

Zeitschrift: Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchungen und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène
Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit
Band: 95 (2004)
Heft: 5

Artikel: Probabilistische Expositionsabschätzung von Chlorpropham durch den Kartoffelkonsum
Autor: Brüscheweiler, Beat J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-981829>

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: 14.05.2025

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

Probabilistische Expositionsabschätzung von Chlorpropham durch den Kartoffelkonsum

Beat J. Brüscheiler, Bundesamt für Gesundheit, Sektion Lebensmitteltoxikologie, Zürich

Eingegangen 12. Mai 2004, angenommen 7. September 2004

Ausgangslage

Chlorpropham wird als Keimhemmungsmittel bei der Lagerung von Kartoffeln eingesetzt, um Qualitätseinbussen zu verhindern. Anhand der in den Jahren 2001–2003 erhobenen Chlorpropham-Rückstandsdaten, den aktuellen Verzehrshäufigkeiten von Kartoffeln in der Schweiz und den angenommenen Portionengrößen wird im folgenden die Chlorpropham-Exposition der Konsumenten in der Schweiz mit Hilfe eines probabilistischen Modells abgeschätzt. Der Vorteil der probabilistischen gegenüber der deterministischen Expositionsabschätzung liegt u.a. darin, dass sie die ganze Verteilung der Exposition der betrachteten Bevölkerung abbildet und eine Sensitivitätsanalyse der einzelnen Parameter erlaubt (1).

Es ist erst seit wenigen Jahren bekannt, dass Acrylamid in gebratenen, frittierten und gebackenen Kartoffeln gebildet wird (2). Acrylamid entsteht bei höheren Temperaturen durch Zerfall der freien Asparaginsäure, wozu zuerst die Reaktion mit Fructose oder Glucose nötig ist (3, 4). Der Asparagingehalt von Kartoffeln ist weitgehend konstant. Durch die Wahl von Kartoffeln mit wenig Fructose und Glucose kann die Acrylamid-Bildung vermindert werden. Es hat sich aber gezeigt, dass die Lagerung der Kartoffeln bei tiefen Temperaturen deren Fructose- und Glucosegehalt erhöht (5, 6). Die Empfehlungen der Behörden gehen deshalb dahin, rohe Kartoffeln nicht unterhalb von ca. 8–10°C zu lagern. Bei höheren Lagertemperaturen bilden sich in zunehmendem Masse Keime, was zu markanten Qualitätseinbussen, erhöhten Gehalten an Fructose und Glucose sowie an toxischen Glykoalkaloiden, insbesondere Solanin und Chaconin führen kann (7). Aus diesen Gründen dürften in Zukunft Keimhemmungsmittel wie z.B. Chlorpropham wieder vermehrt zum Einsatz kommen.

Chlorpropham: Biochemie und Wirkungsweise, physikalisch-chemische, toxikologische und gesetzliche Kenndaten

Chlorpropham (Isopropyl-(3-chlorphenyl)carbamat, Isopropyl-3-chlorcarbanilat, CIPC) ist ein Wachstumsregulator und ein selektives systemisches Herbizid und gehört wie Propham zur Substanzklasse der Carbamate (8) (Abbildung 1). Es inhibiert das Wurzel- und Keimwachstum, die Zellteilung, die Protein- und RNA-Synthese sowie die Respiration. Zudem interferiert es mit der oxidativen Phosphorylierung und Photosynthese und inhibiert die Aktivität der β -Amylase. Chlorpropham hat ein Molekulargewicht von 213,7 und trägt die CAS-Nummer 101-21-3. Der Schmelzpunkt liegt bei 38–41 °C, der Dampfdruck beträgt $2,46 \times 10^{-2}$ Pa (bei 25 °C) (9). Chlorpropham weist eine Wasserlöslichkeit von 170 mg/L (bei 25 °C) auf und der Logarithmus des n-Oktanol/Wasser-Verteilungskoeffizienten ($\log K_{ow}$) beträgt 3,4 (9).

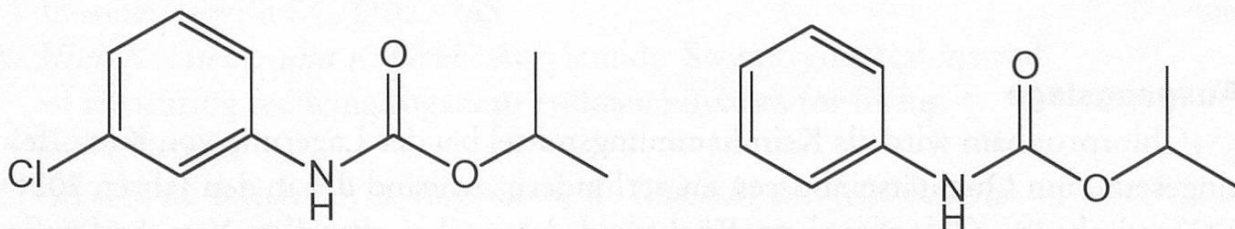


Abbildung 1 Chemische Struktur von Chlorpropham und Propham

Der orale LD_{50} -Wert von Chlorpropham liegt bei der Ratte im Bereich von >2000–4200 mg/kg Körpergewicht (KG) (10). Am FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (JMPR) im Jahr 2000 wurde die akute Referenzdosis (ARfD) bei 0,03 mg/kg KG/Tag und die akzeptierbare tägliche Aufnahme (ADI) bei 0–0,03 mg/kg KG/Tag festgelegt (11). Während der ADI die Dosis einer Verbindung angibt, welche täglich über die gesamte Lebensdauer via Nahrung oder Trinkwasser eingenommen werden kann, ohne dass dies mit einem nennenswerten gesundheitlichen Risiko verbunden wäre, bezieht sich die ARfD auf eine kurzzeitige Exposition, normalerweise auf eine Mahlzeit oder einen Tag. Der Wert von 0,03 mg/kg KG/Tag wurde aus einer 90-Tagesstudie mit Ratten hergeleitet, in welcher der NOAEL des kritischen Effekts von Chlorpropham, der Methämoglobinämie, bei 10 mg/kg KG/Tag lag (10). Das JMPR wendete einen Sicherheitsfaktor von 300 an. Es begründete dies damit, dass es sich bei der Methämoglobinämie um einen vorübergehenden Effekt handelt, bei welchem nach einer gewissen Expositionsdauer eine Adaptation erfolgt, weshalb die Tiere nicht erst nach 90 Tagen hätten untersucht werden sollen (10). Bei der Methämoglobinämie handelt es sich um einen hämatologischen Effekt, welcher bereits nach einer Einzeldosis auftreten und somit begründeterweise als Basis für die Herleitung einer ARfD dienen kann. In der

Zwischenzeit konnte jedoch bei anderen Verbindungen gezeigt werden, dass solche Effekte nicht notwendigerweise bereits durch eine Einzeldosis hervorgerufen werden. Das JMPR hat deshalb erkannt, dass Richtlinien zur Durchführung von Einzeldosisstudien für die Untersuchung von akuten hämatologischen Effekten erarbeitet werden sollten, damit adäquate ARfD-Werte hergeleitet werden können. Das britische Pesticide Residues Committee (PRC) hat bereits im Februar 2003 eine interimistische ARfD bei 0,25 mg/kg KG festgelegt (12).

In der Schweiz liegt der Toleranzwert von Chlorpropham in rohen, gewaschenen Kartoffeln bei 5 mg/kg (13). In den USA liegt die Höchstkonzentration (Tolerance Level Residues) bei 50 mg/kg (14). Das Codex Committee on Pesticide Residues (CCPR) der FAO/WHO schlägt in einem Entwurf aus dem Jahr 2004 eine maximale Höchstkonzentration (Maximum Residue Limit) von 30 mg Chlorpropham pro Kilogramm Kartoffeln vor (15), während in der EU eine Höchstkonzentration von 10 mg/kg in Diskussion ist.

Methodik

Chlorpropham-Rückstände in Kartoffeln

Für eine repräsentative Marktübersicht hat das Kantonale Labor Bern (KL BE) die Proben in Kartoffellagern der landwirtschaftlichen Genossenschaften des Kantons Bern erhoben, während das Kantonale Labor Basel-Land (KL BL) die Proben bei Grossverteilern und direkt bei Bauern im Kanton Basel-Land nahm. Die Kartoffeln wurden mit kaltem Wasser wie im Haushalt üblich gewaschen. Mindestens 20 Knollen wurden anschliessend homogenisiert. Zehn Gramm des Homogenats wurden mit Cyclohexan/Ethylacetat (1:1 v/v) extrahiert. Der Extrakt wurde durch Gelchromatographie an einer Bio Beads S-X3-Säule gereinigt. Nachweis und Quantifizierung erfolgte mittels GC-MSD (16). Von den 140 in den Jahren 2001–2003 erhobenen Messwerten liegt das geometrische Mittel in rohen, gewaschenen Kartoffeln bei 0,146 mg Chlorpropham pro Kilogramm (nachtsymmetrischer 95 %-Vertrauensbereich von 0,096–0,222 mg/kg) mit einem Maximalwert von 43 mg/kg. Bei 15 Proben (10,7 %) wurde der Toleranzwert von 5 mg/kg überschritten. Die Nachweisgrenze von Chlorpropham betrug 0,02 mg/kg (KL BE) bzw. 0,1 mg/kg (KL BL). Von den 92 Proben, welche durch das KL BE untersucht wurden, lagen 52 % unterhalb der Nachweisgrenze, bei den 48 untersuchten Proben des KL BL 62 %. In der Expositionsabschätzung wurden für Messdaten unterhalb der Nachweisgrenze die Hälfte der jeweiligen Nachweisgrenze, d.h. der Wert von 0,01 mg/kg bzw. 0,05 mg/kg angenommen.

Verzehrhäufigkeiten von Kartoffeln in der Schweiz

Im Jahr 2003 wurde ein privates Forschungsinstitut durch das BAG beauftragt, rund 1000 Personen in der Schweiz zu ihren Verzehrhäufigkeiten von Kartoffeln per Telefon zu befragen. Dazu wurden zwei verschiedene Befragungsarten verwen-

det: Food Frequency Questionnaire und 24h-Recall. Es wurde zwischen gekochten Kartoffeln (z.B. Salzkartoffeln, «Gschwellti», Kartoffelstock, Kartoffelsalat, Kartoffelsuppe), gebratenen Kartoffeln (in der Bratpfanne zubereitete, z.B. Rösti oder Bratkartoffeln), frittierten Kartoffeln (z.B. Pommes Frites oder Krokette), gebackenen Kartoffeln (z.B. Kartoffelgratin, Kartoffelwähe, Backblechkartoffeln wie Ofenfritten und Ofenkrokette) und Pommes Chips unterschieden.

Portionengrößen

Für die Simulation wurde eine mittlere Portionengröße von 150 g für gekochte, gebratene, frittierte und gebackene Kartoffeln angenommen und für Pommes Chips eine solche von 50 g. Im Weiteren wurde angenommen, dass diese Portionengrößen normalverteilt sind und Standardabweichungen aufweisen, welche 20 % des Mittelwerts entsprechen. Bei den Verteilungen für gekochte, gebratene, frittierte und gebackene Kartoffeln wurde das absolute Maximum bei jeweils 700 g festgelegt, bei Pommes Chips bei 350 g.

Verarbeitung

Der Verlust von Chlorpropham beim Rüsten (Schälen) und Kochen (Kochen, Braten, Frittieren, Backen) wurde in Szenario 1 nicht berücksichtigt. In Szenario 2 wurde ein Verlust von 40 %, d.h. ein Verarbeitungsfaktor von 0,6 angenommen, wie es vom britischen Pesticide Residues Committee (PRC) vorgeschlagen wurde (17). In Szenario 3 wurden die Verarbeitungsfaktoren des JMPR übernommen (18): bei den gebratenen und gebackenen Kartoffeln der Faktor 0,33 fürs Kochen und 0,027 fürs Schälen (d.h. insgesamt Faktor 0,0089), bei gekochten Kartoffeln zu 80 % beide Faktoren (0,0089) und zu 20 % nur der Faktor 0,33 (durch den Verzehr von ungeschälten «Gschwellti»), bei frittierten Kartoffeln zu 10 % der Faktor 0,15 (durch den Verzehr von ungeschälten Pommes Frites) und zu 90 % der Faktor 0,018, sowie bei Pommes Chips der Faktor 0,1.

Simulation

Mit Hilfe des Software-Packets @RISK (Version 4.5, Palisade Corporation, Newfield, NY, USA) wurde eine Simulation mit 5000 Iterationen durchgeführt, in welcher die tägliche Aufnahmemenge berechnet wurde. Diese setzt sich zusammen aus der Summe der Produkte von Chlorpropham-Rückständen mal Verzehrshäufigkeiten der einzelnen Kartoffelzubereitungen mal den entsprechenden Portionengrößen. Der Verzehr der verschiedenen Kartoffel-Zubereitungsarten (gekocht, gebraten, frittiert, gebacken, Pommes Chips) kann gleichzeitig an einem Tag erfolgen und wird als unabhängig voneinander angesehen. Bei den Chlorpropham-Rückständen und Kartoffel-Verzehrshäufigkeiten wurde mit den empirischen Daten gerechnet, während bei den Portionengrößen die parametrisierten Verteilungen verwendet wurden. Die Verzehrshäufigkeiten der verschiedenen Zubereitungen wurden als diskrete Variablen ins Modell implementiert. Die täglichen Aufnahme-

mengen wurden auf die Person und nicht auf das Kilogramm Körpergewicht bezogen, da keine Angaben zu den Personengewichten aus der Kartoffelverzehrserhebung vorlagen. Für den Vergleich mit der akzeptierbaren täglichen Aufnahmemenge wurde die Annahme gemacht, dass eine Person 60 kg wiegt.

Resultate

Berechnete Anzahl Tagesportionen von Kartoffelzubereitungen

Der Maximalwert der verzehrten Kartoffelzubereitungen, d.h. von gekochten, gebratenen, frittierten und gebackenen Kartoffeln sowie Pommes Chips zusammen, liegt nach 5000 Iterationen bei 4 Portionen pro Person und Tag, welche nur auf 0,06 % der Iterationen zutrifft. Bei 0,82 % der Iterationen werden 3 Portionen, bei 7,3 % 2 Portionen, bei 35,6 % 1 Portion und bei 56,2 % keine Portion einer Kartoffelzubereitung konsumiert. Der berechnete Mittelwert liegt nach 5000 Iterationen bei ca. 0,53 Portionen pro Person und Tag, welcher sich zusammensetzt aus 0,25 Portionen gekochten Kartoffeln, 0,12 Portionen gebratenen Kartoffeln, 0,05 Portionen frittierten Kartoffeln, 0,065 gebackenen Kartoffeln und 0,04 Portionen Pommes Chips.

Chlorpropham-Exposition

Zur Abschätzung der täglichen Exposition wurde mit allen 140 Rückstandswerten (Szenario A) gerechnet respektive ohne die Rückstandswerte, welche über dem Toleranzwert von 5 mg/kg liegen (Szenario B). Dabei wurde der Chlorpropham-Verlust während dem Rüsten und Kochen nicht berücksichtigt (Szenarien A1, B1) bzw. berücksichtigt (Szenarien A2, A3 und B2, B3). Die Resultate der Simulationen sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Basierend auf der ARfD von 0,03 mg/kg KG/Tag beträgt die akzeptierbare tägliche Aufnahme für eine 60 kg schwere Person 1,8 mg. Ohne Berücksichtigung des Chlorpropham-Verlusts während dem Rüsten/Kochen (Szenario A1) liegt die mittlere Exposition bei 0,13 mg, beim 99-Perzentil bei 1,86 mg (Abbildung 2). Die ARfD wird beim 98,88-Perzentil erreicht, unter Berücksichtigung eines Chlorpropham-Verlusts von 40 % beim Rüsten/Kochen (Szenario A2) beim 99,62-Perzentil. Unter Berücksichtigung der vom JMPR vorgeschlagenen Verarbeitungsfaktoren (Szenario A3) beträgt die mittlere Aufnahme nur noch 5,6 µg/Person/Tag, beim 99-Perzentil 0,15 mg/Person/Tag, was klar unterhalb der ARfD liegt. Die ARfD wird erst beim 99,98-Perzentil vollständig ausgeschöpft. Ohne Berücksichtigung der Rückstandswerte oberhalb des Toleranzwerts von 5 mg/kg (Szenario B) resultieren im Mittel und bei den hohen Perzentilen klar tiefere Chlorpropham-Expositionswerte (Abbildung 3). So wird ohne Berücksichtigung der Verarbeitungsfaktoren (Szenario B1) die ARfD erst beim 99,96-Perzentil erreicht.

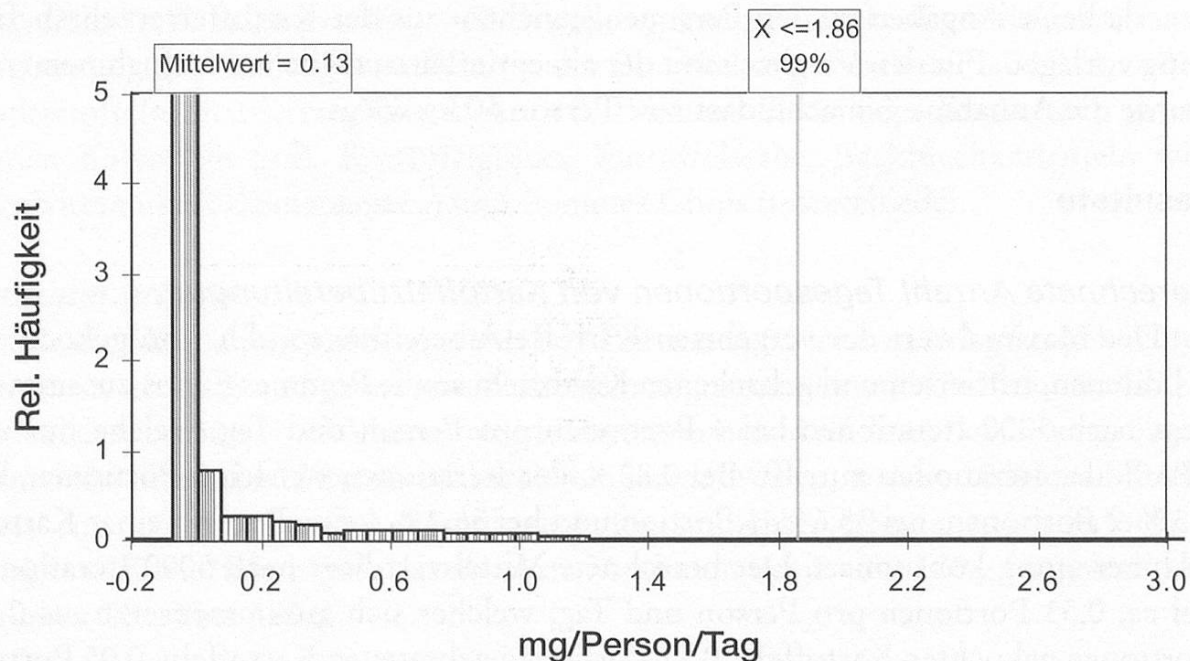


Abbildung 2 Verteilung der Chlorpropham-Exposition (Szenario A1).

Es wurden alle Rückstandswerte berücksichtigt und kein Chlorpropham-Verlust während dem Rüsten/Kochen angenommen. Das Diagramm zeigt einen Ausschnitt der ganzen Verteilung.

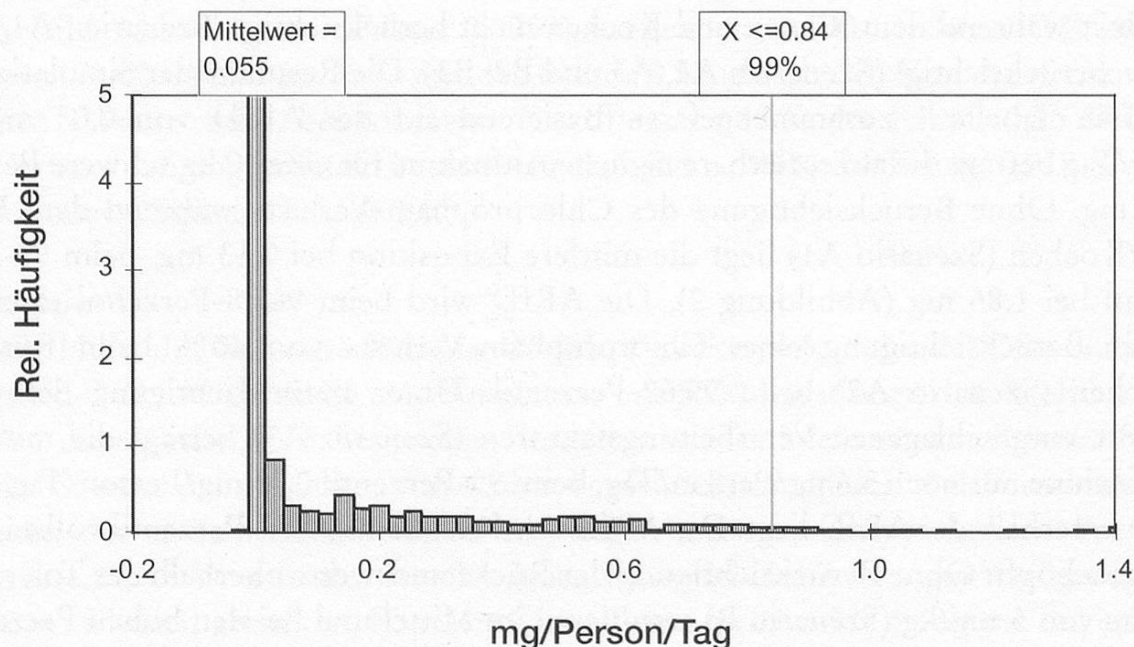


Abbildung 3 Verteilung der Chlorpropham-Exposition (Szenario B1).

Es wurden nur die Rückstandswerte unter dem Toleranzwert von 5 mg/kg berücksichtigt und kein Chlorpropham-Verlust während dem Rüsten/Kochen angenommen. Das Diagramm zeigt einen Ausschnitt der ganzen Verteilung.

Tabelle 1

Abschätzung der täglichen Chlorpropham-Aufnahmemengen über den Kartoffelverzehr in der Schweiz

Szenario	Mittelwert	95- Perzentil	99- Perzentil	99,5- Perzentil	99,9- Perzentil	Perzentil bei der ARfD (1,8 mg/Person/Tag)
A) alle Rückstandswerte:						
mg/Person/Tag						
A1) ohne Chlorpropham-Verlust beim Rüsten/Kochen	0,13	0,76	1,86	2,58	7,59	98,88-Perzentil
A2) mit Verarbeitungsfaktoren gemäss PRC [§]	0,077	0,51	1,16	1,45	4,48	99,62-Perzentil
A3) mit Verarbeitungsfaktoren gemäss JMPR ^Δ	0,0056	0,012	0,15	0,26	0,47	99,98-Perzentil
B) ohne Rückstandswerte > Toleranzwert (5 mg/kg):						
mg/Person/Tag						
B1) ohne Chlorpropham-Verlust beim Rüsten/Kochen	0,055	0,42	0,84	1,05	1,43	99,96-Perzentil
B2) mit Verarbeitungsfaktoren gemäss PRC [§]	0,033	0,27	0,52	0,61	0,91	–
B3) mit Verarbeitungsfaktoren gemäss JMPR ^Δ	0,0021	0,006	0,046	0,096	0,24	–

§: 40 % Verlust beim Rüsten/Kochen (Verarbeitungsfaktor=0,6) (siehe Referenz 17)

Δ: Bei gebratenen und gebackenen Kartoffeln wird der Verarbeitungsfaktor 0,33 fürs Kochen und 0,027 fürs Schälen (d.h. insgesamt Faktor 0,0089) verwendet, bei gekochten Kartoffeln zu 80 % beide Faktoren (0,0089) und zu 20 % nur der Faktor 0,33 (durch den Verzehr von ungeschälten «Gschwelli»), bei frittierten Kartoffeln zu 10 % der Faktor 0,15 (durch den Verzehr von ungeschälten Pommes Frites) und zu 90 % der Faktor 0,018, sowie bei Pommes Chips der Faktor 0,1 (siehe Referenz 18).

ARfD: Acute Reference Dose

JMPR: Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues

PRC: Pesticide Residue Committee U.K.

Beitrag der einzelnen Zubereitungsarten

In Abbildung 4 ist der Beitrag der einzelnen Zubereitungsarten zur gesamten Chlorpropham-Exposition unter Berücksichtigung der JMPR-Verarbeitungsfaktoren (Szenario A3) für den Mittelwert von 0,0056 mg/Person/Tag dargestellt. Mit einem Anteil von 78 % tragen gekochte Kartoffeln mit Abstand am meisten zur gesamten Chlorpropham-Exposition bei, während der Beitrag der anderen vier Zubereitungsarten weniger gewichtig ausfällt.

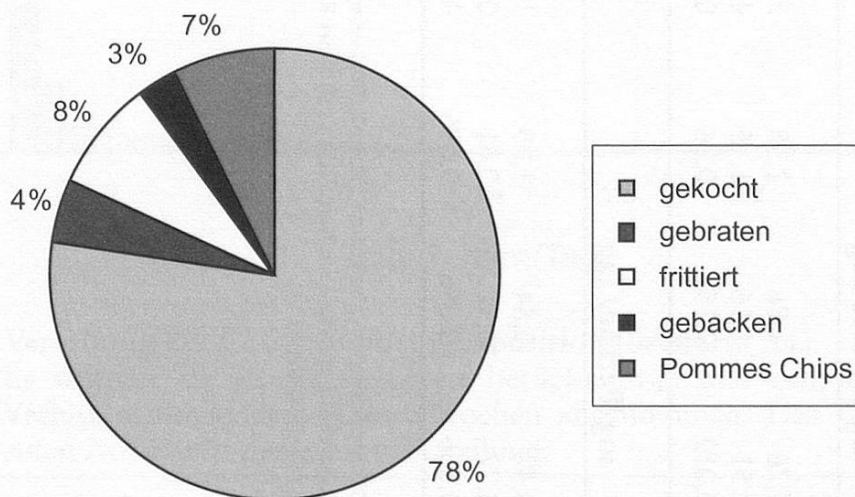


Abbildung 4 Beitrag der einzelnen Kartoffel-Zubereitungsarten auf die Chlorpropham-Aufnahme (Szenario A3).

Diese Beiträge gelten für die mittlere Aufnahme von 0,0056 mg/Person/Tag unter Berücksichtigung der JMPR-Verarbeitungsfaktoren.

Sensitivitätsanalyse

Eine Sensitivitätsanalyse für Szenario A1 zeigt, dass von den variablen Faktoren die Chlorpropham-Rückstandsdaten den grössten Einfluss auf die Verteilung der Chlorpropham-Exposition ausüben (Abbildung 5). Im Vergleich dazu ist der Einfluss von anderen variablen Faktoren, d.h. von den Verzehrshäufigkeiten und den Portionengrößen der verschiedenen Kartoffelzubereitungen deutlich geringer. Die Sensitivitätsanalyse von Szenario A3 unterscheidet sich nicht wesentlich von derjenigen von A1. Wie in Szenario B (Tabelle 1) aufgezeigt, wird mit der vollständigen Einhaltung des Toleranzwertes von 5 mg/kg eine wesentliche Reduktion der Aufnahmemengen erreicht, so dass für alle drei Szenarien (B1, B2, B3) ab dem 99,96-Perzentil die ARfD eingehalten werden kann.

Chlorpropham-Rückstände in Kartoffeln

Verzehrshäufigkeit von gekochten Kartoffeln

Verzehrshäufigkeit von gebratenen Kartoffeln

Verzehrshäufigkeit von gebackenen Kartoffeln

Verzehrshäufigkeit von frittierten Kartoffeln

Portionengrösse von gekochten Kartoffeln

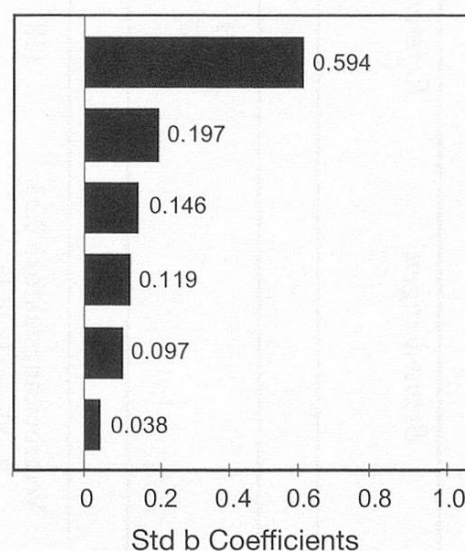


Abbildung 5 Sensitivitätsanalyse: Einfluss der wichtigsten variablen Faktoren auf die Verteilung der Chlorpropham-Exposition (Szenario A1).

Es wurden alle Rückstandswerte berücksichtigt und kein Chlorpropham-Verlust während dem Rüsten/Kochen angenommen.

Vergleich mit Gesamtverzehrstudien und anderen Expositionsabschätzungen

Die obigen Abschätzungen geben ein ergänzendes und aktualisiertes Bild zur Schweizer Gesamtverzehrstudie aus den Jahren 1991–1995, in welcher basierend auf einem Chlorpropham-Rückstand von 0,17 mg/kg in zubereiteten Kartoffeln und einer mittleren Kartoffel-Verzehrmenge von 132 g/Person/Tag eine tägliche Chlorpropham-Aufnahme von 22 µg pro Person ermittelt wurde (19). Bei einem Körpergewicht von 60 kg pro Person entspricht dies 0,37 µg/kg KG/Tag (Tabelle 2). In einer Gesamtverzehrstudie in Kanada aus dem Jahr 1998 lag die tägliche Aufnahme über alle Altersklassen bei 0,88 µg/kg KG/Tag. Am stärksten exponiert waren Kleinkinder im Alter zwischen 1–4 Jahren mit einer täglichen Aufnahme von 2,16 µg/kg KG/Tag (20) (Tabelle 2). Das JMPR hat für eine typische europäische Ernährungsweise eine langfristige tägliche Aufnahme (International Estimated Daily Intake=IEDI) von 14,5 µg/kg KG/Tag abgeschätzt (18) (Tabelle 2).

Zur Ermittlung der Kurzzeit-Aufnahmemenge hat das JMPR den International Estimated Short-Term Intake (IESTI) für den Fall 2a berechnet (21). Darin wird die Variabilität der Chlorpropham-Rückstände zwischen den einzelnen Kartoffelknollen mitberücksichtigt. Der Variabilitätsfaktor wurde bei 7 und die Chlorpropham-Höchstkonzentration bei 23 mg/kg festgelegt. Werden die vom JMPR ermittelten Verarbeitungsfaktoren fürs Schälen und Kochen eingesetzt, liegt die tägliche Aufnahme der Kleinkinder bei 12 µg/kg KG/Tag, wodurch die ARfD zu 40 % ausgeschöpft wird (18).

Tabelle 2

Vergleich mit Gesamtverzehrsstudien und anderen Expositionsabschätzungen

	<i>Jahr</i>	<i>Erwachsene</i> <i>µg/kg KG/Tag</i>	<i>Kinder</i> <i>µg/kg KG/Tag</i>	<i>Ausschöpfung des ADI</i> <i>bzw. der ARfD</i> <i>(30 µg/kg KG/Tag) %</i>	<i>Bemerkungen</i>	<i>Referenz</i>
<i>Gesamtverzehrsstudien:</i>						
Schweiz	1991–1995	0,37*		1,2 % (LZA)		(19)
Kanada	1998	0,88 [§]	2,16 (Kleinkinder)	2,9 % resp. 7,2 % (LZA)		(20)
<i>Expositionsabschätzungen:</i>						
Europäische Diät (gemäss GEMS/FOOD)	2001	IEDI: 14,5*		48 % (LZA)	Verarbeitungsfaktor=0,33 Rohkartoffeln (kein Verarbeitungsfaktor) gekochte Kartoffeln (Verarbeitungsfaktor=0,33) gekochte und geschälte Kartoffeln (Verarbeitungs- faktoren=0,33 × 0,029)	(18)
		IESTI: 467 ^Δ	IESTI: 1383 ^Δ	1560 % resp. 4610 % (KZA)		
		IESTI: 154 ^Δ	IESTI: 457 ^Δ	510 % resp. 1520 % (KZA)		
		IESTI: 4,1 ^Δ	IESTI: 12 ^Δ	14 % resp. 40 % (KZA)		
Schweiz	2001–2003					(vorliegende Studie)
– Szenario A1		Mittelwert: 2,17*		7,2 %	Rohkartoffeln (kein Verarbeitungsfaktor)	
		99-Perzentil: 31*		103,3 %		
– Szenario A2		Mittelwert: 1,28*		4,3 %	Verarbeitungsfaktor=0,6 gemäss PRC (17)	
		99-Perzentil: 19,3*		64,3 %		
– Szenario A3		Mittelwert: 0,093*		0,31 %	verschiedene Kartoffel- zubereitungen, Verarbeitungs- faktoren gemäss JMPR (18)	
		99-Perzentil: 2,5*		8,3 %		

*: Annahme, dass eine Person 60 kg schwer ist

§: über alle Altersklassen

Δ: für die Berechnung des IESTI wurden folgende Werte verwendet: HR (Highest Residue)=23 mg/kg; per capita large portion (Erwachsene)=686,7 g/Person; per capita large portion (Kinder)=279 g/Person; Körpergewicht (Erwachsene)=63 kg; Körpergewicht (Kinder)=14,5 kg; Unit weight edible portion=99 g; Variability factor=7

ADI: Acceptable Daily Intake

ARfD: Acute Reference Dose

GEMS/FOOD: Global Environment Monitoring System

IEDI: International Estimated Daily Intake

IESTI: International Estimated Short-Term Intake

JMPR: Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues

KZA: Kurzzeit-Aufnahme, bezogen auf ARfD

LZA: Langzeit -Aufnahme, bezogen auf ADI

Diskussion

Unter Berücksichtigung der JMPR-Verarbeitungsfaktoren und unter der Annahme, dass eine Person 60 kg schwer ist, liegen die berechneten täglichen Aufnahmemengen im Mittel und beim 99-Perzentil deutlich unterhalb der ARfD des JMPR (Szenario A3), welche erst beim 99,98-Perzentil erreicht wird. Allerdings dürfte bei Kindern und Jugendlichen die mittlere Aufnahme, bezogen auf das Körpergewicht, etwas höher liegen. Da die ARfD von 0,03 mg/kg KG/Tag aufgrund von konservativen Annahmen hergeleitet wurde, kann aus der Expositionsabschätzung gefolgert werden, dass kein gesundheitliches Risiko für die allgemeine Bevölkerung besteht.

Die täglichen Chlorpropham-Aufnahmemengen wurden basierend auf den Verzehrsgewohnheiten von ca. 1000 Konsumenten in der Schweiz berechnet. Im Expositionsmodell wurde die Annahme gemacht, dass der Verzehr der fünf verschiedenen Kartoffel-Zubereitungsarten (gekocht, gebraten, frittiert, gebacken und Pommes Chips) probabilistisch und unabhängig voneinander erfolgt. Für den Kreis der Konsumenten, welche systematisch mehrere unterschiedliche Kartoffelzubereitungsarten am Tag verzehren, müsste die Chlorpropham-Aufnahme gesondert berechnet werden.

Wie obige Simulationen zeigen, sind die abgeschätzten Aufnahmemengen stark von der Wahl der Verarbeitungsfaktoren abhängig. In der Literatur finden sich beträchtliche Unterschiede zwischen den angegebenen Verarbeitungsfaktoren (9, 17, 18, 20, 24). Das JMPR hat die Verarbeitungsfaktoren für Chlorpropham bei der Kartoffelverarbeitung am detailliertesten analysiert und dokumentiert, weshalb diese am fundiertesten erscheinen (9, 18). Es stellt sich jedoch die Frage, inwieweit diese Faktoren für alle Verarbeitungsarten repräsentativ sind. Um diese Unsicherheit in der Expositionsabschätzung zu minimieren, wäre eine genauere Charakterisierung der Verarbeitungsfaktoren für Schweizer Verhältnisse nützlich.

Der Zusammenhang zwischen Kühllagerung von Kartoffeln, der damit verbundenen erhöhten Fructose- und Glucose-Gehalten und der erhöhten Acrylamid-Bildung beim Braten, Backen und Frittieren wurde erst vor kurzem aufgeklärt. Sollte in den kommenden Jahren vermehrt auf die Kartoffel-Kühllagerung verzichtet werden, dürften Keimhemmungsmittel wie Chlorpropham verstärkt zum Einsatz gelangen. Es wird interessant sein zu beobachten, wie sich die Chlorpropham-Rückstände in Kartoffeln in den nächsten Jahren entwickeln werden. Aus diesem Grunde sollte der Kontrolle der Keimhemmungsmittel in den nächsten Jahren besondere Beachtung geschenkt werden. In der Schweiz wurden im Jahr 2002 70300 t Kartoffelprodukte und 173800 t Kartoffeln für den Frischkonsum umgesetzt. Kartoffeln für Kartoffelprodukte werden seit mehreren Jahren zu 90 % nicht mehr kühl gelagert. Bei den Kartoffeln für den Frischkonsum, welche zum Backen und Frittieren bestimmt sind, wird von der Kühllagerung auf Keimhemmungsmittel umgestellt (22).

In der Schweiz werden verschiedene Formulierungen von Keimhemmungsmitteln mit Chlorpropham als Wirkstoff angeboten (23). Dabei wird zwischen drei verschiedenen Anwendungsweisen unterschieden: i) der Heissvernebelung, ii) der Spritzapplikation auf Förderbändern und iii) der Staubapplikation. Während sich die flüssigen Formulierungen für die ersten beiden Applikationen bei den Grossanwendern (z.B. in den Lagern der landwirtschaftlichen Genossenschaften) durchgesetzt haben, werden die Staubformulierungen iii) bei den Bauern im kleineren Massstab eingesetzt. Die gesetzliche Wartefrist nach der letzten Chlorpropham-Anwendung bis zum Konsum der Kartoffeln beträgt für alle drei Anwendungsarten vier Wochen. Im Gegensatz zu den beiden ersten Applikationen dürfte bei Anwendung iii) eine homogene Verteilung des Wirkstoffs nur schwierig zu erreichen sein. Die beanstandeten Proben können jedoch nicht einer bestimmten Anwendungsweise zugeschrieben werden.

Danksagung

Der Autor bedankt sich bei den Kantonalen Laboratorien Bern und Basel-Land für das Zurverfügungstellen der Chlorpropham-Rückstandsdaten, O. Blaser (BAG) für die Unterstützung, C. Wüthrich, J. Zarn und J. Schlatter (alle BAG) für Anregungen und kritisches Durchlesen des Manuskripts.

Zusammenfassung

Chlorpropham wird als Keimhemmungsmittel bei der Lagerung von Kartoffeln eingesetzt. Mit Hilfe eines probabilistischen Modells wurde die Chlorpropham-Exposition der Schweizer Konsumenten über den Verzehr von Kartoffeln abgeschätzt. Als Datenbasis dienten die im Jahr 2003 von rund 1000 Schweizer Konsumenten erhobenen Kartoffel-Verzehrhäufigkeiten sowie 140 in den Jahren 2001 bis 2003 von den Vollzugsorganen erhobene Rückstandsdaten. Unter Berücksichtigung der Verarbeitungsfaktoren, welche vom FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (JMPR) vorgeschlagen worden sind, liegt die berechnete tägliche Aufnahmemenge im Mittel bei 0,0056 mg/Person/Tag und beim 99-Perzentil bei 0,15 mg/Person/Tag. Das JMPR hat eine akute Referenzdosis (ARfD) von 0,03 mg/kg Körpergewicht/Tag festgelegt, was bei einer 60 kg schweren Person einer täglichen Aufnahme von 1,8 mg entspricht. Aus der probabilistischen Expositionsabschätzung geht hervor, dass diese ARfD erst beim 99,98-Perzentil vollständig ausgeschöpft wird. In Anbetracht dessen, dass die ARfD konservativ hergeleitet wurde, ist kein gesundheitliches Risiko für die allgemeine Bevölkerung in der Schweiz erkennbar. Die berechneten Aufnahmemengen sind stark abhängig von den verwendeten Verarbeitungsfaktoren, bei welchen beträchtliche Unterschiede in der Literatur festgestellt wurden, weshalb hier noch Klärungsbedarf für die verschiedenen Kartoffelzubereitungen besteht. In den kommenden Jahren dürfte die Kühlagerung wegen dem erhöhten Risiko der Acrylamid-Bildung an Bedeutung verlieren und als Folge davon Keimhemmungsmittel wie z.B. Chlorpropham in verstärktem Masse zum

Einsatz gelangen. Es wird deshalb empfohlen, die Entwicklung der Rückstände von Chlorpropham und anderen Keimhemmungsmitteln in Kartoffeln in den kommenden Jahren genau zu verfolgen.

Résumé

Le chlorprophame (CIPC) est utilisé dans la conservation des pommes de terre en tant qu'inhibiteur de germination. L'exposition au CIPC que la consommation de ce tubercule engendre pour la population suisse a fait l'objet d'un modèle d'évaluation probabiliste basée sur deux éléments: d'une part, la fréquence de consommation de plats à base de pommes de terre, recensée auprès d'un millier de consommateurs suisses en 2003; d'autre part, un total de 140 occurrences de résidus de CIPC identifiés par les organes d'exécution de 2001 à 2003 sur des pommes de terre crues. Sur la base des facteurs de traitement préconisés par la réunion conjointe FAO/OMS sur les résidus de pesticides (JMPR), la dose journalière ingérée est en moyenne de 0,0056 mg/personne/jour, et de 0,15 mg/personne/jour au 99^e percentile. La JMPR a fixé une dose de référence aiguë (DRfA) de 0,03 mg/kg de poids corporel/jour, correspondant à une ingestion quotidienne de 1,8 mg pour une personne pesant 60 kg. L'évaluation probabiliste de l'exposition au CIPC montre que la DRfA n'est entièrement atteinte qu'au 99,98^e percentile. La DRfA ayant été fixée de façon conservatrice, on ne peut en déduire aucun risque pour la santé de la population en Suisse. Le calcul des doses ingérées est fortement fonction des facteurs de traitement, entre lesquels la littérature constate des différences marquées; il y a donc lieu d'étudier les différents modes de préparation des plats à base de pommes de terre de façon plus circonstanciée. Ces prochaines années, on peut s'attendre à voir régresser la conservation à froid, car ce mode de stockage engendre un risque accru de formation d'acrylamide au stade de la cuisson. Le traitement antigerminatif, à base de CIPC, par exemple, devrait de ce fait gagner du terrain. D'où la recommandation d'assurer le suivi des résidus de CIPC et d'autres inhibiteurs de germination sur les pommes de terre au cours des années à venir.

Summary "Probabilistic exposure assessment for chlorpropham through potato consumption"

Chlorpropham is applied as sprouting inhibitor in potato storage. In this study, the probabilistic intake to chlorpropham for Swiss consumers was assessed based on recent food frequency data of approximately 1000 Swiss consumers for potato dishes and 140 chlorpropham residual data in raw potatoes which had been analysed by two cantonal laboratories between 2001 and 2003. Applying the processing factors which had been proposed by the FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (JMPR), the mean daily intake was 0.0056 mg per person and the 99th percentile 0.15 mg per person. The JMPR had derived an acute reference dose (ARfD) of 0.03 mg/kg body weight/day corresponding to 1.8 mg per day for a person weighing 60 kg. As result, the ARfD is reached at the 99.98th percentile. Taking into

account that the ARfD had been derived under conservative consumptions, the general population in Switzerland is not at critical risk. The calculated exposure strongly depends on the applied processing factors which differ markedly in the literature. To minimize this uncertainty in the exposure assessment, the processing factors may be characterized in more detail for the different potato products and dishes. It had been shown that more acrylamide is formed during cooking of potatoes which had been stored at cold temperature. For that reason, fewer potatoes might be stored in cold-storage depots in the future, while sprouting inhibitor like chlorpropham may be applied in increasing amounts. It is recommended to monitor the residues of chlorpropham and other sprouting inhibitors in potatoes in the coming years.

Key words

Chlorpropham residues in potatoes, sprouting inhibitors, probabilistic intake assessment, storage of potatoes

Referenzen

- 1 Kroes R., Muller D., Lambe J., Lowik M. R., van Klaveren J., Kleiner J., Massey R., Mayer S., Urieta I., Verger P. and Visconti A.: Assessment of intake from the diet. *Food Chem. Toxicol.* **40**, 327–385 (2002)
- 2 Tareke E., Rydberg P., Karlsson P., Eriksson S. and Tornqvist M.: Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *J Agric. Food Chem* **50**, 4998–5006 (2002)
- 3 Mottram D.S., Wedzicha B.L. and Dodson A.T.: Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature* **419**, 448–449 (2002)
- 4 Stadler R.H., Blank I., Varga N., Robert F., Hau J., Guy P.A., Robert M.C. and Riediker S.: Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature* **419**, 449–450 (2002)
- 5 Biedermann M., Noti A., Biedermann-Brem S., Mozzetti V. and Grob K.: Experiments on acrylamide formation and possibilities to decrease the potential of acrylamide formation in potatoes. *Mitt. Lebensm. Hyg.* **93**, 668–687 (2002)
- 6 Noti A., Biedermann-Brem S., Biedermann M., Grob K., Albisser P. and Realini P.: Storage of potatoes at low temperature should be avoided to prevent increased acrylamide formation during frying or roasting. *Mitt. Lebensm. Hyg.* **94**, 167–180 (2003)
- 7 JECFA – Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Solanine and chaconine. WHO Food Additives Series **30**, 339–372 (1993)
- 8 British Crop Protection Council. The Pesticide Manual. 11th Edition. p. 233–234 (1997)
- 9 JMPR – Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. Chlorpropham. Pesticide residues in food – 2001. Evaluations 2001. Part I – Residues. FAO **171**, 21–89 (2000)
- 10 JMPR – Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. Pesticide residues in food – 2000. Evaluations 2000. Part II – Toxicological. WHO/PCS/01.3, 3–59 (2000)
- 11 JMPR – Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. Pesticide residues in food – 2000. FAO plant production and protection paper **163**, 40–44 (2000)
- 12 PRC – Pesticide Residues Committee U.K. Chlorpropham in potatoes. <http://www.pesticides.gov.uk/prc.asp?id=786> (February 2003)
- 13 Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (Fremd- und Inhaltsstoffverordnung, FIV) vom 26. Juni 1995, Stand 21. Mai 2002. SR 817.021.23.
- 14 U.S.EPA: Reregistration Eligibility Decision (RED). Chlorpropham. EPA 738-R-96-023. <http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDs/0271red.pdf> (October 1996)

- 15 CCPR – Codex Committee on Pesticide Residues. Draft and proposed draft maximum residue limits in foods and feeds at steps 7 and 4. Joint FAO/WHO Food Standard Programme. CX/PR 04/5 (March 2004)
- 16 Wenger B.: Persönliche Mitteilung. KL BE. (17.3.2004)
- 17 PRC – Pesticide Residues Committee U.K. Final minutes of the meeting on 30 April 2003. www.pesticides.gov.uk/prc.asp?id=116 (2003)
- 18 JMPR – Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. Report of the 2001 Joint FAO/WHO. Meeting of Experts. p. 32–40 and Annex 4 (2001)
- 19 Kuchen A., Müller F., Farine M., Zimmermann H., Blaser O. und Wüthrich C.: Die mittlere tägliche Aufnahme von Pestiziden und anderen Fremdstoffen über die Nahrung in der Schweiz. Mitt. Lebensm. Hyg. 90, 78–107 (1999)
- 20 Rawn D.F.K., Cao X.-L., Doucet J., Davies D.J., Sun W.-F., Dabeka R.W. and Newsome W.H.: Canadian total diet study in 1998: Pesticide levels in foods from Withehorse, Yukon, Canada, and corresponding dietary intake estimates. Food Additives Contam. 21, 232–250 (2004)
- 21 WHO: Acute hazard exposure assessment for chemicals in food. http://www.who.int/foodsafety/chem/acute_data/en/ (2004)
- 22 Angaben von Swisspatat (22.3.2004)
- 23 Bundesamt für Landwirtschaft. Pflanzenschutzmittelverzeichnis 2003. http://www.blw.admin.ch/pflanzenschutzverz/pb_home_d.html (1.11.2003)
- 24 Newsome W.H., Doucet J., Davies D. and Sun W.F.: Pesticide residues in the Canadian market basket survey – 1992–1996. Food Additives Contam. 17, 847–854 (2000)

Korrespondenzadresse: Dr. Beat Brüscheiler, Bundesamt für Gesundheit,
Sektion Lebensmitteltoxikologie, Stauffacherstrasse 101, CH-8004 Zürich,
E-mail: beat.bruescheiler@bag.admin.ch