



AUFNAHME VON ACRYLAMID ÜBER LEBENSMITTEL

EXPOSITIONSABSCHÄTZUNG DER ÖSTERREICHISCHEN
BEVÖLKERUNG

LISTE DER AUTOR/INNEN

D. HOFSTÄDTER*, J. LÜCKL, K. MARCHART, U. ALDRIAN, L. STADLMÜLLER

Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit
Fachbereich Daten, Statistik und Risikobewertung,
Abteilung Risikobewertung & Abteilung Statistik und Analytische Epidemiologie
Spargelfeldstraße 191, 1220 WIEN
Zinzendorfsgasse 27, 8010 Graz

Wir bedanken uns bei den KollegInnen des Bereiches Lebensmittelsicherheit für die Bereitstellung der Analysedaten.

Der Bericht wurde nach den Vorgaben der Barrierefreiheit erstellt. Unser Dank gilt Fr. MIKA Sonja für die redaktionelle Arbeit zur Barrierefreiheit.

Juni 2017

ZUSAMMENFASSUNG

Im Jahre 2002 wurde Acrylamid von schwedischen Wissenschaftlern erstmals in erhitzten, stärke- reichen Lebensmitteln nachgewiesen. Es wirkt im Tierversuch krebserregend und schädigt das Erbgut. Seine Wirkung auf den Menschen ist jedoch nicht abschließend geklärt.

Die Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit hat die Acrylamidgehalte in Lebensmitteln über lange Zeit untersucht und basierend auf den Daten der Jahre 2007 bis 2015 die Aufnahme von Acrylamid über Lebensmittel für die österreichische Bevölkerung abgeschätzt.

Für Erwachsene beträgt die durchschnittliche tägliche Gesamtaufnahme an Acrylamid 0,15 µg/kg KG/Tag. Der Vielverzehrer nimmt 1,57 µg/kg KG/Tag auf. Kartoffelchips und Lebkuchen tragen am meisten zur Gesamtexposition bei. Bei Kindern liegt die durchschnittliche tägliche Aufnahme des Kollektivs mit 0,29 µg/kg KG/Tag etwa doppelt so hoch wie bei Erwachsenen. Der Vielverzehrer bei Kindern nimmt 1,77 µg/kg KG/Tag auf. Wie auch bei den Erwachsenen leisten Kartoffelchips den größten Beitrag an der Gesamtexposition über Lebensmittel. Bei den Kindern sind es hingegen Pommes frites, die mit 22 % am zweit meisten zur Acrylamidaufnahme beitragen.

Zieht man den BMDL₁₀ von 0,43 mg/kg KG/Tag für neurologische Effekte heran, sind sowohl für Erwachsene als auch für Kinder, selbst bei den Vielverzellern, gesundheitliche Bedenken nicht zu erwarten. Zieht man den BMDL₁₀ von 0,17 mg/kg KG/Tag für neoplastische Effekte (Tumorbildung) heran, liegen die MOE-Werte selbst bei durchschnittlicher Exposition der Erwachsenen sowie der Kinder unter dem MOE von 10.000. Auf Basis dieser Ergebnisse sind gesundheitliche Bedenken für die Bevölkerung nicht auszuschließen.

Schlüsselwörter: Acrylamid, Exposition, Erwachsene, Kinder, Risikocharakterisierung

ABSTRACT

In 2002, acrylamide was first discovered by Swedish scientists in heated, starchy food products. Acrylamide has been found to cause cancer in animals in laboratory tests. Evidence on the effect of dietary exposure on human health remains inconclusive.

Monitoring of acrylamide in food has been ongoing since 2007. Based on the analytical results within the period 2007-2015, human dietary exposure to acrylamide has been evaluated.

Mean and 95th percentile dietary acrylamide exposure were estimated at 0.15 µg/kg body weight per day and 1.57 µg/kg body weight per day for the adult population. The two main contributors to total dietary exposure are potato chips and gingerbread. For children, mean and 95th percentile dietary acrylamide exposure were estimated at 0.29 µg/kg body weight per day and 1.77 µg/kg body weight per day. Potato chips and French fries are the two main contributors to total dietary exposure for children.

BMDL₁₀ values of 0.43 mg/kg body weight per day for peripheral neuropathy in rats and of 0.17 mg/kg body weight per day for neoplastic effects in mice were selected by the European Food Safety Authority. The current levels of dietary exposure to acrylamid are not of concern with respect to non-neoplastic effects. The margins of exposure indicate a concern for neoplastic effects based on animal evidence.

Keywords: acrylamide, exposure, adults, children, risk characterization

INHALT

1	EINLEITUNG	1
2	ALLGEMEINER TEIL	2
2.1	EU-Programm – nationale Programme	2
3	SPEZIELLER TEIL	4
3.1	Entstehung und Vorkommen	4
3.2	Biotransformation	4
3.3	Toxizität	4
3.3.1	Genotoxizität	5
3.3.2	Kanzerogenität	5
3.3.3	Humanstudien	5
3.3.4	Ableitung eines gesundheitsbezogenen Wertes	5
4	MATERIAL UND METHODEN	7
4.1	Expositionsabschätzung	7
4.1.1	Auftrittsdaten	7
4.1.2	Verzehrdaten	8
4.1.3	Exposition - Methodik	8
4.2	Risikocharakterisierung	8
4.2.1	Methodik der MOE-Kalkulation	8
5	ERGEBNISSE UND DISKUSSION	9
5.1	Auftrittsdaten	9
5.2	Exposition	10
5.3	Vergleich mit EFSA	13
5.4	Ergebnisse der MOE-Kalkulation	14
5.5	Vergleich mit EFSA	15
5.6	Qualitative Beschreibung der Unsicherheiten	16
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN	17
7	LITERATURVERZEICHNIS	18

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Relativer Anteil der Warengruppen an der Acrylamid-Gesamtaufnahme (Erwachsene)	11
Abbildung 2:	Relativer Anteil der Warengruppen an der Acrylamid-Gesamtaufnahme (Kinder)	13
Abbildung 3:	Durchschnittliche tägliche Acrylamidaufnahme der österreichischen Bevölkerung	14

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	EU-Richtwerte für Acrylamid	3
Tabelle 2:	Acrylamidgehalte in µg/kg in Lebensmitteln (AGES, 2016)	9
Tabelle 3:	Durchschnittliche tägliche Acrylamidaufnahme für Erwachsene (µg/kg KG/Tag)	10
Tabelle 4:	Durchschnittliche tägliche Acrylamidaufnahme für Kinder (in µg/kg KG/Tag)	12
Tabelle 5:	MOE-Kalkulation für den Durchschnittsverzehrer mit dem BMDL ₁₀ 0,43 mg/kg KG/Tag	15
Tabelle 6:	MOE-Kalkulation für den Vielverzehrer mit dem BMDL ₁₀ 0,43 mg/kg KG/Tag	15
Tabelle 7:	MOE-Kalkulation für den Durchschnittsverzehrer mit dem BMDL ₁₀ 0,17 mg/kg KG/Tag	15
Tabelle 8:	MOE-Kalkulation für den Vielverzehrer mit dem BMDL ₁₀ 0,17 mg/kg KG/Tag	15

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AGES	Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
BG	Bestimmungsgrenze
BMD	Benchmark Dose
BMDL	Benchmark Dosis Lower Confidence Limit
CYP2E1	Cytochrom P450 2E1
EFSA	European Food Safety Authority
EG	Europäische Gemeinschaft
EU	Europäische Union
FDE	FoodDrinkEurope
FG	Frischgewicht
IARC	International Agency for Research on Cancer
KG	Körpergewicht
LB	Lower Bound
Max	Maximum
MB	Medium Bound
MoE	Margin of Exposure
Min	Minimum
n	Anzahl
N7-GA-Gua	N7-Guanin-Addukt
P90	90tes Perzentil
P95	95tes Perzentil
TDI	Tolerable Daily Intake/ tolerierbare tägliche Aufnahme
UB	Upper Bound
WHO	World Health Organisation
µg/kg KG/Tag	Mikrogramm pro Kilogramm Körpergewicht pro Tag
µg/kg	Mikrogramm pro Kilogramm

1 EINLEITUNG

Im Jahre 2002 wurde Acrylamid von schwedischen Wissenschaftlern erstmals in erhitzten, stärke-reichen Lebensmitteln nachgewiesen. Es wirkt im Tierversuch krebserregend und schädigt das Erbgut. Von der internationalen Agentur für Krebsforschung (IARC, International Agency for Research on Cancer) der WHO (World Health Organisation) wurde Acrylamid als „*wahrscheinlich krebserregend für den Menschen*“ (Gruppe 2A) eingestuft (IARC, 1994). Seine Wirkung auf den Menschen ist allerdings noch nicht abschließend geklärt.

Um das Risiko für den Verbraucher zu reduzieren, sind seit Veröffentlichung der schwedischen Untersuchungsergebnisse zahlreiche Maßnahmen auf europäischer Ebene ergriffen worden. Die Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) hat die Acrylamidgehalte in Lebensmitteln über lange Zeit untersucht. Im Zeitraum 2007 bis 2015 wurden 506 Proben gezogen und analysiert. Die Auswahl der Proben erfolgte entsprechend den Empfehlungen der Kommission. Basierend auf diesen Daten wurde die Aufnahme von Acrylamid für die österreichische Bevölkerung abgeschätzt. Im vorliegenden Bericht wurde die Aufnahme über Lebensmittel berücksichtigt. Auf die inhalative Exposition wurde nicht eingegangen.

2 ALLGEMEINER TEIL

2.1 EU-Programm – nationale Programme

Höchstgehalte für Acrylamid in Lebensmitteln wurden bislang nicht festgelegt.

Im Jahre 2007 wurde jedoch auf Basis der Empfehlung der Kommission (2007/331/EG) ein 3-jähriges Überwachungsprogramm zu Acrylamid in Lebensmitteln gestartet. Ziel der Empfehlung war es, zuverlässige Daten zu erheben, vor allem im Hinblick auf jene Lebensmittel, die bekanntermaßen höhere Gehalte aufweisen bzw. die wesentlich zur ernährungsbedingten Aufnahme der Gesamtbevölkerung sowie bestimmter Bevölkerungsgruppen beitragen.

Parallel dazu wurde vom europäischen Verband der Lebensmittelindustrie (FDE – FoodDrinkEurope) die Acrylamid-Toolbox veröffentlicht. Dieser Leitfaden beschreibt sämtliche Parameter, die für eine Absenkung des Acrylamidgehaltes in Lebensmitteln wichtig sind und die der Hersteller zu berücksichtigen hat.

Aus der Zusammenstellung der Überwachungsdaten der Jahre 2007 bis 2009 durch die EFSA (European Food Safety Authority) war kein konsistenter Trend einer Senkung der Acrylamidgehalte ersichtlich (EFSA 2011). Folglich wurde die Datenerfassung im Jahre 2010 durch die Veröffentlichung der EU-Empfehlung (2010/307/EU) auf unbestimmte Zeit verlängert.

In der Empfehlung der Kommission vom 10. Jänner 2011 wurden die Maßnahmen zur Senkung der Acrylamidgehalte in Lebensmitteln durch die Einführung von Richtwerten erweitert und in der Empfehlung der Kommission vom 8. November 2013 aktualisiert (Tabelle 1). Die Richtwerte sind für einzelne Produktkategorien festgelegt und stellen keine Sicherheitsgrenzwerte bzw. Höchstgehalte dar. Bei Überschreitung eines Richtwertes sollen die Behörden gemeinsam mit den Lebensmittelunternehmern die Ursache für die erhöhten Gehalte identifizieren und Produktions- und Verarbeitungsverfahren prüfen.

Tabelle 1: EU-Richtwerte für Acrylamid

Lebensmittel	Richtwert (µg/kg)
Verzehrfertige Pommes frites	600
Kartoffelchips aus frischen Kartoffeln und aus Kartoffelteig	1.000
Cracker auf Kartoffelbasis	
Weiches Brot	
a) Brot auf Weizenbasis	80
b) Weiches Brot, ausgenommen Brot auf Weizenbasis	150
Frühstückszerealien (ausgenommen Porridge)	
- Kleieprodukte und Vollkornzerealien, gepuffte Körner	400
- Produkte auf Weizen- und Roggenbasis	300
- Produkte auf Mais-, Hafer-, Dinkel-, Gerste- und Reisbasis	200
Kekse und Waffeln	500
Cracker, ausgenommen Cracker auf Kartoffelbasis	500
Knäckebrötchen	450
Lebkuchen	1.000
Den anderen Produkten in dieser Kategorie ähnlichen Produkte	500
Gerösteter Kaffee	450
Instant-Kaffee (löslicher Kaffee)	900
Ersatzkaffee	
a) Ersatzkaffee hauptsächlich auf Getreidebasis	2.000
b) anderer Ersatzkaffee	4.000
Beikost für Säuglinge und Kleinkinder, außer auf Getreidebasis	
a) ohne Pflaumen	50
b) mit Pflaumen	80
Kekse und Zwieback für Säuglinge und Kleinkinder	200
Getreidebeikost für Säuglinge und Kleinkinder, ausgenommen Kekse und Zwieback	50

3 SPEZIELLER TEIL

3.1 Entstehung und Vorkommen

Acrylamid gehört zur chemischen Gruppe der Amide. Die Substanz selbst ist ein weißes, geruchloses, kristallines Pulver und ist in Wasser, Ethanol und Ether löslich (BfR, 2013).

Im Jahre 2002 wurde es von einer schwedischen Arbeitsgruppe erstmals in einer Vielzahl von Lebensmitteln nachgewiesen (Tareke et al., 2002). Es entsteht beim Backen, Rösten und Frittieren von stärkehaltigen Lebensmitteln und gilt als „food borne toxicant“. Für die Bildung von Acrylamid entscheidend ist die Anwesenheit von reduzierenden Zuckern (Glukose, Fruktose), der Aminosäure Asparagin sowie eines geringen Wassergehaltes im Produkt. Die Kohlenstoffkette des Acrylamids geht dabei aus der Aminosäure hervor, was auf die Maillardreaktion hinweist (BfR, 2004). Besonders hohe Gehalte an Acrylamid können in Kartoffelprodukten wie Kartoffelchips und Pommes frites, in Zerealien, in Brot oder in Kaffee gefunden werden (EFSA, 2011). Eine nicht unbedeutende Expositionsquelle stellt das Zigarettenrauchen dar. Diese inhalative Exposition wurde jedoch in vorliegendem Bericht nicht berücksichtigt.

Unter Einwirkung großer Hitze auf Lebensmittel wie Kartoffeln oder Getreide kann neben dem Acrylamid auch Glycidamid entstehen. Diese Mengen sind jedoch sehr gering im Vergleich zu jenen, die im Körper aus Acrylamid umgewandelt werden können (BfR, 2008).

3.2 Biotransformation

Nach oraler Aufnahme wird das Acrylamid, das nicht kovalent an die Lebensmittelmatrix gebunden ist, absorbiert und im Körper in unterschiedliche Gewebe und Organe verteilt. Es kann die Plazentaschranke passieren und findet sich in geringen Mengen auch in der Muttermilch wieder (EFSA, 2015). Metabolisiert wird das Acrylamid durch Konjugation mit Glutathion zu Merkaptursäuren sowie durch Epoxidierung durch das Cytochrom P450 2E1 (CYP2E1) zu Glycidamid. Die Epoxidierung zu Glycidamid gilt als die verantwortliche Substanz für die genotoxischen und kanzerogenen Effekte des Acrylamids. *In vitro* und bei Versuchstieren konnten DNA-Addukte von Glycidamid nachgewiesen werden, die als Biomarker für die Acrylamidexposition angesehen werden. Das N7-Guanin-Addukt (N7-GA-Gua) gilt als das bedeutendste. In Versuchstieren finden sich diese Glycidamid-DNA-Addukte in verschiedenen Geweben, obwohl das CYP2E1 vorwiegend in der Leber lokalisiert ist (EFSA, 2015).

Kovalente DNA-Addukte von Acrylamid wurden in chemischen Reaktionen gebildet, jedoch konnten diese weder *in vivo* noch *in vitro* in tierischem oder humanem Gewebe nachgewiesen werden (EFSA, 2015).

Die Elimination von Acrylamid und Glycidamid erfolgt durch Konjugation mit Glutathion zu Glutathion-Addukten und in weiterer Folge zu Merkaptursäuren von Acrylamid und Glycidamid, die über den Urin ausgeschieden werden. Die Merkaptursäuren sind der bedeutendste Metabolit und ihre Konzentration im Urin gilt als Biomarker für die Acrylamidexposition (EFSA, 2015). Weitere wichtige Biomarker sind Hämoglobin-Addukte. Das Glycidamid wird zudem durch Epoxid-Hydrolasen zu Glyceramid hydrolysiert und gemeinsam mit den Mercaptursäuren über den Urin ausgeschieden (BfR, 2013).

3.3 Toxizität

Aus experimentellen Tierversuchen wurden die Neurotoxizität, nachteilige Effekte auf die männliche Fortpflanzung sowie auf die prä- und postnatale Entwicklung und die Kanzerogenität als mögliche kritische Endpunkte für die Toxizität von Acrylamid identifiziert.

Die Nervenschädigung sowie die Entwicklungstoxizität sind Wirkungen, die erst oberhalb bestimmter Acrylamidbelastungen auftreten. Die mit der Nahrung aufgenommenen Mengen an Acrylamid liegen unterhalb dieser Wirkschwellenbereiche (BfR, 2004). Im Vordergrund stehen die genotoxischen und kanzerogenen Wirkungen von Acrylamid bzw. von Glycidamid, das als die hauptverantwortliche Substanz für diese Wirkungen gilt (EFSA, 2015).

3.3.1 Genotoxizität

Genotoxizitätsstudien *in vitro* zeigen, dass Acrylamid in Säugetierzellen ein schwaches Mutagen, aber ein wirksames Klastogen ist. Glycidamid ist ein starkes Mutagen und Klastogen. Es induziert Mutationen über einen DNA-Addukt-Mechanismus. *In vivo* ist das Acrylamid eindeutig genotoxisch in somatischen Zellen und Keimzellen. Es übt seine Mutagenität über die Epoxidierung durch CYP2E1 zu Glycidamid aus (EFSA, 2015).

3.3.2 Kanzerogenität

Die kanzerogene Wirkung von Acrylamid zeigte sich in Tierversuchen an männlichen und weiblichen Mäusen und Ratten. Bei Ratten entwickelten sich Adenome, Fibroadenome und Fibrome der Brustdrüse, der Schilddrüse sowie der Hoden. Bei Mäusen wurden Tumore der Brust- und Harderschen Drüse, der Lunge, Eierstöcke, Haut und Magen beobachtet (EFSA, 2015).

Glycidamid erhöhte die Inzidenz von Neoplasmen der Hoden, Schilddrüse, Herz und Mundhöhle sowie Leukämie bei männlichen Ratten und von Brustdrüse, Schilddrüse, Mundhöhle und Vormagen sowie Leukämie bei weiblichen Ratten. Bei männlichen Mäusen wurde eine erhöhte Inzidenz von Neoplasmen der Harderschen Drüse, der Lunge, der Haut und des Vormagens beobachtet, bei weiblichen Mäusen auch noch zusätzliche Neoplasmen der Brustdrüsen (EFSA, 2015).

Basierend auf der Übereinstimmung der Tumorstellen zwischen Acrylamid und Glycidamid kann gefolgert werden, dass die karzinogene Aktivität von Acrylamid auf ihre metabolische Umwandlung in Glycidamid zurückzuführen ist (EFSA, 2015).

3.3.3 Humanstudien

Von der IARC wurde Acrylamid als „wahrscheinlich krebserregend für den Menschen“ (Gruppe 2A) eingestuft (IARC, 1994). Seine Wirkung auf den Menschen ist allerdings noch nicht abschließend geklärt.

Die EFSA hat in ihrer Stellungnahme des Jahres 2015 zahlreiche epidemiologische Studien zur Erkrankung an verschiedenen Krebsarten im Zusammenhang mit einer Acrylamidaufnahme bewertet. In diesen Studien wurde kein erhöhtes Risiko der häufigsten Krebserkrankungen (Gastrointestinaltrakt, Atemwege, Brust, Prostata, Blase) in Verbindungen mit der Acrylamidaufnahme über die Nahrung beobachtet. Einige Studien deuteten auf ein erhöhtes Krebsrisiko hin (Niere, Gebärmutter Schleimhaut, Eierstöcke), aber die Hinweise sind limitiert und unschlüssig.

Studien zur Acrylamidexposition am Arbeitsplatz ergaben für betroffene Beschäftigte ein erhöhtes Risiko von Störungen des Nervensystems. Dies äußerte sich in Muskelschwäche, Parästhesien, Gefühlslosigkeit in Armen, Beinen, Händen und Füßen. Eine akute und hohe Exposition kann zu Störungen des Zentralen Nervensystems führen, währenddessen sich eine andauernde Exposition in einer peripheren Neuropathie auswirken kann (EFSA, 2015).

Epidemiologische Studien zur Acrylamidaufnahme und dem fetalen Wachstum sind limitiert. Zwei Studien berichteten über eine inverse Beziehung zwischen der Acrylamidexposition und dem Geburtsgewicht sowie andern Markern des fetalen Wachstums. Eine Kausalität konnte jedoch nicht abgeleitet werden (EFSA, 2015).

3.3.4 Ableitung eines gesundheitsbezogenen Wertes

Als genotoxische und kanzerogene Substanzen können das Acrylamid und das Glycidamid die DNA in jeder Höhe schädigen bzw. Krebs verursachen. Die Sachverständigen der EFSA kamen folglich zu dem Schluss, dass für Acrylamid keine tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (TDI) abgeleitet werden kann. Stattdessen wurde der Dosisbereich abgeschätzt, innerhalb dessen es wahrscheinlich ist, dass Acrylamid eine kleine, jedoch messbare Tumorzinzenz (neoplastische Effekte) bewirkt oder sonstige mögliche nachteilige Effekte zeigt (auf das Nervensystem, prä- und postnatale Entwicklung, männliche Fortpflanzung). Die untere Grenze dieses Bereiches wird als untere Vertrauensgrenze der Benchmark Dosis (BMDL₁₀) bezeichnet (EFSA, 2015). Diese Abschätzung bzw. Ableitung erfolgte auf Basis von

experimentellen Tierversuchen, da sich Humanstudien als nicht geeignet für eine Dosis-Wirkungs-Bewertung erwiesen haben (EFSA, 2015).

Als Referenzpunkt für neoplastische Effekte wählte die EFSA den Wert von 0,17 mg/kg KG/Tag. Dieser Referenzpunkt wurde als niedrigster BMDL₁₀ aus Daten über die Inzidenz von Adenomen und Adenokarzinomen der Harderschen Drüse bei männlichen Mäusen abgeleitet. Die Hardersche Drüse kommt im menschlichen Körper zwar nicht vor, wird jedoch von der EFSA als sensitiver Endpunkt für Substanzen angesehen, die genotoxisch und kanzerogen sind (EFSA, 2015).

Bei den nicht neoplastischen Effekten (Nervensystem, prä- und postnatale Entwicklung, männliche Fortpflanzung) wurden neurologische Veränderungen als am wichtigsten erachtet und ein BMDL₁₀ von 0,43 mg/kg KG/Tag abgeleitet. Dieser BMDL₁₀ stellt den sensitivsten Endpunkt dar, die Inzidenz einer peripheren Nervendegeneration an männlichen Ratten (EFSA, 2015).

4 MATERIAL UND METHODEN

4.1 Expositionsabschätzung

4.1.1 Auftretensdaten

Die Abschätzung der Acrylamidaufnahme der österreichischen Bevölkerung basierte auf der Kombination der Auftretensdaten mit den Verzehrdaten.

Seitens der Auftretensdaten wurden die AGES-Untersuchungsergebnisse der Jahre 2007 bis 2015 herangezogen. Zur Charakterisierung der empirischen Verteilung der Auftretensdaten und der anschließenden Expositionsabschätzung kamen im Falle von nicht bestimmbar ($<$ Bestimmungsgrenze (BG)) Ergebnissen, wie im „EFSA Scientific Report Management of left-censored data in dietary exposure assessment of chemical substances“ (EFSA, 2010b) empfohlen, der Lower Bound (LB)-, der Medium Bound (MB)- und der Upper Bound-Ansatz (UB) zur Anwendung. Im Falle des Lower Bound-Ansatzes wurde für nicht bestimmbar Ergebnisse der Wert Null gesetzt und im Falle des Medium Bound-Ansatzes die halbe Bestimmungsgrenze. Beim Upper Bound-Ansatz wurde für nicht bestimmbar Ergebnisse die jeweilige Bestimmungsgrenze verwendet. Der Vergleich des Lower Bound, des Medium Bound und des Upper Bound lieferte einen Eindruck über die Unsicherheiten für die geschätzte Exposition. Je stärker sich die Ergebnisse dieser Ansätze unterschieden, desto höher war der Anteil an linkszensierten Daten, sprich an Werten, die nicht bestimmbar waren.

Bis auf einige wenige Warengruppen erfolgte die Expositionsabschätzung auf Basis des EFSA-Lebensmittelklassifikationssystems (FOODEX 1) über alle untersuchten Lebensmittelkategorien hinweg. Cracker, Waffeln sowie Produkte (Müsli, Nicht-Kartoffel-Snacks, nicht spezifizierte andere Produkte, Getreideflocken), die unter die Lebensmittelkategorie „Sonstige Produkte“ fallen, wurden nicht berücksichtigt, da weniger als zehn Proben untersucht wurden.

Die Lebensmittelkategorien „Beikostprodukte für Säuglinge und Kleinkinder“, „Kekse und Zwieback für Säuglinge und Kleinkinder“ sowie „Andere Getreidebeikost für Säuglinge und Kleinkinder“ wurden in der Expositionsabschätzung für Erwachsene und Kinder ebenfalls nicht berücksichtigt.

Verzehrte Pommes sowie vorfrittierte Pommes wurden analog zur EFSA in einer Kategorie zusammengefasst. In der Lebensmittelkategorie „Verzehrte Pommes frites“ stammen die Proben aus nur einigen wenigen ausgewählten Betrieben, sodass eine endgültige Bewertung nicht möglich war. Aufgrund der eher geringen Probenanzahl wurden die verzehrten Pommes frites dennoch in der Expositionsabschätzung berücksichtigt.

Im Vergleich zu den anderen Lebensmittelkategorien liegt im Falle von Kaffee und Kaffeemittel eine Besonderheit vor. Die Acrylamidgehalte beziehen sich auf das Kaffeepulver, wohingegen die Verzehrsmengen für das fertige Kaffeegetränk angegeben sind. Um die Acrylamidaufnahme abschätzen zu können, war eine Umrechnung erforderlich. Analog zur EFSA wurden Verdünnungsfaktoren eingesetzt. Die EFSA hat in ihrer Stellungnahme „Scientific Opinion on acrylamide in food“ aus dem Jahre 2015 einen Verdünnungsfaktor von 0,05 für gerösteten Kaffee sowie Ersatzkaffee und einen Verdünnungsfaktor von 0,02 für Instantkaffee angewendet. Für die Abschätzung der Exposition wurden gerösteter Kaffee und Instant Kaffee in einer Kategorie zusammengefasst. Für Kaffee-Ersatzmittel stehen keine Verzehrdaten zur Verfügung bzw. gibt es keine Personen, die das Produkt in dem Erhebungszeitraum auch tatsächlich konsumiert haben.

Bei den Kartoffelchips wurden die höchsten durchschnittlichen Acrylamidgehalte gefunden. Proben aus der Gastronomie scheinen hier höhere Gehalte aufzuweisen als Kartoffelchips aus industrieller Produktion. Diese Tatsache könnte zu einer Überschätzung der Exposition führen.

4.1.2 Verzehrsdaten

Zur Abschätzung der Exposition der österreichischen Bevölkerung gegenüber Acrylamid wurden die Verzehrsdaten des Österreichischen Ernährungsberichtes 2012 herangezogen (Elmadfa et al., 2012). Die Daten für einzelne Bevölkerungsgruppen stehen seit 2015 in der EFSA Comprehensive European Food Consumption Database, einer umfassenden europäischen Datenbank über den Lebensmittelverzehr, zur Verfügung. Sämtliche Lebensmittel und Getränke sind nach einem Lebensmittelklassifikationssystem (FOODEX 1) kategorisiert (EFSA, 2015).

4.1.3 Exposition - Methodik

Der erste Schritt der Expositionsabschätzung war die Ermittlung der durchschnittlichen Acrylamidaufnahme. Dabei wurde seitens der Auftretensdaten der durchschnittliche Acrylamidgehalt und von Seiten der Verzehrsdaten das arithmetische Mittel des Gesamtkollektivs verwendet. Im nächsten Schritt wurden anhand der Berechnung der durchschnittlichen Exposition der Consumer (Personen, die das Lebensmittel auch tatsächlich verzehren) jene beiden Warengruppen identifiziert, die den größten Beitrag zur Gesamtexposition leisten. Anschließend wurde die Exposition des Vielverzehrers abgeschätzt. Dabei wurde für die beiden identifizierten Warengruppen die 95-%-Perzentile der Consumer herangezogen und für die verbleibenden Warengruppen das arithmetische Mittel des Gesamtkollektivs. Die Abschätzung der Acrylamidaufnahme der österreichischen Bevölkerung wurde für Erwachsene im Alter von 18 bis 64 Jahren sowie für Kinder im Alter von 6 bis 9 Jahren durchgeführt.

4.2 Risikocharakterisierung

4.2.1 Methodik der MOE-Kalkulation

Für die Charakterisierung möglicher Krebsrisiken bedingt durch die Exposition gegenüber genotoxischen Kanzerogenen hat sich in den letzten Jahren das „Margin of Exposure (MOE)-Konzept etabliert, das von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit vorgeschlagen wurde (EFSA, 2005a). Der Margin of Exposure wird als Abstand zwischen zwei Größen kalkuliert und stellt das Verhältnis zwischen einer kanzerogenen Effektdosis und der geschätzten Exposition des Menschen gegenüber der Substanz dar. Die kanzerogene Effektdosis wird durch mathematische Modellierung und angepasst an experimentelle Daten und Ergebnisse aus Tierversuchen bzw. falls vorhanden, aus Humandaten abgeleitet und dient als Referenzpunkt. Als Referenzpunkt empfiehlt die EFSA die BMD (Benchmark Dose) bzw. die BMDL₁₀ (Benchmark Dose Lower Confidence Limit 10 %). Sie schätzt jene Dosis ab, die eine niedrige, jedoch messbare Reaktion zeigt, in den meisten Fällen 10 % Krebsinzidenz über der Kontrolle (BMD₁₀). Der BMDL₁₀ bezieht sich auf die untere Grenze des 95-%-Vertrauensbereiches der BMD₁₀.

Für das Acrylamid wurde von der EFSA jener Dosisbereich abgeschätzt, innerhalb dessen es wahrscheinlich ist, dass Acrylamid eine kleine, aber messbare Tumorzinzidenz (sogenannte „neoplastische“ Effekte) bewirkt oder sonstige mögliche nachteilige Auswirkungen (neurotoxisch, prä- und postnatale Entwicklung) hat. Für Tumore wurde seitens der EFSA ein BMDL₁₀ von 0,17 mg/kg KG/Tag herangezogen. Bei den anderen, nicht kanzerogenen Effekten wurden neurologische Veränderungen als am wichtigsten erachtet und ein BMDL₁₀ von 0,43 mg/kg KG/Tag angewendet (EFSA, 2015).

Für Stoffe, die genotoxisch und kanzerogen sind, verhält sich das Ausmaß eines Risikos umgekehrt proportional zum MOE. Liegt der Wert über 10.000, werden gesundheitliche Bedenken als eher gering eingeschätzt (low concern). Je niedriger der MOE unter 10.000 liegt, desto größer wird das Risiko eingeschätzt und desto dringlicher werden Minimierungsmaßnahmen. Erfolgt im Rahmen der Risikocharakterisierung die MOE-Kalkulation auf Basis des BMDL₁₀ von 0,17 mg/kg KG/Tag, wird auf den MOE von 10.000 Bezug genommen. Hinsichtlich der neurologischen Veränderungen, für die der BMDL₁₀ von 0,43 mg/kg KG/Tag abgeleitet wurde, bezieht man sich auf einen MOE von 125. Ab diesem MOE sind gesundheitliche Bedenken nicht zu erwarten (EFSA, 2015).

5 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

5.1 Auftretensdaten

Im Zeitraum 2007 bis 2015 wurden 506 Proben im Rahmen der Schwerpunktaktionen gezogen und von der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit untersucht. Die Auswahl der Proben erfolgte entsprechend den Empfehlungen der Kommission.

In Tabelle 2 sind die Untersuchungsergebnisse in Form des Medium Bound dargestellt. Diese Tabelle entstammt dem Bericht „Acrylamid in Lebensmitteln – Ergebnisse österreichischer Schwerpunktaktionen 2007-2015“, der von der Abteilung Statistik und Analytische Epidemiologie des AGES – Fachbereich Integrative Risikobewertung, Daten und Statistik erstellt wurde. Der Bericht beinhaltet zudem eine schwerpunktmäßige Darstellung der einzelnen Lebensmittelkategorien im Hinblick auf Trends bzw. Änderungen der Acrylamidgehalte über die Jahre (AGES, 2016).

Die höchsten Acrylamidgehalte (Median) finden sich im Instantkaffee mit 661 µg/kg und im Ersatzkaffee mit 460 µg/kg, gefolgt von Kartoffelchips mit 440 µg/kg. Die höchsten gemessenen Maximalwerte waren bei den Kartoffelchips (4.080 µg/kg) und verzehrfertigen Pommes frites (1.745 µg/kg) sowie beim Lebkuchen (1.800 µg/kg) zu finden. Das 90-%- und 95-%-Perzentil (P90 und P95) unterstreichen die hohe Belastung mit Acrylamid vor allem bei Kartoffelchips (AGES, 2016).

In Österreich werden die EU-Empfehlungen in Form jährlicher Schwerpunktaktionen umgesetzt. Die Ergebnisse zeigen, dass nur wenige Proben den jeweiligen europäischen Richtwert überschreiten. Bei vielen Lebensmittelproben liegen die Gehalte deutlich unter den entsprechenden Richtwerten (AGES, 2016).

Tabelle 2: Acrylamidgehalte in µg/kg in Lebensmitteln (AGES, 2016)

Lebensmittelkategorie	n	Ergebnisse < BG	Median	Mittelwert	P90	P95	Max	Min
Verzehrfertige Pommes frites (1.1)	35	3	225	307	590	1.300	1.745	25
Kartoffelchips (2.1)	75	0	440	844	2.400	3.000	4.080	77
Vorfrittierte Pommes frites (3.2)	46	30	25	117	362	500	941	20
Weiches Brot (4)	30	19	25	46	84	160	165	20
Frühstückszerealien (5)	32	18	25	66	160	180	255	20
Cracker (6.1)	3	0	154	161	228	228	228	102
Knäckebrot (6.2)	21	1	150	241	530	720	750	25
Waffeln (6.3)	1	1	25	-	-	-	-	-
Lebkuchen (6.4)	34	10	99	292	730	1.210	1.800	25
Anderes Gebäck (6.5)	24	5	181	287	610	780	1.097	25
Gerösteter Kaffee (7.1)	36	3	190	250	525	566	680	79
Instant-Kaffee (löslicher Kaffee) (7.2)	14	1	661	678	1010	1020	1020	25
Ersatzkaffee (7.3)	11	0	460	456	756	770	770	130
Beikost für Säuglinge und Kleinkinder (außer auf Getreidebasis) (8)	33	32	25	26	25	36	40	25
Kekse und Zwieback für Säuglinge und Kleinkinder (9.1)	37	17	53	79	160	190	191	25
Andere Getreidebeikost für Säuglinge und Kleinkinder (9.2)	26	24	25	36	44	125	190	20
Sonstige Produkte - Müsli (10.1)	1	1	25	-	-	-	-	-
Sonstige Produkte Nicht-Kartoffel-Snacks (10.3)	8	4	53	56	100	100	100	25

Lebensmittelkategorie	n	Ergebnisse < BG	Median	Mittelwert	P90	P95	Max	Min
Sonstige Produkte nicht spezifizierte andere Produkte (10.4)	3	2	250	190	250	250	250	71
Sonstige Produkte Kartoffelprodukte (10.5)	33	8	96	133	320	420	700	20
Sonstige Produkte Getreideflocken (10.6)	3	3	25	25	25	25	25	25
GESAMTPROBEN	506	182						

5.2 Exposition

In Tabelle 3 ist die durchschnittliche tägliche Aufnahme für den Erwachsenen zusammengefasst. Dargestellt werden sowohl die durchschnittliche Aufnahme des Kollektivs, sprich der Gesamtbevölkerung als auch die durchschnittliche Aufnahme der Consumer über die einzelnen Warengruppen. Weiters ist die Acrylamidaufnahme für den Lower Bound (LB), den Medium Bound (MB) und den Upper Bound (UB) dargestellt.

Tabelle 3: Durchschnittliche tägliche Acrylamidaufnahme für Erwachsene ($\mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$)

LEBENSMITTELKATEGORIE	LB KOLLEKTIV	MB KOLLEKTIV	UB KOLLEKTIV	LB CONSUMER	MB CONSUMER	UB CONSUMER
Verzehrferfertigte Pommes frites, Vorfrittierte Pommes frites	0,011	0,012	0,013	0,162	0,171	0,18
Kartoffelchips	0,017	0,017	0,017	0,312	0,312	0,312
Weiches Brot	0,034	0,05	0,068	0,045	0,067	0,091
Frühstückszerealien	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	0,013	0,015
Knäckebrot	0,005	0,005	0,005	0,082	0,082	0,082
Lebkuchen	0,003	0,003	0,003	0,207	0,213	0,218
Anderes Gebäck	0,017	0,017	0,018	0,059	0,06	0,061
Gerösteter Kaffee, Instant-Kaffee	0,042	0,043	0,044	0,053	0,054	0,056
Sonstige Produkte - Kartoffelprodukte	0,005	0,005	0,006	0,183	0,19	0,199
GESAMT	0,13	0,15	0,17	1,11	1,16	1,21

Für **ERWACHSENE** beträgt die durchschnittliche tägliche Gesamtaufnahme an Acrylamid 0,15 $\mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$ (MB). Betrachtet man nur die Consumer liegt die durchschnittliche Gesamtaufnahme bei 1,16 $\mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$ (MB). Bei Erwachsenen tragen Kartoffelchips und Lebkuchen am meisten zur Gesamtexposition bei. Ihr relativer Anteil beträgt 27 % für Kartoffelchips und 18 % für Lebkuchen (Abbildung 1).

Der Anteil der Kartoffelchips ist weniger bedingt durch den hohen Verzehr beim Erwachsenen als vielmehr durch die gemessenen Acrylamidgehalte. Mit 844 $\mu\text{g}/\text{kg}$ wurden die höchsten durchschnittlichen Acrylamidgehalte gefunden. Proben aus der Gastronomie scheinen höhere Gehalte aufzuweisen als Kartoffelchips aus industrieller Produktion. Eine aussagekräftige Beurteilung sowie ein Rückschluss auf die Acrylamidbelastung in Kartoffelchips aus der Gastronomie ist mit diesen Daten jedoch nicht möglich, da die wenigen Proben aus ein und demselben Betrieb genommen wurden.

Beim Lebkuchen sind die mittleren Gehalte mit 292 $\mu\text{g}/\text{kg}$ deutlich niedriger, jedoch spielt der höhere Verzehr eine Rolle. Allerdings gilt es zu berücksichtigen, dass beim Lebkuchen der Verzehr saisonal bedingt ist und sich die Verzehrdaten auf eine geringe Anzahl von Consumern beziehen.

Die größte Verzehrsmenge bei den Consumern entfällt auf Kaffee (geröstet und Instant Kaffee). Dieser trägt jedoch nur zu einem Anteil von 5 % zur Gesamtaufnahme von Acrylamid bei, da sich aufgrund der Zubereitung vor dem Konsum der Acrylamidgehalt verdünnt.

Die Lebensmittelkategorie „Sonstige Produkte – Kartoffelprodukte“, zu der Rösti, Kartoffelpuffer und Kroketten zählen, tragen mit 16 % zur Gesamtaufnahme bei. Die gemessenen Gehalte (133 µg/kg) liegen aufgrund des höheren Wassergehaltes eher im unteren Bereich, hingegen konsumieren Erwachsene größere Mengen dieser Produkte.

Zu den Lebensmittelkategorien, die für die Gesamtexposition des Erwachsenen ebenfalls noch von Bedeutung sind, zählen mit 15 % relativem Anteil die Pommes frites. Vorfrittierte Pommes sind ein Beispiel dafür, dass durch die Anwendung der Toolbox (z. B. geeignete Sortenwahl, Lagerung oder Herstellungstechnologie) über die letzten Jahre die Acrylamidgehalte reduziert werden konnten (AGES, 2016). Im Durchschnitt liegen die Gehalte bei 117 µg/kg. Bei den verzehrfertigen Pommes, die beispielsweise in Fast-Food-Ketten oder Restaurants beprobt werden, betragen die mittleren Gehalte 307 µg/kg.

Die restlichen Anteile an der Gesamtexposition entfallen beim Erwachsenen auf Knäckebrot (7 %), Brot (Mischbrot, Roggenbrot,...) (6 %), anderes Gebäck wie Kekse oder Zwieback (5 %) sowie auf Frühstückszerealien (1 %).

Auf Basis jener beiden Warengruppen, die am meisten zur Gesamtaufnahme von Acrylamid beitragen, wird die Exposition für den Vielverzehrer abgeschätzt. Im Falle des Erwachsenen nimmt der Vielverzehrer (MB) 1,57 µg/kg KG/Tag auf. Der Lower Bound beträgt 1,54 µg/kg KG/Tag, der Upper Bound 1,60 µg/kg KG/Tag.

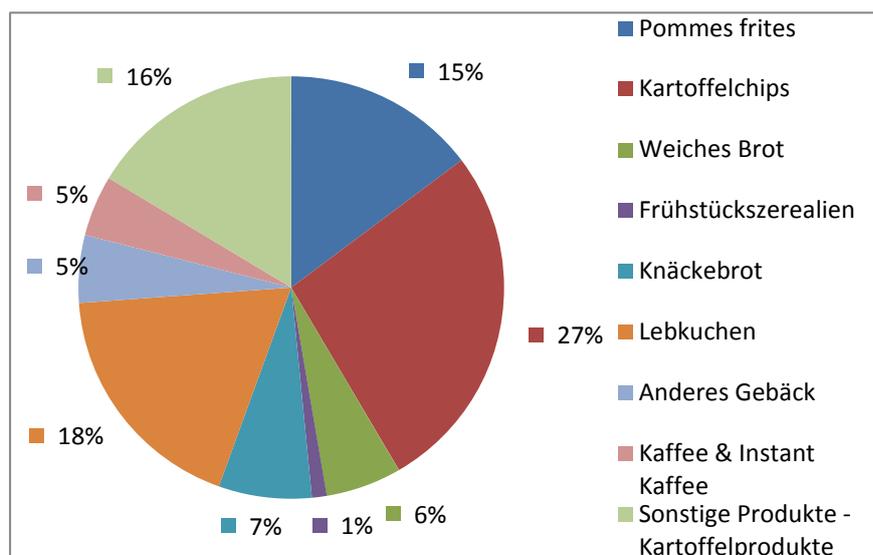


Abbildung 1: Relativer Anteil der Warengruppen an der Acrylamid-Gesamtaufnahme (Erwachsene)

Bei **KINDERN** ist die durchschnittliche tägliche Aufnahme des Kollektivs mit 0,29 µg/kg KG/Tag (MB) etwa doppelt so hoch wie bei Erwachsenen (Tabelle 4). Die durchschnittliche Aufnahme des Consumers liegt bei 1,32 µg/kg KG/Tag (MB). Wie bei den Erwachsenen sind es auch bei Kindern die Kartoffelchips, die mit einem relativen Anteil von 30 % am meisten zur Gesamtexposition über Lebensmittel beitragen. Auch hier ist vielmehr der hohe Acrylamidgehalt ausschlaggebend und weniger der Verzehr. Bei den Kindern sind es hingegen Pommes frites, die mit 22 % am zweit meisten zur Acrylamidaufnahme beitragen. Dies ist durch den deutlich höheren Verzehr (1,43 g/kg KG/Tag) erklärbar. Vom gesamten Kollektiv (n = 128) haben 35 Kinder die Pommes auch verzehrt, bei den Kartoffelchips sind es 22. Diese beiden Lebensmittelkategorien machen bereits 52 % der Gesamtaufnahme aus (Abbildung 2).

Mit einem deutlich geringerem Anteil von 10 % sind das Knäckebrötchen und mit je 9 % Kekse, Zwieback u.ä. sowie Sonstige Produkte – Kartoffelprodukte (Rösti, Kartoffelpuffer, Krokette) zu nennen.

Die höchste Verzehrsmenge kann für die Warengruppe Brot (Mischbrot, Roggenbrot,...) beobachtet werden. Der Anteil an der Gesamtexposition beläuft sich jedoch auf 8 %, da die Acrylamidgehalte (Mittelwert 46 µg/kg) gering sind.

Im Gegensatz zur Exposition des Erwachsenen macht der Lebkuchen nur 7 % der Gesamtaufnahme aus, was durch den geringeren Verzehr erklärt wird. Die restlichen Anteile entfallen mit 4 % bzw. 1 % auf Frühstückszerealien bzw. Kaffee.

Der Vielverzehrer nimmt am Tag 1,77 µg/kg KG im Medium Bound auf. Der Lower Bound beträgt 1,70 µg/kg KG/Tag, der Upper Bound 1,83 µg/kg KG.

Tabelle 4: Durchschnittliche tägliche Acrylamidaufnahme für Kinder (in µg/kg KG/Tag)

LEBENSMITTELKATEGORIE	LB KOLLEKTIV	MB KOLLEKTIV	UB KOLLEKTIV	LB CONSUMER	MB CONSUMER	UB CONSUMER
Verzehrferfertigte Pommes frites, Vorfrittierte Pommes frites	0,073	0,078	0,082	0,269	0,285	0,299
Kartoffelchips	0,068	0,068	0,068	0,388	0,388	0,388
Weiches Brot	0,053	0,079	0,107	0,073	0,108	0,145
Frühstückszerealien	0,008	0,01	0,012	0,045	0,059	0,071
Knäckebrötchen	0,017	0,017	0,017	0,132	0,133	0,133
Lebkuchen	0,003	0,003	0,003	0,091	0,093	0,096
Anderes Gebäck	0,031	0,032	0,032	0,116	0,118	0,12
Gerösteter Kaffee, Instant-Kaffee	0,001	0,001	0,001	0,016	0,017	0,017
Sonstige Produkte - Kartoffelprodukte	0,001	0,001	0,001	0,11	0,114	0,12
GESAMT	0,26	0,29	0,32	1,24	1,32	1,39

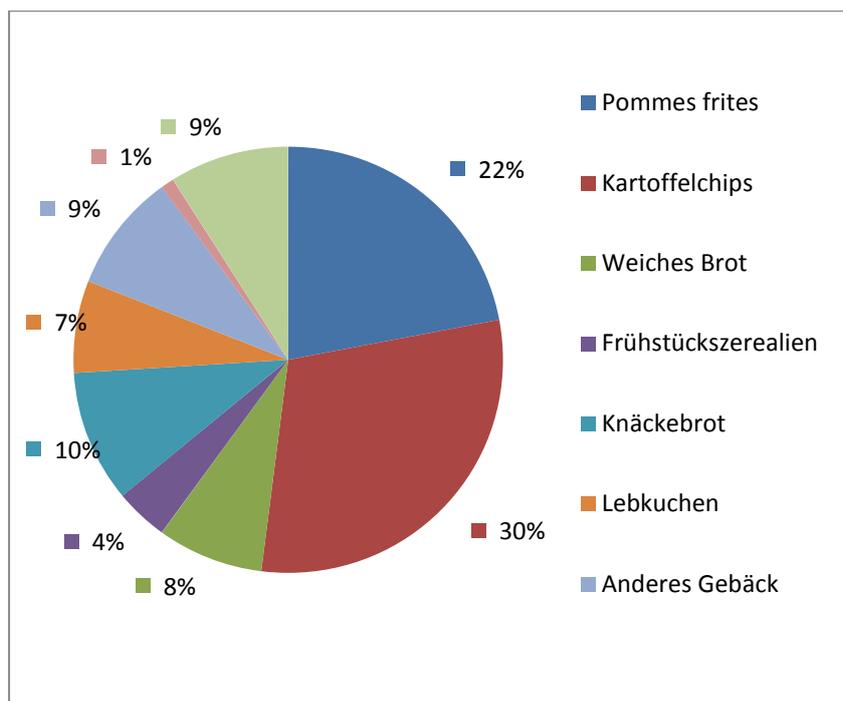


Abbildung 2: Relativer Anteil der Warengruppen an der Acrylamid-Gesamtaufnahme (Kinder)

Abbildung 3 zeigt nochmals im Überblick die Acrylamidaufnahme von Erwachsenen und von Kindern sowie die Auswirkung der jeweiligen Acrylamidgehalte und der jeweiligen Verzehrsmenge auf den Anteil der einzelnen Lebensmittelkategorien an der Gesamtexposition.

5.3 Vergleich mit EFSA

Direkte Vergleiche der Expositionsergebnisse mit internationalen Bewertungen sind nur eingeschränkt durchführbar, da Unterschiede nicht nur im Umfang und in der Art des verwendeten Datenmaterials, sondern auch in der Auswahl des Expositionsszenarios sowie des Expositionsmodells bestehen.

Laut der neusten EFSA Stellungnahme aus 2015 gehören Säuglinge, Kleinkinder sowie Kinder zu den am meisten exponierten Bevölkerungsgruppen. Die mittlere Acrylamidaufnahme liegt in einem Bereich von 0,5 µg/kg KG/Tag (Minimum LB) bis 1,9 µg/kg KG/Tag (Maximum UB). Die 95%- Perzentilen liegen in einem Bereich von 1,4 µg/kg KG/Tag (Minimum LB) bis 3,4 µg/kg KG/Tag (Maximum UB), abhängig von der Art der Fragebogenerhebung sowie der Befragung. Die Hauptaufnahmequellen der ernährungsbedingten Exposition sind mit bis zu 51 % gebratene bzw. frittierte Kartoffelerzeugnisse (ausgenommen Chips und Snacks). Toastbrot, Frühstückszerealien, Kekse und sonstige Erzeugnisse auf Basis von Getreide oder Kartoffeln können bis zu 25 % an der Gesamtexposition beitragen (EFSA, 2015).

Jugendliche, Erwachsene sowie SeniorInnen haben eine mittlere Acrylamidaufnahme von 0,4 µg/kg KG/Tag (Minimum LB) bis 0,9 µg/kg KG/Tag (Maximum UB) bzw. 0,6 µg/kg KG/Tag (Minimum LB) bis 2,0 µg/kg KG/Tag (Maximum UB) bei den 95%-Perzentilen. Bis zu 49 % der durchschnittlichen Exposition beim Erwachsenen entfallen auf gebratene bzw. frittierte Kartoffelerzeugnisse (einschließlich Pommes, Kroketten, Bratkartoffeln) gefolgt von Kaffee (34 %) und Toastbrot (23 %) (EFSA, 2015).

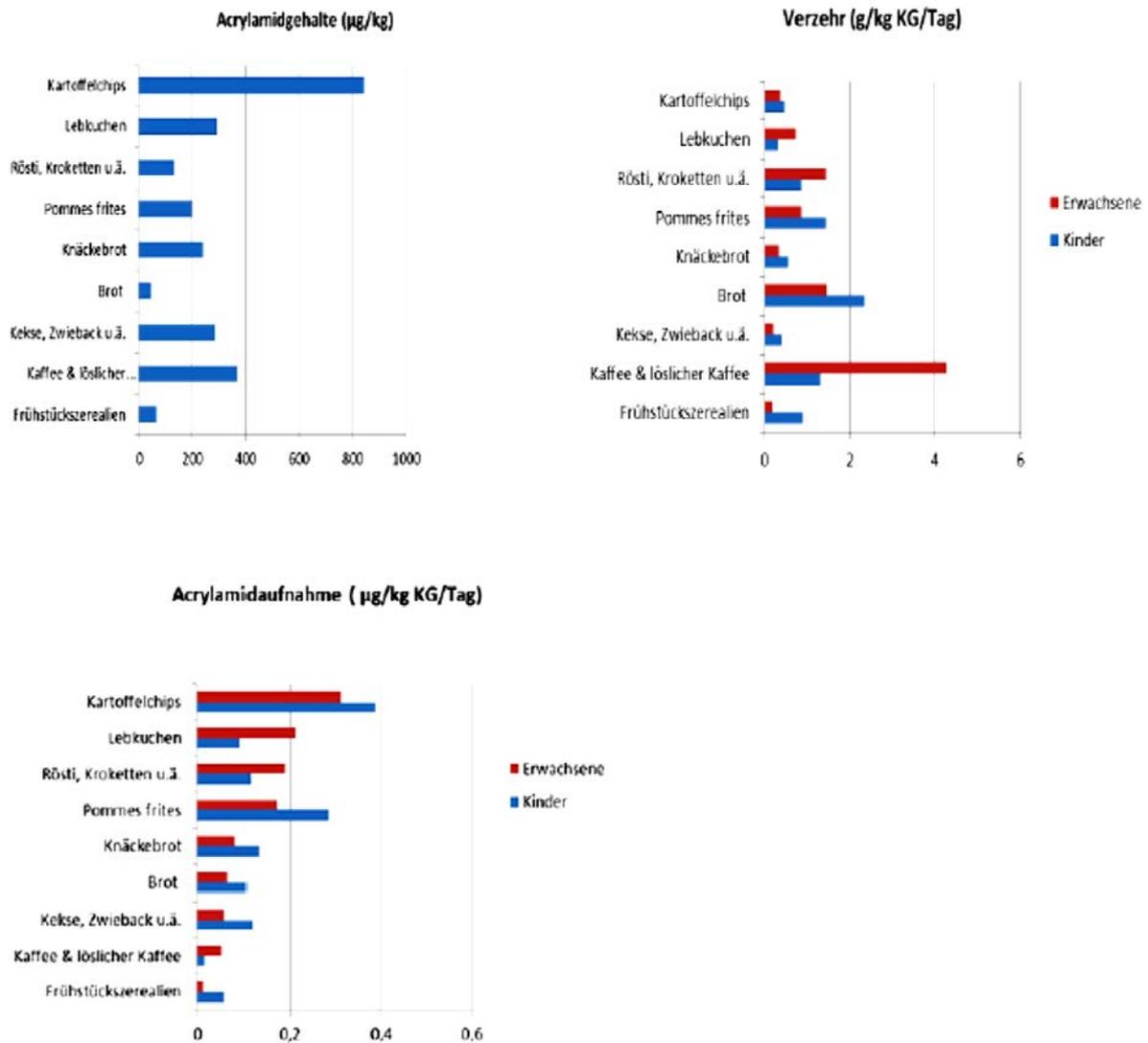


Abbildung 3: Durchschnittliche tägliche Acrylamidaufnahme der österreichischen Bevölkerung

5.4 Ergebnisse der MOE-Kalkulation

Der Margin of Exposure (MOE) wurde aus dem Verhältnis der Benchmark Dose Lower Limit (BMDL₁₀) zur geschätzten Exposition der einzelnen Bevölkerungsgruppen gegenüber Acrylamid kalkuliert.

Zieht man den BMDL₁₀ von 0,43 mg/kg KG/Tag für neurologische Auswirkungen heran, liegt in Österreich bei durchschnittlicher Exposition des Erwachsenen der kalkulierte MOE-Wert beim Medium Bound bei 2.867 (Tabelle 5). Bei Kindern liegt bedingt durch eine höhere Acrylamidaufnahme der kalkulierte MOE beim Medium Bound mit 1.483 um etwa die Hälfte niedriger als beim Erwachsenen. Beim Vielverzehrer sind die MOE-Werte aufgrund der höheren Exposition niedriger (Tabelle 6). Sie kommen mit einem Medium Bound von 274 für den Erwachsenen und von 243 für Kinder dem MOE von 125 näher, befinden sich jedoch noch darüber. Hinsichtlich dieser neurologischen Effekte sind gesundheitliche Beeinträchtigungen nicht zu erwarten.

Tabelle 5: MOE-Kalkulation für den Durchschnittsverzehrer mit dem BMDL₁₀ 0,43 mg/kg KG/Tag

Bevölkerung	LB Acrylamidauf- nahme (µg/kg KG/Tag)	MB Acrylamidauf- nahme (µg/kg KG/Tag)	UB Acrylamidauf- nahme (µg/kg KG/Tag)	LB MOE	MB MOE	UB MOE
Erwachsene	0,13	0,15	0,17	3308	2867	2529
Kinder	0,26	0,29	0,32	1654	1483	1344

Tabelle 6: MOE-Kalkulation für den Vielverzehrer mit dem BMDL₁₀ 0,43 mg/kg KG/Tag

Bevölkerung	LB Acrylamidauf- nahme (µg/kg KG/Tag)	MB Acrylamidauf- nahme (µg/kg KG/Tag)	UB Acrylamidauf- nahme (µg/kg KG/Tag)	LB MOE	MB MOE	UB MOE
Erwachsene	1,54	1,57	1,60	279	274	269
Kinder	1,70	1,77	1,83	253	243	235

Zieht man den BMDL₁₀ von 0,17 mg/kg KG/Tag für neoplastische Effekte heran, liegt bei durchschnittlicher Exposition des Erwachsenen der kalkulierte MOE-Wert mit einem Medium Bound von 1.133 unter 10.000 (Tabelle 7). Bedingt durch eine höhere Acrylamidaufnahme der Kinder liegt der kalkulierte MOE von 586 beim Medium Bound etwa um die Hälfte niedriger. Beim Vielverzehrer sind die MOE-Werte aufgrund der höheren Exposition deutlich niedriger (Tabelle 8). Sie liegen mit einem Medium Bound von 108 für den Erwachsenen und von 96 für Kinder weit unter 10.000. Auf Basis dieser Ergebnisse sind gesundheitliche Bedenken für die Bevölkerung nicht auszuschließen.

Tabelle 7: MOE-Kalkulation für den Durchschnittsverzehrer mit dem BMDL₁₀ 0,17 mg/kg KG/Tag

Bevölkerung	LB Acrylamidauf- nahme (µg/kg KG/Tag)	MB Acrylamidauf- nahme (µg/kg KG/Tag)	UB Acrylamidauf- nahme (µg/kg KG/Tag)	LB MOE	MB MOE	UB MOE
Erwachsene	0,13	0,15	0,17	1308	1133	1000
Kinder	0,26	0,29	0,32	654	586	531

Tabelle 8: MOE-Kalkulation für den Vielverzehrer mit dem BMDL₁₀ 0,17 mg/kg KG/Tag

Bevölkerung	LB Acrylamidauf- nahme (µg/kg KG/Tag)	MB Acrylamidauf- nahme (µg/kg KG/Tag)	UB Acrylamidauf- nahme (µg/kg KG/Tag)	LB MOE	MB MOE	UB MOE
Erwachsene	1,54	1,57	1,60	110	108	106
Kinder	1,70	1,77	1,83	100	96	93

5.5 Vergleich mit EFSA

Im Vergleich zu den österreichischen MOE-Werten liegen die EFSA-Werte für Kinder und Erwachsene, unter Heranziehung des BMDL₁₀ für neurologische Effekte, in einem Bereich von 1075 (Minimum Lower Bound) bis 226 (Maximum Upper Bound) für die mittlere Acrylamidaufnahme. An den 95%-Perzentilen liegen die MOE-Werte zwischen 717 (Minimum Lower Bound) und 126 (Maximum Upper Bound) (EFSA, 2015).

Für neoplastische Effekte wurde seitens der EFSA der BMDL₁₀ von 0,17 mg/kg KG/Tag als Referenzpunkt herangezogen. Für die mittlere Gesamtaufnahme liegen die MOE-Werte im Bereich von 425 (Minimum Lower Bound) bis 89 (Maximum Upper Bound), an den 95%-Perzentilen zwischen 283 (Minimum Lower Bound) und 50 (Maximum Upper Bound) (EFSA, 2015).

5.6 Qualitative Beschreibung der Unsicherheiten

Im Zuge der Erstellung von Risikobewertungen kann es zum Auftreten von wissenschaftlichen Unsicherheiten kommen. Unsicherheiten birgt auch und vor allem die Abschätzung der ernährungsbedingten Exposition. Die wesentlichen Unsicherheiten sind auf qualitativer Ebene beschrieben.

In das Expositionsszenario sind aufgrund des Mangels an vorliegenden Auftretensdaten einige Lebensmittelkategorien nicht eingeflossen. Das Nicht-Einbeziehen dieser Lebensmittel kann zu einer Unterschätzung der Exposition führen.

Verzehrferige Pommes sowie vorfrittierte Pommes wurden analog zur EFSA in einer Kategorie zusammengefasst. Im Hinblick auf „Verzehrferige Pommes frites“ stammten die Proben aus nur einigen wenigen ausgewählten Betrieben, sodass eine endgültige Bewertung nicht möglich war. Bei den Kartoffelchips, die am meisten zur Acrylamidaufnahme bei Erwachsenen und Kindern beitragen, wurden die höchsten durchschnittlichen Acrylamidgehalte gefunden. Proben aus der Gastronomie scheinen hier höhere Gehalte aufzuweisen als Kartoffelchips aus industrieller Produktion. Diese Tatsache könnte zu einer Überschätzung der Exposition führen.

Die beiden wesentlichsten Modell-Input-Parameter sind die Auftretensdaten und die Verzehrdaten. Unsicherheiten sind bereits bei der Generierung der Daten möglich. Bei beiden kann die Zuordnung zu weniger geeigneten Lebensmittelkategorien Unsicherheiten verursachen. Zu einer Unschärfe führt auch eine geringe Anzahl von Consumern.

Im Hinblick auf die ernährungsbedingte Exposition ist festzuhalten, dass die beschriebenen Unsicherheiten sowohl zu einer Überschätzung als auch zu einer Unterschätzung führen können. Das Gesamtrisiko, das sich durch die Aufnahme von Acrylamid ergeben kann, wird durch das alleinige Einbeziehen von Lebensmitteln als Expositionsquelle unterschätzt. Acrylamid findet sich auch im Tabakrauch wieder und stellt gerade für Raucher eine nicht unbedeutende Quelle der Exposition dar. Abseits vom Lebensmittelbereich wird Acrylamid auch für andere industrielle Zwecke eingesetzt, sodass es für einige Menschen durch die Aufnahme über die Haut oder durch Einatmen zur Exposition am Arbeitsplatz kommen kann (EFSA, 2015).

6 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Seit der Veröffentlichung der schwedischen Untersuchungsergebnisse sind auf politischer (Empfehlungen, Überwachung), wirtschaftlicher (Toolbox) sowie gesellschaftlicher (Aufklärungsmaßnahmen, Verbrauchertipps) Ebene eine Reihe von Maßnahmen ergriffen worden. Die Ergebnisse der Expositionsabschätzung für Erwachsene und Kinder im Hinblick auf neoplastische Effekte (Tumorbildung) zeigen allerdings, dass die Aufnahme von Acrylamid in einem Bereich liegt, wo gesundheitliche Bedenken nicht ausgeschlossen werden können.

Weiterer Handlungsbedarf ist folglich auf jeder Ebene gegeben, um die Belastungssituation weiter zu minimieren. Durch Einhaltung entsprechender Regeln bei der Zubereitung kann die Acrylamidaufnahme über Lebensmittel minimiert werden. Zudem sollten höher belastete Produkte wie Pommes frites oder Kartoffelchips seltener verzehrt werden. Dies gilt insbesondere für Kinder, die im Verhältnis zu ihrem Körpergewicht in den ersten Lebensjahren mehr essen als Erwachsene. Generell wird empfohlen, auf eine abwechslungsreiche Auswahl an Lebensmitteln zu achten. Einer einseitigen Belastung durch potentiell schädliche Stoffe kann auf diese Weise vorgebeugt werden.

7 LITERATURVERZEICHNIS

AGES (2016): Acrylamid in Lebensmitteln – Ergebnisse österreichischer Schwerpunktaktionen 2007-2015. Abteilung Statistik und Analytische Epidemiologie, Fachbereich Integrative Risikobewertung, Daten und Statistik. Juni 2016

BfR (2004): Zwei Jahre Acrylamid - Eine Bilanz aus Sicht der Risikobewertung. Stellungnahme des BfR vom 19. März 2004.

BfR (2005): Risikobewertung genotoxischer und kanzerogener Stoffe soll in der EU harmonisiert werden. Stellungnahme Nr. 029/2005 des BfR vom 18. Mai 2005.

BfR (2008): Besteht ein gesundheitliches Risiko durch Glycidamid in Lebensmitteln? Stellungnahme Nr. 005/2009 des BfR vom 23. Oktober 2008.

BfR (2013): Acrylamid In Lebensmitteln. Stellungnahme Nr. 043/2011 des BfR vom 29. Juni 2011, ergänzt am 21. Januar 2013.

EFSA (2005): Opinion of the Scientific Committee on a request from EFSA related to A Harmonized Approach for Risk Assessment of substances which are both genotoxic and carcinogenic. The EFSA Journal 2005a; 282; 1-31.

EFSA (2010b): Scientific Report of EFSA. Management of left-censored data in dietary exposure assessment of chemical substances. The EFSA Journal 2010; **8** (3): 1557; 1-96.

EFSA (2011a): Guidance Document for the Use of the EFSA Comprehensive European Food Consumption Database in exposure assessment. EFSA Journal 2011; **9**(3):2097

EFSA (2011b):Results on Acrylamide levels in food from monitoring years 2007-2009 and exposure assessment. EFSA Journal 2011; **9**(4):2133-2181.

EFSA (2012). Update On Acrylamide Levels In Food From Monitoring Years 2007 To 2010. Efsa Journal, **10** (10), S. 2938.

EFSA (2015): Scientific Opinion On Acrylamide In Food. EFSA Journal, **13** (6), S. 4104.

EFSA (2015): Comprehensive European Food Consumption Database.

efsa.europa.eu/de/food-consumption/comprehensive-database

ELMADFA et al. Österreichischer Ernährungsbericht 2012. 1. Auflage, Wien, 2012, bmg.gv.at/cms/home/attachments/4/5/3/CH1048/CMS1348749794860/oeb12.pdf

Food Drink Europe: Acrylamide Toolbox. Abgerufen Am 12. Dezember 2014 Von <http://www.Fooddrinkeurope.Eu/S=0/Publication/Fooddrinkeurope-Updates-Industry-Wide-Acrylamide-Toolbox/>

IARC (1994): International Agency For Research On Cancer. Abgerufen Am 12. Jänner 2015 Von Acrylamide - Summary Of Data Reported And Evaluation: <http://www.Inchem.Org/Documents/Iarc/Vol60/M60-11.Html>

JECFA (2005): Joint Fao/Who Expert Committee On Food Additives. Abgerufen Am 12. Jänner 2015 Von 64. Meeting, Italy, Summary And Conclusions: [Ftp://Ftp.Fao.Org/Es/Esn/Jecfa/Jecfa64_Summary.Pdf](ftp://ftp.Fao.Org/Es/Esn/Jecfa/Jecfa64_Summary.Pdf)

TAREKE, E., RYDBERG, P., KARLSSON, P., ERIKSSON, S., TORNOQVIST, M. (2002): Analysis of acrylamide a carcinogen formed in heated foodstuffs. J Agric Food Chem **50**, 4998-5006.

Rechtsnormen

EU-Kommission (12. Mai 2007): Empfehlung 2007/331/EG Der Kommission vom 3. Mai 2007 zur Überwachung des Acrylamidgehalts In Lebensmitteln. *Amtsblatt Der Europäischen Union, L 123, S. 33–40.*

EU-Kommission (3. Juni 2010): Empfehlung 2010/307/EU Der Kommission vom 2. Juni 2010 zur Überwachung des Acrylamidgehalts In Lebensmitteln. *Amtsblatt Der Europäischen Union, L 137, S. 4–10.*

EU-Kommission (10. Januar 2011): Empfehlung Der Kommission vom 10.1.2011 zur Untersuchung des Acrylamidgehalts von Lebensmitteln. Abgerufen Am 1. Juli 2014 von http://EC.Europa.EU/Food/Food/Chemicalsafety/Contaminants/Recommendation_10012011_Acrylamide_Food_De.Pdf

EU-Kommission (12. November 2013): Empfehlung 2013/647/EU Der Kommission vom 8. November 2013 zur Untersuchung des Acrylamidgehalts in Lebensmitteln. *Amtsblatt Der Europäischen Union, L 301, 15–17.*

AutorInnenkontakt:

Dr. Daniela Hofstädter

Spargelfeldstraße 191, 1220 Wien

daniela.hofstaedter@ages.at

GESUNDHEIT FÜR MENSCH, TIER UND PFLANZE

Impressum

Herausgeber:
AGES – Österreichische Agentur für
Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH
Spargelfeldstraße 191 | 1220 Wien

Tel.: +43 (0)5 0555-0
www.ages.at