

Zeitschrift: Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchungen und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène
Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit
Band: 90 (1999)
Heft: 1

Artikel: Die mittlere tägliche Aufnahme von Pestiziden und anderen Fremdstoffen über die Nahrung in der Schweiz
Autor: Kuchen, Arnold / Müller, Felix / Farine, Marie
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-981775>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 29.03.2025

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

Die mittlere tägliche Aufnahme von Pestiziden und anderen Fremdstoffen über die Nahrung in der Schweiz

Arnold Kuchen, Felix Müller[†], Marie Farine, Hans Zimmermann,
Otto Blaser und Claude Wüthrich, Bundesamt für Gesundheit,
Abteilung Lebensmittelwissenschaft, Bern

Eingegangen 12. November 1998, angenommen 30. November 1998

Einleitung

Fremdstoffe belasten den Menschen über verschiedene Wege. Dabei können die Nahrungsmittel einen wesentlichen Anteil zur Gesamtexposition beitragen und bedürfen deshalb besonderer Aufmerksamkeit. Bei der Beurteilung der Rückstandssituation werden die Fremdstoffe sinnvollerweise in die zwei Kategorien «Pflanzenschutzmittel und Tierarzneimittel» und «Kontaminanten» unterteilt. Weil Pflanzenschutz- und Tierarzneimittel bewusst eingesetzt werden, können deren Rückstände relativ gut kontrolliert und beeinflusst werden. Im Gegensatz dazu gelangen Kontaminanten in der Regel unkontrolliert und unbeabsichtigt in die Lebensmittel. Dies geschieht zum Beispiel während der Urproduktion über die Umwelt (Boden, Wasser, Luft) oder aber als «technische» Kontaminanten bei der Gewinnung, Lagerung, Verarbeitung, Transport sowie über die Verpackung. Das Vorkommen von Kontaminanten in Lebensmitteln lässt sich deshalb meist nur schwer oder mit sehr grossem Aufwand beeinflussen. In der vorliegenden Studie werden sowohl Pestizide (die als Pflanzen- und Vorratsschutzmittel und z. T. als Tierarzneimittel eingesetzt werden) als auch ausgewählte Kontaminanten wie die als Umweltkontaminanten auftretenden polychlorierten Biphenyle und verschiedene Weichmacher untersucht.

Bei der Beurteilung von Lebensmitteln bezüglich Rückständen sind zwei Aspekte zu berücksichtigen. Einerseits muss die Einhaltung der gesetzlich festgelegten *Höchstkonzentrationen* überwacht werden. Dies geschieht durch die amtlichen Lebensmittelkontrollen und ist Aufgabe der Kantone. Untersucht werden in der Regel Rohprodukte und verkaufsfertige Lebensmittel. Die Bestimmungsgren-

zen der dabei angewendeten Methoden sind meist auf die gesetzlichen *Höchstkonzentrationen* ausgerichtet, die in der Regel deutlich höher liegen als die tatsächlich vorkommenden Rückstände. Der Schwerpunkt der Kontrolltätigkeit liegt zudem auf Problemlbensmitteln und Verdachtsproben und kann daher zu einem einseitigen Bild der Rückstandssituation führen. Andererseits ist es im Hinblick auf den *präventiven Gesundheitsschutz* auch wichtig, die *mittlere tägliche Zufuhr* von Pestiziden und Kontaminanten zu kennen, die der Mensch tatsächlich über die Nahrung aufnimmt. Diese Information kann aus den oben erwähnten Gründen nicht unmittelbar aus den Resultaten der amtlichen Lebensmittelkontrolle der Schweiz abgeleitet werden, da dort verschiedene Faktoren, die zu einer Reduktion der Rückstände führen (Lagern, Rüsten, Kochen usw.), unberücksichtigt bleiben.

Die analytische Bestimmung der Fremdstoffe in genussfertig zubereiteten Lebensmitteln (Gesamtverzehrstudie, total diet study) ist ein geeignetes Mittel, um die tatsächliche Aufnahme dieser Stoffe durch den Menschen abzuschätzen. Umfangreiche Untersuchungsprogramme auf dieser Basis werden deshalb in vielen Ländern seit Jahrzehnten und zum Teil in grossem Umfang durchgeführt (1–10).

Die Ergebnisse nationaler Studien sind jedoch nur bedingt auf andere Länder übertragbar, da Faktoren wie Umweltbelastung, andere klimatische Bedingungen, andere Pflanzensorten und Produktionsbedingungen die Rückstandsmengen beeinflussen. Ebenso können die Verzehrsgewohnheiten auch in relativ kleinen geographischen Räumen erheblich voneinander abweichen (11).

Aus den genannten Gründen ist es wichtig, periodisch auch Analysenprogramme durchzuführen, die über die Rückstandssituation in unserem Land Auskunft geben. Durch die Wiederholung gleichartiger Untersuchungen in grösseren Zeitabständen können zusätzlich langfristige Veränderungen und mögliche neu entstehende Risiken erkannt werden. Ziel dieser Arbeit ist es, die interessierten Kreise mit aussagekräftigen Daten über die aktuelle Situation zu informieren. Solche Studien werden auch von der WHO wärmstens empfohlen.

Die erste Gesamtverzehrstudie in der Schweiz wurde in den Jahren 1971/72 durchgeführt (12). Zehn Jahre später wurde die Untersuchung in ähnlicher Form wiederholt mit dem Ziel, allfällige Änderungen der Exposition zu erkennen (13). Die vorliegende Arbeit schliesst an diese beiden Untersuchungen an, wobei allerdings bei der Auswahl der Laborproben ein anderes Vorgehen gewählt wurde.

Experimentelles

Auswahl der untersuchten Lebensmittel

In dieser Studie werden pflanzliche und tierische Lebensmittel in essfertigem Zustand auf Rückstände von Fremdstoffen untersucht. Der Analysenplan hatte zum Ziel, möglichst alle Lebensmittel zu erfassen, die für die Gesamtexposition wesentlich sein könnten. Ausgangspunkt dazu war die Studie zum Lebensmittel-Pro-Kopf-Verzehr der Schweizer Bevölkerung (14). Verzehrdaten nach Alters-

gruppen liegen leider nicht vor. Berücksichtigt wurden in der Regel Lebensmittel, deren mittlere tägliche Aufnahme 10 g übersteigt. Geographisch bedingte Unterschiede der Rückstandssituation in der Schweiz wurden als untergeordnet eingestuft und sind in dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Die Proben wurden in den Jahren 1991–96 im Raum Bern bei verschiedenen Grossverteilern, im Detailhandel und an Marktständen eingekauft.

Insgesamt 884 Lebensmittelproben wurden bei Grossverteilern, Detaillisten und auf dem Wochenmarkt im Raum Bern eingekauft. Dabei wurde auf eine möglichst repräsentative Auswahl der Proben gemäss den bekannten Marktanteilen, insbesondere was die Herkunft und die saisonale Verteilung betrifft, geachtet. Die erhobenen Lebensmittel wurden, wo gegeben, im Labor essfertig zubereitet (waschen, rüsten, garen usw.), wie dies üblicherweise im Haushalt geschieht oder fertig zubereitet eingekauft. Anschliessend wurden die einzelnen Lebensmittel aus einer Gruppe anteilmässig nach Verzehrsmengen zu 36 Analysenproben zusammengeführt (Tabelle 1) und homogenisiert. In einzelnen Fällen wurden die Lebensmittel auch verteilt über einen längeren Zeitraum eingekauft und bis zur Verarbeitung bei -20°C gelagert.

Zusammenstellung der Laborproben

Milch: Für die zwei Analysen wurden insgesamt je 20 Muster Vollmilch und teilentrahmte Milch (past. und UHT) anteilmässig vereinigt und homogenisiert.

Rahm: 18 Muster Schlag- und Doppelrahm, Halbrahm und Kaffeerahm wurden anteilmässig vereinigt und homogenisiert.

Butter: 9 Muster Vorzugs-, Käserei- und Kochbutter wurden anteilmässig vereinigt, bei 40°C vorsichtig geschmolzen und homogenisiert.

Joghurt: 27 Muster Natur- und Fruchtjoghurt verschiedener Aromen aus Vollmilch, teilentrahmt und light wurden anteilmässig vereinigt und homogenisiert.

Käse: Für die zwei Analysen wurden insgesamt 93 Muster in- und ausländischer Käsesorten anteilmässig vereinigt und homogenisiert. 53 % Hart- und Halbhartkäse, 36 % Weich- und Magerkäse sowie 11 % andere.

Eier: 14 Muster in- und ausländische Eier aus Boden- und Freilandhaltung wurden gemischt (50 % CH, 50 % Ausland) und roh analysiert.

Schweinefleisch: 4 Muster Braten essfertig gekauft und 8 Muster im Labor zubereitete Plätzli und Koteletts wurden anteilmässig vereinigt und homogenisiert.

Rindfleisch: 11 Muster Hackfleisch, Voressen, Siedfleisch, Braten, Plätzli und Filet wurden im Labor zubereitet oder essfertig gekauft, anteilmässig vereinigt und homogenisiert.

Kalbfleisch: 13 Muster Hackfleisch, Voressen, Braten, Koteletts, Plätzli und Filet wurden im Labor zubereitet oder essfertig gekauft, anteilmässig vereinigt und homogenisiert.

Geflügelfleisch: 5 inländische und 3 ausländische grillierte Poulets wurden fertig zubereitet eingekauft, entbeint und homogenisiert.

Tabelle 1

Zusammensetzung der Tagesrationen (Pro-Kopf-Verzehrmengen)

Lebensmittel	Verzehrmengen (g/Tag) (14)	Anteil in Analyse (%)	*
Milch, Milchprodukte, Eier	476		
Milch, Rahm, Butter	366		
Milch	323	100	2
Milch offen	110	34	
Milch past	95	29	
Milch up	36	11	
Milch stand. past	55	17	
Milch stand. up	20	6	
andere	7	2	
Rahm	26	100	1
Vollrahm	9	35	
Halbrahm	2	8	
Kaffeerahm	15	58	
Butter	17	100	1
Joghurt	40	100	1
Käse	36	100	2
Käse hart/halbhart	19	53	
verschiedene	11	31	
Greizer	5	14	
Emmentaler	3	8	
Käse weich/mager usw.	13	36	
Schmelz	3	8	
andere	1	3	
Eier (roh)	24	100	1
andere	10		
Fleisch von Schlachttieren, Geflügel, Charcuterie	187		
Fleisch von Schlachttieren	89	100	
Schweine	46	57	1
Braten		26	
Plätzli oder Filet		20	
Koteletts		12	

Lebensmittel	Verzehrmengen (g/Tag) (14)		Anteil in Analyse (%)		*
Rinder, Stiere, Ochsen		23	29		1
Voessen/ Hackfleisch				6	
Siedfleisch				9	
Braten				6	
Plätzli				6	
Filet				3	
Kälber		11	14		1
Voessen/ Hackfleisch				6	
Braten				2	
Koteletts				1	
Plätzli				4	
Filet				1	
andere		9			
Geflügel (Poulet, grill.)	15		100		1
Charcuteriewaren, Charcuteriefleisch	71		100		1
Charcuteriewaren		36	51		
Schinken		16		23	
Magerspeck		11		15	
andere		9		13	
Charcuteriefleisch		35	49		
Schwein		24		34	
Grossvieh		10		14	
andere		1		1	
Schlachtnebenprodukte	8		100		1
Leber/Niere Grossvieh		4	50		
Leber/Niere Schwein		2	25		
andere		2	25		
andere	4				
Fisch (> 5 g/Tag)	12		100		1
Fisch (frisch, gekühlt)		6	50		
Süsswasser		3		25	

Lebensmittel	Verzehrmengen (g/Tag) (14)		Anteil in Analyse (%)		*
Meerwasser		3		25	
Konserven, Zubereitungen	6		50		
Brot, Getreideprodukte	188		100		
Brot	140		74		1
Brot halbweiss		30		16	
Brot ruch		37		20	
Brot spezial		44		23	
Kleinbrote		29		15	
Getreideprodukte	48		26		
Teigwaren, Reis		34		18	1
andere		14		7	1
Obst frisch (> 5 g/Tag)	210		100		
Kernobst	78		37		3
Äpfel		66		31	
Birnen		12		6	
Steinobst	37		18		3
Pfirsiche		12		6	
Kirschen		11		5	
Pflaumen/Zwetschgen		8		4	
Aprikosen		6		3	
Beerenobst	24		11		2
Trauben		15		7	
Erdbeeren		7		3	
andere		2		1	
Zitrus- und Südfrüchte	57		27		2
Orangen		23		11	
Bananen		16		8	
Mandarinen		7		3	
Zitronen		5		2	
andere		6		3	
Hartschalenobst	9		4		
andere	5		2		
Obst Konserven (> 1 g/Tag)	20				

Lebensmittel	Verzehrmengen (g/Tag) (14)	Anteil in Analyse (%)	*
Kernobst	8		
Äpfel		7	
Birnen		1	
Steinobst	4		
Pfirsiche		2	
Kirschen		1	
Aprikosen		1	
Beerenobst	1		
Trauben		1	
Zitrus- und Südfrüchte	4		
Ananas		3	
Feigen		1	
andere	3		
Gemüse	320	100	1
Wurzel-, Knollengemüse	173	54	
Kartoffeln		41	1
Karotten		9	
andere		3	
Knollensellerie		4	2
Randen		4	2
andere		3	
Stengel, Sprossgemüse	12	4	
Fenchel		1	
Kohlrabi		1	
Spargel		2	
andere		5	2
Blütengemüse	7	2	
Blumenkohl		2	
andere		1	
Blattgemüse	44	14	
Blattgemüse ohne Salate		5	
Kohlarten		15	5
Spinat		4	

Lebensmittel	Verzehrmengen (g/Tag) (14)		Anteil in Analyse (%)		*
andere		2		1	
Blattgemüse Salate	23		8		1
Kopfsalat		13		5	
Endivien		6		2	
andere		4		1	
Fruchtgemüse	50		16		
Tomaten		33		10	
Gurken		5		2	
andere		12		4	
Zwiebelgewächse	17		5		
Zwiebeln		13		5	
andere		4		1	
Zichoriengewächse	7		2		
Treibzichorie		5		2	
andere		2		1	
Hülsenfrüchte, Samengemüse	10		3		
Bohnen		8		2	
andere		2		1	
Getränke	1238				
Getränkezubereitungen (Trinkmenge)	352		100		2
Kaffee (80 g/l)		254		72	
Tee (8 g/l)		98		28	
Alkoholfreie Getränke	434				
Süssgetränke		145			
Mineralwasser		106			
Fruchtsäfte		39	100		2
Apfel-/Birnensaft		30			
Sirup (200 ml/l)		96			
andere		18			
Alkoholische Getränke	452				
Bier		244			
Wein		164	100		1

Lebensmittel	Verzehrmengen (g/Tag) (14)	Anteil in Analyse (%)	*
rot		118	72
weiss		45	27
andere		1	1
Apfelwein	17		
Spirituosen	27		
Diverse Lebensmittel	67		
Zucker	49		
Tafelschokolade	18		

* Zahl der durchgeführten Analysen (Total 36)

Charcuterie- und Fleischwaren: 37 Muster Schinken, Speck, Cervelats, Fleischkäse, Aufschnitt, Wienerli, Bratwurst, Schübli, Salami, Trockenfleisch und Landjäger wurden im Labor zubereitet oder essfertig gekauft, anteilmässig vereinigt und homogenisiert.

Schlachtnebenprodukte: 13 Muster Rinds-, Schweins- und Kalbsleber und 5 Muster Kalbs- und Schweinsnieren wurden im Labor essfertig zubereitet, anteilmässig vereinigt und homogenisiert.

Fisch: total 26 Muster; 7 Muster Süsswasserfische frisch (25 %), 7 Muster Meerwasserfische frisch (25 %) sowie 12 Muster Meerfischkonserven (50 %), davon 10 tiefgekühlt und 2 Konserven, wurden anteilmässig vereinigt und homogenisiert. Roher Fisch wurde im Labor gegart.

Brot: 15 Muster Ruch- (27 %), Halbweiss- (21 %), Spezial- (31%) und Kleinbrote (21 %) wurden anteilmässig vereinigt und homogenisiert.

Reis/Teigwaren: 11 Muster Teigwaren und 15 Muster Reis wurden im Labor zubereitet und mit einem Anteil von 68 bzw. 32 % gemischt und homogenisiert.

Getreide und Getreideflocken: 19 Muster Buchweizen, Corn-Flakes, Goldhirse, Haferflöckli, Hartweizengriess, Maisgriess, Roggen, Rollgerste, Weizen wurden anteilmässig vereinigt und homogenisiert.

Kernobst: von 84 Mustern Äpfel und 36 Mustern Birnen aus in- und ausländischer Produktion wurde der essbare Anteil homogenisiert.

Steinobst: total 75 Muster Aprikosen, Kirschen, Pfirsiche/Nektarinen, Zwetschgen/Pflaumen und Mirabellen in- und ausländischer Herkunft. Der essbare Anteil wurde bis zur Analyse bei -20 °C tiefgefroren. Vor der Analyse wurden die Muster einzeln homogenisiert, anteilmässig gemischt und erneut homogenisiert.

Beerenobst: Erdbeeren/Himbeeren: 38 Muster, davon 36 Erdbeeren (14 CH, 22 Ausland) und 2 Himbeeren (1 CH, 1 Ausland) wurden über die Hauptsaison eingekauft, gewaschen und der essbare Anteil bis zur Analyse bei -20 °C tiefgefroren.

Vor der Analyse wurden die Muster einzeln homogenisiert, anteilmässig gemischt und erneut homogenisiert.

Trauben: 21 Muster Tafeltrauben (5 CH, 16 Ausland) wurden gewaschen und der essbare Anteil homogenisiert.

Zitrus- und Südfrüchte: total 65 Muster, bestehend aus Orangen (16), Bananen (12), Mandarinen/Klementinen (13), Zitronen (11), Grapefruits (7), Avocado (2), Ananas (3) und Feigen (1). Die Zitronen wurden ausgepresst, die anderen Früchte geschält, homogenisiert, anteilmässig zusammengefügt und erneut homogenisiert.

Fruchtsäfte: 19 Fruchtsäfte und 3 Fruchtnektare (Ananas, Grapefruits, Mango, Orangen, Zitronen, Mixgetränke exotischer Früchte) verschiedener Hersteller wurden anteilmässig gemischt und analysiert.

Kinderfruchtsäfte: 8 Proben verschiedener Hersteller wurden zu gleichen Teilen gemischt und analysiert.

Gemüse: Gemüse ohne Blattsalate und Kartoffeln: 68 Gemüseproben (Karotten, Tomaten, Tomatenkonzentrat, Ketchup, Blumenkohl, Broccoli, Bohnen, Kohlrabi, Weisskabis, Blaukabis, Rosenkohl, Rüb Kohl, Zwiebeln) frisch oder verarbeitet (Konserven oder Tiefkühlprodukte) wurden essfertig zubereitet, homogenisiert, anteilmässig gemischt und erneut homogenisiert.

Salat: 25 Proben in- und ausländischer Blattsalate (Cicorino, Eisbergsalat, Endivien, Feldsalat, Kopfsalat, Kresse, Mischsalat, Treibzichorien, Zuckerhut) wurden essfertig zubereitet, anteilmässig gemischt und homogenisiert (57 % Kopfsalat, 26 % Endivien, 17 % andere).

Kartoffeln: Total 26 Muster wurden erhoben. 22 Muster Kartoffeln verschiedener Sorten wurden gewaschen, geschält und mit wenig Wasser gegart und homogenisiert. 4 Muster zubereitete Frites wurden homogenisiert. Gegarte Kartoffeln (90 %) und Frites (10 %) wurden vereint und erneut homogenisiert.

Getränke: Kaffee, Schwarztee: 16 Portionen Bohnenkaffee und 3 Portionen Pulverkaffee sowie 16 Portionen Schwarztee wurden trinkfertig zubereitet, anteilmässig gemischt und analysiert.

Wein: Total 20 Weinproben (12 rot, 7 weiss, 1 rosé; 10 CH, 10 Ausland) wurden anteilmässig gemischt und analysiert.

Probenerhebung

Der Einsatz von Pestiziden hängt stark von den Produktionsbedingungen und damit vom Produktionsort und von den Jahreszeiten ab. Um dadurch bedingte Schwankungen der Rückstandsgehalte zu berücksichtigen, wurden bei den entsprechenden Warengruppen Proben zu verschiedenen Jahreszeiten erhoben. Zudem wurde das Verhältnis von Inlandproduktion zu Importprodukten mit berücksichtigt. Schliesslich wurde auch noch auf die Verteilung zwischen Lebensmitteln, die kurz nach der Produktion auf den Markt kommen und solchen, die erst nach längerer Lagerung verkauft werden, geachtet.

Transport und Lagerung

Die Lebensmittel wurden in den vom Handel verwendeten Verpackungsmaterialien eingepackt oder in Originalpackungen ins Labor transportiert. Zusätzliche Kontakte mit Kunststoffmaterialien oder anderen Kontaminationsquellen wurden strikte vermieden. Proben, die nicht in dem Zeitraum analysiert werden konnten, in dem sie normalerweise konsumiert werden, wurden aus der Verpackung entfernt, in Glasgefäße verpackt und tiefgefroren zwischengelagert.

Probenzubereitung

Bei der Zubereitung der Nahrung ändert auch deren Zusammensetzung. Durch Putzen, Rüsten und Waschen werden Fremdstoffe, die an der Oberfläche haften, unter Umständen weitgehend eliminiert. Sie können während der Lagerung oder bei der Zubereitung auch abgebaut oder chemisch verändert werden (durch Oxidation, Hydrolyse, thermische Zersetzung usw.) oder aufgrund ihrer Flüchtigkeit entweichen. Durch Übergang wasserlöslicher Stoffe in das Kochwasser können Stoffe zudem ganz oder teilweise verloren gehen, wenn das Wasser nicht zur Zubereitung der Speise mit verwendet wird. In dieser Untersuchung wurde den erwähnten Umständen so Rechnung getragen, dass die Lebensmittel möglichst so behandelt und zubereitet wurden, wie dies typischerweise in einem normalen Haushalt auch geschieht.

Methodenübersicht

Die Proben wurden nach der Methode von *Steinwandter* (15) mit einer Mischung von Aceton/Dichlormethan extrahiert und mittels Gelpermeationschromatographie und Extraktreinigung über Kieselgel (16, 17) gereinigt. Vom Eluat der Gelchromatographie wurde jeweils noch ein Aliquot (Rohextrakt) entnommen. Dieser Rohextrakt wurde auf stickstoff- oder phosphorhaltige Pestizide untersucht, die die anschließende Extraktreinigung über Kieselgel nicht oder nur teilweise passieren.

Zum Nachweis von Pentachlorphenol wurden mit Diazomethan die Methoxyderivate gebildet und nachgewiesen.

Die so gewonnenen Fraktionen wurden mit Kapillargaschromatographie an fused silica Säulen (30 m, 0,3 bzw. 0,53 mm i.D.) mit den Phasen DB-1, DB-210, RTX-200 und DB-17 und den selektiven Detektoren (ECD, NPD, FPD, MS) untersucht. Jeder gefundene Fremdstoff wurde auf mindestens zwei Säulen deutlich unterschiedlicher Polarität quantitativ und qualitativ bestimmt.

Die Einwaage betrug zwischen 100 g für fettarme Lebensmittel und 6 g für Butter und das Endvolumen der Extrakte 2 ml. Wenn die Reinheit des Extraktes dies erlaubte, wurden die Eluate nochmals um Faktor 10 konzentriert und erneut analysiert.

Mit dieser Methodik können einige hundert Pestizide empfindlich nachgewiesen werden. Voraussetzung ist allerdings eine möglichst umfassende Datenbank mit

genauen Retentionszeiten. Für diese Arbeit wurde die in (18) publizierten Daten verwendet und laufend ergänzt.

Bestimmungsgrenzen	Stoffe	Detektor
0,01–1 µg/kg	Organochlorpestizide	ECD
0,2–10 µg/kg	stickstoff- oder phosphorhaltige Pestizide	FPD, NPD

Bei Bedarf wurden die Extrakte nach (19) und (20) nachgereinigt.

Von den *polychlorierten Biphenylen* wurden die Kongenere BS28, BS52, BS101, BS138, BS153 und BS180 bestimmt.

Bestimmungsgrenze: 0,01–1 µg/kg.

Die Gruppe der *Dithiocarbamate* wurde nach dem Schweizerischen Lebensmittelbuch (21) kolorimetrisch als CS₂ bestimmt.

Bestimmungsgrenze: 20–200 µg/kg.

Die *Schalenbehandlungsmittel* Biphenyl, Carbendazim, o-Phenylphenol und Thiabendazol wurden nach dem Schweizerischen Lebensmittelbuch (22) durch HPLC mit einer C₁₈-Säule bzw. nach (23) bestimmt.

Bestimmungsgrenze: 20–50 µg/kg.

Speziell wurde auch auf *Weichmacher* geachtet. Dazu wurden für jede Lebensmittelgruppe Spezialanalysen mittels Kapillargaschromatographie und massenspektrometrischer Detektion im SIM-Modus durchgeführt. Erfasst wurden alle üblichen Phthalate, Tri-n- und Tri-iso-Butylphosphat sowie Diethylhexyladipat.

Bestimmungsgrenze: 5–300 µg/kg.

Bei allen analytischen Arbeiten wurden die in der Spurenanalytik unabdingbaren Gegebenheiten eingehalten (Reinigung der Lösungsmittel und Glaswaren, regelmässige Blindwertanalysen usw.), wie sie in (24) beschrieben sind.

Wiederfindung

Mit 12 Analysen von verstärkten Proben wurde für insgesamt 83 Fremdstoffe die Wiederfindung mit Zusätzen vom drei- bis zwanzigfachen der gefundenen Mengen bzw. der Bestimmungsgrenze zum Teil mehrfach bestimmt. Die mittlere Wiederfindung betrug für die meisten Stoffe 80–100 %, für flüchtige und schwer chromatographierbare Substanzen z.T. jedoch nur 60–80 %. Die Resultate wurden rechnerisch nicht nach der Wiederfindung korrigiert.

Resultate

Die in einer oder mehreren Proben nachgewiesenen Fremdstoffe sind in Tabelle 2 und 3 getrennt nach Lebensmitteln tierischer und pflanzlicher Herkunft wieder-

Tabelle 2

Rückstände in tierischen Lebensmitteln ($\mu\text{g/kg}$)

	Milch	Rahm	Butter	Joghurt	Käse	Eier	Schweinefleisch	Rindfleisch	Kalbfleisch	Geflügelfleisch	Charcuterie- und Fleischwaren	Schlachtnebenprodukte	Fisch
Adipat, bis-2-ethylhexyl-					2120		380	410	390	470	3200		
Chlorpyrifos					3,7				2,2				
DDE, p,p'-	0,23	1,8	5,4	0,15	2,3	1,6	0,90	0,91	0,42	0,63	4,0	0,32	3,5
DDT, p,p'-						0,40	0,30				1,1		0,60
Dieldrin						0,20	1,7	1,5	0,41	0,77		0,37	1,4
Endosulfan sulfat					2,1								
HCH, alpha-				0,06	1,2				0,08	0,20		0,10	0,40
HCH, beta-						0,40				0,27		0,30	
HCH, gamma-				0,13	1,6	0,30		0,12	0,10	0,37	0,20	0,20	0,59
Heptachlorepoxyd						0,40				0,40		2,8	0,60
Hexachlorobenzol	0,36	2,2	5,5	0,15	1,7	0,60	0,56	0,42	0,31	0,53	1,2	0,27	0,70
PCB BS028								0,05		0,10	0,14	0,05	0,30
PCB BS052							0,20	0,10		0,10		0,08	0,65
PCB BS101	0,03				0,17		0,15	0,10	0,05	0,15	0,22	0,10	0,95
PCB BS138	0,20	1,4	4,4	0,11	1,5	0,90	0,76	0,52	0,22	0,63	1,8	0,76	2,7
PCB BS153	0,25	1,8	5,7	0,16	1,8	1,1	0,92	0,63	0,35	0,73	1,9	0,75	3,1
PCB BS180	0,08	0,50	1,4	0,04	0,72	0,50	0,32	0,23	0,19	0,33	0,70	0,37	0,78
Pentachlorophenol				0,70			0,90	0,40	0,30	1,8		0,90	
Phthalat, bis-2-ethylhexyl-	15	250	1200	40	1230		160	300	380	570	480		110
Phthalat, bis-cyclohexyl-											27		
Phthalat, bis-ethyl-							20			10			
Phthalat, bis-isobutyl-								30			30		20
Phthalat, bis-n-butyl-	20		190		295			90	60		280	70	170

Tabelle 3

Rückstände in pflanzlichen Lebensmitteln ($\mu\text{g/kg}$)

	Brot	Getreideflocken	Reis/Teigwaren	Kernobst	Steinobst	Beerenobst	Zitrus- und Südfrüchte	Gemüse	Kartoffeln	Salat	Tee/Kaffee	Fruchtsäfte	Wein
Acephat				1,7	1,7	14				44			
Adipat, bis-2-ethylhexyl-			10	2300		3,8			17	10			
Anilin, pentachloro-										0,24			
Azinphos-methyl				8,8	25								
Bifenthrin						0,56							
Biphenyl							1						
Bromopropylat				15	6	4,2							
Captan				49	16	18							
Carbaryl					12								
Carbendazim						180							
Chlorothalonil					2,5								
Chlorpropham									170				
Chlorpyrifos	1,75		0,32	2,8	0,28	0,13	0,15		0,05			0,09	
Chlorpyri- fos-methyl	0,35		0,18		0,67	2,4							
Chlozolinat						1,5							
Cypermethrin				0,63						1,8			
DDE, p,p'-				0,01	0,04	0,09		0,02		0,10			
DDT, p,p'-	0,09		0,07	0,04	0,03								
Diazinon				0,03									
Dichlofluanid				3,5	0,04	30							
Dichlorvos						1							
Dicloran										4,5		0,02	
Dicofol					1,5								
Dieldrin					0,03				0,05				
Dimethoat				5,4	13	6,2							
Diphenylamin				0,63									

	Brot	Getreideflocken	Reis/Teigwaren	Kernobst	Steinobst	Beerenobst	Zitrus- und Süßfrüchte	Gemüse	Kartoffeln	Salat	Tee/Kaffee	Fruchtsäfte	Wein
Dithiocarbamate				46	31	75	15	100					
Endosulfan sulfat					0,30	0,38	0,10			3,7		0,09	
Endosulfan, alpha-					0,16	0,76							
Endosulfan, beta-					0,07	0,63							
Ethion				2,7									
Fenarimol						6,3							
Fenitrothion		8,3											
Fenoxycarb				0,73	0,65								
Fenpropathrin						5,4							
Folpet				96	0,95	32							
HCH, alpha-		0,33		0,01									
HCH, gamma-	0,07	0,12	0,04	0,08	0,04	0,32				1			
Hexachlorobenzol						0,01		0,01		0,06			
Iprodion				3,3	5,7	8,1							18,4
Jodfenphos	0,13												
Malathion						0,71					3,4		
Metalaxyl						2,1							7,4
Methamidophos										6			
Methidathion				0,19									
Methiocarb						18							
Myclobutanil						3,8							
Omethoat				0,53	4,4	5							
Oxadixyl						0,38							
Para-oxon						0,13							
Parathion				0,17	0,94	1,9							
Parathion-methyl				0,03		2,2							
PCB BS028				0,01		0,02							
PCB BS052						0,01							
PCB BS101				0,02						0,02			
PCB BS138				0,02						0,02			

	Brot	Getreideflocken	Reis/Teigwaren	Kernobst	Steinobst	Beerenobst	Zitrus- und Süßfrüchte	Gemüse	Kartoffeln	Salat	Tee/Kaffee	Fruchtsäfte	Wein
PCB BS153				0,01						0,01			
PCB BS180				0,01		0,01				0,01			
Pentachlorophenol				0,22	0,32	0,31		1					
Phenylmethylether, pentachloro-				0,09	0,06	0,01							
Phosalon				7,1	0,43	3,0							
Phosphat, tri-isobutyl-				1,1						2,3			
Phosphat, tri-n-butyl-				1,1									
Phthalat, bis-2-ethylhexyl-	70		70	57		120	30	70	76	280	8	40	
Phthalat, bis-ethyl-	20	6,0	20					10	9				
Phthalat, bis-isobutyl-	80	120	180	52	7,8				5		6		
Phthalat, bis-n-butyl-	790	2100	420	48		16	20		610	100			
Pirimicarb				4,7	0,11								
Procymidon					1,2	74							9,3
Propham									8				
Pyrazophos					2,4								
Pyrifenox					0,19								
Quinalphos					0,67								
Quintozen										0,06			
Tetradifon				0,29	0,43	0,19	0,09						
Triadimenol						1,9							
Vinclozolin				0,08	1,1	71				21			1,3

gegeben. Mit Ausnahme des Insektizids Chlorpyrifos wurden in tierischen Lebensmitteln ausschliesslich Organochlorkontaminanten und Weichmacher gefunden.

Diskussion

Die 80 quantitativ nachgewiesenen Fremdstoffe verteilen sich wie folgt auf die einzelnen Stoffklassen (Mehrfachnennungen):

Stoffklasse	Anzahl nachgewiesener Stoffe
Insektizide	36
Akarizide	25
Fungizide	24
Vorratsschutzmittel	14
Keimhemmmittel	2
Weichmacher	8
PCB-Kongenerne	6

Um die Pestizidexposition der Bevölkerung zu bewerten, wurden die Rückstände mit den in Tabelle 4 angegebenen ADI-Werten (akzeptierbare tägliche Aufnahme; acceptable daily intake) der WHO und anderen Quellen verglichen (Tabellen 5–7). Wo kein ADI-Wert verfügbar ist, wurde der TDI-Wert (duldbare tägliche Aufnahme; tolerable daily intake) oder der PTDI-Wert (provisorischer TDI) beigezogen.

Erfreulicherweise kann festgestellt werden, dass bei *Insektiziden/Akariziden* die ADI-Werte durchwegs zu weniger als einem Prozent, meist sogar zu weniger als einem Promille ausgeschöpft werden. Einzige Ausnahme bilden die Stoffe Dime-thoat und Omethoat. Hier wurde von der WHO der ADI im Jahr 1997 gegenüber 1996 wegen ungenügender Daten um Faktor 6 gesenkt. Dadurch stieg die Ausschöpfung von 0,2 auf 1,2 %. Umgekehrt verhält es sich bei Phosalon. Hier wurde wegen günstigerer Beurteilung der toxikologischen Daten der ADI-Wert 1997 gegenüber dem Vorjahr um Faktor 20 angehoben, so dass die Ausschöpfung von 1,1 auf 0,06 % gegenüber der Darstellung in (29) gesunken ist. Neben den vornehmlich in der Landwirtschaft eingesetzten Insektiziden und Akariziden wurden auch Wirkstoffe wie Malathion, Chlorpyrifos, Chlorpyrifos-methyl und Fenitrothion nachgewiesen, welche typischerweise auch bei der Entwesung und im Vorratsschutz gegen Lagerschädlinge verwendet werden.

Ebenso positiv fällt das Resultat bei den *Fungiziden* aus. Hier bilden die Dithiocarbamate eine Ausnahme und bedürfen einer besonderen Betrachtung.

Dithiocarbamate sind Stoffe mit einer ähnlichen Grundstruktur und damit einem ähnlichen Wirkungsmechanismus. Diese Stoffe sind analytisch nur schwer direkt zu erfassen. Sie haben aber als Gemeinsamkeit die Eigenschaft, dass sie unter sauren Bedingungen allen Schwefelkohlenstoff freisetzen. Dieser Schwefelkohlen-

Tabelle 4

ADI-Werte der Stoffe, die in dieser Studie nachgewiesen wurden

<i>Stoff</i>	<i>Quelle</i>	<i>Jahr</i>	<i>ADI¹</i>
Acephat	(25)	90	1800
Adipat, bis-2-ethylhexyl-	(26)		18000 ²
Azinphos-methyl	(25)	91	300
Bifenthrin	(25)	92	1200
Biphenyl	(27)		3000
Bromopropylat	(25)	93	1800
Captan	(25)	95	6000
Carbaryl	(25)	96	180
Carbendazim	(25)	95	1800
Chlorothalonil	(25)	92	1800
Chlorpropham	(27)	~	12000
Chlorpyrifos	(25)	82	600
Chlorpyrifos-methyl	(25)	92	600
Cypermethrin	(25)	81	3000
DDT; Summe	(25)	94	1200 ³
Diazinon	(25)	93	120
Dichlobenil	(28)	89	600 ²
Dichlofluanid	(25)	83	18000
Dichlorvos	(25)	93	240
Dicloran	(25)	77	1800
Dicofol	(25)	92	120
Dieldrin und Aldrin; Summe	(25)	94	6 ³
Dimethoat und Omethoat; Summe	(25)	96	120
Diphenylamin	(25)	84	1200
Endosulfan; Summe α -, β -sulfat	(25)	89	360
Ethion	(25)	90	120
Fenarimol	(25)	95	600
Fenitrothion	(25)	88	300
Fenoxycarb	(28)	92	2400 ²
Dithiocarbamate (als CS ₂)	(25)		90-1020
Ferbam		96	180
Mancozeb		93	1800

<i>Stoff</i>	<i>Quelle</i>	<i>Jahr</i>	<i>ADI'</i>
Maneb		93	1800
Metiram		93	1800
Propineb		93	420
Thiram		92	600
Zineb		93	1800
Ziram		96	180
Fenpropathrin	(25)	93	1800
Folpet	(25)	95	6000
HCH, gamma-	(25)	97	60
Heptachlor und Heptachlorepoxyd; Summe	(25)	94	6 ³
Hexachlorobenzol	(27)		48
Iprodion	(25)	95	3600
Malathion	(25)	97	18000
Metalaxyl	(25)	82	1800
Methamidophos	(25)	90	240
Methidathion	(25)	97	60
Methiocarb	(25)	87	60
Myclobutanil	(25)	92	1800
Parathion	(25)	95	240
Parathion-methyl	(25)	95	180
Pentachlorophenol	(27)		1800
Phenylphenol, 2-	(25)	90	1200
Phosalon	(25)	97	1200
Phosphat, tri-isobutyl-	(26)		3000
Phosphat, tri-n-butyl-	(26)		3000
Phthalat, bis-2-ethylhexyl-	(26)		3000
Phthalat, bis-cyclohexyl-	(26)		6000
Phthalat, bis-ethyl-	(26)		12000
Phthalat, bis-isobutyl-	(26)		3000
Phthalat, bis-n-butyl-	(26)		3000
Pirimicarb	(25)	82	1200
Procymidon	(25)	89	6000
Propham	(27)		1200

<i>Stoff</i>	<i>Quelle</i>	<i>Jahr</i>	<i>ADI¹</i>
Pyrazophos	(25)	92	240
Pyrifenox	(28)	91	5400 ²
Quinalphos	(27)		30
Quintozen	(25)	95	600
Thiabendazol	(25)	92	6000
Triadimenol	(25)	89	3000
Vinclozolin	(25)	95	600

¹ angegeben in µg/Mensch/Tag; für 60 kg Körpermasse

² TDI-Wert

³ PTDI-Wert

Tabelle 5
Ausschöpfung des ADI in % für Insektizide/Akarizide

<i>Fremdstoff</i>	<i>(%)</i>
Dimethoat + Omethoat	1,3
Methiocarb	0,80
Azinphos-methyl	0,59
Carbaryl	0,26
Ethion	0,19
Chlorpyrifos	0,11
Bromopropylat	0,09
Acephat	0,09
Endosulfan-Summe	0,07
Phosalon	0,06
Methamidophos	0,06
Dicofol	0,05
Parathion	0,04
Pyrazophos	0,04
Fenitrothion	0,04
Pyrimicarb	0,03
Parathion-methyl	0,03
Chlorpyrifos-methyl	0,02
Fenpropathrin	0,01
Malathion	0,003
Cypermethrin	0,003

Tabelle 6

Ausschöpfung des ADI in % für Fungizide

<i>Fremdstoff</i>	<i>(%)</i>
Dithiocarbamate (max.)	25
Dithiocarbamate (min.)	2,2
Vinclozolin	0,44
Carbendazim	0,26
Folpet	0,15
Iprodion	0,10
Captan	0,09
Metalaxyl	0,07
Procymidon	0,06
Pyrazophos	0,04
Fenarimol	0,03
Pentachlorophenol	0,03
Dichlofluanid	0,006
Dicloran	0,006
Chlorothalonil	0,006
Myclobutanil	0,006
Diphenylamin	0,005
Triadimenol	0,002

Tabelle 7

Ausschöpfung des ADI in % für Weichmacher

<i>Fremdstoff</i>	<i>(%)</i>
Phthalat, bis-n-butyl-	10
Phthalat, bis-2-ethylhexyl-	6
Adipat, bis-2-ethylhexyl-	3
Phthalat, bis-isobutyl-	1
Phthalat, bis-ethyl-	0,05
Phthalat, bis-cyclohexyl-	0,03
Phosphat, tri-isobutyl-	0,005
Phosphat, tri-n-butyl-	0,003

stoff kann analytisch relativ einfach erfasst werden. Diesem Umstand hat auch der Gesetzgeber Rechnung getragen, indem er eine Höchstkonzentration für Schwefelkohlenstoff festgelegt hat und damit gleich alle Dithiocarbamate regelt. Dabei ist es nun so, dass beim ADI für die verschiedenen Dithiocarbamate ein Unterschied von Faktor 10 besteht. Da man vom gefundenen Schwefelkohlenstoff keinen Rückschluss auf den ursprünglich vorhandenen Wirkstoff machen kann, ist eine Koppelung mit den ADI-Werten nicht möglich. Als Ausweg bleibt die Berechnung des günstigsten und des schlechtesten Falls. Rechnet man den gefundenen Schwefelkohlenstoff auf die Wirkstoffe Ziram bzw. Ferbam mit dem kleinsten ADI um, so ergibt sich eine Ausschöpfung von 25 %. Nimmt man dagegen Mancozeb, Maneb, Metiram oder Zineb als Basis, so wird der ADI nur zu 2,3 % ausgeschöpft. Da Mancozeb und Maneb die am häufigsten angewendeten Wirkstoffe aus dieser Stoffklasse sind, ist die zweite Rechnung wohl näher an der Wahrheit.

Es mag erstaunen, dass für die Salatproben keine Dithiocarbamatrückstände angegeben werden. Gemäss den Untersuchungen der kantonalen Laboratorien werden ja gerade hier immer wieder erhöhte Rückstände und Überschreitungen des Toleranzwertes festgestellt. Bei den Dithiocarbamaten wurden für Kopfsalat, Endivien und andere Blattsalate drei getrennte Bestimmungen vorgenommen, während die übrigen Pestizide in einer repräsentativ zusammengestellten Mischprobe bestimmt wurden. In Kopfsalat wurde 100 µg/kg CS₂ gemessen, was für diese Probe gerade der Nachweisgrenze entspricht. In den anderen beiden Proben lagen die Rückstände unter der Nachweisgrenze. Dies obwohl die Proben im Winter eingekauft worden sind, wenn bekannterweise erhöhte Rückstände auftreten (Treibhausproduktion).

Abbildung 1 zeigt, dass die Fungizide hauptsächlich über Obst aufgenommen werden. Dies erklärt sich unter anderem durch die Tatsache, dass diese Stoffe in vielen Kulturen gegen wichtige Krankheiten in breitem Ausmass und zum Teil bis relativ kurz vor der Ernte eingesetzt werden. Bei Gemüse findet durch Wegrüsten der meist stärker kontaminierten äusseren Pflanzenteile und durch Kochen eine Reduktion der Rückstände statt. Bei Früchten ist dies kaum der Fall, da diese oft nicht gerüstet und grösstenteils roh verzehrt werden.

Herbizide wurden keine nachgewiesen. Anwendungszeitpunkt und Anwendungsart führen hier dazu, dass kaum nennenswerte Rückstände dieser Stoffe in verzehrsfertigen Lebensmitteln vorkommen. Die gewählte Analytik ist allerdings für den Nachweis von sehr polaren Stoffen wie freie Säuren zu wenig empfindlich oder ungeeignet.

Die Abnahme der mittleren täglichen Zufuhrmengen an *Organochlorkontaminanten* in den letzten rund 20 Jahren anhand der Ergebnisse sämtlicher verfügbarer schweizerischer Studien ist in Abbildung 2 dargestellt. In Anbetracht des recht unterschiedlichen Ansatzes der Studie (30) mit Analysenproben aus schweizerischen Restaurants und Kantinen (31), fügen sich auch die Daten dieser Studie recht gut in das Gesamtbild ein. Diese heute nicht mehr zugelassenen Pestizide und deren Meta-

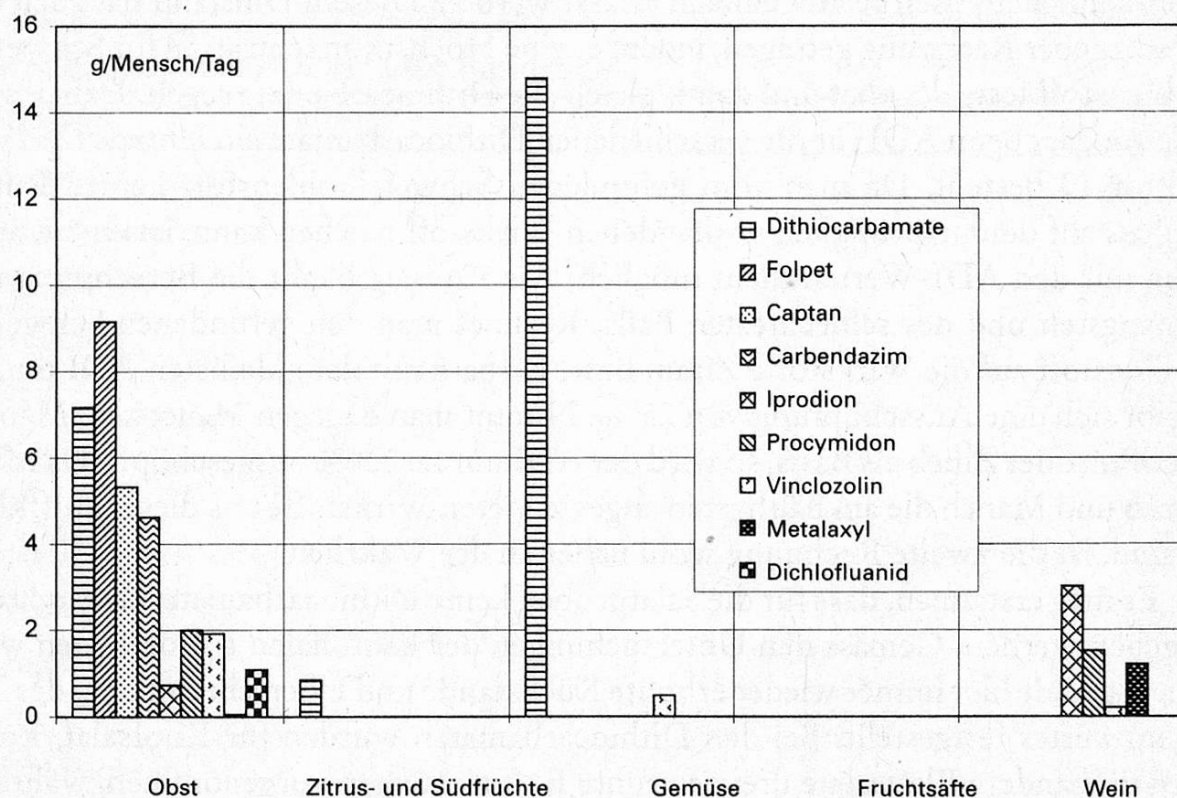


Abbildung 1 Aufnahme von Fungiziden über pflanzliche Lebensmittel

boliten werden seit rund 25 Jahren nicht mehr verwendet. Da es schwer abbaubare und lipophile Umweltschadstoffe sind, reichern sie sich in der Nahrungskette an und sind im Fettanteil von praktisch allen tierischen Lebensmitteln auch heute noch in Spuren nachweisbar. Die Rückstände in den tierischen Nahrungsmitteln haben in den letzten 20 Jahren jedoch stetig abgenommen. Für die Organochlor-kontaminanten kann aus den Resultaten von (12, 13) und dieser Studie eine «Halbwertszeit» der Zufuhrmengen für die Bevölkerung in der Schweiz im Bereich von 4 bis 7 Jahren abgeschätzt werden. Dies mit Ausnahme von p,p'-DDE (einem stabilen DDT-Abbauprodukt), wo sich eine Halbwertszeit von ca. 13 Jahren ableiten lässt.

Weichmacher wurden, ausgenommen bei Eiern und Wein, in allen Lebensmittelgruppen nachgewiesen. Dies ist unseres Wissens die erste Studie, die entsprechende Daten in diesem Umfang vorlegt. Bei den Phthalaten tragen hauptsächlich Bis-n-butyl-Phthalat (55 %; DBP) und Bis-2-ethylhexyl-Phthalat (37 %; DEHP) zur täglichen Zufuhr bei, während Bis-isobutyl-Phthalat (5 %), Bis-ethyl-Phthalat (1,5 %) und Bis-cyclohexyl-Phthalat (0,5 %) in deutlich geringeren Mengen vorkommen. Die Ausschöpfung des ADI von Weichmachern liegt deutlich höher als bei den Pestiziden. Dies gilt insbesondere für DEHP (6 %), DBP (10 %) und Bis-2-ethylhexyl-Adipat (3 %, DEHA). Obwohl diese Stoffe als Umweltkontaminanten seit langem bekannt sind, fehlen genauere Kenntnisse darüber, welche Quellen massgeblich zur mittleren Aufnahme beitragen. Weitere Arbeiten zur Klärung der Situation sind erforderlich.

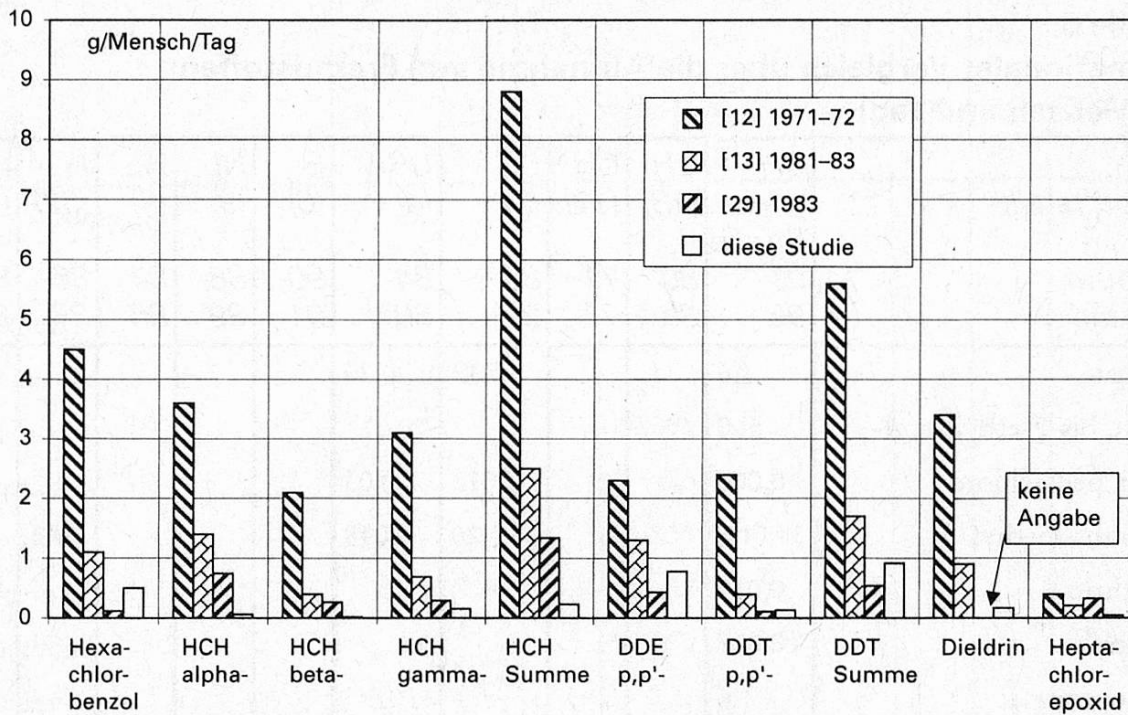


Abbildung 2 **Abnahme der Organochlorkontaminanten 1971-1996**

Die Rückstände an *polychlorierten Biphenylen* (PCB) haben gegenüber den Vorjahren weiter abgenommen. In den Studien (12) und (13) wurden die PCB noch über den Mustervergleich mit Aroclor 1254 und 1260 quantifiziert, während in der vorliegenden Studie neu die Kongenere 28, 52, 101, 138, 153 und 180 bestimmt wurden. Ein Vergleich mit den früheren Daten ist deshalb nur über Rechenmodelle möglich und daher mit einer recht grossen Ungenauigkeit verbunden. Es ist auch zu berücksichtigen, dass die Verzehrsmengen in (13) etwa 20 % höher sind und insbesondere tierische Nahrungsmittel stärker gewichtet sind, was insgesamt eine ca. 1,4mal höhere Aufnahme von PCB in (13) ergibt. Trotzdem kann man feststellen, dass die PCB-Rückstände weiter im Abnehmen sind.

Vergleich mit Studien anderer Länder

Ein Vergleich mit anderen Studien ist in der Regel schwierig, da die Unterschiede in der Zusammenstellung der Verzehrsmengen erheblichen Einfluss auf die Resultate haben und die analysierten Stoffe sowie die Nachweisgrenzen stark variieren. Daher lassen sich oft nur die am besten untersuchten Rückstände an Organochlorkontaminanten vergleichen. In Tabelle 8 werden die Daten der drei schweizerischen Studien und vergleichbarer neuster Studien anderer Länder einander gegenübergestellt. Die Zahl der aufgeführten Stoffe deutet darauf hin, dass diese Arbeit dank den tiefen Nachweisgrenzen zu den umfassendsten gehört.

Tabelle 8

**Internationaler Vergleich über die Aufnahme von Fremdstoffen
($\mu\text{g}/\text{Mensch und Tag}$)**

Land Literaturstelle	CH diese Studie	CH (13)	CH (12)	USA (3)	USA (4)	E (8)	NL (9)	NL (9)	I (32)	I (32)
Zeitraum der Studie	91- 96	80- 83	71- 72	86- 91	84- 86	90- 91	88- 89	84- 86	86- 87	80- 85
Acephat	1,6			0,47	0,26					3,8
Adipat, bis-2-ethylhexyl-	560									
Anilin, pentachloro-	0,006			0,012	0,03					
Azinphos-methyl	1,8			0,26	0,048				9,6	3,6
Bifenthrin	0,015									
Biphenyl	0,057									
Bromopropylat	1,6									
BS28 Biphenyl, 2,4,4'-trichloro-	0,019									
BS52 Biphenyl, 2,2',5,5'-tetrachloro-	0,023									
BS101 Biphenyl, 2,2',4,5,5'-pentachloro-	0,058									
BS138 Biphenyl, 2,2',3,4,4',5'- hexachloro-	0,50									
BS153 Biphenyl, 2,2',4,4',5,5'-hexachloro-	0,59									
BS180 Biphenyl, 2,2',3,4,4',5,5'- heptachloro-	0,20									
Σ PCB	3-5	7	5-84							
Captan	5,3	1,1		0,43	0,22					
Carbaryl	0,47			1,7	0,61				2,4	
Carbendazim	4,6									
Chlorothalonil	0,10	2,3		<0,006	<0,006					
Chlorpyrifos	0,69	0,60		0,23	0,23				0,84	
Chlorpyrifos-methyl	0,15	0,04		0,70	0,012				0,54	
Chlozolinat	0,041									
Cypermethrin	0,096									
DDE, p,p'-	0,78	1,3	2,3	0,71	0,90					

<i>Land Literaturstelle</i>	<i>CH diese Studie</i>	<i>CH (13)</i>	<i>CH (12)</i>	<i>USA (3)</i>	<i>USA (4)</i>	<i>E (8)</i>	<i>NL (9)</i>	<i>NL (9)</i>	<i>I (32)</i>	<i>I (32)</i>
<i>Zeitraum der Studie</i>	<i>91- 96</i>	<i>80- 83</i>	<i>71- 72</i>	<i>86- 91</i>	<i>84- 86</i>	<i>90- 91</i>	<i>88- 89</i>	<i>84- 86</i>	<i>86- 87</i>	<i>80- 85</i>
DDT Summe	0,91	1,7	5,6	0,74	0,92	0,2	1	2,7	1,6	
DDT, p,p'-	0,13	0,40	2,4	0,03	0,018	0,3				
Diazinon	0,003	0,10		0,22	0,11				0,24	2,5
Dichlofluanid	1,1	0,65								7,4
Dichlorvos	0,027			<0,006						
Dicloran	0,10			3,5	2,4					
Dicofol	0,061	1,7		0,31	0,51				37	
Dieldrin	0,17	0,90	3,4	0,17		0,5				
Dimethoat	1,2			0,32	0,22				8,6	
Diphenylamin	0,054			0,31						
Dithiocarbamate	23	34							240	290
Endosulfan sulfat	0,19			0,40	0,25					
Endosulfan, alpha-	0,027			0,14	0,078	0,1				
Endosulfan, beta-	0,019			0,31	0,12	0,1				
Ethion	0,23			0,23	0,11				0,48	
Fenarimol	0,17									
Fenitrothion	0,12			0,05	0,024				0,72	
Fenoxycarb	0,089									
Fenpropathrin	0,14									
Folpet	9,1	6,7		0,03						
HCH Summe	0,23	2,5	8,8	0,11	0,20	3				
HCH, alpha-	0,059	1,4	3,6	0,05	0,15	<0,1				
HCH, beta-	0,017	0,40	2,1			0,1				
HCH, gamma-	0,16	0,69	3,1	0,06	0,054	2,9			1,9	
Heptachlorepoxyd	0,047	0,21	0,4	0,05	0,102	<0,1				
Hexachlorobenzol	0,50	1,1	4,5	0,05	0,11	0,2	0,2	0,2		
Iprodion	3,8			0,05	0,012				0,84	15
Jodfenphos	0,018									
Malathion	0,62	2		4,2	4,8		1	5	9	15
Metalaxyl	1,3									
Methamidophos	0,14			0,85	0,50					

<i>Land Literaturstelle</i>	<i>CH diese Studie</i>	<i>CH (13)</i>	<i>CH (12)</i>	<i>USA (3)</i>	<i>USA (4)</i>	<i>E (8)</i>	<i>NL (9)</i>	<i>NL (9)</i>	<i>I (32)</i>	<i>I (32)</i>
<i>Zeitraum der Studie</i>	<i>91-96</i>	<i>80- 83</i>	<i>71- 72</i>	<i>86- 91</i>	<i>84- 86</i>	<i>90- 91</i>	<i>88- 89</i>	<i>84- 86</i>	<i>86- 87</i>	<i>80- 85</i>
Methidathion	0,016			0,012	0,018				0,24	
Methiocarb	0,48			0,06						
Myclobutanil	0,10									
Omethoat	0,36			0,24	0,16					
Oxadixyl	0,010									
Para-oxon	0,003			<,0060						
Parathion	0,10	<0,01		0,05	0,042				1,5	12
Parathion-methyl	0,061			<0,006	<0,006				0,36	2,3
Pentachlorophenol	0,31	2,5		0,04	0,94					
Phenylmethylether, pentachloro-	0,010	0,19								
Phosalon	0,71	0,56		0,03	0,14				4,7	12
Phosphat, tri-isobutyl-	0,15									
Phosphat, tri-n-butyl-	0,092				0,19					
Phthalat, bis-2-ethylhexyl-	196									
Phthalat, bis-cyclohexyl-	2,1									
Phthalat, bis-ethyl-	7,4									
Phthalat, bis-isobutyl-	29									
Phthalat, bis-n-butyl-	292									
Pirimicarb	0,40									
Procymidon	3,5	1,5			<0,006				82	
Pyrazophos	0,096									
Pyrifenox	0,008									
Quinalphos	0,027									
Quintozen	0,001	0,93		0,04	0,006					
Tetradifon	0,053			<0,006						
Triadimenol	0,051									
Vinclozolin	2,6	1,4		0,21	0,12				72	66

Zusammenfassung

Über die Nahrung nimmt der Mensch Pestizide und andere Fremdstoffe auf. Lebensmittel, die für die Schweizer Bevölkerung aufgrund der Verzehrsmengen ei-

nen wesentlichen Beitrag beisteuern könnten, wurden auf Fremdstoffe untersucht, so dass sich die mittlere tägliche Aufnahme abschätzen lässt. Mit der verwendeten Multimethode, die über 300 Pestizide erfassen kann, wurden 66 Pestizide und Pestizidmetaboliten, 8 Weichmacher und 6 PCB-Kongenere quantitativ nachgewiesen.

Gemessen an den ADI-Werten können die über die Nahrung aufgenommenen Mengen an Pestiziden und Organochlorkontaminanten in der Schweiz für die Jahre 1991–96 als gering eingestuft werden.

Zum ersten Mal wurden auch Weichmacher als weit verbreitete Kontaminanten in die Studie einbezogen. Aufgrund der Resultate zeigt sich, dass den Phthalaten vermehrt Beachtung geschenkt werden muss.

Interessant ist auch die Feststellung, dass Fungizide hauptsächlich über Obst aufgenommen werden. Dies steht im Widerspruch zu der gängigen Meinung, dass Wintersalate die wichtigste Quelle sind.

Résumé

Par la nourriture qu'il absorbe, l'être humain est exposé aux pesticides et autres substances étrangères. Les denrées alimentaires qui, d'après les statistiques, sont le plus consommées par la population suisse, ont été analysées quant à leur teneur en substances étrangères. On a ainsi décelé quantitativement la présence de 66 pesticides et métabolites de pesticides, 8 plastifiants et 6 congénères de PCB et on a pu déterminer l'ingestion moyenne journalière de ces substances. Comparées aux valeurs DJA (dose journalière admissible), les quantités de pesticides et de contaminants organochlorés ingérées en Suisse par le biais de la nourriture, dans les années 91 à 96, peuvent être considérées comme minimales.

Pour la première fois, une étude a tenu compte des plastifiants, en tant que contaminants largement répandus. Les résultats montrent qu'il faut davantage prêter attention aux phthalates.

Il est également intéressant de noter que ce sont les fruits qui constituent la source principale de fongicides, et non pas les salades consommées en hiver, comme on le pense généralement.

Summary «Pesticides and other Chemical Residues in Swiss Total Diet Samples»

Foodstuffs contribute to the total exposure of man to pesticides and other contaminants. To estimate the mean daily intake of such substances in Switzerland, during the period 1991 to 1996 a total of 36 ready-to-eat food samples representative for daily nutrition were analyzed with a multi residue method capable of detecting more than 300 contaminants. 66 different pesticides and pesticide metabolites, 8 plasticizers and 6 PCB-congeners were found and quantitatively determined.

For most pesticides and organochlorine contaminants the estimated daily intake was found to be much less than 1% of the corresponding ADI values.

Among the investigated plasticizers, the results obtained for phthalates are of particular interest. The highest value being 10 % of the ADI was found for bis-n-butyl-phthalate. This finding indicates that more attention should be drawn to this class of substances in future.

Interesting is the fact that the intake of fungicides from fruits is more important than from salad. This observation is in contrast to the opinion that salad in wintertime is the main source.

Key words

Pesticide residues, Contaminants, Total diet, Food

Literatur

- 1 Pennington, J.A.T. and Gunderson, E.L.: History of the food and drug administration's total diet study – 1961 to 1987. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* **70**, 772–782 (1987).
- 2 Pennington, J.A.T., Stephen, G.C. and Parfitt, C.H.: History of the food and drug administration's total diet study (Part II), 1987–1993. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* **79**, 163–170 (1996).
- 3 Gunderson, E.L.: FDA Total diet study, July 1986 – April 1991, dietary intakes of pesticides, selected elements, and other chemicals. *J. Assoc. Off. Anal. Chem. Int.* **78**, 1353–1363 (1995).
- 4 Gunderson, E.L.: Dietary intakes of pesticides, selected elements, and other chemicals: FDA total diet study, June 1984 – April 1986. *J. Assoc. Off. Anal. Chem. Int.* **78**, 910–921 (1995).
- 5 Shaw, I.C.: Annual report of the working party on pesticide residues (MAFF surveillance results). ISBN 0112430201 (1995).
- 6 Dejonckheere, W., Streubaut, W. et al.: Monitoring of pesticide residues in fresh vegetables, fruits and other selectet food items in Belgium, 1991–1993. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* **79**, 97–110 (1996).
- 7 Urieta, I., Jalón, M. et al.: Food surveillance in the Basque country (Spain) I. The design of a total diet study. *Food Addit. Contam.* **8**, 371–380 (1991).
- 8 Urieta, I., Jalón, M. and Eguileor, I.: Food surveillance in the Basque country (Spain) II. Estimation of the dietary intake of organochlorine pesticides, heavy metals, arsenic, aflatoxin M1 iron and zinc through the total diet study, 1990/91. *Food Addit. Contam.* **13**, 29–52 (1996).
- 9 Brussaard, J.H., van Dokkum, W. et al.: Dietary intake of food contaminants in the Netherlands (Dutch Nutrition Surveillance System). *Food Addit. Contam.* **13**, 561–573 (1996).
- 10 Anonym: Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV), Lebensmittel-Monitoring (1995), ISBN 3-931675- 19-X.
- 11 Anonym: Kaffee in Deutschland – Tee in Grossbritannien? Mitteilungen der technischen Universität München, Ausgabe 3 (1995/96).
- 12 Zimmerli, B. und Marek, B.: Die Belastung der schweizerischen Bevölkerung mit Pestiziden. *Mitt. Geb. Lebensmittelunters. Hyg.* **64**, 459–479 (1973).
- 13 Wüthrich, C., Müller, F., Blaser, O. und Marek, B.: Die Belastung der Bevölkerung mit Pestiziden und anderen Fremdstoffen durch die Nahrung. *Mitt. Geb. Lebensmittelunters. Hyg.* **76**, 260–276 (1985).
- 14 Erard, M., Dick, R. und Zimmerli, B.: Studie zum Lebensmittel-Pro-Kopf-Verzehr der Schweizer Bevölkerung. *Mitt. Geb. Lebensmittelunters. Hyg.* **77**, 88–130 (1986).
- 15 Steinwandter, H.: Universal 5 min on-line method for extracting and isolating pesticide residues and industrial chemicals. *Fresenius' Z. anal. Chem.* **322**, 752–754 (1985).
- 16 Specht, W. und Tillkes, M.: Gas-chromatographische Bestimmung von Rückständen an Pflanzenbehandlungsmitteln nach Clean-up über Gel-Chromatographie und Mini-Kieselgel-Säulen-Chromatographie. 3. Mitteilung. *Fresenius' Z. anal. Chem.* **301**, 300–307 (1980).

- 17 *Specht, W. und Tillkes, M.*: Gas-chromatographische Bestimmung von Rückständen an Pflanzenbehandlungsmitteln nach Clean-up über Gel-Chromatographie und Mini-Kieselgel-Säulen-Chromatographie. 5. Mitteilung. *Fresenius' Z. anal. Chem.* **322**, 443–455 (1985).
- 18 Anonym: Schweizerisches Lebensmittelbuch, Kapitel 46, Tabelle 46.2.1. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1991.
- 19 *Miles, J.R.W.*: Conversion of DDT and its metabolites to dichlorobenzophenones for analysis in the presence of polychlorinated biphenyls. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* **55**, 1039 (1972).
- 20 *Hadorn, H. und Zürcher, K.*: Säulenchromatographische Aufarbeitung chlorhaltiger Insektizid-Rückstände aus Käsefett und quantitative GC-Analyse. *Mitt. Geb. Lebensmittelunters. Hyg.* **61**, 141–170 (1970).
- 21 Anonym: Schweizerisches Lebensmittelbuch, Kapitel 46, Abschnitt 4.2.1. Gruppenmethoden für Dithiocarbamate, Kolorimetrische Methode. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1991.
- 22 Anonym: Schweizerisches Lebensmittelbuch, Kapitel 46, Abschnitt 4.11. Schalenbehandlungsmittel. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1991.
- 23 *Mestres, R., Campo, M. et Tourte, J.*: Recherche et dosage du thiabendazole dans les agrumes: fruits entiers – jus et pulpes. *Travaux de la Société de Pharmacie de Montpellier* **30**, 193–202 (1970).
- 24 Anonym: Schweizerisches Lebensmittelbuch, Kapitel 46, Abschnitt 1. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1991.
- 25 Anonymous: Joint FAO/WHO Food Standards Programme: Codex Alimentarius Volume 2B. Pesticide residues in food – Maximum residue limits. Second edition. ISBN 92-5-003821-6, FAO Rome 1996; pp. 23.
- 26 Anonymous: Commission of the European Communities, Synoptic-Dokument Nr. 7 (1994).
- 27 *Smith, R.L.*: Risk-based concentrations: prioritizing environmental problems using limited data. *Toxicology* **106**, 243–266 (1996).
- 28 Anonym: ADI-Werte und DTA-Werte für Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe. Ausgabe: 7 (Stand: 7.4.1997). *Bundesgesundheitsblatt* **5**, 179–181 (1997).
- 29 *Wüthrich, C.*: Rückstände von Pestiziden und anderen organischen Fremdstoffen (Kontaminanten) in Lebensmitteln. In: Bundesamt für Gesundheit (Hrsg.), *Vierter Schweizerischer Ernährungsbericht*, 120–130. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale 1998.
- 30 *Corvi, Cl., Majeux, C. et Vogel, J.*: Analyse de repas journaliers provenant de cantines et de restaurants suisses. *Trav. Chim. Aliment. Hyg.* **77**, 583–597 (1986).
- 31 *Zimmerli, B. und Knutti, R.*: Untersuchung von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben. *Mitt. Geb. Lebensmittelunters. Hyg.* **76**, 168–196 (1985).
- 32 *Leoni, V., Caricchia, A.M., Cremisini, C., Chiavarini, S., Fabiani, L., Morabito, R., Rodolico, S. und Vitali, M.*: Levels of pesticide residues in food: evaluation of data from total diet studies in Italy. *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, **58**, 411–422 (1995).

Korrespondenzadresse: Dr. A. Kuchen, Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Lebensmittelwissenschaft, Sektion Pestizide und Kunststoffe, CH-3003 Bern