

Johannes Friedrich Diehl

Chemie in Lebensmitteln

Rückstände, Verunreinigungen, Inhalts- und Zusatzstoffe

 **WILEY-VCH**

This Page Intentionally Left Blank

Johannes Friedrich Diehl

Chemie in Lebensmitteln

Rückstände, Verunreinigungen, Inhalts- und Zusatzstoffe

 **WILEY-VCH**

This Page Intentionally Left Blank

Johannes Friedrich Diehl

Chemie in Lebensmitteln

Rückstände, Verunreinigungen,
Inhalts- und Zusatzstoffe

 **WILEY-VCH**

Weinheim · New York · Chichester · Brisbane · Singapore · Toronto

Prof. Dr. J. F. Diehl
Wildbader Straße 6
76228 Karlsruhe

Das vorliegende Werk wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autor und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

Nachdruck 2001

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme
Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist bei Der Deutschen Bibliothek erhältlich
ISBN 3-527-30233-6

Gedruckt auf säurefreiem und chlorarm gebleichtem Papier

© WILEY-VCH Verlag GmbH, D-69469 Weinheim (Federal Republic of Germany), 2000

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, daß diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

All rights reserved (including those of translation into other languages). No part of this book may be reproduced in any form – by photoprint, microfilm, or any other means – nor transmitted or translated into a machine language without written permission from the publishers. Registered names, trademarks, etc. used in this book, even when not specifically marked as such, are not to be considered unprotected by law.

Satz: Mitterweger & Partner, Kommunikationsgesellschaft mbH, D-68723 Plankstadt
Druck: strauss offsetdruck, D-69509 Mörlenbach
Bindung: Wilh. Osswald, D-67433 Neustadt/Wstr.
Printed in the Federal Republic of Germany

Vorwort

Wenn ein Besucher vom Mars sich anhand von Presseberichten und Rundfunk- oder Fernsehsendungen der letzten Jahre über die Ernährung der Erdbewohner informieren wollte, so müßte er den Eindruck gewinnen, daß die Menschen – und insbesondere die Deutschen – systematisch vergiftet werden. Cadmium oder Blei, DDT oder DES, Formaldehyd oder Dioxin, Nitrat oder Aflatoxin, Monochlorsäure oder Perchlorethylen stehen in den Schlagzeilen. Begriffe wie *giftig* oder *toxisch* sind schon so abgegriffen, daß man anscheinend nur noch mit *hochtoxisch* oder *Supergift* Aufmerksamkeit gewinnen kann. Würde der Außerirdische das Statistische Jahrbuch der Bundesrepublik Deutschland studieren, so würde er mit Verwunderung feststellen, daß immer mehr Menschen bei guter Gesundheit ein hohes Alter erreichen. Mit den Gift-Schlagzeilen scheint also nicht alles zu stimmen.

Wer nach zuverlässigen Informationen sucht, um sich selbst ein Bild von der gesundheitlichen Qualität des heutigen Lebensmittelangebots zu machen, steht vor einer schwierigen Aufgabe. Die einschlägige Buchliteratur bietet entweder veraltete Daten oder behandelt das Thema ebenso sensationsorientiert wie die erwähnten Medienberichte. Keines der bisher verfügbaren Bücher, ob rein wissenschaftlicher oder populärwissenschaftlicher Art, beschreibt die enormen Veränderungen, die im Verlauf der letzten zwei bis drei Jahrzehnte in den Gehalten der Lebensmittel an Schwermetallen, Pflanzenschutzmittelrückständen, Nitrosaminen und sonstigen Fremdstoffen eingetreten sind. Zuverlässige Informationen bieten die in Vierjahresabständen von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung veröffentlichten Ernährungsberichte. Dem Thema *toxikologische Aspekte der Ernährung* wird jedoch in diesen Berichten immer nur ein Kapitel gewidmet. Viele Einzelthemen können dort aus Platzmangel nur sehr knapp, andere gar nicht behandelt werden. Außerdem sind die Ernährungsberichte Momentaufnahmen des jeweiligen Vierjahreszeitraums. Nur ausnahmsweise kann eine Entwicklung über längere Zeit dargestellt werden.

Hier setzt dieses Buch ein; es beschreibt – soweit die Daten verfügbar sind – für jeden besprochenen Stoff die Einschätzung der gesundheitlichen Risiken und wie

diese sich in den letzten Jahrzehnten verändert hat. Während meiner langjährigen Tätigkeit an der Bundesforschungsanstalt für Ernährung habe ich immer wieder Briefe von besorgten Verbrauchern erhalten, in denen um Auskunft zu Problemen der Lebensmittelsicherheit gebeten wurde. Nicht selten gipfelten sie in der Frage: *Was kann man überhaupt noch essen?* Aus den Antworten auf diese Briefe und aus meinen an der Universität Karlsruhe gehaltenen Vorlesungen ist allmählich eine Einführung in die Lebensmitteltoxikologie anhand praktischer Fälle („Lebensmittelskandale“) der letzten 25 Jahre geworden. Zu allen angesprochenen Themen wird weiterführende Literatur zitiert, wobei ich auf Aktualität besonderen Wert gelegt habe. Zum überwiegenden Teil stammen die Zitate aus den Jahren seit 1990. Ein Handbuch der Lebensmittelkontaminanten sollte daraus nicht entstehen, Vollständigkeit wurde nicht angestrebt. Die Auswahl der Themen richtet sich in erster Linie nach der Bedeutung, die ihnen in den letzten Jahrzehnten in der öffentlichen Diskussion über die gesundheitliche Qualität der Lebensmittel zugemessen wurde. Fragen der mikrobiologischen Sicherheit der Lebensmittel werden nur am Rande erwähnt – nicht etwa weil sie nicht wichtig wären, sondern weil ein gründliches Eingehen auf dieses Thema den Rahmen des Vorhabens gesprengt hätte.

Das Buch richtet sich an Ernährungsberater, Ärzte, Tierärzte und Apotheker (auch sie werden von ihren Kunden häufig zu den hier referierten Themen befragt), an Studenten der Ökotrophologie, Agronomie, Lebensmittelchemie und -technologie, an Praktiker in der Ernährungsindustrie und dem Lebensmittelhandel und an alle, die sich für Ernährungsfragen interessieren und über einfache Grundkenntnisse der Chemie verfügen. Ich habe dieses Buch auch für Chemiker geschrieben, die beruflich nichts mit Lebensmitteln zu tun haben, die sich aber – eben weil sie Chemiker sind – im Familien- und Bekanntenkreis mit Fragen und Kommentaren zur *Chemie in Lebensmitteln* konfrontiert sehen und die sich über den Stand der Forschung auf diesem Gebiet informieren möchten. Wenn ein so großer Leserkreis angesprochen werden soll, muß man Kompromisse schließen. Die Chemiker unter den Lesern werden die Erläuterungen zur Chemie als elementar empfinden, Ärzten und Tierärzten wird die Erklärung medizinischer Fachausdrücke als überflüssig erscheinen, Agronomen können die einführenden Sätze zu Themen wie Pflanzenschutz und Düngung getrost überspringen. Aber ich bin zuversichtlich, daß doch jeder an anderen Stellen Lesenswertes finden wird.

Der Buchtitel mag bei Wissenschaftlern Kritik herausfordern. Chemie ist die Lehre von den Eigenschaften und Umwandlungen der Stoffe. Ein der Chemie in Lebensmitteln gewidmetes Werk müßte demnach vor allem die Eigenschaften und Umwandlungen der Hauptbestandteile der Lebensmittel berücksichtigen, also der Kohlenhydrate, Fette und Proteine. Hier wird der Terminus jedoch in dem Sinn verwendet, in dem er sich in der breiten Öffentlichkeit eingebürgert hat, nämlich als Sammelbegriff für all das, was beim Verbraucher Unbehagen auslöst, wenn er von *Chemie in der Nahrung* oder *Gift im Kochtopf* oder *chemisch verseuchten Lebensmitteln* hört. Ein eigenes Kapitel gilt jedoch auch den in Lebensmitteln vorkommenden Naturstoffen und ihren potentiell gesundheitsschädlichen oder gesundheitsfördernden Wirkungen – ein Thema an das man meist nicht denkt, wenn von Chemie in Lebensmitteln die Rede ist. Die eingestreuten Cartoons aus der Tagespresse sollen nicht nur den Text etwas auflockern, sondern

auch zeigen, wie sehr die hier angesprochenen Themen die Zeitungsleser beschäftigt haben und noch beschäftigen. Den Künstlern und den Verlagen danke ich für die freundliche Genehmigung zum Nachdruck.

Die Forschung schreitet auch auf den Gebieten Lebensmittelchemie, Ernährungswissenschaft und Toxikologie schneller voran als je zuvor; die Flut der lebensmittelrechtlichen Regelungen ist in den letzten Jahren ständig angestiegen. Ein Alleinautor kann das hier besprochene Gesamtgebiet kaum mehr in allen Einzelheiten überblicken. Ich werde jedem Leser für Hinweise auf Fehler dankbar sein; die Kritik wird mir helfen, bei einer Neuauflage Lücken zu füllen, Überholtes zu beseitigen und Fehler auszumerzen. Meinen Kollegen Professor Dr. Peter Elias, Karlsruhe, Professor Dr. Werner Grosch, München, und Dr. Fritz Ruf, Heilbronn, danke ich für anregende Diskussionen und wertvolle Hinweise.

This Page Intentionally Left Blank

Inhaltsverzeichnis

1	Ein Blick zurück in die „gute alte Zeit“	1
2	Einige Grundbegriffe	11
	Toxikologie	11
	Lebensmitteltoxikologie	15
	Methoden der Toxizitätsprüfung	16
	Das ADI-Konzept	21
	Höchstmengen	26
	Richtwerte	35
	Epidemiologische Untersuchungen	36
3	Rückstände	40
	Pflanzenschutzmittel (PSM)	40
	Pflanzenschutz in früheren Zeiten	40
	Die DDT-Epoche	42
	Maßnahmen des vorbeugenden Gesundheitsschutzes	43
	Nichtpersistente Pflanzenschutzmittel	44
	PSM-Rückstände in Lebensmitteln	56
	PSM-Rückstände in Gesamtnahrungsproben und in Blutplasma	57
	PSM-Rückstände in Humanmilch	59
	Gesundheitsrisiken	65
	Metabolite und Kombinationswirkungen	68
	Medienkampagnen gegen PSM-Verwendung	72
	Integrierter Pflanzenschutz und ökologischer Anbau	74
	Ernährungsberichte zum Thema PSM-Rückstände	77
	Tierarzneimittel und Futterzusatzstoffe	78
	Allgemeine und lebensmittelrechtliche Aspekte	78
	Rückstände pharmakologisch wirksamer Stoffe	80

Illegale Anwendung von DES und von körpereigenen Masthormonen	83
Illegale Anwendung sonstiger Anabolika	85
Bovines Somatotropin (BST)	87
Sonstige Rückstände	88
Lösungsmittel	88
Desinfektionsmittel	91
Migrationsstoffe	93
4 Verunreinigungen (Kontaminanten)	95
Elemente	95
Blei (Pb)	96
Quecksilber (Hg)	104
Cadmium (Cd)	111
Sonstige Spurenelemente	119
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	125
Polychlorierte Biphenyle (PCB)	128
Dioxine	131
Moschusduftstoffe	137
Populäre Irrtümer zum Thema Kontaminanten	139
5 Düngemittel, Nitrat, Nitrit, Nitrosamine	140
Notwendigkeit des Düngereinsatzes	140
Einfluß der Düngung auf die Zusammensetzung der Ernteprodukte	142
Nitrat in Lebensmitteln	145
Nitrataufnahme durch den Menschen	147
Nitrit in Lebensmitteln	150
Endogene Nitrosaminbildung	151
Exogene Nitrosaminbildung	152
Methämoglobinämie	153
Der ADI-Wert für Nitrat	154
Unnötige Warnungen an Verbraucher	155
6 In Lebensmitteln entstehende Reaktionsprodukte	157
Verarbeitung und gesundheitliche Qualität der Lebensmittel	157
Nährwertverluste	160
Maillardprodukte	164
Heterocyclische aromatische Amine (HAA)	167
Lysinoalanin	169
D-Aminosäuren	171
Chlorpropanole	173
Trans-Fettsäuren	175
Ethylcarbamate	179
7 Naturstoffe mit potentiell gesundheitsschädlichen oder gesundheitsfördernden Wirkungen	181
Toxische Pflanzeninhaltsstoffe	181
Glycoalkaloide	182

Pyrrolizidinalkaloide	184
Chinolizidinhaltige Alkaloide	185
Blausäurehaltige Glycoside	186
Lectine	188
Lathyrogene Substanzen	189
Enzyminhibitoren	189
Phytoestrogene	190
Goitrogene (strumigene) Substanzen	193
Sonstige potentiell toxische Pflanzeninhaltsstoffe	195
Schimmelpilzgifte (Mycotoxine)	201
Alkohol	208
Sonstige sekundäre Pflanzenstoffe	213
Toxische Stoffe in Meerestieren	220
8 Lebensmittelzusatzstoffe	223
Warum werden Zusatzstoffe verwendet?	224
Die lebensmittelrechtliche Situation	228
Gesundheitliche Bedenken	228
Warnungen der Verbraucher-Zentralen	232
Warum so viele Zusatzstoffe ?	237
Zufuhrmengen	242
Nährstoffangereicherte und funktionelle Lebensmittel	244
Neue Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr	248
9 Ernährung und Gesundheit	252
Überfluß und Hunger zugleich	252
Indikatoren der Volksgesundheit	254
Ernährung und Krebs	258
Lebensmittelallergien und Pseudoallergien	266
Vom hyperkinetischen Syndrom zum chronischen Müdigkeitssyndrom	272
Die desinformierte Gesellschaft	275
Kein Grund, die Hände in den Schoß zu legen	284
Bibliographie	287
Index	321

This Page Intentionally Left Blank

1

Ein Blick zurück in die „gute alte Zeit“

Im ständigen Kampf gegen den Hunger lernten die Menschen der Urzeit durch Erfahrung, welche Pflanzen oder Pflanzenteile eßbar waren und welche sie meiden mußten, um nicht zu erkranken oder sich den Tod zu holen. Sie erkannten auch, daß zu lang gelagerte Lebensmittel, vor allem von Tieren stammende, sterbenskrank machen können und sie lernten, ihre Überlebenschancen durch Trocknen oder Räuchern der Beute zu verbessern. Als sich die Jäger- und Sammlerkultur zur bäuerlichen Kultur weiterentwickelte, beruhte die Ernährung der Familie zunächst weiterhin auf Selbstversorgung. Allmählich erfolgte jedoch eine zunehmende Arbeitsteilung. Es entstanden die Tätigkeiten des Müllers, Bäckers, Fleischers und anderer Handwerker, und es entwickelte sich ein Handel mit Lebensmitteln. Dies gab unredlichen Händlern und Handwerkern Gelegenheit, sich einen Vorteil zu verschaffen, indem sie ihre Ware durch wertlose Zusätze streckten. Vorschriften zum Schutz des Verbrauchers vor Täuschung und vor gesundheitsschädlichen Lebensmitteln gab es daher, oft in Form religiöser Anweisungen, schon in den ältesten Kulturen. In einem Ritual gegen verdorbenes Essen und Trinken aus dem im 2. Jahrtausend v.Chr. im östlichen Kleinasien (Kappadokien) gegründeten Hethiterreich heißt es: „Du sollst das Fett Deines Nachbarn nicht vergiften. Du sollst das Fett Deines Nachbarn nicht verzaubern“. Eine im Orientalischen Museum in Istanbul aufbewahrte Keilschrift-Tontafel mit diesen Geboten kann als das älteste erhaltene Lebensmittelgesetz betrachtet werden [1].

Über die verschiedensten Praktiken von *Lebensmittelverfälschungen* berichtet das Kochbuch des APICIUS, der um die Zeitwende in Rom lebte. Der kampanische Grieß erhielt sein helles Weiß durch Zusatz von Kreide oder Ton. Bei der fabrikmäßigen Herstellung von Linsenmehl wurde Sand zugefügt. Rosenwein wurde ohne Rosen aus Zitronenblättern hergestellt, und um „verdorbenen Honig wieder brauchbar zu machen“, vermischte man zwei Teile guten mit einem Teil verdorbenen Honig [2]. Der Anfang des 2. Jahrhunderts n. Chr. in Alexandria und Rom lebende ATHENÄOS erwähnt in seiner *Deipnosophistae* Klagen über einen durch

Harzzusatz konservierten Wein, der zur Hälfte aus Kiefernharz bestanden haben soll [3].

Die Entstehung einer ersten planmäßigen Überwachung der Lebensmittelqualität und eines Lebensmittelstrafrechts hängt mit der Ausbildung des Städtewesens und des Handelsverkehrs im Mittelalter zusammen. Mitglieder bestimmter Zünfte, wie Fleischer, Bäcker, Bierbrauer, Fisch- und Weinhändler, mußten sich einer strengen Marktaufsicht unterwerfen, welche Menge, Preis und Qualität der angebotenen Waren prüfte. Wurden durch die Kornmesser, Brotwieger, Fleischmarktmeister und Weinstecher Verstöße festgestellt, blieben harte Strafen nicht aus. Prangerstehen, Ausschluß aus der Zunft, Turmhaft, Handabschlagen, Hängen oder Verbrennen wurden als Sanktionen gegen das Strecken des Mehls mit Kreide, Schwerspat oder Gips, das Mischen des Wurstinhalts mit minderwertigen Zusätzen, die Verminderung des Brotgewichts, die Bier- und Weinpanscherei und ähnliche Vergehen verhängt. Wegen des hohen Preises der Gewürze war im Gewürzhandel die Versuchung zur Fälschung besonders groß. In den Nürnberger Stadtarchiven wird berichtet, daß 1444 ein Gewürzhändler und 1456 zwei weitere samt einer mitschuldigen Frau zusammen mit den gefälschten Gewürzen verbrannt wurden. Der Nürnberger Rat ließ 1499 einem Safranfälscher beide Augen ausstechen [4]. Trotz der Härte der Strafen wurde immer wieder gegen die bestehenden Vorschriften verstoßen, so daß sich seit dem späten 15. Jahrhundert auch die Landesfürsten, der Kaiser und der Reichstag wiederholt mit diesen Mißständen befassen mußten. Die Peinliche Gerichtsordnung KARLS V. (*Carolina*) enthielt Bestimmungen zum Schutz der Lebensmittel gegen Verfälschungen; die Kontrolle war den Landesherrn und den Städten überlassen.

Die in zahllosen Gerichtsurteilen dokumentierten absichtlichen Verfälschungen ließen sich oft durch den Augenschein oder durch einfache Prüfmethode beweisen und konnten häufig, wenn zum Beispiel ein Geselle die Manipulationen des Meisters beobachtet hatte, durch Zeugenaussagen belegt werden. Es ist jedoch anzunehmen, daß die Gesundheit der Menschen schon von frühesten Zeiten an auch durch unabsichtlich in Lebensmitteln vorhandene Verunreinigungen gefährdet wurde, die jedoch mit den damals verfügbaren Methoden meist nicht erkannt werden konnten. Hierauf wird in Kapitel 4 zurückzukommen sein. Beispielhaft seien hier bereits die durch Verwendung von Bleigefäßen zur Aufbewahrung von Lebensmitteln und durch Verwendung von Wasserleitungsrohren aus Blei verursachten Bleivergiftungen im Altertum und im Mittelalter erwähnt. Ein weiteres Beispiel sind die Massenvergiftungen durch Verzehr von mutterkornhaltigem Roggen (Kap. 7).

Mit der Zunahme des Kaffee- und Zuckerverbrauchs im 18. und frühen 19. Jahrhundert begann eine neue Periode in der Geschichte der Lebensmittelverfälschungen [5]. Um der einheimischen Wirtschaft Devisen zu ersparen, wurden mit behördlicher Duldung oder gar Förderung die teuren Kolonialprodukte mit einheimischen Ersatzstoffen vermischt oder vollständig durch solche ersetzt. Damit wurden dem Betrug Tür und Tor geöffnet, was seit der Mitte des 18. Jahrhunderts zu einer regen öffentlichen Diskussion führte. Nachdem der in England lebende Detmolder Apotheker FRIEDRICH MARCUS unter dem Pseudonym FREDRICK ACCUM 1820 in London ein aufsehenerregendes Buch über die Verfälschung der Lebensmittel und über Gift in der Nahrung veröffentlicht hatte [6, 7], folgten auch

in anderen Ländern zahlreiche Veröffentlichungen mit Anleitungen zur Analyse von Lebensmitteln und Schilderungen der damals üblichen Verfälschungen.

Die Industrialisierung und Urbanisierung brachte ab der Mitte des 19. Jahrhunderts eine gewaltige Expansion der Lebensmittelmärkte. Zunehmend traten städtische Haushalte, die ihren Lebensmittelbedarf durch Kauf decken mußten, an die Stelle kleiner, sich selbst versorgender ländlicher Familienwirtschaften. Die Stadtbewohner wurden von der damals entstehenden Lebensmittelindustrie (Dampfmahlmühlen, Brotfabriken, Großbrauereien, Molkereien) versorgt, der nun nach dem Bau der Eisenbahnen leistungsfähige Transportwege zur Verfügung standen. Die Möglichkeiten einer unredlichen Lebensmittelmanipulation verstärkten sich, zumal gleichzeitig die Kontrollfunktion der Zünfte zurückgedrängt oder aufgehoben wurde. Besonders krass war das Problem der Milchpanscherei, die damals wohl nicht die Ausnahme, sondern die Regel war (DÖBEREINER, zitiert bei [8]). Milch wurde mit Wasser oder Magermilch verdünnt und zur Wiederherstellung der Konsistenz mit Mehl, Stärke, Hammelfett, Hirn oder Gummilösung versetzt; zur Verzögerung des Sauerwerdens dienten Soda, Natriumbikarbonat, Borsäure und Wasserstoffperoxid [5]. Die schlechte Qualität der Milch war einer der Gründe für die damals sehr hohe Kindersterblichkeit, wobei wahrscheinlich die bakterielle Kontamination eine noch verhängnisvollere Rolle gespielt hat, als die Zusätze. Diese Praktiken wurden in der Fachliteratur jener Zeit heftig angeprangert, aber die Verabschiedung reichseinheitlicher Gesetze und die Etablierung eines wirksamen staatlichen Kontrollsystems kamen nur schrittweise voran. Daß sich auch die für breite Leserschichten bestimmte Presse dieses Themas annahm, zeigt die Karikatur eines Weinfälschers aus den *Fliegenden Blättern* von 1874 (Abbildung 1.1).

Als JOSEF KÖNIG 1883 sein Standardwerk über die menschlichen Nahrungs- und Genußmittel veröffentlichte [9], hatte sich schon manches gebessert. Trotzdem war,



Abbildung 1.1: „Ein moderner Weinberg“ (*Fliegende Blätter*, Jahrgang 1874).

wie man *Meyers Konversationslexikon* von 1897 unter dem Stichwort „Nahrungsmittel“ entnehmen kann, auch damals die Situation noch keineswegs befriedigend:

„Die Nahrungsmittel unterliegen häufigen und argen Verfälschungen. Mehl wird mit Gips (bis 30 %), Schwerspat (bis 20 %) und anderen farblosen, oft gesundheitsschädlichen Pulvern vermischt, verdorbenes Mehl „verbessert“ man durch Alaun und Kupfervitriol, Nudeln färbt man mit Pikrinsäure statt mit Eigelb, und in der Konditorei werden Gips, Schwerspat, Kreide und schädliche Farbstoffe angewendet. Zucker wird mit Mehl, Dextrin, indischer Sirup mit Runkelrüben- und Kartoffelsirup verfälscht. Beim Fleisch kommen Unterschleibungen des Fleisches kranker oder gar gefallener Tiere, von Pferdefleisch für Rindfleisch vor, und Wurst wird sehr oft mit Stärkemehl oder Mehl verfälscht, Honig mit Stärkesirup, Butter mit Kunstbutter versetzt. Die Fälschungen von Wein (Unterschleibungen geringerer Sorten und Gemische, Färbungen, Zusatz von Spiritus etc.) sind allgemein bekannt, es wird sehr viel mehr Madeira, Médoc etc. getrunken, als die betreffenden Weingegenden produzieren, und reiner Rum, Kognak oder Arrak ist eine Seltenheit im Handel. Kaffeebohnen und Teeblätter werden gefärbt, letztere auch durch Pulver beschwert oder mit bereits benutzten und wieder getrockneten Teeblättern gemischt, gemahlener Kaffee wird mit Kaffeesatz, Sand, Zichorie, gebranntem Getreide gemischt, Kakao und Schokolade enthalten oft bedeutende Mengen von Stärke, Mehl, Talg, Ocker, Kalk etc. Für die Verfälschung gemahlener Gewürze werden geeignete Fälschungsmittel in besonderen Fabriken dargestellt“.

Die Gründung des Kaiserlichen Gesundheitsamtes in Berlin (1876), der Erlass des reichseinheitlichen *Nahrungsmittelgesetzes* vom 14. Mai 1879, die Einrichtung zahlreicher Lebensmitteluntersuchungsämter, die Schaffung von Lehrstühlen für Lebensmittelchemie, der Erlass einer Prüfungsordnung für Nahrungsmittelchemiker (1894) sind Meilensteine dieser Zeit – auch wenn die getroffenen Maßnahmen erst allmählich greifen konnten. Fachleute, die in der Lage waren, eine wirksame Kontrollfunktion auszuüben, mußten erst herangebildet werden. Das erste Chemische Untersuchungsamt wurde 1876 in Nürnberg gegründet, gefolgt von Hannover 1877 und Hamburg 1878. Ende des Jahrhunderts gab es im Deutschen Reich über 100 solche Ämter. Als erstes ausschließlich der Lebensmittelchemie gewidmetes Fachblatt erschien seit 1886 die *Vierteljahresschrift über die Fortschritte auf dem Gebiete der Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, der Gebrauchsgegenstände sowie der hierhergehörenden Industriezweige*, später in *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung* umbenannt. Eine Blütezeit von Forschung und Lehre auf dem Gebiet der Lebensmittelchemie setzte ein, charakterisiert durch Namen wie A. BEYTHIEN, A. BÖMER, A. JUCKENACK und J. KÖNIG. Unter ihrem Einfluß und ihrer Mitwirkung hatten sich die Verhältnisse auf dem Lebensmittelmarkt zu Beginn des 20. Jahrhunderts grundlegend gebessert. Genauso wichtig wie die Fortschritte in der Lebensmittelchemie waren diejenigen in der Lebensmittelmikrobiologie – aber das soll nicht Gegenstand dieses Buches sein.

Ähnlich wie in Deutschland verlief die Entwicklung in anderen Industriestaaten. In England hatte Accum Buch, allgemein bekannt als *Death in the Pot* (Der Tod im Kochtopf), die Öffentlichkeit wachgerüttelt. In der Folge gründete THOMAS WAKLEY, Herausgeber der medizinischen Zeitschrift *The Lancet*, das *Lancet Analytical Sanitary Committee*. Vorsitzender des Komitees war ARTHUR HILL HASSALL, der als einer der ersten die Verfälschungen der Lebensmittel mit streng wissenschaftlichen Methoden untersuchte. Seine Berichte, in *The Lancet* veröf-

fentlicht, führten zur Gründung eines Parlamentsausschusses zur Untersuchung von Lebensmittelverfälschungen und 1860 zur Verabschiedung des *Food and Drink Act*, des ersten modernen Lebensmittelgesetzes der Welt. Neuseeland folgte 1868 mit einem ähnlichen Gesetz, Kanada 1874 mit einem *Food and Drug Law*. Bis diese Gesetze zu einem wirksamen System der staatlichen Lebensmittelkontrolle führten, dauerte aber auch in diesen Ländern noch lange. Um hierfür nur ein Beispiel zu nennen: In England verursachte arsenhaltiges Bier im Jahre 1900 eine Massenvergiftung, von der etwa 6000 Personen betroffen waren, von denen mindestens 70 starben. Ursache war die Verwendung arsenhaltiger Schwefelsäure zur Stärkehydrolyse und die Nutzung der so gewonnenen Glucose bei der Bierherstellung. Die Schwefelsäure war aus arsenhaltigem Pyrit hergestellt worden.

In den Vereinigten Staaten hatten einige Bundesstaaten, wie Massachusetts mit dem *Act Against Selling Unwholesome Provisions* von 1785, bereits im 18. Jahrhundert versucht, das Problem der Lebensmittelverfälschungen in den Griff zu bekommen. Es zeigte sich jedoch, daß ein bundeseinheitliches Gesetz und eine Kontrolle durch eine Bundesbehörde erforderlich waren, um wirksam Abhilfe zu schaffen. HARVEY WILEY wurde 1883 zum *chief chemist* im Landwirtschaftsministerium USDA (*United States Department of Agriculture*) ernannt. Er ließ eine Reihe von Untersuchungen durchführen und veröffentlichte zwischen 1887 und 1893 mehrere Berichte, die zeigten, daß Verfälschungen bei fast allen Arten von Lebensmitteln üblich waren. Zum Teil handelte es sich um gesundheitlich harmlose Verbrauchertäuschung, zum Teil aber auch um giftige Zusätze. Die Verabschiedung des *Pure Food and Drug Act* von 1906 war ein Triumph für WILEY, der sich gegen viele Widerstände durchsetzen mußte. Wirksame Unterstützung hatte er noch kurz vor der Beratung des Gesetzentwurfs im Kongreß durch die Veröffentlichung von UPTON SINCLAIRS berühmtem Roman *The Jungle* erhalten, der haarsträubende Zustände in Chicagos Schlachthöfen und fleischverarbeitenden Fabriken schilderte.

Das neue Gesetz führte zu deutlichen Verbesserungen, es beschränkte jedoch die Eingriffsmöglichkeiten der Bundesbehörden stark und ließ zu viele Schlupflöcher für die Skrupellosen. Es wurde daher 1938 durch den *Food, Drug, and Cosmetic Act* ersetzt, der einer 1931 geschaffenen Bundesbehörde, der *Food and Drug Administration (FDA)*, wesentlich erweiterte Kompetenzen verlieh. Die FDA wurde zu einer weltweit anerkannten Institution und hatte in den Jahrzehnten nach dem Zweiten Weltkrieg nicht nur in den Vereinigten Staaten erheblichen Einfluß auf die Bemühungen zur Reinhaltung der Lebensmittel.

In den 1930er Jahren stellten die japanischen Forscher YOSHIDA und KINOSHITA unabhängig voneinander in Rattenfütterungsversuchen fest, daß das Buttergelb (Dimethylaminoazobenzol) bei Verabreichung über einen längeren Zeitraum zu Leberkrebs führte. Dieser Azofarbstoff soll damals in einigen Ländern zum Gelbfärben von Margarine verwendet worden sein. Ob er jemals in Deutschland für diesen Zweck eingesetzt wurde, ist unklar. Jedenfalls wurde die Verwendung von Buttergelb in Lebensmitteln 1938 in Deutschland und 1940 in USA verboten.

Um diese Zeit beobachtete man in England epilepsieartige Zustände bei Hunden, die über längere Zeiträume mit Hundekuchen gefüttert worden waren. EDWARD MELLANBY gelang der Nachweis, daß dies an der Verwendung von mit

Stickstofftrichlorid gebleichtem Mehl lag. Das Stickstofftrichlorid reagierte mit der im Mehlprotein vorhandenen Aminosäure Methionin unter Bildung von Methioninsulfoximin, das die neurotoxischen Wirkungen verursachte. Die Mehlbleichung mit Stickstofftrichlorid, in USA, Großbritannien und manchen anderen Ländern jahrelang praktiziert, wurde daraufhin überall untersagt. In Deutschland, wo die Verbraucher nie das schneeweiße Brot verlangt haben, das in USA üblich ist, hat die Mehlbleichung immer eine geringere Rolle gespielt. Die Verwendung von Stickstofftrichlorid und ähnlichen Mitteln wurde in der Bundesrepublik durch die *Mehlbleich-Verordnung* von 1956 generell verboten.

Zur Zeit des Zweiten Weltkriegs und in den ersten Jahren danach galt das Interesse der Bevölkerung so stark der Beschaffung von Lebensmitteln, daß Sorgen über Zusatzstoffe und Verunreinigungen kaum aufkommen konnten. Das änderte sich in den 1950er Jahren, als das Interesse der Verbraucher sich von der Quantität mehr der Qualität zuwandte. Krankheiten, die man in den Jahren der Unterernährung kaum gekannt hatte, nahmen damals deutlich zu: Altersdiabetes, Gicht, Gallenleiden, Bluthochdruck, Herzinfarkte. Immer dringlicher wurde in der Öffentlichkeit die Frage diskutiert ob nicht die zunehmende Verwendung von Zusatzstoffen für diese Zunahme der *Zivilisationskrankheiten* verantwortlich sei. Befunde wie die Kanzerogenität des Buttergelbs und die Neurotoxizität gebleichten Mehls wurden dabei häufig zitiert, oft mit dem warnenden Zusatz, das sei ja nur die Spitze des Eisbergs.

Verfolgt man die auch heute weit verbreitete Ansicht von Gift in der Nahrung als Ursache chronischer Krankheiten bis zu dieser Zeit zurück, so stößt man immer wieder auf den Namen des Heidelberger Professors für Pharmakologie FRITZ EICHHOLTZ, der 1956 das Buch *Die toxische Gesamtsituation auf dem Gebiet der menschlichen Ernährung – Umriss einer unbekanntenen Wissenschaft* [10] veröffentlichte. Er brachte darin seine Besorgnis über „die enorme Zunahme der Zusatzstoffverwendung“ zum Ausdruck, sprach (ohne dafür Daten zu nennen) von einer rapiden Zunahme allergischer Überempfindlichkeiten gegen chemische Stoffe in allen modernen Zivilisationen, beschwor (ebenfalls ohne Belege) eine rasche Zunahme der Krebserkrankungen, sprach die Erwartung aus, daß durch Entlarvung kanzerogener Stoffe und durch deren Ausschaltung aus der Nahrung künftig die Zahl der Krebserkrankungen zurückgehen werde, wettete gegen die „Herrschaft der Chemokraten“, forderte öffentliche Schauprozesse gegen schädliche Stoffe in der Nahrung, um deren „unterirdische Wühlarbeit“ besser bekannt zu machen, rief dazu auf, sich dem „Furor der Technik und den Sirenenklängen der Bagatellisierung“ zu widersetzen, das „Ableiten ins Chaos“ zu verhindern. Ein bei EICHHOLTZ immer wiederkehrendes Thema ist die Summation, die „Kumulation der Giftwirkungen“. Der einzelne Stoff möge in geringer Dosierung unschädlich sein – aber die Vielzahl auf den menschlichen Körper einwirkender synthetischer Substanzen könne zu noch unerforschten Kombinationswirkungen führen. Daher seine zentrale Forderung, bei der lebensmittelrechtlichen Regelung der Zusatzstoffanwendung die *toxische Gesamtsituation* zu berücksichtigen. Diese Warnungen, von einem Experten der Pharmakologie und Toxikologie kommend, fanden ein enormes Echo in der Öffentlichkeit.

Die Thesen von EICHHOLTZ wurden von vielen anderen aufgegriffen. Vor allem die Frauenverbände nahmen sich des Themas *Chemie in Lebensmitteln* an und

verlangten ein neues, schärferes Lebensmittelrecht. In Deutschland war durch das Nahrungsmittelgesetz von 1879 der Zusatz gesundheitsschädlicher Stoffe zur Nahrung grundsätzlich verboten worden. Was als gesundheitsschädlich galt, wurde in Listen (*Negativlisten*) erfaßt. Alles war erlaubt, was nicht ausdrücklich verboten war. An diesem Prinzip war auch bei den Novellierungen des Lebensmittelgesetzes von 1927 und 1936 festgehalten worden. Wurde in der Lebensmittelindustrie ein neuer Zusatzstoff eingeführt, der gesundheitliche Bedenken auslöste, so konnte es Jahre dauern, bis die zuständige Behörde mit ausreichender Sicherheit festgestellt hatte, daß der betreffende Stoff gesundheitsschädlich und daher in die Negativliste aufzunehmen sei. Angesichts des rapiden Wachstums der chemischen Industrie und ihrer Fähigkeit, immer neue Chemikalien zu produzieren, die Lebensmitteln zugefügt werden konnten, mußte unbedingt eine andere rechtliche Regelung der Zusatzstoffverwendung gefunden werden.

Nach eingehenden Beratungen in den zuständigen Bundesministerien und Bundestagsausschüssen wurde schließlich im Dezember 1958 ein neues *Lebensmittelgesetz (LMG)* verabschiedet, das die Bedingungen für die Verwendung von Zusatzstoffen sehr verschärfte. Die Listen verbotener Stoffe wurden durch die Nennung erlaubter Stoffe in *Positivlisten* ersetzt, vom Mißbrauchsprinzip ging man zum Verbotsprinzip über. Die Verwendung von Zusatzstoffen ist seither grundsätzlich verboten; nur ausdrücklich in den Listen genannte Stoffe dürfen verwendet werden, meist nicht allgemein, sondern nur für bestimmte Zwecke, in bestimmten Lebensmitteln, unter Beachtung vorgeschriebener Höchstmengen. Für bestimmte Zusatzstoffgruppen, wie die Konservierungsstoffe, wurde eine vollständige *Deklarationspflicht* eingeführt – bis hin zu den Speisekarten der Restaurants. Auf der Grundlage des Gesetzes von 1958 erschien 1959 eine Reihe von Verordnungen (VO), in denen die Einzelheiten festgeschrieben wurden: die *Allgemeine Fremdstoff-VO*, die *Konservierungsstoff-VO*, die *Farbstoff-VO* und einige weitere.

Neue Entwicklungen und neue Erkenntnisse machten Novellierungen des Gesetzes und Neufassungen der Verordnungen erforderlich. Seit der Novelle vom August 1974 heißt das Gesetz mit seinem vollen Namen *Gesetz über den Verkehr mit Lebensmitteln, Tabakerzeugnissen, kosmetischen Mitteln und sonstigen Bedarfsgegenständen (LMBG)*. In seinen Grundzügen entspricht es weiterhin dem LMG von 1958. Seither erfolgte Änderungen dienten der schrittweisen Anpassung des deutschen Lebensmittelrechts an die Richtlinien der Europäischen Union.

Während in den 50er Jahren die Sorge um die Verwendung von Zusatzstoffen die Diskussionen über die Gesetzgebung auf dem Lebensmittelsektor beherrschte, trat in den Jahrzehnten danach die Problematik der Umweltverschmutzung und der dadurch verursachten *Kontamination der Lebensmittel* in den Vordergrund. Eingeleitet wurde diese Phase durch das Erscheinen des Buches *Silent Spring* von RACHEL CARSON in den Vereinigten Staaten, das bald auch in der Bundesrepublik unter dem Titel *Der stumme Frühling* zum Bestseller wurde [11]. CARSONS Kritik richtete sich vor allem gegen die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln (Pestiziden) in Land- und Forstwirtschaft, aber auch gegen die Lebensmittelindustrie, die ihre Erzeugnisse mit Konservierungsmitteln und anderen Zusatzstoffen verunreinigte. Die Rückstände der Pflanzenschutzmittel und die

Zusatzstoffe könnten im menschlichen Körper in unbekannter Weise miteinander reagieren und ihre schädlichen Wirkungen gegenseitig verstärken, warnte sie. Es sei daher grundsätzlich nicht gerechtfertigt, von unschädlichen Mengen toxischer Stoffe zu sprechen. Natürliche krebserregende Stoffe seien äußerst selten; der Mensch sei der Schöpfer seiner eigenen kanzerogenen Welt, denn er sei das einzige Lebewesen, das krebserregende Stoffe herstellen könne. Gegen Ende des Buches steigerte CARSON ihre Warnungen zu der apokalyptischen Vision, die Menschheit könne sich binnen zwanzig Jahren selbst auslöschen – wobei sie nicht von Atombomben sprach, sondern von Pestiziden. Die mögliche Rettung sah sie in einem radikalen Verbot aller Kanzerogene, die die Nahrung, das Wasser und die Luft verseuchten. Ihr Buch ist eine leidenschaftliche Anklage gegen die lebenszerstörenden Übel der modernen industriellen Technik [12]. Der Einfluß CARSONS auf die geistigen Strömungen ihrer Zeit, auf Gesetzgebung und Forschung in der ganzen Welt und auf die landwirtschaftliche und industrielle Produktion kann gar nicht hoch genug eingeschätzt werden.

Die Schriften von EICHHOLTZ und CARSON und vieler anderer Autoren, die sich ihnen anschlossen, sollten die Menschheit warnen, was geschehen könnte, wenn der Kontamination der Lebensmittel durch Fremdstoffe nicht Einhalt geboten würde. In den folgenden Jahrzehnten wurden diese Schreckensvisionen jedoch mehr und mehr als Beschreibungen der Ist-Situation verstanden. Das Buch *Chemie in Lebensmitteln*, herausgegeben von der Katalyse-Umweltgruppe in Köln, verlegt vom Volksblatt-Verlag, erschien im Mai 1981 in einer Auflage von 3000. Fast auf jeder Seite wurde vor irgendwelchen Schadstoffen in Lebensmitteln gewarnt. Bereits im September 1981 erschien eine zweite Auflage von 10000, nachdem der Bundesverband Bürgerinitiativen Umweltschutz (BBU) das Buch propagiert hatte. Inzwischen vom Versand Zweitausendeins herausgegeben, kam 1999 die 52. Auflage unter dem Titel *Neue Chemie in Lebensmitteln* auf den Markt; die Gesamtauflage erreichte damit fast 400000 Exemplare. Unter dem provozierenden Titel *iß und stirb* veröffentlichte 1982 ein renommierter deutscher Verlag eine weitere Litanei der Gifte in unserer Nahrung, verfaßt von den Lebensmittelchemikern KAPFELSBERGER und POLLMER. Das Erfolgsbuch erschien 1997 in siebter Auflage [13]. In diesen und vielen ähnlichen Werken wird nicht nur über die Anwesenheit von Fremdstoffen in Lebensmitteln berichtet, sondern auch über deren behauptete oder vermutete gesundheitsschädliche Wirkungen. EGMONT KOCH, bekannt als Mitautor des Bestsellers *Seveso ist überall*, schilderte in dem 1981 erschienenen Buch *Krebswelt* die Bundesrepublik als das Krebsnest Europas [14]. Hinsichtlich der Krebssterblichkeit bei den Frauen liege die Bundesrepublik weltweit mit Abstand an der Spitze, bei Männern nach Frankreich an zweiter Stelle. Als eine der Ursachen vermutete KOCH die Verwendung von Kunstdünger in der Landwirtschaft.

Die Massenmedien nahmen sich des Themas *Chemie in Lebensmitteln* mit zunehmender Dramatisierung an. Schon 1955 hatte die Illustrierte *STERN* unter der Überschrift „Sind unsere Lebensmittel vergiftet? Schreckenskammer der Ernährung“ vor der „ungeheuren Bedrohung durch eine tägliche Überdosis an unerforschten Chemikalien“ gewarnt. Aber auch nachdem 1958 das neue LMG die Verwendung von Zusatzstoffen stark eingeschränkt und die Grundlagen für eine sehr verbesserte Lebensmittelkontrolle geschaffen hatte, überboten sich die

Print- und Funkmedien gegenseitig mit Schilderungen der Gesundheitsschädlichkeit des Lebensmittelangebots. Im Märzheft 1982 der Zeitschrift *DM* las man unter der Überschrift „Immer mehr Gift im Essen: Bisher wurde nur die Spitze eines Eisbergs entdeckt, dessen wirkliche Ausmaße niemand abschätzen kann. Aber schon ist klar: Mit jeder Mahlzeit vergiftet sich der Bundesbürger ein kleines bißchen mehr“. In dem im Novemberheft 1990 der Zeitschrift *ELTERN* erschienenen Artikel „Spinat ist nichts für Kinder“ war von einer „Horrorliste von geballten Umweltgiften“ in Lebensmitteln die Rede. Man könne aber den „Beschluß mit Umweltgiften“ um 50 % reduzieren, wenn man die im Artikel gegebenen Hinweise beherzige. Zu diesen Hinweisen gehörte die Empfehlung, im Winter auf Salat zu verzichten, denn „im Winter hat man den Gift-Salat“. Gemüse solle man aus dem Bio-Anbau nehmen; der höhere Preis zahle sich aus, weil die „Giftbelastung“ geringer sei. Im gleichen Tenor berichteten und berichten unzählige Rundfunk- und Fernsehsendungen.

Nicht nur Journalisten haben die gesundheitliche Qualität der Lebensmittel als katastrophal beschrieben. Politiker und staatliche Stellen verstärkten nicht selten das furchterregende Bild. Im Januar 1981 stellte der damalige Bundesinnenminister BAUM einen Bericht des Umweltbundesamtes vor, in dem es hieß, in der Bundesrepublik sei bereits mit 10 000 bis 100 000 Fällen von cadmiumbedingten Nierenfunktionsstörungen zu rechnen. Monatelang wurde die Berichterstattung der Medien beherrscht durch Schlagzeilen wie „Cadmium geht uns an die NierenZehntausende bereits erkrankt..... Die Cadmiumverseuchung der Nahrung nimmt zu“. In den Jahren danach löste eine Schreckensmeldung die andere ab. Krebserreger aller Art wurden in Lebensmitteln gefunden. Nitrosamine, Formaldehyd, Perchlorethylen, Dioxine, Pestizidrückstände, Polychlorierte Biphenyle (PCBs), Benzopyren und eine lange Liste weiterer Chemikalien machten Schlagzeilen. Man sprach vom „Kanzerogen des Monats“ [15]. In neuerer Zeit traten die Schreckensmeldungen über Krebserreger in der Nahrung etwas in den Hintergrund und wurden durch solche über Allergien als Volkskrankheit und die „Spermienkrise“ (zunehmende männliche Unfruchtbarkeit durch hormonwirksame Stoffe in Lebensmitteln) abgelöst. Nach einer Agenturmeldung vom 11. Januar 1997 verkündete der umweltpolitische Sprecher der SPD-Fraktion im Bundestag MICHAEL MÜLLER, in Deutschland litten 30 Millionen Menschen an meist umweltbedingten Allergieerkrankungen. Den Vorsitzenden des von der Bundesregierung berufenen Sachverständigenrates für Umweltfragen, ECKARD REHBINDER zitierend, berichtete die *FRANKFURTER ALLGEMEINE* vom 1. September 1999, an erster Stelle der Titelseite, jeder dritte Deutsche leide an einer Allergie (Abbildung 1.2); das Lebensmittelrecht trage dem Schutzbedürfnis des Allergikers nicht ausreichend Rechnung; der Sachverständigenrat fordere eine „allergiebezogene Kennzeichnung“ von Lebensmitteln.

Zu den üblichen Negativberichten über die gesundheitliche Qualität des heutigen Lebensmittelangebots gab es vereinzelt Gegenstimmen, die aber außerhalb des akademischen Bereichs weitgehend ignoriert wurden. Der Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde verbreitete 1983 die Erklärung einer Gruppe von Ernährungswissenschaftlern, Hygienikern, Lebensmittelchemikern und Toxikologen, deren Feststellungen in dem Satz zusammengefaßt wurden: „Unsere Lebensmittel sind heute gesundheitlich sicherer als früher“ [16]. In dem 1984 von

Frankfurter Allgemeine

ZEITUNG FÜR DEUTSCHLAND

35 D

Herausgegeben von Jürgen Jeske, Berthold Kohler, Hugo Müller-Vogg, Günther Nonnenmacher, Frank Schirrmacher

Sonntag, 1. September 1999
11. Jahrgang
Nr. 238
11.99

Allergien – die neue große Plage Jeder dritte Deutsche leidet

Kennzeichnung von Produkten gefordert / Zahl im Osten seit 1990 stark gestiegen / Ein Gutachten

max. BERLIN, 31. August. Angesichts der großen und wachsenden Zahl von Allergikern sieht der Sachverständigenrat für Umweltfragen dringenden Handlungsbedarf. Zum Schutz vorbelasteter Personen müsse Vorsorge getroffen werden, forderte der Vorsitzende des Rates, Rehbinder, am Dienstag in Berlin. Mittlerweile seien 24 bis 32 Millionen Einwohner Deutschlands betroffen. Damit sei jeder dritte Deutsche Allergiker. Das Emissionsauschussrecht, das Arbeitsschutzrecht und das Lebensmittelrecht trügen den Schutzbedürfnissen von Allergikern nicht ausreichend Rechnung. Es sei möglich und zumutbar, sagte Rehbinder, allergebezogene Kennzeichnungen bei Lebensmitteln und anderen Produkten anzubringen, da die entscheidenden Stoffe oft bekannt seien. Doch müsse beispielsweise Asthma, Allergien, Schuppen oder Neurodermitis und das Ausmaß, in dem Menschen Emissionen oder Chemikalien in Nahrungsmitteln und Kleidung zugegesetzt sind, miteinander zusammenhängen.

Einen Schwerpunkt staatlichen Handelns sieht der Umweltrat auch beim Wohnungsbau und der Inneneinrichtung. Zur Ausbreitung der Allergien trägt nach seiner Erkenntnis auch der Lebensstil bei. Das bestätigte die Entwicklung in den neuen Ländern, wo die Zahl der Allergiker nach der deutschen Einheit stark gestiegen ist. Ein Mitglied der Kommission verwies auf eine überzogene Körperhygiene (Duschen) und extreme Isolierungen der Wohnungen, was die Entwicklung von Schimmelpilzen begünstige, die vielfach der Wegbereiter von Allergien seien.

Der Sachverständigenrat übergab am Dienstag der Bundesregierung sein Sondergutachten „Umwelt und Gesundheit“. Nach seiner Einschätzung werden geringe Risiken zuweilen überschätzt, wichtige Risiken vernachlässigt. Wie der Politikwissenschaftler Jánice erkläre, führt die Sichtbarkeit eines Problems wie beim Smog dazu, dass es eher in Angriff genommen werde. Andere, eher unsichtbare Probleme wie die zunehmende Belastung des Grund-

wassers, der Flächenverfracht, die drohende Klimaveränderung oder der Verlust der Artenvielfalt hätten Schwierigkeiten, auf die Agenda zu kommen. Der Umweltrat hält die Zusammenhänge zwischen Umweltbelastungen und Allergien sowie Gesundheitsbeeinträchtigungen durch Lärm und durch ultraviolette Strahlung für unterschätzt. Etwa 70 Prozent der Bevölkerung fühlten sich durch den Straßenverkehrslärm belästigt, jeder Zweite durch Fluglärm. Dies führe zu Stressreaktionen und langfristig zu einem erhöhten Herzinfarktrisiko. Der Sachverständigenrat sprach sich deshalb dafür aus, die Lärmpegelgrenzen zu senken. Dagegen würden die Gesundheitsbeeinträchtigungen durch hormonähnlich wirkende Stoffe und das Krankheitsbild der sogenannten multiplen Chemikalien-Überempfindlichkeit oft überschätzt. Der Sachverständigenrat ist ein Beratungsgremium der Bundesregierung, dessen Mitglieder durch den Umweltminister – nach Zustimmung des Kabinetts – für vier Jahre berufen werden.

Zu fauber?

R.W. Die Menschen in den Industrieländern werden immer älter, nicht unbedingt gesünder. Ein Krankheits haben Konjunktur. Zehn zählen die Allergien. Der Druck, in den Wartezimmern der teuren immer mehr Patienten mürbeten Augen, triefender Nase asthmatischem Husten anzuhören wird durch die Statistik bestätigt. Allergien kommen häufiger vor als fr. Der Sachverständigenrat für Umfragen hat jetzt mit erhobenem F. an diese Tatsache erinnert. Alle dürfen nicht bagatelisiert werden können sogar das Leben kosten.

Wenn eine Krankheit zunimmt, das gern auf die Umweltverschmutzung zurückgeführt. Leider ist die Zusammenhänge, so sympathisch erchen Menschen wäre, keineswegs. Man muss den Begriff „Umweltverschmutzung“ sehr weit fassen, will man zur Erklärung für die Zunahme der Allergien heranziehen. Das zeigen die Erfahrungen nach der Wende. Ak-

Abbildung 1.2: Teil der Titelseite der FAZ vom 1. September 1999: Jeder dritte Deutsche leidet an einer Allergie. (Mit freundlicher Genehmigung der FRANKFURTER ALLGEMEINEN ZEITUNG)

der Eidgenössischen Ernährungskommission herausgegebenen *Zweiten Schweizerischen Ernährungsbericht* ([17], S. 128) konnte man lesen:

„Bei nüchterner und sachlicher Wertung aller Befunde, die wir kennen, muß die Angst (auch diejenige der Panikmacher selbst) als unverhältnismäßig größer beurteilt werden, als die reale Bedrohung sie rechtfertigen würde. Eine Erklärung für diese Unverhältnismäßigkeit liegt darin begründet, daß die Nahrungsaufnahme einen ursprünglichen, von tiefer Symbolik beherrschten Akt darstellt. In magischer Denkweise wird der Mensch zu dem was er isst, was er sich einverleibt. Da magisches Denken nicht quantitativ ist, empfindet sich der Mensch auch durch die kleinste Dosis „Gift“ eben vergiftet. Das berechenbare Risiko hat in einer solchen Denkwelt keinen Platz. Um so mehr ist es Aufgabe der verantwortlichen Fachleute, den Konsumenten aus der Welt magischen Denkens hinauszuführen und ihm zu zeigen, daß Risiken meßbar und berechenbar sind“.

In den folgenden Kapiteln sollen diese gegensätzlichen Aussagen aus der Sicht des heutigen wissenschaftlichen Kenntnisstandes geprüft werden. Haben die Schadstoffgehalte der Lebensmittel zu- oder abgenommen? Gibt es Anzeichen für durch Nahrungsbestandteile verursachte Gesundheitsschäden in der Bevölkerung? Leidet wirklich jeder dritte Deutsche an einer Allergie? Gibt es die Aber-tausende von cadmiumgeschädigten Nierenkranken? Nimmt die Häufigkeit von Krebserkrankungen ständig zu, wie so oft zu hören ist? Sollte man Produkte bevorzugen, die mit dem Aufdruck FREI VON KONSERVIERUNGSMITTELN werben? Welche Veränderungen im Lebensmittelrecht hat die Zugehörigkeit Deutschlands zur Europäischen Union mit sich gebracht? Zum besseren Verständnis soll zunächst über die Methoden zur Prüfung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit von Lebensmitteln berichtet werden.

2

Einige Grundbegriffe

Toxikologie

Wie aus dem auf die Zeit um 1500 v. Chr. datierten Ebers-Papyrus (benannt nach dem Ägyptologen GEORG MORITZ EBERS, 1837–1898) hervorgeht, besaßen die alten Ägypter gute Kenntnisse von den Giftwirkungen zahlreicher Pflanzen. Auch im Athen des Altertums spielten Pflanzengifte eine Rolle; das vielleicht bekannteste Beispiel dafür ist die Verurteilung von SOKRATES zum Tod durch den Schierlingsbecher. Der heilige Trank, den die Initianden der Mysterien von Eleusis zu sich nahmen, um in rauschhafter Stimmung Visionen zu erleben, soll von den Hierophanten, den leitenden Priestern des Mysteriums, aus dem Mutterkorn des Roggens gewonnen worden sein [18]. Im 1. Jhdt. n.Chr. verfaßte der in römischen Diensten stehende griechische Militärarzt LEONIDAS DIOSKURIDES seine *Materia Medica*, in der er nützliche und schädliche Eigenschaften von über 700 Pflanzen beschrieb – für eineinhalb Jahrtausende das maßgebliche Werk der Heilmittel- und Giftkunde, deren praktische Anwendung stark von magisch-religiösen Vorstellungen geprägt war.

Ansätze zu einer wissenschaftlicheren Denkweise gab es im 16. Jahrhundert, als PARACELsus (1493–1541) den grundlegend wichtigen Zusammenhang zwischen Dosis und Wirkung erkannte. Hiervon wird noch zu sprechen sein. Der in Paris lehrende spanische Arzt und Chemiker BONAVENTURE ORFILA (1787–1853), dessen Standardwerk *Traité des poisons ou toxicologie générale* 1814/15 erschien, wird manchmal als der Vater der Toxikologie, der Lehre von den Giften, bezeichnet. Aber wie alle Wissenschaften hatte die Toxikologie viele Väter. Es sei hier nur der italienische Arzt BERNARDINO RAMAZZINI (1633–1714) erwähnt, der als erster systematisch die Berufskrankheiten der Handwerker untersuchte und beschrieb. Als eigenständige akademische Disziplin innerhalb der experimentellen medizinischen Wissenschaft entwickelte sich die Toxikologie im 19. Jahrhundert zusammen mit der Pharmakologie, der Lehre von der Nutzung chemischer Stoffe als Heilmittel. Wichtige Beiträge zur Kenntnis der Gifte und ihrer Wirkungen kamen

aus Laboratorien für Experimentelle Physiologie, Forensische Medizin, Medizinische Chemie und Gewerbehygiene. Zunächst beschäftigten sich die Pharmakologen/Toxikologen vor allem mit unerwünschten Arzneimittelwirkungen, aber auch mit gewerblichen und suizidalen Vergiftungen. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts gab es an den meisten medizinischen Fakultäten im Deutschen Reich einen Lehrstuhl für Pharmakologie und Toxikologie.

Das Wachstum der chemischen Industrie und ihrer Fähigkeit, immer neue chemische Verbindungen zu synthetisieren, verstärkte das Interesse an der Erforschung möglicher schädlicher Wirkungen dieser Substanzen. Der Berliner Toxikologe LOUIS LEWIN (1850–1929) veröffentlichte 1928 sein in viele Sprachen übersetztes Werk *Gifte und Vergiftungen*, das zwar aus heutiger Sicht viel Speklatives und manche Irrtümer enthielt, das jedoch sehr dazu beitrug, das Interesse an der Toxikologie zu wecken. Seit 1930 erschien, weltweit als erste der experimentellen Toxikologie gewidmete Zeitschrift, das *Archiv für Toxikologie*.

Die große Blütezeit dieser Disziplin begann aber erst nach dem Zweiten Weltkrieg. Als Reaktion auf die zunehmende Industrialisierung und Bevölkerungsdichte und die damit verbundene Verbreitung von Rückständen und Verunreinigungen in Luft, Wasser, Boden und Lebensmitteln wuchsen in der Wissenschaft und in weiten Kreisen der Bevölkerung die Befürchtungen vor gesundheitlichen Schäden. Die Toxikologie, die sich früher vor allem mit akuten Vergiftungen beschäftigt hatte, sah sich vor die Aufgabe gestellt, Auskunft über mögliche Schadwirkungen der langfristigen Einwirkung geringer Dosen von Umweltstoffen zu geben. Schließlich traten unvorhergesehene schwerwiegende Arzneimittelwirkungen auf, voran die durch Thalidomid (Firmenname Contergan) hervorgerufene Katastrophe. In der Medizin hatte man Thalidomid, nicht zuletzt wegen seiner geringen akuten Toxizität, zunächst als ein ideales Schlaf- und Beruhigungsmittel (*tranquilizer*) betrachtet. In den Jahren 1958 bis 1961 wurden jedoch etwa 7000 Kinder, davon über 4000 in der Bundesrepublik Deutschland, mit Mißbildungen der Extremitäten geboren, im schlimmsten Fall bis zum Fehlen aller vier Gliedmaßen. Thalidomid, von Schwangeren zum Zeitpunkt der Organogenese (Herausbildung der Organe, Ende des dritten Schwangerschaftsmonats) eingenommen, wurde als Ursache erkannt, und das Mittel wurde aus dem Handel gezogen. In der Folge wurde nicht nur die Prüfung von Arzneimitteln auf toxische Wirkungen wesentlich intensiviert, sondern auch die Prüfung von Lebensmittelzusatzstoffen, Pflanzenschutzmitteln und anderen Umweltchemikalien.

Der schnell steigende Forschungsbedarf führte zu einem ausgeprägten Mangel an Toxikologen. Der Wissenschaftsrat hatte 1960 einen Ausbau dieses Faches empfohlen und festgestellt: „Die Errichtung eines Lehrstuhls für Toxikologie neben dem bereits vorhandenen für Pharmakologie ist in jeder (medizinischen) Fakultät erforderlich“. Die vom Wissenschaftsrat empfohlene Aufgliederung in Pharmakologie und Toxikologie wurde jedoch zunächst nur an wenigen Hochschulen durchgeführt. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft konstatierte 1975 in einer *Denkschrift Toxikologie*, daß an den Universitäten der Bundesrepublik nur wenige Professuren für Toxikologie vorhanden waren. Sie empfahl erneut die Anerkennung der Toxikologie als selbständige akademische Disziplin, den Ausbau dieses Faches und die Öffnung des Studiengangs auch für Naturwissenschaftler chemisch-biologischer Fächer.

Der Münchner Toxikologe HELMUT GREIM stellte 1992 fest, die Situation der Toxikologie in der Bundesrepublik Deutschland sei nach wie vor unbefriedigend [19]. Da sich die finanzielle Situation der Universitäten seither wesentlich verschlechtert hat, sind die Empfehlungen des Wissenschaftsrates und der DFG einer Verwirklichung nicht näher gekommen. Im Gegenteil wurde bei einem von der Deutschen Gesellschaft für Experimentelle und Klinische Pharmakologie und Toxikologie 1998 in Bonn veranstalteten Forum mitgeteilt, es seien in den letzten Jahren 7 von 17 Lehrstühlen für Toxikologie geschlossen oder umgewidmet worden, weitere seien in Gefahr. Während Staaten wie die Niederlande, Großbritannien oder Schweden die Toxikologie ausbauten und inzwischen auch zunehmend die Arbeit in den europäischen Gremien bestimmten, bestehe in Deutschland die Gefahr, daß Sachverstand und Einfluß auf diesem Gebiet durch mangelnde Förderung verloren gingen.

Neben den Finanznöten der Universitäten ist die Abhängigkeit der toxikologischen Forschung von *Tierversuchen* ein weiteres Hindernis für den Ausbau der Toxikologie in Deutschland. Der Widerstand gegen Tierversuche hat vielerorts eine derartige Intensität erreicht, daß es kaum mehr möglich ist, bestehende Einrichtungen für die Versuchstierhaltung fortzuführen, geschweige denn, sie auszuweiten oder neue zu errichten. Es fehlt nicht an Bemühungen, *in vivo* Versuche (d. h. am lebenden Tier oder Menschen) durch *in vitro* Versuche zu ersetzen (Reagenzglasversuche an Kulturen von Säugetierzellen, Bakterien, Pilzen oder Pflanzenzellen)[20,21]. Seit 1987 erscheint die Zeitschrift *Toxicology in vitro*. Mit dem Ziel, die Abhängigkeit der Forschung von Tierversuchen so weit wie möglich zu verringern, ist einerseits die Anwendung und Weiterentwicklung alternativer Methoden stark gefördert worden, andererseits sind viele Rechtsvorschriften für die Chemikalienprüfung zugunsten der Anwendung von *in vitro* Methoden geändert worden. Dies hat zu einer dramatischen Abnahme der jährlich durchgeführten Tierversuche und der Zahl der dafür benötigten Versuchstiere geführt [22]. Allein bei den für die Entwicklung und Zulassung neuer Arzneimittel erforderlichen Untersuchungen hat die Versuchstierzahl von 4.3 Mio. im Jahr 1977 auf 0.7 Mio. im Jahr 1997 abgenommen. Nach dem *Tierschutzgesetz* gilt schon seit Jahren der Grundsatz, daß Tierversuche nur durchgeführt werden dürfen, wenn sie für die vorgesehenen Zwecke unerlässlich sind und der angestrebte Zweck nicht mit anderen Methoden und Verfahren als dem Tierversuch erreicht werden kann. Letztendlich läßt sich das komplexe Zusammenspiel physiologischer Funktionen und deren Beeinflussung durch Gifte in vielen Fällen nur am lebenden Organismus studieren. In der Denkschrift der Deutschen Forschungsgemeinschaft zu Tierversuchen in der Forschung heißt es: „*In vitro*-Methoden können nur ergänzende Methoden sein und insofern Tierversuche ersetzen, als sie den Bedarf einschränken. Sie können Tierexperimente aber niemals überflüssig machen“ [23]. An einer Kultur von Leberzellen kann man zwar die in der Leber ablaufenden Stoffwechselvorgänge gut studieren – aber erstens kann man nur sehr wenige Zellarten des Körpers überhaupt *in vitro* kultivieren und zweitens ist eine derartige Zellkultur nur eine unorganisierte Ansammlung von gleichartigen Zellen, die in einer künstlichen Nährlösung leben, ohne Zusammenspiel mit anderen Zellen und Organen, ohne Blutdruck und Kreislauf, ohne Steuerung durch Hormonsysteme, ohne Verbindung zu Ausscheidungsorganen oder einem Zentralnerven-

system. Man darf daher von in vitro Methoden, so nützlich sie für viele Zwecke sind, nicht zu viel erwarten.

Jede toxische Wirkung am intakten Organismus beruht auf zwei Gruppen von Abläufen: der *Toxikodynamik* (Einflüsse des Giftstoffs auf den Organismus: Wirkungsort, Wirkungsweise, Dosis-Wirkungsbeziehung) und der *Toxikokinetik* (Einflüsse des Organismus auf den Giftstoff: Resorption im Magen-Darmtrakt, Verteilung, Abbau im Stoffwechsel, Speicherung oder Ausscheidung). Untersuchungen zur Toxikodynamik und Toxikokinetik im Säugetierorganismus sind das Fundament jeder toxikologischen Beurteilung eines Stoffes. In vitro Versuche können wertvolle Hinweise auf das Verhalten eines Stoffes in einzelnen Stufen des Gesamtablaufs geben, z. B. wie der Stoff durch Zellmembranen wandert, wie er in Leberzellen umgewandelt wird, wie er auf das genetische Material einwirkt, aber sie gestatten keine sichere Voraussage über den Gesamtverlauf der Wechselwirkung von Stoff und Organismus.

Gegen Tierversuche läßt sich einwenden, daß die verschiedenen Säugetierarten auf einen Giftstoff sehr verschieden reagieren können, mit unterschiedlichen Entgiftungsmechanismen, unterschiedlichen Ausscheidungsraten und oft sehr verschiedener Empfindlichkeit. Die bei Tierversuchen im Vergleich zur menschlichen Bevölkerung doch immer kleine Zahl von Tieren ist ein weiterer Kritikpunkt. Und schließlich ist die Dauer eines Tierversuchs, selbst wenn er ein Rattenleben von maximal drei Jahren umfaßt, kurz im Vergleich zur Lebensdauer des Menschen. Trotzdem lassen sich, wie die Erfahrung gezeigt hat, aus Untersuchungen an mehreren Tierarten durchaus verlässliche Risikoabschätzungen für den Menschen ableiten [24]. Wie kaum einem anderen ist es dem schweizerischen Toxikologen GERHARD ZBINDEN gelungen, in einer für den gebildeten Laien verständlichen Sprache die Frage der Übertragbarkeit der Resultate von Tierversuchen auf den Menschen zu diskutieren und mit vielen praktischen Beispielen zu erläutern [25]. Es werden auch Untersuchungen an freiwilligen Versuchspersonen durchgeführt, jedoch nur, wenn zuvor durch Tierversuche geklärt ist, daß dies ohne nennenswertes Gesundheitsrisiko möglich ist. Zur Forderung von Tierversuchsgegnern, auf Substanzprüfungen am Tier ganz zu verzichten, sagt der Lübecker Toxikologe OTFRIED STRUBELT: „Man mache sich keine Illusionen: Ein Verzicht auf toxikologische Tierversuche bedeutet die Verlagerung des toxikologischen Risikos vom Tier auf den Menschen!“ [26].

Versuche an Kindern und an Schwangeren sind aus ethischen Gründen ausgeschlossen. Auch wenn Vorversuche in vitro möglich sind, z. B. an Embryozellen, können aussagefähige Untersuchungen zu der Frage, ob eine Substanz teratologische (embryoschädigende) oder besonders den wachsenden Organismus beeinflussende Wirkungen hat, nur an Tieren durchgeführt werden. Soweit der zu beurteilende Stoff bereits verwendet wird, können Erkenntnisse aus der Arbeitsmedizin und aus Vergiftungsunfällen (Kasuistik) sowie aus der Beobachtung des Krankheitsgeschehens in größeren Bevölkerungsgruppen (Epidemiologie) das durch Tierversuche und in vitro Studien gewonnene Bild abrunden.

Lebensmitteltoxikologie

In der Lebensmitteltoxikologie werden die möglichen gesundheitsschädlichen Wirkungen aller Stoffe, die in Lebensmitteln vorkommen können, untersucht, die Risiken ermittelt und gegebenenfalls Grenzwerte für das Vorkommen der Stoffe in einzelnen Lebensmitteln oder für die Menge, die bei lebenslanger täglicher Aufnahme duldbar ist, vorgeschlagen [27]. Im englischsprachigen Schrifttum wird häufig der Begriff *food safety* verwendet [28,29], womit manchmal nur toxikologische, oft aber zugleich mikrobiologische Aspekte der Lebensmittelsicherheit gemeint sind, was dann mehr dem im Deutschen verwendeten Sammelbegriff Lebensmittelhygiene entspricht [30]. Die Zeitschrift *Food and Cosmetics Toxicology* erschien erstmals 1963 in England und ist, inzwischen unter dem Namen *Food and Chemical Toxicology*, das wichtigste Periodicum auf dem Gebiet der Lebensmitteltoxikologie geblieben.

Bei Diskussionen über die gesundheitliche Qualität des heutigen Lebensmittelangebots hört man gelegentlich die Forderung, Lebensmittel sollten grundsätzlich frei sein von *Schadstoffen* und solange dies nicht der Fall sei, dürfe kein Aufwand gescheut werden, um diesen Zustand zu erreichen. Dieses Postulat ist sicher politisch sehr zugkräftig – aber es ist unrealistisch.¹ Von potentiellen Schadstoffen freie Lebensmittel hat es noch nie gegeben und kann es auch nie geben; es ist nur eine Frage der Analysenempfindlichkeit, ob man sie findet. Daher ist die Kenntnis toxikologischer Grenzwerte wichtig und die Festsetzung von Höchstmengen zum Schutz des Verbrauchers erforderlich.

Grundsätzlich ist es nach § 8 LMBG verboten, „Stoffe, deren Verzehr geeignet ist, die Gesundheit zu schädigen, als Lebensmittel in Verkehr zu bringen“. Ob sich Gesundheitsschäden ergeben können oder nicht, hängt jedoch auch von der verzehrten Menge ab. Allzuoft wird vergessen, was Philippus Theophrastus Bombastus von Hohenheim, genannt PARACELsus, im Jahre 1583 in seiner Dritten Defension so treffend gesagt hat:

Was ist das nit gift ist?
 alle ding sind gift und nichts ohn gift.
 Allein die dosis macht, das ein ding kein gift ist.
 Als ein Exempel: ein jetliche speiß und
 ein jetlich getranck
 so es uber sein dosis eingenommen wirdt
 so ist es gift.

Jede Substanz kann, wenn sie im Übermaß verzehrt wird, gesundheitsschädlich wirken. Das gilt auch für Stoffe, die für den Menschen essentiell sind, die also in

¹ Ebenso wirklichkeitsfremd ist die Forderung des *Ökologischen Ärztbundes* nach einer „lückenlosen Lebensmittelüberwachung“ [31]. Nach einer Studie der Europäischen Kommission wurden durch die amtliche Überwachung im Jahre 1989 pro 1000 Einwohner in den Niederlanden 25 und in Deutschland zehn Proben gezogen, in Frankreich eine Probe. Man kann, wenn man der Ansicht ist, die öffentliche Hand könne und solle die zusätzlichen Kosten tragen, eine Erhöhung der Probenzahl auf das Niveau der Niederlande oder noch höher fordern. Aber lückenlos kann die Überwachung auch dann nicht sein. Für das Jahr 1994 wurden die Kosten der durch die amtliche Überwachung im Bundesgebiet untersuchten 500 000 Proben auf 436 Mio. DM geschätzt [32]

der Nahrung vorhanden sein müssen. Viele Lebensmittel enthalten natürliche Giftstoffe, die sich nur deshalb normalerweise nicht schädlich auswirken, weil sie in geringer Konzentration vorhanden sind und daher nur in niedriger Dosierung verzehrt werden (Kap. 7).

Lebensmittel können neben ihren natürlichen Inhaltsstoffen auch fremde Stoffe enthalten, die durch menschliche Aktivitäten (anthropogen) in die Lebensmittel gelangen. In der Wissenschaft wird für diese Stoffe der Ausdruck *Xenobiotika* (griechisch xenos, Fremder, Gast) verwendet. Seit 1971 gibt es zur Veröffentlichung von auf diesem Gebiet durchgeführten Forschungsarbeiten die Zeitschrift *Xenobiotics*.

Methoden der Toxizitätsprüfung

Wie kann man das gesundheitliche Risiko prüfen, das von einem in Lebensmitteln enthaltenen Stoff ausgeht? Eine Kurzfassung der erforderlichen Schritte wird in Tabelle 2.1 gezeigt. Dabei handelt es sich nicht um ein festgefügtes Schema, da von Fall zu Fall entschieden werden muß, welche Prüfungen in welchem Umfang erforderlich sind. Eine Substanz, deren Verhalten im menschlichen Körper wohl bekannt ist, wird weniger aufwendig zu prüfen sein, als eine neu synthetisierte oder neu aus einer exotischen Pflanze gewonnene. Ein Stoff der einem Hauptnahrungsmittel zugesetzt werden soll, wird intensiver zu prüfen sein, als einer der zum Beispiel nur Kaviar zugefügt werden darf.² Ausführlichere Beschreibungen toxikologischer Testmethoden bieten [33–35].

Das *Chemikaliengesetz* von 1982 (seither mehrfach geändert) verlangt für alle neu in den Verkehr zu bringenden Stoffe Toxizitätsprüfungen, deren Umfang von der Produktionsmenge abhängt. Die Bestimmung der *akuten Toxizität* gehört dabei zu den Basisinformationen, die der Meldebehörde vom Hersteller der Substanz mitgeteilt werden müssen („Grundprüfung“ nach § 7).

Zur Bestimmung der oralen akuten Toxizität verabreicht man im allgemeinen Gruppen von je 5 männlichen und 5 weiblichen Ratten etwa gleichen Körpergewichts mittels Schlundsonde zunehmende Dosen der Testsubstanz. Vorversuche bestimmen die Wahl der Dosis: z. B. 25 mg/kg Körpergewicht in der 1., 50 in der 2., 100 in der 3. Gruppe. Die Tiere werden nach der Behandlung mindestens 14 Tage lang beobachtet. Vergiftungssymptome und Todesfälle (Mortalität) werden registriert. Gestorbene oder bei Versuchsende getötete Tiere werden sezirt und untersucht. Diejenige Dosis, bei der 50 % der Tiere sterben, wird als **LD₅₀** bezeichnet (LD = letale Dosis). Die Bestimmung der LD₅₀ in der beschriebenen Weise ist nicht nur unter dem Gesichtspunkt des Tiereschutzes bedenklich, sondern auch eine starke Belastung für die Personen, die den Test durchzuführen haben. Es gibt daher viele Bemühungen, den Test so zu modifizieren, daß weniger Tiere benötigt werden und/oder die Tiere nicht bis zu ihrem Tod im Versuch bleiben, sondern bereits bei ersten toxischen Symptomen getötet werden. Eine Art der LD₅₀-Bestimmung, die insgesamt

² Zur Vereinfachung wurden in der Liste durchzuführender Untersuchungen (Tab. 2.1) nur solche Tests genannt, bei denen die Prüfsubstanz peroral verabreicht wird. Tatsächlich müssen aus Arbeitsschutzgründen noch weitere Untersuchungen durchgeführt werden, zum Beispiel ob die Substanz giftige Dämpfe bildet (akuter Inhalationstest) oder ob sie hautreizend wirkt (akute dermale Toxizität)