destillationsführung (23, 24), Beeinflussung des Histamingehaltes von Wein durch mikrobiologische Kontrolle des biologischen Säureabbaus (25) oder Verminderung des Patulingehaltes von Apfelsaft durch den weitgehenden Ausschluss angefaulter Äpfel bei dessen Herstellung. Die Gehalte eigentlicher Inhaltsstoffe, wie z. B. Glucosinolate oder Pyrrolizidinalkaloide (z. B. in Huflattich) oder Solanin in Kartoffeln, lassen sich demgegenüber nur durch entsprechende Pflanzenzüchtungen beeinflussen.*

* Erwähnenswert ist, dass die Cadmiumaufnahme der Pflanzen aus dem Boden ebenfalls sortenspezifisch ist. Es wurden Unterschiede zwischen verschiedenen Sorten von bis zu 100 und mehr Prozent festgestellt (52–54).

Wesentlich für das Folgende sind nicht allein die Begriffe an sich, sondern die unterschiedlichen Ursachen für das Vorkommen der fraglichen Stoffe in den Lebensmitteln sowie die Beeinflussungsmöglichkeiten deren Gehalte: einerseits die absichtliche Verwendung im Lebensmittel sektor im weitesten Sinne und andererseits die Umwelt bzw. die Natur sowie die Anwendbarkeit der Kriterien «gute Herstellungs- oder Landwirtschaftspraxis» bei der Beurteilung.

Für die *Mengen* von potentiell gesundheitsgefährdenden Stoffen, die in Lebensmitteln vorhanden sein dürfen, werden in der Lebensmittelverordnung verschiedene Begriffe verwendet: bei Zusatzstoffen sind es Höchstmengen, bei den Fremd- und Inhaltsstoffen sind es Höchstkonzentrationen, wobei der Gesetzgeber sich derzeit anschickt, diese in Toleranz- und Grenzwerte zu unterteilen. Die Überschreitung von Toleranzwerten führt zur Beanstandung des Lebensmittels, die Überschreitung von Grenzwerten zu dessen Beschlagnahmung (2).

Anstoß zu dieser Unterteilung der Höchstkonzentrationen gab einerseits die Forderung der Organe der Lebensmittelkontrolle nach klaren Kriterien, wann ein Lebensmittel wegen seines Gehaltes an potentiell gesundheitsgefährdenden Stoffen nur zu beanstanden und wann es wegen Gesundheitsgefährdung zu beschlagnahmen ist, und andererseits die Verordnung über die hygienisch-mikrobiologischen Anforderungen an Lebensmittel, Gebrauchs- und Verbrauchsgegenstände vom 14. September 1981. In dieser sind Mikroorganismen und Toxinen, die ein *akutes Gesundheitsrisiko* beinhalten, wie z. B. Salmonellen oder Staphylokokken-enterotoxinen, Grenzwerte zugeordnet. Lebensmittel, bei denen die betreffenden Grenzwerte überschritten sind, gelten als gesundheitsgefährdend, verdorben oder unbrauchbar (Beschlagnahmung). Toleranzwerte in dieser Verordnung bezeichnen diejenigen Mengen von Mikroorganismen, die bei sorgfältiger Auswahl der Rohmaterialien, guter Herstellungspraxis und sachgerechter Aufbewahrung des Lebensmittels erfahrungsgemäss nicht überschritten werden (Beanstandung bei Überschreitung).

Festlegung und Bedeutung gesetzlicher Normen

Konventionen

Das heute vor allem zur Beurteilung der *absichtlich* im Lebensmittel sektor verwendeten Stoffe angewandte Verfahren ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt. Es wurde in den 50er Jahren durch FAO/WHO-Expertengruppen speziell im Hinblick auf diese Stoffe entwickelt und ist seither weltweit zur Beurteilung und gesetzlichen Regelung solcher Stoffe übernommen worden.

Das Beurteilungs- und Zulassungsverfahren basiert einerseits auf dem Konzept des ADI-Wertes (acceptable daily intake) und andererseits auf den technisch unvermeidbaren Rückständen in den Lebensmitteln, wie sie bei vorschriftsgemässer Anwendung der Stoffe auftreten können.

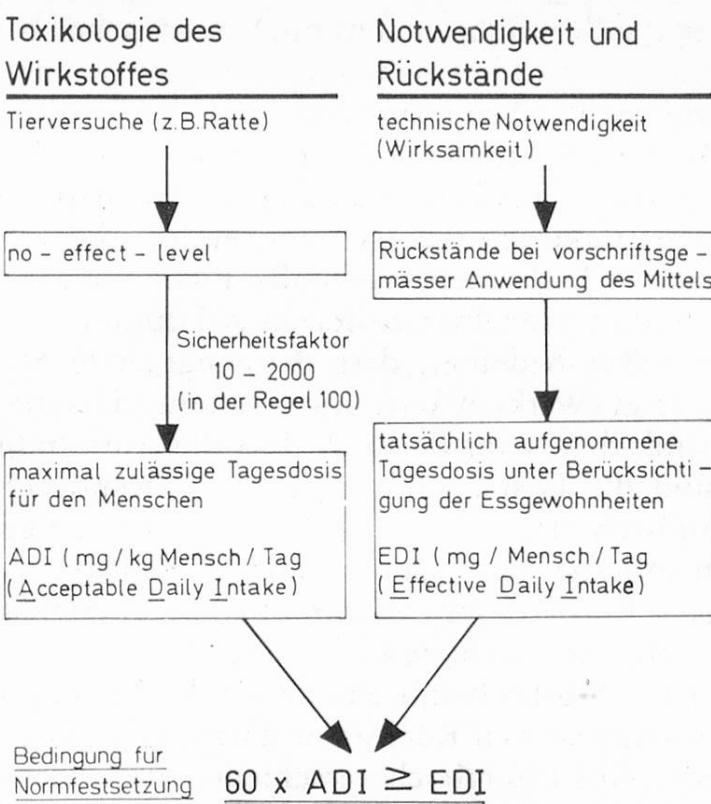


Abb. 1. Konzept zur Beurteilung und Festlegung gesetzlicher Normen von absichtlich im Lebensmittelsektor eingesetzten Stoffen

Als *ADI-Wert* wird die maximale Menge eines Stoffes pro kg Körpergewicht bezeichnet, die der Mensch zeitlebens täglich aufnehmen kann, ohne dass gemäss den heutigen toxikologischen Erkenntnissen mit irgendwelchen nachteiligen Wirkungen gerechnet werden muss, auch nicht bei Kindern, Kranken oder den Nachkommen. Der ADI-Wert wird in der Regel aus der bei der empfindlichsten Tierart ermittelten Dosis, bei der keine Effekte auf den Organismus mehr festgestellt werden können (No-effect-level), unter Einbezug eines Sicherheitsfaktors – besser wäre «Unsicherheitsfaktor» – berechnet. Der Sicherheitsfaktor vieler ADI-Werte ist 100; hierzu ist keine strenge wissenschaftliche Erklärung auszumachen. Niedrigere Sicherheitsfaktoren werden in der Regel dann verwendet, wenn zusätzlich zu den tierexperimentellen Daten Erfahrungen am Menschen vorliegen. Für genotoxische kanzerogene Stoffe werden keine ADI-Werte festgelegt. Solche Stoffe werden folglich auch nicht für den Einsatz im Lebensmittel sektor zugelassen.

Es muss betont werden, dass es sich bei der Festlegung des ADI-Wertes um ein Konzept handelt, das zwar heute allgemein akzeptiert ist und sich bewährte, mit Wissenschaft aber wenig zu tun hat. Der ADI-Wert ist keine streng wissenschaftlich abgeleitete Grösse, mit der sich allfällige Gesundheitsrisiken in buchhalterischer Weise ermitteln lassen. Eine Überschreitung des ADI-Wertes bedeutet somit praktisch, dass der Sicherheitsfaktor vermindert ist und nicht etwa, dass eine Gesundheitsgefährdung besteht.

Das ADI-Konzept sollte nicht angewendet werden bei bereits vorhandenen Umweltkontaminationen, da hier nicht mehr frei entschieden werden kann, ob die fraglichen Stoffe in den Lebensmitteln geduldet werden sollen oder nicht (z. B. chlorierte Dioxine, Cadmium). Zudem sind in solchen Situationen viel mehr toxikologische Daten aus Feldstudien (z. B. Arbeitsplatz) bekannt, so dass theoretische Sicherheitsfaktoren weniger notwendig sind (55). Auf etliche Inhaltsstoffe sollte das ADI-Konzept ebenfalls nicht angewendet werden; dies könnte zu einem Verbot einzelner Lebensmittel führen.

Technisch unvermeidbar bedeutet, dass der eingesetzte Stoff erstens die gewünschte Wirkung zeigt (Wirksamkeit) und zweitens, dass die Rückstände so gering wie möglich sind, d. h. zum Beispiel, dass die Aufwandmenge eines Pflanzenschutzmittels und die Frist zwischen dessen Anwendung und der Ernte so festgelegt werden müssen, dass zwar die Wirksamkeit noch gewährleistet ist, die Rückstände jedoch minimal sind (gute Landwirtschaftspraxis). Dies im Bestreben, die Belastung der Bevölkerung mit potentiell gesundheitsgefährdenden Stoffen so gering wie möglich zu halten.

Die *Beurteilung* eines Stoffes beinhaltet neben der Bewertung der Toxikologie, den Nachweisverfahren und den Rückstandsdaten auch die Bewertung von dessen Nutzen und/oder einen Vergleich verschiedener Risiken. Zum Beispiel darf die Verwendung von Nitrit als Pökelsalz nicht nur im Hinblick auf das kanzerogene Risiko der Nitrosamine gesehen werden, sondern es müssen auch die Risiken der Bildung von Botulinustoxin in die Beurteilung miteinbezogen werden. Ähnliches gilt bei der Beurteilung der bei der Trinkwasserchlorierung gebildeten Stoffe (z. B. Trihalogenmethane).

Eine schweizerische Konvention ist es, dass eine gesetzliche Norm in der Regel nur dann festgelegt wird, wenn unter Berücksichtigung der Verzehrmenge des betreffenden Lebensmittels der auf einen 60 kg schweren Menschen bezogene ADI-Wert nicht überschritten ist. Für die schweizerischen Normen, z. B. für die grosse Mehrheit der Pflanzenschutzmittelwirkstoffe, gilt $60 \times \text{ADI} \gg \text{EDI}$ (vgl. Abb. 1).

Da die betreffenden Normen sich aber üblicherweise auf Lebensmittel beziehen, so wie sie dem Konsumenten angeboten werden, ist die Verminderung der Rückstände durch den Zubereitungs- und Kochprozess, die je nach Stoff und den Umständen bis zu 100% betragen kann (25), nicht berücksichtigt.

Bedeutung

Wenn wir uns vor allem im Zusammenhang mit den *absichtlich* im Lebensmittel sektor verwendeten Stoffen fragen, welche Bedeutung dem heutigen behördlichen Beurteilungsverfahren, der Festlegung von gesetzlichen Normen und der Überprüfung deren Einhaltung durch die Organe der Lebensmittelkontrolle denn eigentlich zukommt, so gelangen wir zu folgenden Feststellungen:

1. Grundsätzlich wird so weit als möglich verhindert, dass Stoffe, deren chemische und toxikologische Eigenschaften nicht bekannt sind, im Lebensmittel-

sektor zum Einsatz gelangen. Bevor ein Stoff im Lebensmittel sektor eingesetzt werden kann, werden die Gesundheitsrisiken bewertet, die bei einer lebenslangen Aufnahme des betreffenden Stoffes durch die gesamte Bevölkerung resultieren können. Die Behörden, beraten durch Fachgremien, können nach Abwägen des Nutzens und allfälliger Risiken *frei entscheiden*, ob der fragliche Stoff zugelassen werden soll oder nicht (benefit/risk). Durch die Festlegung einer gesetzlichen Norm für den fraglichen Stoff in Lebensmitteln wird dieser faktisch zum Einsatz im Lebensmittel sektor zugelassen, und der Norm entsprechende Mengen werden in den Lebensmitteln allgemein akzeptiert.*

2. Da die Übertragung tierexperimenteller Daten auf den Menschen stets ein Risiko beinhaltet und allfällige Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Stoffen nie vollständig quantifizierbar sein werden, wird im Sinne der *Prävention* dafür gesorgt, dass *langfristig gesehen* die Belastung der Bevölkerung mit solchen Stoffen *so gering wie möglich* gehalten werden kann. Allein diesem Ziel dienen die gesetzlich festgelegten Normen, die sich grundsätzlich nach den technisch unvermeidbaren Rückständen richten. Die Einhaltung dieser Normen wird durch die Organe der Lebensmittelkontrolle stichprobenweise geprüft. Dadurch kann auf die Anwender der Stoffe in *erzieherischer Weise* eingewirkt werden.
3. Im *Einzelfall* kommt hingegen einer derartigen Norm *keinerlei gesundheitliche Relevanz* zu, d. h., dass die lebensmittelpolizeilichen Massnahmen, die bei Nichteinhaltung der Normen zu treffen sind, vom Gesetzgeber *rein administrativ* festgelegt werden müssen und nicht, wie z. B. bei pathogenen Mikroorganismen oder Bakterientoxinen, auf gesundheitliche Überlegungen abgestützt werden können.

Diese Ausführungen treffen, mit Ausnahme von Punkt 1 und teilweise der unter Punkt 2 erwähnten erzieherischen Wirkung, weitgehend auch für Kontaminanten und natürlich vorkommende potentiell gesundheitsgefährdende Stoffe zu. Aus der Sicht der Öffentlichkeit kommt jedoch solchen Normen eine wesentlich andere, nämlich eine unmittelbar gesundheitsbezogene Bedeutung zu.

Im Gefolge der DDT-Erkenntnisse dienten Rückstände von Pflanzenschutzmitteln vor allem als Sündenböcke für durch Chemikalien verursachte Schäden im allgemeinen. Politik und z. T. auch am Ausbau der eigenen Gebiete interessierte sogenannte Wissenschaftler haben dank der heute zur Verfügung stehenden analytischen Möglichkeiten auf solche Rückstände eigentliche Hexenjagden veranstaltet und sie, kräftig unterstützt durch die Medien, zu einem Gesundheitsproblem hochstilisiert. Die sensationell aufgemachten Katastrophenmeldungen haben in der Öffentlichkeit z. T. sektiererische Diskussionen über Rückstände ausgelöst und zu der Verunsicherung sowie der Angst des Bürgers vor der schle-

* Für Stoffe, die insbesondere infolge falscher oder missbräuchlicher Anwendung oder infolge von Unglücksfällen in den Lebensmitteln auftreten können (z. B. Hydrazin oder Herbizide in Trinkwasser oder Perchlorethylen in Pflanzenölen), sollten somit keine gleichwertigen gesetzlichen Normen festgelegt werden.

chenden Vergiftung seiner Nahrung nicht unwesentlich beigetragen: «Mag es auch kein Übel geben, so gibt es doch unzweifelhaft die Furcht vor dem Übel» (Augustinus). Diese Furcht kann jedoch ebenso oder noch stärker belasten wie das Übel selbst.*

Die erwähnten Katastrophenmeldungen führten aber auch zu einer gesteigerten Sensibilität eines Teils der Öffentlichkeit gegenüber Fragen des Umweltschutzes und zur Erkenntnis, dass der Einsatz von Agrochemikalien und die moderne Landwirtschaft im allgemeinen, insbesondere wegen ihrer direkten Auswirkungen auf die Umwelt (z. B. Artenvielfalt, Bodenverdichtung usw.), kritisch beurteilt werden müssen. Diese Nebenwirkungen sind positiv zu bewerten. Andererseits führte die emotionale und dramatisierende Publizistik wohl auch dazu, dass die mit der Nahrungsaufnahme verbundenen Risiken durch die Bevölkerung, wie Tabelle 1 zeigt, falsch gewichtet werden (47).

Tabelle 1. Wichtigkeit der Ernährungsrisiken in absteigender Reihenfolge

Aus der Sicht der Wissenschaft	Aus der Sicht der Laien
1. Ernährungsgewohnheiten 2. Pathogene Mikroorganismen 3. Natürliche Gifte ² 4. Umweltkontaminanten ¹ 5. Zusatzstoffe	1. Umweltkontaminanten ¹ 2. Zusatzstoffe 3. Ernährungsgewohnheiten 4. Pathogene Mikroorganismen 5. Natürliche Gifte ²

¹ entspricht den Kontaminanten und den absichtlich im Lebensmittel sektor verwendeten Stoffen (ausgenommen Zusatzstoffe)

² entspricht den Inhaltsstoffen

Auch die Gesundheitsrisiken von Blei werden beispielsweise vor allem mit den verkehrsbedingten Bleigehalten von Gemüse assoziiert. Da dieses Blei nur oberflächlich haftet, wird es beim Waschen und Rüsten zum grössten Teil entfernt (26, 48). Dass z. B. aus dem Ausland mitgebrachtes, bleiabgebendes «Souvenir-Keramikgeschirr» die Gesundheit ernstlich gefährden kann, scheint hingegen

* Im Hinblick auf gewisse Reaktionen des Bürgers ist es auch für Fachleute gelegentlich von gutem, sich zu vergegenwärtigen, welche Verhältniszahl eigentlich einem ppm ($\mu\text{g}/\text{g}$), einem ppb (ng/g) oder gar einem ppt (pg/g) entspricht: Bei der in den Augen des Bürgers mit Recht für ihre Zuverlässigkeit bekannten Schweizer Post gingen 1984 von 31,2 Millionen eingeschriebenen Inlandsendungen nur deren 404 verloren (27), dies entspricht rund 13 ppm bzw. 13000 ppb! Eine Spielrunde von 5–6 Personen entspricht, gemessen an der Weltbevölkerung, etwa 1 ppb und 1 Roggenkorn auf 300 Eisenbahnwagen voller Weizenkörner rund 10 ppt. 10 ppt beträgt auch die gesetzliche Norm für die Aflatoxin-M₁-Konzentration in Kindernährmitteln. Werden in diesen Produkten 20 ppt Aflatoxin M₁ nachgewiesen (100% Überschreitung), gelten diese gemäss der Verordnung über die hygienisch-mikrobiologischen Anforderungen an Lebensmittel, Gebrauchs- und Verbrauchsgegenstände als gesundheitsgefährdend und müssen beschlagnahmt werden.

wenig bekannt zu sein, wie die immer wieder auftretenden Vergiftungsfälle zeigen (49, 50). Eine entsprechende Warnung des Bundesamtes für Gesundheitswesen (49) wurde von den Medien jedoch kaum oder nicht mit dem nötigen Nachdruck aufgegriffen. Es scheint, dass es den Medien häufig weniger um den effektiven Gesundheitsschutz der Bevölkerung geht als um die Aufdeckung vermeintlicher Missstände und/oder um die Beschaffung geeigneter Schlagzeilen.

Ob durch die grosse Aufmerksamkeit, die bis anhin auch in Fachkreisen der «vergifteten Nahrung» zugewandt wurde, nicht allenfalls langfristig bedeutungsvollere Auswirkungen von potentiell gesundheitsgefährdenden Stoffen, z. B. von Pflanzenschutzmitteln auf die Umwelt, zu wenig intensiv untersucht worden sind? Die Bedeutung der Belastung der Atmosphäre mit Stoffen wie fluorierten Kohlenwasserstoffen sowie die Luftqualität in Innenräumen (z. B. Radon) sind jedenfalls bis anhin wohl gewaltig unterschätzt worden. Es ist äusserst gefährlich, wenn wir die *wirklichen Probleme* nicht erkennen und deren Lösungen nicht frühzeitig in Angriff nehmen.

Zufuhrabschätzungen

Die FAO/WHO hat schon früh eindringlich darauf hingewiesen, dass für die Bewertung allfälliger Gesundheitsrisiken die *effektive Belastung* der Bevölkerung mit potentiell gesundheitsgefährdenden Stoffen ermittelt werden muss (Zufuhrabschätzungen). Die Eidgenössische Ernährungskommission sprach sich erst kürzlich dafür aus, die Schwermetallgehalte der Lebensmittel gezielt zu überwachen und eine Zunahme der Belastung zu verhindern (28).

Zufuhrabschätzungen basieren entweder auf der Untersuchung von Duplikaten von Tagesrationen einzelner Individuen, von zubereiteten Durchschnittsdiäten (total diet studies) oder, obwohl weniger gut geeignet, auf den Verzehrsdaten einzelner Lebensmittel und den in Übersichtsuntersuchungen (Monitoring) ermittelten Gehaltswerten der entsprechenden Lebensmittel (26). Entsprechende Untersuchungen werden z. B. in den USA und in Grossbritannien für Pflanzen- und Vorratsschutzmittelwirkstoffe und gewisse Schwermetalle seit etwa 20 Jahren regelmässig durchgeführt.

Nachstehend werden die Ergebnisse schweizerischer Studien zusammengefasst. Pflanzen- und Vorratsschutzmittelwirkstoffe stehen als Beispiele für die absichtlich im Lebensmittelsektor eingesetzten Stoffe und Cadmium für einen Kontaminanten (und Inhaltsstoff).

Pflanzen- und Vorratsschutzmittel

In der Schweiz wurde erstmals 1973 eine Zufuhrstudie über potentiell gesundheitsgefährdende Stoffe publiziert. Untersucht wurde primär die Zufuhr von Organochlorkohlenwasserstoffen, wobei auch die Zufuhr via Zigarettenrauch und Kosmetika miteinbezogen wurde (29). Eine bezüglich der erfassten Stoffe umfas-

sendere Arbeit von *Wüthrich* und Mitarbeitern (30) aus dem Jahr 1985 zeigt, dass die durchschnittlichen, täglichen Zufuhrmengen der überwiegenden Mehrheit aller Pflanzenschutzmittelwirkstoffe weniger als 1% der entsprechenden ADI-Werte betragen. Das heisst, die mittlere Belastung der Bevölkerung mit diesen Stoffen ist mindestens 10 000mal geringer als die Dosen, die im Tierversuch zu keinen nachteiligen Effekten führten.

Für Dieldrin, einem in der schweizerischen Landwirtschaft seit 1969 nicht mehr eingesetzten Stoff, ergibt sich eine Ausschöpfung des ADI-Wertes von 15% und für Dithiocarbamate eine solche von 2%, falls sie als Ethylenbisdithiocarbamate oder von maximal 20%, falls sie als die seltener eingesetzten Dimethyl- und Propylenbisdithiocarbamate vorliegen (30).

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse für die persistenten Organochlorkohlenwasserstoffe Hexachlorbenzol (HCB) und DDT (inkl. Isomere und Metaboliten) den in den Jahren 1971/72 ermittelten Zufuhrmengen gegenübergestellt (30). Es ist ersichtlich, dass sich die mittleren täglichen Zufuhrmengen dieser Stoffe in den letzten 10 Jahren um etwa einen Faktor 3–4 vermindert haben; dies gilt auch für Dieldrin, Lindan und die Summe von α - und β -Hexachlorcyclohexan. Da die Verwendung der Organochlorkohlenwasserstoffe in der Landwirtschaft und in anderen Anwendungsbereichen, wie z. B. in Insektensprays oder Holzschutzmitteln, in der Schweiz seit 1971 verboten ist, müssen diese Stoffe heute als Kontaminanten bezeichnet werden. In verschiedenen Entwicklungsländern werden gewisse Organochlorkohlenwasserstoffe weiterhin verwendet.

Ein zur Zufuhr via Nahrung paralleles Verhalten in dieser Zeitperiode zeigen, wie aus Tabelle 2 hervorgeht, auch die in der Muttermilch bestimmten Konzentrationswerte von HCB und von DDT (31). Sie haben, entsprechend den reduzierten Zufuhrmengen und den im Organismus vorliegenden Gleichgewichten, ebenfalls deutlich abgenommen.

Cadmium

Die Grundlage für die Beurteilung der Belastung der Nahrung mit Cadmium bildet weltweit die 1972 von der FAO/WHO vorgeschlagene «provisorisch toler-

Tabelle 2. Organochlorkohlenwasserstoffe in Nahrung und Muttermilch 1971/72 und 1981/1983

Nahrung, Muttermilch	Jahr	HCB ($\mu\text{g}/\text{Mensch}/\text{Tag}$ bzw. $\mu\text{g}/\text{g Fett}$)	DDT ¹ ($\mu\text{g}/\text{Mensch}/\text{Tag}$ bzw. $\mu\text{g}/\text{g Fett}$)	Literatur
Nahrung	1971/72	4,5	5,6	30
Nahrung	1981/83	1,1	1,7	30
Muttermilch	1971	1,0	4,5	31
Muttermilch	1983	0,1	0,8	31

¹ Summe p,p'-DDT, Isomere und Metaboliten

rierbare wöchentliche Zufuhrmenge» von 400 bis 500 µg/Mensch/Woche (Mensch von 60 kg Körpergewicht) (32). Dieser Wert wurde weitgehend anhand von Daten aus dem Erfahrungsbereich des Menschen abgeleitet. Auf die Anwendung hoher Sicherheitsfaktoren, wie sie gemäss den heutigen Gepflogenheiten für nicht in der Natur vorkommende Stoffe bei der Extrapolation von Ergebnissen aus Tierversuchen auf den Menschen Verwendung finden (vgl. ADI-Werte), konnte daher verzichtet werden.

Eine kürzlich durchgeföhrte schweizerische Studie, in der insgesamt 40 Tagesrationen (ohne Zwischenverpflegung) aus vier sehr unterschiedlichen Verpflegungsbetrieben untersucht wurden, zeigt, dass die durchschnittliche Ausschöpfung des FAO/WHO-Wertes für Cadmium bei etwa 20% liegt (33). Werden eher pessimistische Zuschläge für Lebensmittel vorgenommen, die in den Tagesrationen nicht enthalten waren, aber als cadmiumreich bekannt sind, wie z. B. Wildpilze, Schokolade, Nieren usw., so lässt sich eine mittlere Ausschöpfung von höchstens etwa einem Drittel des FAO/WHO-Wertes schätzen. Es liegen somit keine Hinweise vor, nach denen die Belastung der nicht beruflich exponierten Bevölkerung im allgemeinen als unmittelbar besorgniserregend zu betrachten wäre. Doch wie steht es mit Individuen, die extreme Verzehrsgewohnheiten pflegen? In Tabelle 3 sind für einige als besonders cadmiumreich bekannte Lebensmittel diejenigen Mengen zusammengestellt, die wöchentlich verzehrt werden müssten, um den FAO/WHO-Wert auszuschöpfen. Die Ergebnisse zeigen, dass über einen längeren Zeitraum betrachtet – und dies ist bei Cadmium infolge seiner lebenslangen Speicherung im Organismus von besonderer Bedeutung – auch bei extremen Verzehrsgewohnheiten eine Ausschöpfung des FAO/WHO-Wertes durch einzelne Individuen äußerst unwahrscheinlich ist. (Dies soll jedoch kein Freipass sein, die Umwelt weiter mit Cadmium und anderen Schwermetallen zu belasten.) Diese Schlussfolgerung dürfte auch für Wildpilzliebhaber zutreffen, entspricht doch die aufgeführte Menge einem Jahresverzehr von rund 20 kg. Die

Tabelle 3. Theoretische wöchentliche Verzehrsmengen einzelner Lebensmittel zur Erreichung des FAO/WHO-Wertes für Cadmium

Lebensmittel	Verzehrsmenge für 100% FAO/WHO-Wert (g/Woche)	Mittlerer Cadmiumgehalt ¹ (µg/g)
Leber (Schwein/Rind/Kalb)	11 250	0,04 (36)
Nieren (Schwein/Rind/Kalb)	3 210	0,14 (36)
Dunkle Schokolade	2 650	0,17 (37, 38)
Weich- und Schalentiere	2 250	0,20 (36, 39)
Pferdefleisch (alte Tiere)	2 250	0,20 (36)
Leber (Reh)	2 045	0,22 (40)
Wildpilze	395	1,14 (41)
Nieren (Reh)	290	1,55 (40)

¹ in Klammern Literatur

geschätzte jährliche Pro-Kopf-Verzehrmenge von Wildpilzen liegt mit 0,65 kg (35) rund 30mal tiefer. Um 20 kg pro Jahr zu erreichen, müssten sämtliche in der Schweiz verzehrten Wildpilze von nur etwa 3% der Bevölkerung konsumiert werden. Bei einem Verzehr von rund 2,5 kg dunkler Schokolade pro Woche sei die Frage gestellt, ob damit nicht noch andere gesundheitliche Risiken als die allfällig durch Cadmium bedingten verbunden sind.

Starke Zigarettenraucher sind einer erheblichen zusätzlichen Cadmiumbelastung unterworfen, nicht jedoch die Passivraucher. Es kann vermutet werden, dass einige Prozente der zigarettenrauchenden Bevölkerung den FAO/WHO-Wert erreichen oder überschreiten (35). Die Gesundheitsrisiken des Zigarettenrauchens (und Passivrauchens) im allgemeinen dürften jedoch stärker zu gewichten sein als die dadurch bedingte zusätzliche Cadmiumbelastung.

Überlegungen und Abschätzungen der geschilderten Art gestatten, die Belastung der Bevölkerung durch einen Kontaminanten näherungsweise zu quantifizieren und damit verbundene Gesundheitsrisiken zu bewerten.* Es soll in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen werden, dass es die Aufgabe des Staates ist, in erster Linie die Gesamtheit der Bevölkerung zu schützen. Bei einseitigen Ernährungsgewohnheiten steigt die Gefahr der Fehlernährung einzelner Individuen unverhältnismässig an. Diese ist in der Regel stärker zu gewichten als die allfällig vermehrte Zufuhr eines potentiell gesundheitsgefährdenden Stoffes.

Kontaminanten

Bei den nachstehenden Ausführungen stehen vor allem die Schwermetalle im Vordergrund. Für andere Arten von Kontaminanten sind z. T. noch andere Aspekte von Bedeutung.

Unterschiede zu den absichtlich verwendeten Stoffen

Bei der Beurteilung von Kontaminanten in den Lebensmitteln ergeben sich im Vergleich zu den Stoffen, die absichtlich im Lebensmittelbereich Verwendung finden, einige bedeutsame Unterschiede. Nachfolgend werden die Unterschiede zwischen diesen und vor allem solchen Kontaminanten aufgeführt, die aus der Umwelt stammen, wie z. B. Schwermetalle (vgl. dazu auch 20 und 21).

* Im Falle von Perchlorylen zeigten die entsprechenden Untersuchungen relativ früh, dass die Hauptbelastung der Bevölkerung mit diesem Stoff nicht etwa durch Eier (oder Backfette), sondern durch Fleisch und Fleischwaren erfolgte (58). Die inzwischen auf unbedeutende Mengen reduzierte Perchlorylenzufuhr war nur durch die Umstellung der Produktionsprozesse von Fleisch- und Knochenmehlen erreichbar, die allerdings nicht sofort realisiert werden konnte.

Es handelt sich in der Regel um Stoffe, die sich bereits in der Umwelt (und somit auch in den Lebensmitteln) befinden und daraus (bei deren Entdeckung und/oder beim Auftreten unerwünschter Konzentrationen in den Lebensmitteln) nicht einfach entfernt werden können.

Kontaminanten kommen in stark unterschiedlichen Mengen vor, in meist unvorhersehbarer, erratischer Verteilung auf verschiedene Lebensmittelzeugnisse, Länder, Regionen und Zeiträume. Bei Kontaminanten können «hot spots», z. B. in der Umgebung von Industrieanlagen, städtischen Siedlungen, in Seen oder bei bestimmten örtlich begrenzten geologischen Formationen, auftreten.

Die Ursachen der Kontamination der Lebensmittel sind vielfältig, und allfällige Massnahmen zur Verhinderung liegen häufig nicht oder nicht nur im Bereich der Lebensmittelkontrolle.

Die Gehalte der Lebensmittel an Kontaminanten können vom Produzenten in der Regel nicht unmittelbar beeinflusst werden. Ein erzieherischer Wert allfälliger gesetzlicher Normen entfällt somit.

Bei der gesundheitlichen Beurteilung des Vorkommens dieser Stoffe in Lebensmitteln können aus den vorstehend erwähnten Gründen häufig nicht gleich grosszügige Sicherheitsfaktoren wie bei den absichtlich verwendeten Stoffen angewendet werden, und auf eine «gute Herstellungs- oder Landwirtschaftspraxis» kann in der Regel nicht abgestellt werden. Häufig sind die aktuellen Zufuhrmengen von Kontaminanten (und Inhaltsstoffen) und die Dosen, bei denen erste biologische Effekte zu erwarten sind, nicht um Grössenordnungen voneinander verschieden wie bei den absichtlich verwendeten Stoffen.

Während die zur Beurteilung nötigen wissenschaftlichen Unterlagen eines absichtlich im Lebensmittelsektor eingesetzten, meist durch Patente geschützten Stoffes von den Herstellern, Anwendern oder Inverkehrbringern beigebracht werden, müssen sie für Kontaminanten (und Inhaltsstoffe) weitgehendst durch die *öffentliche Hand* erarbeitet werden. Die toxikologischen Kenntnisse über die absichtlich im Lebensmittelsektor verwendeten Stoffe sind in der Regel viel umfassender als die über Kontaminanten und Inhaltsstoffe.

Gesetzliche Regelung

Gesetzliche Regelungen der Kontaminanten in Lebensmitteln sind bisher in der Schweiz nur vereinzelt getroffen worden (z. B. polychlorierte Biphenyle u. a. in Fleisch, Milch und Milchprodukten, Blei u. a. in Fetten und Ölen, Essig und Fruchtsäften, Quecksilber in Fischen). Für Cadmium wurden den Organen der Lebensmittelkontrolle Richtwerte bekannt gegeben.

Die Organe der Lebensmittelkontrolle befürworten derzeit mehrheitlich die Festsetzung von Gehaltsnormen für Kontaminanten, weil dadurch allfällige Massnahmen (Beanstandungen, Beschlagnahme) leichter anzutreffen wären. Viel wichtiger als die erwähnten Massnahmen wäre die nähere Abklärung der Ursachen allfälliger Normüberschreitungen und deren Beseitigung.

Obwohl aus den im vorstehenden Abschnitt erwähnten Gründen bei der Beurteilung und der gesetzlichen Regelung von Kontaminanten in Lebensmitteln nicht gleich verfahren werden kann wie bei den Stoffen, die zum Einsatz im Lebensmittel sektor vorgesehen sind, muss dafür gesorgt werden, dass eine Gesundheitsgefährdung der Bevölkerung durch Kontaminanten ausgeschlossen ist.

Vor allfälligen Massnahmen auf dem Lebensmittel sektor muss abgeklärt werden, wie die konkrete Belastungssituation der Bevölkerung zu bewerten ist. Dazu müssen die Ergebnisse entsprechender Zufuhrabschätzungen mit den toxikologisch noch duldbaren Zufuhrmengen verglichen werden.

Der Gesetzgeber ist insbesondere im Fall der aus der Umwelt stammenden Kontaminanten mit zwei unterschiedlichen Aufgaben konfrontiert. Die Gehalte der Lebensmittel an Kontaminanten einerseits, die nach dem gegenwärtigen Wissensstand keine Gesundheitsgefährdung darstellen, bedürfen keiner gesetzlichen Regelung, während die Lebensmittel aus besonders kontaminationsgefährdeten Gebieten andererseits ein Eingreifen erforderlich machen könnten.

Dieses behördliche Eingreifen kann entweder in der Festsetzung von Gehaltsnormen für Lebensmittel oder aber in der näheren Abklärung der konkreten Belastungssituation der Bewohner der kontaminationsgefährdeten Gebiete, z. B. durch Untersuchung von Blut oder Exkrementen und einer entsprechenden toxikologischen Bewertung, bestehen. Im folgenden wird gezeigt, dass vieles für das zuletzt genannte Vorgehen spricht.

Würden für Kontaminanten Gehaltsnormen für alle sogenannt «normalen» Lebensmittel festgesetzt, die knapp oberhalb der Basiskontamination, aber aus der Sicht des präventiven Gesundheitsschutzes noch unterhalb der duldbaren Mengen liegen, müssten alle anderen Lebensmittel beanstandet oder aus dem Verkehr gezogen werden, obwohl dies vom Gesundheitsschutz aus nicht zwingend wäre. Wird mit den zulässigen Gehaltsnormen so hoch wie möglich gegangen, um auch höher kontaminierte Lebensmittel nicht aus dem Verkehr ziehen zu müssen, wäre mit der Zeit tendenzmäßig ein Anwachsen des Anteils an höher kontaminierten Lebensmitteln zu befürchten: Importe und/oder das Vermischen von «guter» und «schlechter» Ware.*

Gesetzliche Normen könnten auch auf andere Art kontraproduktiv wirken: In Abbildung 2 ist schematisch die Häufigkeitsverteilung eines Kontaminanten in einem bestimmten Lebensmittel dargestellt. Diese sogenannten linkssteilen Verteilungskurven sind typisch für Kontaminanten. Es wird weiter angenommen, dass diese Verteilungskurve auf analytisch zuverlässigen Analysendaten beruht und dass anhand dieser Daten vom Gesetzgeber die eingezzeichnete Norm festgesetzt worden ist.

Es besteht die Gefahr, dass derart festgesetzte Normen, ohne Kenntnis ihrer Bedeutung, für verschiedene Zwecke missbraucht werden. Besonders gefährlich

* Bezuglich allfälliger Gesundheitsrisiken durch potentiell gesundheitsgefährdende Stoffe ist vor allem die über einen längeren Zeitraum im Mittel aufgenommene Menge von Bedeutung. Durch das Vermischen von «guter» und «schlechter» Ware bleibt aber die Belastung der Bevölkerung im Mittel gleich gross, wie wenn die betreffenden Waren ohne Vermischung in den Verkehr gebracht worden wären.

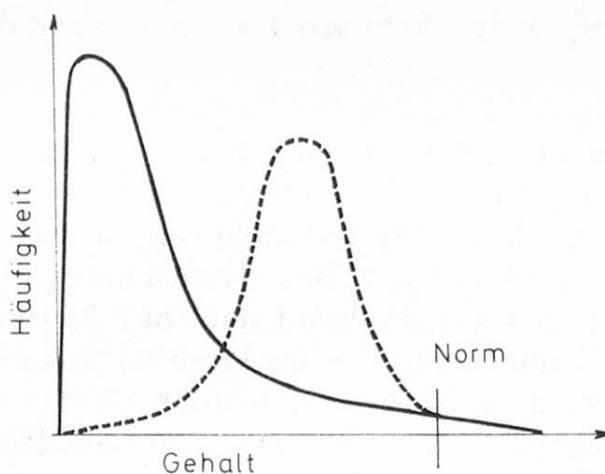


Abb. 2. Festlegung gesetzlicher Normen für Kontaminanten (z. B. Cadmium) in Lebensmitteln und deren mögliche Auswirkungen auf die künftigen Gehalte der Lebensmittel

wäre es, wenn anhand solcher (von den Gesundheitsbehörden herausgegeben) Normen z. B. der noch zulässige Cadmiumgehalt der Böden berechnet und landesweit danach verfahren würde. Wie in der Abbildung 2 gestrichelt dargestellt, müsste dieses Vorgehen mit der Zeit zu einer anderen Häufigkeitsverteilung führen, und das Resultat wäre eine höhere mittlere Belastung der Bevölkerung, dies obwohl noch immer der gleiche Prozentsatz der Proben unterhalb der gesetzlichen Norm liegen würde. In Anbetracht der Tatsache, dass gesetzliche Regelungen zur «Verkrustung» neigen, und der weitgehenden Irreversibilität des geschilderten Vorganges im Fall der Schwermetalle keine erfreulichen Aussichten.

Von seiten der Ernährung muss auch im Auge behalten werden, dass etliche Lebensmittel, die häufig z. B. erhöhte Blei- und Cadmiumkonzentrationen aufweisen (z. B. Leber, Kleie usw.), auch durchaus erwünschte, lebensnotwendige Spurenelemente (wie z. B. Selen, Zink, Kupfer usw.), aber auch Vitamine in höheren Mengen, enthalten. Die Bemühungen um eine Reduktion der potentiell gesundheitsgefährdenden Stoffe in der Nahrung dürfen nicht dazu führen, dass gleichzeitig auch die Zufuhr essentieller Nähr- und Spurenstoffe vermindert wird.

Zudem sind vermutlich verschiedene Funktionen, die eine Vielzahl von chemischen Elementen bei den biochemischen Reaktionen des Organismus ausüben, noch unbekannt. Jedenfalls wird heute darüber diskutiert, ob nicht auch Blei und Arsen zu den lebensnotwendigen Elementen gehören könnten (51). Vor 1957 war Selen vor allem als ein kanzerogener Stoff bekannt. Wären damals z. B. für Kindernährmittel entsprechend strenge gesetzliche Normen festgelegt worden, hätte sich eine ernste Unterversorgung mit diesem inzwischen als lebensnotwendig erkannten Element wohl kaum vermeiden lassen.* Glücklicherweise war

* Heute wird eine sehr geringe Selenversorgung u. a. mit einem erhöhten Tumorrisiko assoziiert (59). Durch Selengaben konnte in China die Inzidenz endemischer Kardiomyopathien um etwa einen Faktor 10 gesenkt werden (60).

damals die Spurenanalytik der chemischen Elemente und die Verunsicherung des Bürgers noch nicht so weit gediehen wie heute.

Aus all den dargelegten Gründen hat wohl bis heute kein Land der Welt eine umfassende Regelung der Schwermetallgehalte der Lebensmittel oder anderer Kontaminanten eingeführt. Statt dessen wurden für die Gehalte der Lebensmittel Richtwerte ohne Gesetzeskraft (42) und mehr oder weniger begründete Verzehrsempfehlungen herausgegeben, wie z. B. in Deutschland für Wildpilze und Innenreien (43, 44). In Schweden waren schon lange vor 1975 stark quecksilberbelastete Seen (Zellulose- und Papierindustrie), im Hinblick auf die daraus stammenden Fische, auf eine schwarze Liste gesetzt worden (45).

Zur Lösung allfälliger Probleme bei vor allem aus der Umwelt stammenden Kontaminanten in Lebensmitteln sollte auf verschiedenen Ebenen vorgegangen werden:

- Die wirksamste Massnahme ist die Verhinderung der Kontamination der Lebensmittel durch Ausschaltung der Quellen. Die Grundlage dazu bietet das Umweltschutzgesetz.
- Aufbau eines nationalen Monitoringsystems zur Erfassung der Kontaminationslage der Lebensmittel, zur Trederkennung und für Belastungsabschätzungen. Dadurch würde sichergestellt, dass die Behörden frühzeitig über irgendwelche Gesundheitsgefahren informiert sind, die auf dem Lebensmittelsektor stärkere Massnahmen erfordern würden.
- Analytisch und statistisch abgesicherte Richtwerte sollten es den Organen der Lebensmittelkontrolle erlauben, eindeutig überhöhte Gehalte der Lebensmittel zu erkennen, den Ursachen nachzugehen und in Zusammenarbeit mit den zuständigen kantonalen Stellen für Abhilfe zu sorgen.
- Regelungen hingegen wie gesetzliche Gehaltsnormen (Toleranz- und Grenzwerte) oder Verkaufsverbote für gewisse Lebensmittel sollten die letzten der allenfalls zu treffenden Massnahmen darstellen, keinesfalls die ersten.

Demgegenüber ist zu befürchten, dass unter dem Druck der Vollzugsorgane der Lebensmittelkontrolle, der Konsumenten und Politiker (46) die Zahl der Länder wächst, die gesetzliche Normen für bestimmte Kontaminanten in bestimmten Lebensmitteln festsetzen. In diesem Falle wäre die Schweiz gezwungen, ebenfalls entsprechende Normen festzulegen, um zu verhindern, dass Lebensmittel, die von anderen Ländern abgewiesen werden, in die Schweiz importiert werden können.

Schlussfolgerungen

In den Anfangszeiten der modernen Lebensmittelgesetzgebung waren im Zusammenhang mit potentiell gesundheitsgefährdenden Stoffen die gesetzlichen Regelungen in erster Linie darauf ausgerichtet, akute Gesundheitsschäden zu verhindern. Aus dieser Zeit stammen z. B. die gesetzlichen Regelungen bezüglich Blei, Zink und Arsen. Heute bemüht sich der Gesetzgeber, im Sinne der Vorsor-

ge, die Belastung der Bevölkerung mit körperfremden Stoffen, weitgehend unabhängig von deren Toxikologie, so gering wie möglich zu halten. Das Mittel dazu besteht insbesondere bei den *absichtlich* im Lebensmittel sektor eingesetzten Stoffen in der Festlegung entsprechender Gehaltsnormen für Lebensmittel. Für die Festsetzung solcher Normen haben sich das Konzept des ADI-Wertes sowie die Kriterien «gute Herstellungs- oder Landwirtschaftspraxis», d. h. das Prinzip der technisch unvermeidbaren Rückstände, bewährt. Die durch Zufuhrstudien ermittelten tatsächlichen Zufuhrmengen dieser Stoffe liegen in der Regel mehrere Grössenordnungen unterhalb der Dosen, bei denen im Tierversuch keine nachteiligen Effekte feststellbar waren.

Bei *Kontaminanten* (z. B. Schwermetallen), d. h. bei Stoffen, die nicht absichtlich im Lebensmittel sektor verwendet werden, kann in der Regel nicht gleich vorgegangen werden wie bei den absichtlich verwendeten. Insbesondere dann nicht, wenn sich diese bereits in der Umwelt (und somit in den Lebensmitteln) befinden. Sie lassen sich nicht auf einfache Art aus dieser entfernen. Die Ursachen der Kontamination der Lebensmittel sind vielfältig, und allfällige Massnahmen an der Quelle liegen häufig nicht im Bereich der Lebensmittelkontrolle. Zudem können Beurteilungskriterien wie «gute Herstellungs- oder Landwirtschaftspraxis» in der Regel nicht angewendet werden. Grösstes Gewicht kommt somit der Verhinderung der Kontamination der Lebensmittel durch Ausschaltung der entsprechenden Quellen zu (Umweltschutzgesetzgebung). Der Aufbau und Betrieb eines in die Lebensmittelkontrolle integrierten, nationalen Monitoringsystems und die Herausgabe von analytisch und statistisch abgesicherten Richtwerten sind die geeigneten Mittel, um allfällige Probleme in den Griff zu bekommen. Die gesetzlichen Grundlagen für den Einbezug der Kantone in ein Monitoringsystem müssten allerdings im Lebensmittelgesetz, das derzeit ausschliesslich Polizeicha rakter aufweist, verankert werden. Gesetzliche Regelungen der Gehalte der Lebensmittel an Kontaminanten sollten als letzte und nicht als erste Eingriffsmöglichkeit in Betracht gezogen werden. Auch ist im Auge zu behalten, dass die Festlegung gesetzlicher Normen für Kontaminanten kontraproduktiv wirken kann und dass sie dem Akzeptieren einer gegebenen Situation gleichkommt. Unsere Lebensmittel können grundsätzlich nicht reiner sein als die Umwelt, aus der sie stammen.

Auf potentiell gesundheitsgefährdende *Naturstoffe*, wie z. B. kropferzeugende Stoffe in Kohlarten (Inhaltsstoffe), und diejenigen Kontaminanten, die beeinflusst durch Umwelt und/oder Lebensmitteltechnologie, chemisch oder biologisch in den Lebensmitteln gebildet werden, wurde nicht im Detail eingegangen. Immerhin ist darauf hinzuweisen, dass die aktuellen Zufuhrmengen und die Dosen, bei denen erste biologische Effekte auftreten können, insbesondere bei Inhaltsstoffen und zum Teil auch bei Kontaminanten in der Regel bedeutend näher beieinander liegen als bei den absichtlich verwendeten Stoffen. Allfällige Probleme könnten nur durch eine enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Lebensmittelproduzenten, Lebensmitteltechnologie, Landwirtschaft und den Gesundheitsbehörden gelöst werden, nicht jedoch durch einfaches Festsetzen von gesetzlichen Normen.

Dank

Herrn Dr. *Y. Siegwart*, Vizedirektor des Bundesamtes für Gesundheitswesen und Chef der Abteilung Lebensmittelkontrolle, sei für das Thema und sein Interesse an dieser Arbeit gedankt. Herrn Dr. *R. Gerber*, Chef der Sektion Lebensmittelbuch, verdanken wir die kritische Durchsicht des Manuskriptes sowie konstruktive Diskussionen und Anregungen. Herzlichen Dank gebührt auch Frau *L. U. Lengacher* für die Reinschrift des Manuskriptes.

Herrn Prof. Dr. phil., Dr. med. *Ch. Schlatter*, Direktor des Instituts für Toxikologie der Eidg. Technischen Hochschule und der Universität Zürich, sei an dieser Stelle für die langjährige toxikologische Beratung der Behörden und für die in dieser Zeit persönlich geführten, äusserst wertvollen Fachdiskussionen sowie seine Anregungen zum vorliegenden Thema und die Durchsicht des Manuskriptes herzlich gedankt.

Zusammenfassung

Die potentiell gesundheitsgefährdenden Stoffe in Lebensmitteln werden eingeteilt in absichtlich im Lebensmittelsektor im weitesten Sinn eingesetzte Stoffe (Gewinnung, Produktion, Verpackung, Lagerung, Transport usw.), Kontaminanten (aus der Umwelt bzw. beeinflusst durch Umwelt und/oder Lebensmitteltechnologie chemisch oder biologisch in den Lebensmitteln gebildet) und Inhaltsstoffe. Das Bewertungs- und Zulassungsverfahren (Festlegung gesetzlicher Normen) für die absichtlich im Lebensmittelsektor eingesetzten Stoffe wird dargelegt (ADI-Konzept, gute Herstellungs- oder Landwirtschaftspraxis). Es wird gezeigt, dass bei Kontaminanten (und Inhaltsstoffen) in der Regel nicht gleich vorgegangen werden kann. Die Vor- und Nachteile der Festlegung gesetzlicher Gehaltsnormen für Kontaminanten (insbesondere Schwermetalle) werden diskutiert.

Résumé

Les substances présentant un danger potentiel pour la santé sont classées en trois catégories: les substances utilisées intentionnellement dans le secteur alimentaire, au sens le plus large (agriculture, production, emballage, stockage, transport, etc.), les contaminants (provenant de l'environnement, resp. formés chimiquement ou biologiquement dans les denrées alimentaires sous l'influence de l'environnement et/ou de la technologie alimentaire) et les composants naturels. Les critères pour l'appréciation et l'autorisation (élaboration de normes légales) des substances utilisées intentionnellement dans le secteur alimentaire sont exposés (concept de la DJA, bonne pratique industrielle ou agricole). Il est démontré qu'on ne peut procéder de la même manière pour les contaminants (et les composants naturels). Les avantages et les inconvénients de l'élaboration de normes légales pour la teneur en contaminants (spécialement en métaux lourds) sont discutés.

Summary

The potentially hazardous substances in food are classified into substances which are used intentionally in the food sector in the widest sense (agriculture, production, packaging, storage, transport, etc.), contaminants (which reach the food from the environment

or which are formed chemically or biologically in the food as the result of environmental influences and/or food technology processes), and naturally occurring substances. The current concepts of assessment and establishing legal standards for substances used intentionally are outlined and discussed (ADI, good manufacturing or agricultural practice). It is shown that for contaminants and naturally occurring substances this procedure would generally not be practicable. Advantages and disadvantages of establishing legal standards for the concentrations of contaminants (especially of heavy metals) in food are discussed.

Literatur

1. Deichmann W. B., Henschler, D., Holmstedt, B. and Keil, G.: What is there that is not poison? A study of the third defense by Paracelsus. Arch. Toxikol. **58**, 207–213 (1986).
2. Siegwart, Y.: Prescriptions se rapportant aux denrées alimentaires dans le domaine des résidus. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **77**, 165–172 (1986).
3. Hurter, J.: Probleme der Rückstandsanalytik – Gesetzliche Vorschriften im Bereich Landwirtschaft. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **77**, 173–181 (1986).
4. Kobert, R.: Chronische Bleivergiftungen im klassischen Altertum. In: Diergart, P. (Hrsg.), Beiträge aus der Geschichte der Chemie, S. 103–119. F. Deuticke, Leipzig Wien 1909.
5. Maier, H. G.: Bemerkungen zur Situation der Lebensmittelchemie im Deutschland der letzten hundert Jahre. Dtsch. Lebensm. Rsch. **75**, 295–299 (1979).
6. Winkler, V.: Markt, Norm und Staat. Eine rechts- und marktsoziologische Fallstudie zur Situation vor Einführung der Schweizerischen Lebensmittelgesetzgebung. Schweiz. Z. Soziol. **11** (1), 91–110 (1985).
7. Schmauderer, E.: Der Nachweis von Lebensmittelfälschungen durch Selbstprüfung im 19. Jahrhundert. Mittbl. GDCh – Fachgr. Lebensm. gerichtl. chem. **28**, 145–151 (1974).
8. Strahlmann, B.: Die Entwicklung des Lebensmittelrechtes in der Schweiz. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **60**, 343–370 (1969).
9. Strahlmann, B.: 100 Jahre amtliche Lebensmittelkontrolle im Kanton Bern. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **74**, 383–413 (1983).
10. Boudène, C.: Food contamination by metals. In: DiFerrante, E. (ed.), Trace metals. Exposure and health effects, p. 163–183. Pergamon Press, Oxford 1979.
11. Schormüller, J.: Lehrbuch der Lebensmittelchemie, zweite Auflage, S. 764, Springer-Verlag, Berlin 1974.
12. Eisenberg, A., Avni, A., Acker, C., Shahin, S., Hamdalla, M. A., Costin, C., Schwartz, T., Weissenberg, E. and Grauer, F.: Stoneground flour as source of lead poisoning. The Lancet Nr. 8383 (April 28), 972–973 (1984).
13. Strahlmann, B.: Lebensmittelzusätze in der Schweiz. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **59**, 4–59 (1968).
14. Högl, O.: Grundsätzliche Betrachtungen zum Problem der fremden Beimischungen in Lebensmitteln. Z. Präventivmed. **10**, 218–226 (1965).
15. Smith, A. E. and Secoy, D. M.: Forerunners of pesticides in classical Greece and Rome. J. Agric. Food Chem. **23**, 1050–1055 (1975).
16. Smith, A. E. and Secoy, D. M.: A compendium of inorganic substances used in european pest control before 1850. J. Agric. Food Chem. **24**, 1180–1186 (1976).
17. Waser, E.: Über den zulässigen Gehalt von Lebensmitteln an Arsen. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **20**, 147–152 (1929).

18. Fellenberg, Th. von: Über den Arsengehalt natürlicher und mit Arsenpräparaten behandelter Lebensmittel. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **20**, 338–354 (1929).
19. Handson, P. D.: Lead and arsenic levels in wine produced from vineyards where lead arsenate sprays are used for caterpillar control. J. Sci. Food Agric. **35**, 215–218 (1984).
20. Mollenhauer, H. P.: Contaminants in food. Approaches by governments and possible actions by the Codex Committee on food additives. CX/FA 83/18, January 1983.
21. Mollenhauer, H. P.: Codex Alimentarius nimmt Arbeit an Kontaminanten in Lebensmitteln auf. AID-Verbraucherdiest **29**, 157–162 (1984).
22. Preussmann, R., Eisenbrand, G. and Spiegelhalder, B.: Nitrosamines in food: occurrence and reduction of exposure. In: Stich, H. F. (ed.), Carcinogens and mutagens in the environment. Volume I: Food products, p. 165–173. CRC Press, Boca Raton, Florida (USA) 1982.
23. Anonym: Zur Problematik des toxischen Naturstoffes Urethan im Spurenbereich. Bulletin des Bundesamtes für Gesundheitswesen Nr. 7 (20. Februar), S. 40 (1986).
24. Tanner, H.: Möglichkeiten zur Reduktion des Urethangehaltes in Steinobstdessillaten. Schweiz. Z. Obst- und Weinbau **122**, 260–262 (1986).
25. Mayer, K. und Vetsch, U.: Biologischer Säureabbau in Wein: Ungünstige Selektivwirkung der schwefeligen Säure. Schweiz. Z. Obst- und Weinbau **114**, 642–647 (1978).
26. Zimmerli, B. und Knutti, R.: Untersuchung von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben. I. Allgemeine Aspekte von Zufuhrabschätzungen und Beschreibung der Studie. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **76**, 168–196 (1985).
27. Generaldirektion der PTT: persönliche Mitteilung, April 1986.
28. Frey, U. und Hänni, R.: Tätigkeitsbericht der Eidgenössischen Ernährungskommission zuhanden des EDI für das Jahr 1984. Bulletin des Bundesamtes für Gesundheitswesen Nr. 25 (27. Juni), S. 238 (1985).
29. Zimmerli, B. und Marek, B.: Die Belastung der schweizerischen Bevölkerung mit Pestiziden (Analysen von zubereiteten Mahlzeiten, Humanfetten, Humanserum, Zigaretten und Kosmetika). Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **64**, 459–479 (1973).
30. Wüthrich, C., Müller, F., Blaser, O. und Marek, B.: Die Belastung der Bevölkerung mit Pestiziden und anderen Fremdstoffen durch die Nahrung. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **76**, 260–276 (1985).
31. Disler, R. L., Glatt, V. und Meier, W.: Rückstände von chlorierten Insektiziden und polychlorierten Biphenylen in Humanmilch. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **75**, 205–213 (1984).
32. WHO: Evaluation of mercury, lead, cadmium and the food additives amaranth, diethylpyrocarbonate, and octyl gallate, p. 51–59. WHO Food Additives Series No. 4, Geneva 1972.
33. Knutti, R. und Zimmerli, B.: Untersuchung von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben. III. Blei, Cadmium, Quecksilber, Nickel und Aluminium. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **76**, 206–232 (1985).
34. Erard, M., Dick, R. und Zimmerli, B.: Studie zum Lebensmittel-Pro-Kopf-Verzehr der Schweizer Bevölkerung. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **77**, 88–130 (1986).
35. Zimmerli, B.: Zur Cadmiumbelastung der Schweizer Bevölkerung durch Zigarettenrauch. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **76**, 515–530 (1985).
36. Häsliger, St., Heiz, H. J. und Koch, H.: Blei und Cadmium in Rind- und Schweinefleisch. Schweiz. Arch. Tierheilk. **125**, 695–699 (1983) und Lebensmittelrechtliche Beurteilung von Cadmium in Fleisch (Zusammenfassung eines Vortrages vom 21. 11. 1984).

37. *Kantonales Laboratorium Basel-Stadt*: Schwermetalle in Kakaoerzeugnissen. In: Die Durchführung der Lebensmittelkontrolle in der Schweiz. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 74, 250–252 (1983).
38. *Zimmerli, B.*: Schwermetalle in kakaohaltigen Produkten. Interner Bericht vom 24. 3. 1983.
39. *Buxtorf, U. P., Hegersweiler, P. und Herrmann, A.*: Gehalte an Schwermetallen in tierischen Lebensmitteln: Nieren und Meeresfrüchte. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 74, 93–98 (1983).
40. *Dollinger, P., Häslar, S., Koch, H. und Weber, U.*: Untersuchungen auf Schwermetalle und chlorierte Kohlenwasserstoffe an Rehen der Nordschweiz. Verhandlungsbericht des 27. Internationalen Symposiums über die Erkrankungen der Zootiere, St. Vincent/Torino 1985, S. 211–217. Akademie-Verlag, Berlin 1985.
41. *Schüpbach, M. R.*: Toxische Spurenstoffe in der Nahrung. Versuch einer Standortbestimmung. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 72, 2–21 (1981).
42. *Anonym*: Richtwerte '86 für Blei, Cadmium und Quecksilber in und auf Lebensmitteln. Bundesgesundhbl. 29 (1), 22–23 (1986).
43. *Anonym*: Verzehrsempfehlung Wildpilze. Bundesgesundhbl. 28, 247 (1985).
44. *Anonym*: Schwermetalle in und auf Lebensmitteln. Empfehlungen zum Selbstschutz des Verbrauchers vor unnötiger und vermeidbarer Fremdstoffbelastung. Bundesgesundhbl. 23 (3), 35–36 (1980).
45. *Ohlin, B.*: Methylmercury levels in fish and shellfish, 1975–1981. Var Föda 34, Suppl. 2, 57–58 (English summary), 1982.
46. *Anonym*: Kontaminanten-Verordnung für Lebensmittel dringend erforderlich. Verbraucherpolitische Korrespondenz, AgV, Nr. 25 (19. Juni), S. 5–6 (1985).
47. *Diehl, J. F.*: Fabrikerzeugnisse, nein danke? – Über «Gift in der Nahrung» und über Zukunftsperspektiven der lebensmitteltechnologischen Forschung (Teil 2). Z. Lebensmitteltechnol. Verfahrenstechnik 33, 609–614 (1982).
48. *Kantonales Laboratorium Bern*: Bleigehalte vor und nach dem Waschen von Gemüse aus Privatgärten. In: Die Durchführung der Lebensmittelkontrolle in der Schweiz. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 75, 311 (1984).
49. *Anonym*: Bleivergiftungen durch aus dem Ausland mitgebrachtes Keramikgeschirr. Bulletin des Bundesamtes für Gesundheitswesen Nr. 42 (24. Oktober), S. 408 (1985).
50. *Egli, F.*: Tourismus und Bleiintoxikation. Der informierte Arzt, Gazette Médicale (Basel) 6, 51–59 (1983).
51. *Mertz, W.*: Essentiality and toxicity of heavy metals. In: Schmidt, E. H. F. and Hildebrandt, A. G. (eds.), Health evaluation of heavy metals in infant formula and junior food, p. 47–56. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1983.
52. *John, M. K. and van Laerhoven, C. J.*: Differential effects of cadmium on lettuce varieties. Environ Pollut. 10, 163–173 (1976).
53. *Hinesly, T. D., Alexander, D. E., Ziegler, E. L. and Barrett, G. L.*: Zinc and cadmium accumulation by corn inbreds grown on sludge amended soil. Agronomy J. 70, 425–428 (1978).
54. *Isermann, K., Karch, P. und Schmidt, J. A.*: Cadmium-Gehalte des Erntegutes verschiedener Sorten mehrerer Kulturpflanzen bei Anbau auf stark mit Cadmium belastetem, neutralem Lehmboden. Landw. Forsch., Kongressband 1983, Sonderheft 40, 283–294 (1984).
55. *Schlatter, Ch.*: Persönliche Mitteilung, 1985.
56. *Edwards, N. T.*: Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH's) in the terrestrial environment – a review. J. Environ. Qual. 12, 427–441 (1983).

57. Ruschenburg U. und Jahr, D.: Benz-a-pyren in Kaffee und einigen anderen Lebensmitteln. Lebensmittelchem. Gerichtl. Chem. 40, 44–45 (1986).
58. Zimmerli, B., Zimmermann, H. und Müller, F.: Perchlorethylen in Lebensmitteln. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 73, 71–81 (1982).
59. Combs, G. F. and Clark, L. C.: Can dietary selenium modify cancer risk? Nutr. Rev. 43, 325–331 (1985).
60. Guang-Lu, X., Shan-yang, H., Hong-bin, S. and Jing-kui, X.: Keshan disease and selenium deficiency. Nutr. Res. Suppl. I, 187–192 (1985).

Dr. B. Zimmerli
Bundesamt für Gesundheitswesen
Abteilung Lebensmittelkontrolle
Sektion Lebensmittelchemie und Radioaktivität
Postfach 2644
CH-3001 Bern