



# FURAN

## EXPOSITIONSABSCHÄTZUNG ÖSTERREICHISCHER JUGENDLICHER UND SENIOREN

# **LISTE DER AUTOR/INNEN**

---

**U. Mayerhofer, D. Hofstädter, K. Marchart, T. Tripolt**

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.

Oktober 2019

© Shutterstock

## ZUSAMMENFASSUNG / ABSTRACT

---

Furan wird aus zahlreichen natürlichen Ausgangsstoffen wie Ascorbinsäure, Aminosäuren, Kohlenhydraten, mehrfach ungesättigten Fettsäuren und Carotinoiden im Zuge der Hitzebehandlung von Lebensmitteln gebildet. Während in Tierversuchen das kanzerogene und mögliche genotoxische Potential von Furan bestätigt wurde, sind seine Effekte auf den Menschen bis dato nicht restlos geklärt

Im Zeitraum von 2007 bis 2017 wurden die Furangehalte in Lebensmitteln durch die Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit analysiert. Anhand dieser Daten wurde die Exposition österreichischer Jugendlicher und SeniorInnen gegenüber Furan abgeschätzt.

Die durchschnittliche tägliche Gesamtaufnahme von Furan beträgt bei Jugendlichen 0,12 µg/kg KG/Tag. Vielverzehrer bei Jugendlichen nehmen 0,68 µg Furan/kg KG/Tag auf. Kaffee und Getreideprodukte tragen am meisten zur Gesamtexposition gegenüber Furan bei. Bei Erwachsenen im Alter von 65-75 Jahren liegt die durchschnittliche tägliche Gesamtaufnahme von Furan bei 0,26 µg/kg KG/Tag. Vielverzehrer dieser Bevölkerungsgruppe nehmen 0,47 µg Furan/kg KG/Tag auf. Erwachsene über 75 Jahre nehmen im Schnitt insgesamt 0,28 µg/kg KG/Tag und bei hohem Verzehr 0,48 µg Furan/kg KG/Tag auf. Bei beiden Bevölkerungsgruppen tragen Kaffee und Fertiggerichte am meisten zur Gesamtexposition gegenüber Furan bei. Bei Erwachsenen im Alter von 65-75 Jahren spielen außerdem auch Getreideprodukte eine bedeutende Rolle.

Zieht man den BMDL<sub>10</sub> von 0,064 mg/kg KG/Tag für die Entwicklung von Cholangiofibrosen heran, sind mit Ausnahme der jugendlichen Vielverzehrer für österreichische Jugendliche und SeniorInnen keine gesundheitlichen Bedenken zu erwarten. Die MOE-Berechnung unter Berücksichtigung des BMDL<sub>10</sub> von 1,31 mg/kg KG/Tag für die Entwicklung von hepatozellulären Adenomen hat ergeben, dass mit Ausnahme der jugendlichen Durchschnittsverzehrer, sowohl die Durchschnittsverzehrer als auch die Vielverzehrer aller Bevölkerungsgruppen unterhalb des MOE von 10.000 liegen. Auf Basis dieser Resultate können gesundheitliche Bedenken für jugendliche Vielverzehrer und SeniorInnen nicht ausgeschlossen werden.

**Schlüsselwörter:** Furan, Expositionsbewertung, Risikocharakterisierung, Jugendliche, SeniorInnen

---

Furan is formed from natural precursors such as ascorbic acid, amino acids, carbohydrates, poly unsaturated fatty acids and carotenoids following heat treatment of food. While animal studies have confirmed Furan's carcinogenic and possible genotoxic potential, its effects on humans have not been completely clarified so far.

In the period from 2007 to 2017 furan levels of foods have been analyzed by the Austrian Agency for Health and Food Safety. Based on these analytical data the exposure of Austrian adolescents and seniors to furan has been estimated by using the deterministic approach.

For the adolescent population mean and 95<sup>th</sup> percentile dietary exposure to furan were estimated at 0.12 µg/kg bodyweight per day and at 0.68 µg/kg bodyweight per day respectively. Coffee and grain products are the main contributors to the total dietary exposure to furan. For the elderly population mean and 95<sup>th</sup> percentile of dietary exposure to furan were estimated at 0.26 µg/kg bodyweight per day and 0.47 µg/kg bodyweight per day respectively. Similar results have been shown for the very elderly population with an estimation of the dietary exposure at mean and 95<sup>th</sup> percentile at 0.28 µg/kg bodyweight per day and 0.48 µg/kg bodyweight per day. Coffee and composite foods are the main contributors to the total dietary exposure to furan for both the elderly and the very elderly population. Additionally grain products play an important role regarding dietary exposure for the elderly population.

The MOE-calculation based on the BMDL<sub>10</sub> of 0.064 mg/kg bodyweight per day for the development of cholangiofibrosis reveals that, with exception of adolescent high consumers, the current levels of dietary exposure to furan are not of concern. Whereas the MOE-calculation based on the BMDL<sub>10</sub> of 1.31 mg/kg bodyweight per day for the development of hepatocellular adenomas indicate a concern for adolescent high consumers as well as the elderly and very elderly population based on animal evidence.

**Key words:** furan, exposure assessment, risk characterization, adolescent, elderly

# INHALT

---

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ALLGEMEINER TEIL</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>EU-Programm</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>SPEZIELLER TEIL</b> .....	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Entstehung und Vorkommen</b> .....	<b>3</b>
<b>3.2</b>	<b>Biotransformation</b> .....	<b>3</b>
<b>3.3</b>	<b>Toxizität</b> .....	<b>4</b>
3.3.1	Kanzerogenität .....	4
3.3.2	Genotoxizität.....	4
3.3.3	Humanstudien.....	5
3.3.4	Ableitung eines gesundheitsbezogenen Wertes .....	5
<b>4</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN</b> .....	<b>6</b>
<b>4.1</b>	<b>Analytik</b> .....	<b>6</b>
<b>4.2</b>	<b>Auftretensdaten</b> .....	<b>6</b>
<b>4.3</b>	<b>Verzehrsdaten</b> .....	<b>7</b>
<b>4.4</b>	<b>Expositionsabschätzung</b> .....	<b>7</b>
<b>4.5</b>	<b>Risikocharakterisierung</b> .....	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>ERGEBNISSE UND DISKUSSION</b> .....	<b>8</b>
<b>5.1</b>	<b>Auftretensdaten von Furan in Lebensmitteln</b> .....	<b>8</b>
5.1.1	Auftretensdaten für die Expositionsabschätzung .....	8
5.1.2	Furankonzentrationen vor und nach der Zubereitung .....	9
<b>5.2</b>	<b>Expositionsabschätzung österreichische Jugendliche und SeniorInnen gegenüber Furan</b> <b>10</b>	
5.2.1	Jugendliche.....	10
5.2.2	Erwachsene 65 bis 75 Jahre .....	11
5.2.3	Erwachsene über 75 Jahre .....	11
<b>5.3</b>	<b>Ergebnisse der MOE-Kalkulation</b> .....	<b>12</b>
5.3.1	Hepatozelluläre Adenome .....	12
5.3.1	Cholangiofibrosen.....	13
<b>5.4</b>	<b>Conclusio</b> .....	<b>14</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>15</b>

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

---

Abbildung 1: Chemische Struktur von Furan und seinen Methylanaloga (EFSA, 2017).....	3
Abbildung 2: Relativer Anteil der Warengruppen an der Gesamtaufnahme von Furan (Consumer der Bevölkerungsgruppen Jugendliche, Erwachsene 65-75 Jahre und Erwachsene >75 Jahre).....	12

## TABELLENVERZEICHNIS

---

Tabelle 1: Übersicht über berücksichtigte Warengruppen für die Expositionsbewertung.....	6
Tabelle 2: Furangehalte in µg/kg bzw. µg/L (MB).....	8
Tabelle 3: Durchschnittliche Furangehalte in Lebensmitteln vor und nach der Zubereitung.....	9
Tabelle 4: Durchschnittliche Verzehrsmenge in g/kg KG/Tag oder mL/kg KG/Tag.....	10
Tabelle 5: Durchschnittliche Furanaufnahme für die jeweiligen Bevölkerungsgruppen in µg/kg KG/Tag (MB).....	11
Tabelle 6: Furanaufnahme in µg/kg KG/Tag sowie MOE in Bezug auf den BMDL <sub>10</sub> von 1,31 mg/kg KG/Tag (hepatozelluläre Adenoma) für Durchschnittsverzehrer (DV) und Vielverzehrer (VV).....	13
Tabelle 7: Furanaufnahme in µg/kg KG/Tag sowie MOE in Bezug auf den BMDL <sub>10</sub> von 0,064 mg/kg KG/Tag (Cholangiofibrosen) für Durchschnittsverzehrer (DV) und Vielverzehrer (VV).....	13

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

---

AGES	Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit
BDA	Cis-2-Buten-1,4-Dial
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
BG	Bestimmungsgrenze
BMD	Benchmark Dose
BMDL	Benchmark Dose Lower Confidence Limit
CYP2E1	Cytochrom P450 2E1
DNA	Desoxyribonukleinsäure
DV	Durchschnittsverzehrer
EFSA	European Food Safety Authority
EG	Europäische Gemeinschaft
EU	Europäische Union
IARC	International Agency for Research on Cancer
KG	Körpergewicht
LB	Lower Bound

Max	Maximum
MB	Medium Bound
Min	Minimum
MOE	Margin of Exposure
n	Anzahl
UB	Upper Bound
VV	Vielverzehrer
WHO	World Health Organisation
g/kg KG/Tag	Gramm pro Kilogramm Körpergewicht pro Tag
mg/kg KG/Tag	Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht pro Tag
µg/kg KG/Tag	Mikrogramm pro Kilogramm Körpergewicht pro Tag
µg/L	Mikrogramm pro Liter

# 1 EINLEITUNG

Furan entsteht durch Hitzebehandlung von bestimmten Lebensmitteln und gehört somit zu der Gruppe der Prozesskontaminanten. Ausgangsstoffe für die Bildung von Furan sind Ascorbinsäure (Vitamin C), Aminosäuren, Kohlenhydrate, mehrfach ungesättigte Fettsäuren und Carotinoide (WHO, 2011). Es wirkt im Tierversuch krebserregend und erbgutschädigend. Seine Wirkung auf den Menschen ist bis dato noch nicht restlos geklärt. Die IARC (International Agency for Research on Cancer) der Weltgesundheitsorganisation (World Health Organisation – WHO) hat Furan allerdings als möglicherweise krebserregend für den Menschen (Gruppe 2B) eingestuft (IARC, 1995).

In den Jahren 2007 bis 2017 wurden von der AGES (Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit) zahlreiche Lebensmittelgruppen auf Furan untersucht und die Daten an die EFSA (European Food Safety Authority) weitergegeben. In vorliegendem Bericht wurde die Aufnahme von Furan durch österreichische Jugendliche und SeniorInnen auf Basis dieser Daten abgeschätzt.

## **2 ALLGEMEINER TEIL**

### **2.1 EU-Programm**

Bislang wurden für Furan weder auf europäischer noch auf nationaler Ebene Höchstgehalte in Lebensmitteln festgelegt.

Gemäß der Empfehlung der Europäischen Kommission (2007/196/EG) vom 28. März 2007 wurden die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union (EU) angehalten, ein Monitoringprogramm in Bezug auf das Vorkommen von Furan in Lebensmitteln durchzuführen. Ziel war es, das Vorhandensein von Furan in Lebensmitteln zu überwachen und Daten für eine aussagekräftige Risikobewertung von im Handel erhältlichen Lebensmitteln, die einer Wärmebehandlung unterzogen wurden, zu sammeln. Relevante Lebensmittel sollten sowohl vor als auch nach der Zubereitung als verzehrfertiges Erzeugnis im Labor analysiert werden. Der Schwerpunkt lag dabei auf den Jahren 2007 und 2008 (EC, 2007). Auch in den Folgejahren wurden weiterhin Daten von den EU-Mitgliedsstaaten an die EFSA übermittelt. Die Ergebnisse des Monitorings wurden in Berichten der EFSA veröffentlicht (EFSA, 2009; EFSA, 2010b; EFSA, 2011).

In Österreich wurde dieses Überwachungsprogramm in Form von Schwerpunktaktionen umgesetzt. Die AGES hat in den Jahren 2007 bis 2017 511 Proben auf ihren Furangehalt untersucht und die Daten an die EFSA übermittelt.

## 3 SPEZIELLER TEIL

### 3.1 Entstehung und Vorkommen

Furan gehört zu der Klasse der Sauerstoffheterocyclen und ist eine farblose, sehr leicht flüchtige Substanz mit einem Siedepunkt von 31,4°C. Neben Furan sind auch seine Methylanaloga 2-Methylfuran und dessen Isomer 3-Methylfuran sowie 2,5-Dimethylfuran von Bedeutung. Sie verfügen über ähnliche chemische Eigenschaften wie Furan, ihr Siedepunkt liegt jedoch mit 63-64°C (2-Methylfuran), 65°C (3-Methylfuran) und 94-96°C (2,5-Dimethylfuran) deutlich höher. (EFSA, 2017).

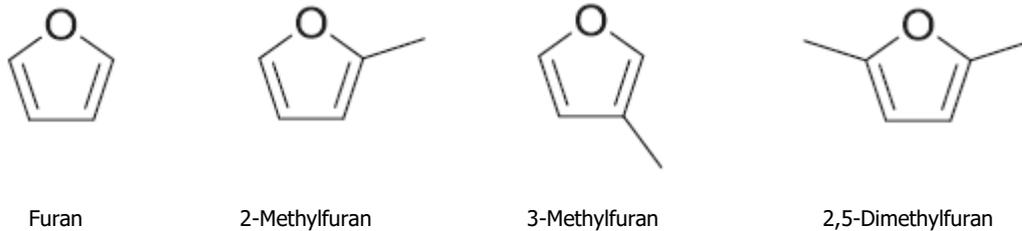


Abbildung 1: Chemische Struktur von Furan und seinen Methylanaloga (EFSA, 2017)

Abzugrenzen ist Furan von der Gruppe der „Furane“. Der Begriff Furane ist eine Abkürzung für die Stoffgruppe der chlorierten Dibenzofurane, die über dioxinähnliche Eigenschaften verfügen und zu den Umweltkontaminanten zählen. Furan hat jedoch keine dioxinähnlichen Eigenschaften (BfR, 2011).

Furan und dessen Methyl-derivate werden im Zuge der Herstellung, Verarbeitung und Zubereitung von Lebensmitteln aus natürlichen Inhaltsstoffen gebildet und gehören somit zu der Gruppe der Prozesskontaminanten. Sie entstehen durch Hitzebehandlung von Lebensmitteln wie Rösten, Kochen, Backen, Pasteurisieren sowie Sterilisieren, wobei Furan seine geschmacksgebenden Eigenschaften im Lebensmittel entwickelt (WHO, 2011; EFSA, 2017). Die Ausgangsstoffe für die Bildung von Furan sind vielfältig, zu ihnen zählen Ascorbinsäure, Aminosäuren, Kohlenhydrate, ungesättigte Fettsäuren und Carotinoide (EFSA, 2017). Der Bildung von Furan liegen verschiedene Bildungspfade zugrunde: Maillard-Reaktionen (Bräunung von Lebensmitteln), thermische Spaltung von Kohlenhydraten und bestimmten Aminosäuren sowie thermische Oxidation von Ascorbinsäure (Vitamin C), mehrfach ungesättigten Fettsäuren und Carotinoiden (WHO, 2011).

Die höchsten Gehalte an Furan wurden in Kaffee, insbesondere in gerösteten Kaffeebohnen und geröstetem Kaffeepulver, gefunden (EFSA, 2011). Deutlich geringere Gehalte sind in Gemüse- und Fleischkonserven, Getreide und Getreideprodukten (Brot, Teigwaren, Frühstückszerealien, Backwaren etc.), Gläschenkost für Säuglinge (insbesondere mit Gemüse beziehungsweise Gemüse und Fleisch als Inhaltsstoffe), Sojasauce sowie Spirituosen enthalten (EFSA, 2017). Da es sich bei Furan um eine sehr flüchtige Verbindung handelt, kann es in luftdicht verschlossenen Behältnissen nicht entweichen. Durch Zubereitung in einem offenen Gefäß verflüchtigt sich allerdings ein Teil des enthaltenen Furans (Premier Analytical Services, 2016; Van Lancker et al., 2009; WHO, 2011).

Natürlich enthalten ist Furan in Öl, das aus dem Harz von Nadelhölzern gewonnen wird sowie in flüchtigen Emissionen von Speierlingen. In der Industrie findet es Verwendung als Zwischenprodukt bei der Herstellung von Tetrahydrofuran, Pyrrol und Thiophen, bei der Herstellung von Lacken und Lösungsmitteln für Harze sowie in der Produktion von Pharmazeutika, Agrochemikalien und Stabilisatoren. Außerdem ist Furan in Zigarettenrauch und Abgasen von Diesel- und Benzinmotoren enthalten und entsteht beispielsweise durch Verbrennen von Holz (IARC, 1995). In vorliegendem Bericht wird jedoch diese inhalative Exposition nicht berücksichtigt.

### 3.2 Biotransformation

Nach oraler Aufnahme wird Furan schnell und in großer Menge über den Verdauungstrakt absorbiert, im Körper verteilt und metabolisiert. Die entstehenden Stoffwechselprodukte werden über Urin und Fäzes ausgeschieden. Ein kleiner Teil des Furans wird auch unverändert sowie als Kohlendioxid ausgeatmet. Die wichtigsten Zielorgane von Furan sind Leber und Nieren, in geringerem Ausmaß Lunge und Darm. Die Elimination von Furan erfolgt in erster Linie in der Leber. Hauptverantwortlich hierfür ist

Cytochrom P450 2E1 (CYP2E1), das die Oxidation von Furan katalysiert und durch Öffnung des Furanrings die Bildung von Cis-2-Buten-1,4-Dial (BDA) zur Folge hat (EFSA, 2017; WHO, 2011). BDA ist primäres Zwischenprodukt im Metabolismus Furans. Es ist sehr reaktiv und gilt als hauptverantwortlich für dessen gesundheitsschädigende Wirkung (Gates et al., 2014; EFSA, 2017). BDA reagiert sehr leicht mit Aminosäuren (insbesondere Lysin), Glutathion oder Cystein sowie biogenen Aminen. Zudem wird angenommen, dass BDA mit der DNA (Desoxyribonucleinsäure) reagiert (EFSA, 2017).

2-Methyl-, 3-Methyl- und 2,5-Dimethylfuran werden vermutlich auch über den Verdauungstrakt absorbiert. Bei der Elimination dieser Furanderivate kommt es ebenfalls zu einer oxidativen Öffnung des Furanrings unter Bildung ähnlicher reaktiver Metabolite wie BDA. Es wird angenommen, dass auch diese reaktiven Zwischenprodukte an Aminosäuren und Glutathion binden. Es gibt Hinweise aus Genotoxizitätsstudien, dass diese Methyl-derivate von Furan beziehungsweise ihre Stoffwechselprodukte mit der DNA reagieren könnten (EFSA, 2017).

Anhand der derzeitigen Datenlage es ist nicht möglich, bestimmte Furanmetabolite als quantitative Biomarker zur Beurteilung der Exposition heranzuziehen (EFSA, 2017).

### **3.3 Toxizität**

Die Toxizität von oral verabreichtem Furan wurde umfassend in tierexperimentellen Studien an Ratten und Mäusen sowie in *in vitro* Studien untersucht. Es hat sich gezeigt, dass insbesondere BDA, das reaktive Stoffwechselprodukt von Furan, für die gesundheitsschädigende Wirkung verantwortlich ist. Durch die Bindung von BDA an Zielmoleküle wie Proteine und Glutathion, kommt es zu oxidativem Stress und folglich, insbesondere in der Leber, zu Zell- und Gewebsschädigung, mitochondrialer Dysfunktion und Fibrose. In Tierversuchen hat sich Furan als stark hepatotoxisch und moderat nephrotoxisch herausgestellt. Die hepatotoxische Wirkung spiegelt sich in den charakteristischen Serummarkern wider. In Langzeitstudien an Ratten hat sich die Entwicklung von Cholangiofibrosen als frühe und sensitive Reaktion auf die Verabreichung von Furan gezeigt (EFSA, 2017).

Auch bei 2- und 3-Methylfuran konnte ein ähnliches Bild der Lebertoxizität und zu einem geringen Ausmaß Lungentoxizität festgestellt werden. Bei 3-Methylfuran gibt es zudem Hinweise auf dessen nephrotoxische Wirkung. Das toxische Potential der Methylanaloga dürfte mit jenem von Furan gleichzusetzen sein (EFSA, 2017).

#### **3.3.1 Kanzerogenität**

Es ist evident, dass Furan durch indirekte Mechanismen kanzerogen wirkt. Experimentelle Tierversuche an Nagetieren haben gezeigt, dass es durch Furan zur Entstehung von hepatozellulären Karzinomen und Adenomen sowie Cholangiokarzinomen kommen kann, wobei letztere nur bei sehr hoher Dosis in Folge der hepatotoxischen Wirkung von Furan entstehen. Zu diesen indirekten Mechanismen der Kanzerogenese zählen epigenetische Veränderungen, oxidative Schädigung der DNA und regenerative Hyperplasie begleitet von Gewebsschädigung. Hingegen gibt es nur wenige Hinweise auf einen direkten Mechanismus, der die Kanzerogenese durch Furan induziert (beispielsweise durch direkte Interaktion mit der DNA). Die Faktoren, die zur Krebsentstehung beitragen, hängen von Dosis, Expositionsdauer und Schweregrad der Leberzellschädigung, Entzündung und kompensatorischer Proliferation ab (EFSA, 2017).

#### **3.3.2 Genotoxizität**

Die genotoxische Wirkung von Furan wurde in einigen *in vitro* Studien festgestellt, allerdings gibt es hierfür nur wenige Hinweise aus *in vivo* Studien (EFSA, 2017). In Untersuchungen an Säugetierzellen und Mäusen zeigte Furan ein klastogenes Potential (BfR, 2011). BDA bindet an Proteine und Nucleinsäuren und bildet DNA-Addukte. Außerdem induziert BDA *in vitro* Mutationen und DNA-Strangbrüche. Nach Verabreichung von Furan an Ratten zwischen Abstillphase und Postpubertät kam es zu histologischen Veränderungen in Hoden, Prostata, Samenblase und Leydig Zellen (EFSA, 2017).

Bezüglich ihrer genotoxischen Wirkung gibt es für 3-Methylfuran keine und für 2-Methylfuran und 2,5-Dimethylfuran nur wenig Informationen. Es gibt Belege aus *in vitro* Studien an Säugetierzellen, dass diese beiden Furanderivate chromosomale Schädigungen verursachen und nur wenige Hinweise dafür, dass 2,5-Dimethylfuran DNA-Brüche *in vivo* induziert (EFSA, 2017).

### **3.3.3 Humanstudien**

Bereits 1995 wurde Furan durch die IARC als potentiell kanzerogen beim Menschen (Gruppe 2B) eingestuft (IARC, 1995). Seine Wirkung auf den Menschen ist allerdings noch nicht restlos geklärt.

### **3.3.4 Ableitung eines gesundheitsbezogenen Wertes**

Aufgrund seiner kanzerogenen und möglichen genotoxischen Wirkung beim Menschen lässt sich nach derzeitigem Wissensstand kein Wert als tolerierbare tägliche Aufnahme festlegen, unter dem ein Risiko für den Menschen ausgeschlossen ist. Bislang wurde auch kein gesetzlich geregelter Höchstgehalt für Furan in Lebensmitteln festgelegt. Stattdessen haben Sachverständige der EFSA jenen Dosisbereich abgeschätzt, innerhalb dessen es wahrscheinlich ist, dass Furan eine kleine, jedoch messbare Tumorzinzidenz (neoplastische Effekte) bewirkt oder nicht neoplastische Effekte (sonstige nachteilige Effekte wie Cholangiofibrosen) zeigt. Als Referenzpunkt empfiehlt die EFSA die BMD, die sogenannte Benchmark Dose beziehungsweise die  $BMDL_{10}$  (Benchmark Dose Lower Confidence Limit 10 %). Sie schätzt jene Dosis ab, die eine niedrige, jedoch messbare Reaktion (Benchmark Response, BMR) zeigt, in den meisten Fällen 10 % Krebsinzidenz über der Kontrolle ( $BMD_{10}$ ). Die  $BMDL_{10}$  bezieht sich auf die entsprechende untere Grenze des 95 %-Vertrauensbereiches der  $BMD_{10}$ . Da nur sehr wenige Daten aus Humanstudien vorliegen, erfolgte diese Abschätzung für Furan auf Basis von Tierstudien an Ratten und Mäusen (EFSA, 2017).

Es wurden die kombinierten Daten zweier Studien zur Inzidenz von hepatozellulären Adenomen und Karzinomen in weiblichen Mäusen nach Verabreichung von Furan über 2 Jahre zur Bestimmung des Referenzpunkts für neoplastische Effekte herangezogen. Hier wurde ein  $BMDL_{10}$  von 1,31 mg/kg KG/Tag definiert. Für nicht neoplastische Effekte wurde auf Basis der Daten einer Studie, die zu Cholangiofibrosen in männlichen Ratten nach einer Verabreichung über 2 Jahre geführt hat, ein  $BMDL_{10}$  von 0,064 mg/kg KG/Tag gewählt (EFSA, 2017).

## 4 MATERIAL UND METHODEN

### 4.1 Analytik

Die Bestimmung von Furan in den verschiedenen Warengruppen erfolgte mittels Headspace-Gaschromatographie-Massenspektrometrie (HC-GC-MS) mit Furan-d4 als internem Standard. Bei den vorliegenden Analysenergebnissen liegen ausschließlich Untersuchungen von Furan, nicht aber dessen Derivate, vor.

### 4.2 Auftretensdaten

Für die Risikobewertung von Furan wurden die Analysenergebnisse des Furan-Monitoringprogramms im Untersuchungszeitraum 2007 bis 2017 berücksichtigt. Dabei erfolgte allerdings der Großteil der Analysen in den Jahren 2007 und 2008 sowie 2012 und 2013. Alle Untersuchungen wurden durch die AGES durchgeführt. Die Auswahl der Proben erfolgte gemäß der Empfehlung der Europäischen Kommission (2007/196/EG) vom 28. März 2007. Die gezogenen Proben wurden entsprechend des AGES-Klassifizierungssystems eingeteilt.

Warengruppen, die aus weniger als zehn Proben bestanden, wurden für die Abschätzung der Furanaufnahme wegen zu geringer Stichprobenanzahl ausgeschlossen. Gemüseerzeugnisse wurden ausgeschlossen, da diese Gruppe sehr heterogen war und ein Großteil der Ergebnisse ohnehin unterhalb der Bestimmungsgrenze lag. Kindernährmittel wurden für die vorliegende Expositionsbewertung ebenfalls nicht berücksichtigt, da sie für die Bevölkerungsgruppen Jugendliche und SeniorInnen irrelevant sind. Allerdings wurde die Warengruppe „Kindernährmittel“ für einen Vergleich der Furankonzentration vor und nach der Zubereitung herangezogen. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die für die Expositionsbewertung berücksichtigten Warengruppen.

Tabelle 1: Übersicht über berücksichtigte Warengruppen für die Expositionsbewertung

Warengruppe	Probenanzahl gesamt	nicht zubereitet	zubereitet	Probenanzahl für Expositionsab- schätzung
Kaffee, Kaffeeersatz und Erzeugnisse daraus	88	88	20	20
Fruchtsäfte	60	60	0	60
Dauerbackwaren	35	35	0	35
Spirituosen	34	34	0	34
Müsli	33	33	0	33
Fertiggerichte	29	29	28	28
Brot und Gebäck	27	23	9	27
Fleischkonserven	18	18	0	18
Bier	15	15	0	15
Getreideerzeugnisse	15	14	1	15
Snacks	12	12	0	12
<b>Summe</b>	<b>366</b>	<b>361</b>	<b>58</b>	<b>297</b>

Da Furan eine flüchtige Verbindung ist und im Zuge der Zubereitung zu einem gewissen Teil verdampft, wurden bei den Warengruppen „Kaffee, Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus“ und „Fertiggerichte“ ausschließlich die Ergebnisse nach der Zubereitung für die Expositionsbewertung herangezogen, um auf diese Weise möglichst die tatsächliche Furanaufnahme durch die KonsumentInnen abschätzen zu können. Bei den restlichen Warengruppen wurden ebenfalls, wo vorhanden, die Ergebnisse nach der Zubereitung herangezogen. Um eine ausreichende Probenanzahl für die jeweilige Warengruppe sicherzustellen, wurden hier allerdings auch die Ergebnisse jener Proben miteinbezogen, die keiner Zubereitung unterzogen wurden. Dabei wurde jedoch jede Probe für die Expositionsrechnung nur ein Mal berücksichtigt, entweder vor oder nach der Zubereitung.

Nachdem es sich bei den vorliegenden Auftretensdaten um linkszensierte Daten handelte, wurden der Lower, Medium und Upper Bound-Ansatz herangezogen. Jene Messergebnisse, die unter der Bestimmungsgrenze lagen, wurden beim Lower Bound Ansatz (LB) auf null, beim Medium Bound Ansatz (MB) auf die Hälfte der Bestimmungsgrenze und beim Upper Bound Ansatz (UB) gleich der Bestimmungsgrenze gesetzt (EFSA, 2010a). Ein Vergleich des LB, MB und UB zeigte die Unsicherheiten für die Expositionsabschätzung: je größer die Unterschiede zwischen LB, MB und UB waren, desto höher war der Anteil an Werten, die nicht bestimmt werden konnten.

Außerdem wurden für die Warengruppen „Kaffee, Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus“, „Fertiggerichte“ und „Kindernährmittel“ die Furanhalte des zubereiteten Produkts mit den Ausgangskonzentrationen verglichen, um so Aufschluss darüber zu erhalten, wie stark Furan durch die Zubereitung reduziert werden. Grundsätzlich muss berücksichtigt werden, dass die Zubereitungsmethoden einen großen und komplexen Einfluss auf die Furankonzentration im Endprodukt hat (Kettlitz et al., 2019). Es wurden ausschließlich Proben, die über der BG lagen, berücksichtigt (Kaffee: n = 20; Fertiggerichte: n = 10; Kindernährmittel: n = 16).

### **4.3 Verzehrsdaten**

Für die Expositionsabschätzung wurden die Verzehrsdaten von Jugendlichen im Alter von zehn bis 18 Jahren (n=237) sowie von Erwachsenen im Alter von 65 bis 75 Jahren (n=67) und Erwachsenen über 75 Jahren (n=25) herangezogen. Die Verzehrsdaten wurden mittels zweimaligen 24-h-Ernährungsprotokolls im Zuge des Österreichischen Ernährungsberichts 2012 erhoben (Elmadfa et al., 2012) und werden EU-weit in der EFSA Comprehensive European Food Consumption Database geführt (EFSA, 2015).

### **4.4 Expositionsabschätzung**

Die Expositionsabschätzung der Bevölkerungsgruppen „Jugendliche“, „Erwachsene 65 - 75 Jahre“ und „Erwachsene >75 Jahre“ gegenüber Furan erfolgte, einem deterministischen Ansatz folgend, auf Basis der erhobenen Auftretensdaten in Kombination mit den österreichischen Verzehrsdaten. Hierfür wurde das arithmetische Mittel der Auftretensdaten für die verschiedenen Warengruppen und von den Verzehrsdaten der Mittelwert des Kollektivs (= alle Befragten) sowie der Consumer (= jene Personen, die das entsprechende Lebensmittel tatsächlich konsumiert haben) herangezogen. Anhand der durchschnittlichen Exposition der Consumer wurden jene beiden Warengruppen ermittelt, die am meisten zur Gesamtexposition gegenüber Furan beitragen. Für diese beiden Warengruppen wurde die 95. Perzentile der Consumer und für die restlichen Warengruppen das arithmetische Mittel des Kollektivs für die Expositionsabschätzung der Vielverzehrer herangezogen.

### **4.5 Risikocharakterisierung**

Da Furan kanzerogen und möglicherweise genotoxisch wirkt, wurde der Margin of Exposure (MOE) Ansatz für die Risikocharakterisierung gewählt. Bei dem MOE-Ansatz handelt es sich um ein Konzept, das von der EFSA zur Charakterisierung möglicher Krebsrisiken infolge der Exposition gegenüber eines genotoxischen Kanzerogens vorgeschlagen wurde. Hierfür wird ein Referenzpunkt, meist auf Basis von Ergebnissen aus Tierstudien, an dem ein kleiner aber messbarer Effekt (neoplastisch oder nicht neoplastisch) eintritt, gewählt. Als Referenzpunkt empfiehlt die EFSA die Benchmark Dose (BMD) beziehungsweise BMDL<sub>10</sub> (Benchmark Dose Lower Confidence Limit 10 %) (EFSA, 2005).

In der vorliegenden Untersuchung wurden sowohl neoplastische als auch nicht-neoplastische Effekte von Furan entsprechend der EFSA Scientific Opinion bewertet. Auf Basis des kombinierten Datensets zweier Studien wurde als Referenzpunkt für neoplastische Effekte die Induktion von hepatozellulären Adenomen und Karzinomen bei weiblichen Mäusen nach zwei jähriger Furanverabreichung der BMDL<sub>10</sub> von 1,31 mg/kg pro Tag gewählt. Dieser BMDL<sub>10</sub> wurde von der Dosis entsprechend des Dosierungsschemas von 5 Tagen abgeleitet (NTP, 1993; Moser et al., 2009). Gemäß EFSA Empfehlung wurde auf Basis des BMDL<sub>10</sub> ein MOE von >10.000 als gesundheitlich wenig bedenklich eingestuft (EFSA, 2017). Im Falle der nicht-neoplastischen Effekte von Furan wurde eine Studie, die nach Furanverabreichung über den Zeitraum von zwei Jahren bei männlichen Ratten zur Induktion von Cholangiofibrosen geführt hat, herangezogen und ein Referenzpunkt von 0,064 mg/kg Körpergewicht pro Tag festgelegt. Dieser BMDL<sub>10</sub> wurde ebenfalls von der Dosis entsprechend des Dosierungsschemas von 5 Tagen abgeleitet. Auf Basis der Daten und unter Berücksichtigung der inter- und intraindividuellen Unterschiede zwischen den Spezies wurde ein MOE von >100 als geringes gesundheitliches Risiko eingestuft. (Von Tungeln et al., 2017; EFSA, 2017)

Die MOE-Kalkulation basiert auf der Berechnung des Verhältnisses zwischen der Benchmark Dose Lower Limit (BMDL<sub>10</sub>) und der geschätzten Exposition der jeweiligen Bevölkerungsgruppen für den LB, MB und UB.

## 5 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

### 5.1 Auftretensdaten von Furan in Lebensmitteln

#### 5.1.1 Auftretensdaten für die Expositionsabschätzung

Insgesamt wurden 511 Proben in 26 verschiedenen Lebensmittelkategorien auf Furan untersucht. Nach Ausschluss einiger Proben, Details hierzu sind dem Kapitel 4.2 zu entnehmen, erfolgte die Expositionsabschätzung anhand von 297 Proben (239 Proben vor der Zubereitung und 58 Proben nach der Zubereitung). Wie bereits beschrieben, wurden für die Warengruppen „Kaffee“ und „Fertiggerichte“ ausschließlich die Ergebnisse jener Proben für die Expositionsrechnung herangezogen, die nach der Zubereitung gemessen wurden. Bei allen anderen Warengruppen wurden vorzugsweise die Ergebnisse nach der Zubereitung herangezogen. Sofern keine Ergebnisse der zubereiteten Proben vorhanden waren, wurden die Analysenwerte der nicht zubereiteten Proben berücksichtigt. Tabelle 2 zeigt eine Übersicht über die Furangehalte der verschiedenen Warengruppen. Nachdem keine bedeutenden Unterschiede zwischen den LB-, MB- und UB-Ergebnissen vorlagen, werden nachfolgend ausschließlich die MB-Ergebnisse besprochen.

Tabelle 2: Furangehalte in µg/kg bzw. µg/L (MB)

Warengruppe	n	Ergebnisse < BG	Min	1. Quartil	Median	Mittelwert	3. Quartil	Max
Kaffee (Bohnen, gemahlen etc.)	88	1	17	1660	2645	2895	4200	9100
Kaffeegetränk (zubereitet)	20	1	3	27	40	59	77	176
Fruchtsäfte	60	53	2	2	3	3	3	21
Dauerbackwaren	35	23	5	16	17	24	36	76
Spirituosen	34	6	3	23	53	75	133	260
Müsli	33	29	3	8	10	19	12	210
Fertiggerichte (zubereitet)	28	20	3	5	6	18	16	86
Brot	27	24	3	3	10	14	17	85
Fleischkonserven	18	8	3	8	12	20	29	56
Bier	15	14	3	3	3	3	3	13
Getreideerzeugnisse	15	4	3	20	81	71	109	147
Snacks	12	1	6	21	45	58	93	168
<b>Gesamtproben</b>	<b>297</b>	<b>183</b>						

Von den 297 Proben waren 183 Proben unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG). Die BGs lagen in Abhängigkeit von der entsprechenden Lebensmittelmatrix zwischen 3,9 und 110 µg/L beziehungsweise µg/kg, wobei die BG nur bei Kaffeebohnen und -pulver vor der Zubereitung bei 110 µg/L lag (die durchschnittliche Furankonzentration von Kaffeebohnen und -pulver beträgt über 1000 µg/kg).

In Kaffee, Snacks, und Spirituosen war Furan in einem Großteil der Proben nachweisbar, während es in Bier, Fruchtsäften, Müsli sowie Brot in nur wenigen Proben nachgewiesen werden konnte. Die höchsten Furangehalte wurden mit 75 µg/L beziehungsweise 71 µg/kg in Spirituosen und Getreideerzeugnissen gemessen. Innerhalb dieser Warengruppen haben vor allem gepuffte Produkte wie Reiswaffeln und Popcorn sowie Rum zu den erhöhten Furanwerten beigetragen.

Kaffee wies nach der Zubereitung mit 59 µg/L eine etwas geringere Furankontamination auf. Hierbei handelte es sich allerdings ausschließlich um Kaffee nach der Zubereitung, der aufgrund der Verflüchtigung von Furan im Zuge des Brühens grundsätzlich einen geringeren Furangehalt aufweist. Die durchschnittliche Furankonzentration beträgt in Kaffeebohnen und -pulver hingegen 2895 µg/kg. Wie auch in anderen wissenschaftlichen Publikationen wurde in der vorliegenden Studie Kaffee als jene Warengruppe mit dem höchsten Furangehalt identifiziert (Moro et al. 2012; Scholl et al. 2012b; EFSA 2017). Bei den Kaffeeproben handelte es sich größten Teils um gerösteten Kaffee (89%), aber auch Instantkaffee und Kaffeegetränke aus Kapseln wurden in kleinerem Umfang untersucht. In Übereinstimmung mit zahlreichen Untersuchungen hat sich gezeigt, dass vor allem gerösteter Kaffee die höchsten Furankonzentrationen aufweist, während löslicher Kaffee deutlich geringere Werte zeigt (Zoller et al., 2007; EFSA, 2017; Rahn und Yeretian, 2019).

Am geringsten mit Furan kontaminiert waren Bier und Fruchtsäfte mit jeweils 3 µg/L.

Insgesamt liegen die österreichischen Ergebnisse etwas niedriger als jene der EFSA-Untersuchung. Nur in den Warengruppen „Getreideerzeugnisse“, „Snacks“ und „Spirituosen“ sind die AGES-Ergebnisse höher. Dies ist zum einen der Tatsache geschuldet, dass die Probenanzahl bei der vorliegenden Untersuchung vergleichsweise eher gering war, und zum anderen, dass den Warengruppen oft andere Lebensmittel zugeordnet wurden. Aus diesen Gründen ist ein direkter Vergleich der Resultate nur bedingt möglich.

Wichtige Faktoren in der Entstehung von Furan sind Prozessparameter wie unter anderem Erhitzungs- und -dauer- und -temperatur im Zuge der Produktion des Lebensmittels, pH-Wert, Zusammensetzung des Lebensmittels (Vorhandensein von Ingredienzien, die zur Furanbildung führen) sowie die Lagerung (Santonicola und Mercogliano, 2016; Mariotti et al., 2013; Shen et al., 2015; Palmers et al., 2015). Guenther et al. haben in ihrer Untersuchung festgestellt, dass der Furangehalt nicht mit der Kaffeesorte zusammenhängt, sehr wohl aber mit der Röstfarbe und -dauer. Je dunkler und länger die Bohnen geröstet werden, desto mehr Furan wird gebildet. Umgekehrt verhält es sich mit Acrylamid: je dunkler und länger die Bohnen geröstet werden, desto geringer ist der Acrylamidgehalt. Das bedeutet, eine Adaptierung des Prozesses würde zwar eine geringere Furankontamination, allerdings unter Umständen eine höhere Kontamination mit Acrylamid zur Folge haben. In der Untersuchung durch Guenther et al. wurde Furan durch Vermahlung zu 40 %, Entgasung zu 20 % und Lagerung der bereits geöffneten Kaffeepackung zu 25 % reduziert (Guenther et al., 2010). Die Lebensmittelmatrix spielt vor allem in Bezug auf die Freisetzung von Furan aus dem Produkt im Zuge der Zubereitung eine wichtige Rolle. Insbesondere bei Öl und fetthaltigen Lebensmitteln wird weniger Furan aus dem Produkt freigesetzt (Fromberg et al., 2014; Van Lancker et al., 2009). Des Weiteren deuten Untersuchungen darauf hin, dass auch ein geringer Wasseranteil in Kombination mit hohen Temperaturen zu einer höheren Furankontamination in Lebensmitteln wie beispielsweise getoastetem Brot oder Kartoffelchips führen dürfte (Fromberg et al., 2014; Santonicola und Mercogliano, 2016). Da sich verschiedene Faktoren wie Prozessbedingungen, Lebensmittelmatrix und -zusammensetzung sowie die individuelle Zubereitung durch KonsumentInnen und das Entweichen von Furan in der Abkühlphase auf den Furangehalt auswirken, stellen diese Faktoren eine Unsicherheit in Bezug auf die Abschätzung der tatsächlichen Furanexposition dar.

### 5.1.2 Furankonzentrationen vor und nach der Zubereitung

Um die Reduktion der Furankonzentration in Produkten, die vor dem Verzehr nochmals erhitzt werden, feststellen zu können, wurden die Furangehalte ausschließlich jener Proben, die sowohl vor als auch nach der Zubereitung analysiert wurden und deren Gehalte vor der Zubereitung über der BG lagen, gegenübergestellt. Die Ergebnisse der Furananalysen vor und nach der Zubereitung von Kaffee, Fertiggerichten und Kindernährmitteln sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Durchschnittliche Furangehalte in Lebensmitteln vor und nach der Zubereitung

	Kaffee (n=20)	Fertigprodukte (n=10)	Kindernährmittel (n=16)
<b>Vor der Zubereitung</b>	3031 µg/kg	60 µg/kg	31 µg/kg
<b>Nach der Zubereitung</b>	59 µg/L	39 µg/kg	24 µg/kg

Die höchsten durchschnittlichen Furanwerte wurden mit 3031 µg/kg in Kaffee vor der Zubereitung festgestellt. Nach dem Brühen des Kaffees kam es allerdings zu einer deutlichen Reduktion auf 59 µg/kg. Ein Großteil dieser Reduktion des Furangehalts liegt an dem Verdünnungseffekt im Zuge des Brüehens von Kaffee (übliches Mischverhältnis ist ca. 60 g Kaffee pro Liter) sowie an der Verflüchtigung von Furan während der Zubereitung (Reduktion des Furangehalts um den Faktor 3). Auch nach der Zubereitung von Fertigprodukten und Kindernährmitteln konnte eine Verringerung der Furankonzentration festgestellt werden.

Die Tatsache, dass die Zubereitung des Produkts wie z.B. Brühen von Kaffee oder Erhitzen von Fertigprodukten eine Reduktion des Furangehalts bewirkt, wurde in der Vergangenheit bereits des Öfteren beschrieben (Zoller et al., 2007; Fromberg et al., 2009, 2014; Guenther et al., 2010; Palmers et al., 2015). In Ihrer Studie haben Guenther et al. nach dem Brühen des Kaffees eine Reduktion des Furangehalts um 55% und nach einer Standzeit bis zu 30 Minuten von 10-35% festgestellt (Guenther et al.,

2010). Ursache hierfür ist, dass Furan eine flüchtige Verbindung ist und folglich in geöffneten Gefäßen entweichen kann. Allerdings muss beachtet werden, dass nicht nur der Furangehalt der Kaffeebohnen oder des Kaffeepulvers, sondern auch die Zubereitungsmethode von Bedeutung sind. Zoller et al. haben die höchsten Furangehalte in Kaffee aus Espresso-Automaten (Halb- oder Vollautomaten) und die geringsten Konzentrationen in Filterkaffee detektiert. Auch die Form des Behälters, ob und wie umgerührt wird sowie der Abkühlprozess haben einen Einfluss auf die Furankonzentration (Zoller et al., 2007). Im Zuge der Evaluierung von Fromberg et al. konnte gezeigt werden, dass frisch zubereitete Speisen nur sehr wenig mit Furan belastet sind, während in industriell hergestellten Lebensmitteln wie in Dosen oder Gläser abgefüllte Produkte sowie in Fertigprodukten bedeutende Furankonzentrationen festgestellt wurden. Durch Erhitzen dieser Produkte konnte der Furangehalt deutlich reduziert werden. Dabei wurde allerdings festgestellt, dass ein Teil des enthaltenen Furans im Zuge des Erhitzens verdampft. Während des Abkühlens nach der Erwärmung reduziert sich die Furankonzentrationen hingegen nicht beziehungsweise lediglich zu einem geringen Ausmaß (Fromberg et al., 2009). Es gibt Hinweise darauf, dass der Furangehalt durch Umrühren während des Erwärmens in einem offenen Gefäß effektiver reduziert werden kann als durch Erwärmung ohne umzurühren. (Premier Analytical Services, 2016; Van Lancker et al., 2009; WHO, 2011). Zoller et al. erklären den Umstand, dass frisch zubereitete Speisen nur sehr geringe Furankonzentrationen aufweisen damit, dass Furan im Zuge des Kochens über den entstehenden Wasserdampf entweichen kann (Zoller et al., 2007). In Bezug auf Kindernährmittel wurden divergierende Ergebnisse festgestellt. Während es in einigen Studien zu einer Reduktion von Furan nach der Zubereitung kam, konnten in anderen Studien keine bedeutenden Unterschiede zur Ausgangskonzentration festgestellt werden (Zoller et al., 2007; Lachenmeier et al., 2009; Goldmann et al., 2005).

## 5.2 Expositionsabschätzung österreichische Jugendlicher und SeniorInnen gegenüber Furan

Die Expositionsabschätzung erfolgte für Jugendliche im Alter von zehn bis 18 Jahren, für Erwachsene im Alter von 65 bis 75 Jahren und für Erwachsene über 75 Jahren. Die Ergebnisse in Bezug auf die im Zuge des österreichischen Ernährungsberichts erhobenen Verzehrsmengen der jeweiligen Warengruppen, die gemeinsam mit den analysierten Furankonzentrationen die Basis für die Expositionsabschätzung darstellen, sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Die Furanaufnahme der jeweiligen Bevölkerungsgruppen ist sowohl für das Kollektiv als auch für Consumer angeführt und der Tabelle 5 zu entnehmen.

Tabelle 4: Durchschnittliche Verzehrsmenge in g/kg KG/Tag oder mL/kg KG/Tag

Warengruppe	Kollektiv Jugendl.	Kollektiv Erw. 65-75 J.	Kollektiv Erw. >75 J.	Consumer Jugendl.	Consumer Erw. 65-75 J.	Consumer Erw. >75 J.
Kaffeegetränk (zubereitet)	0,19	2,79	3,18	2,33	3,17	3,31
Fruchtsäfte	2,23	0,65	0,69	4,19	1,67	2,48
Dauerbackwaren	0,03	0,01	0,00	0,32	0,14	0,00
Spirituosen	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,12
Müsli	0,08	0,07	0,08	0,56	0,49	0,38
Fertiggerichte (zubereitet)	1,34	2,67	3,22	2,02	3,03	3,36
Brot	2,74	1,79	2,10	2,76	1,87	2,19
Fleischkonserven	0,01	0,01	0,02	0,32	0,31	0,27
Bier	0,01	1,65	1,02	2,06	4,61	4,25
Getreideerzeugnisse	0,35	0,10	0,02	0,94	0,76	0,41
Snacks	0,24	0,04	0,00	0,69	0,36	0,00

### 5.2.1 Jugendliche

Die durchschnittliche Furanaufnahme liegt für Jugendliche bei 0,12 µg/kg KG/Tag (MB) beziehungsweise im Fall der Consumer bei 0,36 µg/kg KG/Tag (MB).

Im Kollektiv tragen vor allem Brot (0,038 µg/kg KG/Tag), Getreideerzeugnisse (0,025 µg/kg KG/Tag) sowie Fertiggerichte (0,024 µg/kg KG/Tag) zur Furanexposition bei. Betrachtet man allerdings die Gruppe der Consumer, stellt sich heraus, dass Kaffee (37 %) gefolgt von Getreideerzeugnissen (18 %) am meisten zur Furanexposition beiträgt. Dies lässt sich dadurch erklären, dass Kaffee mit 2,33 g/kg KG/Tag nach Fruchtsäften (4,19 g/kg KG/Tag) von den Consumern am zweit häufigsten konsumiert wird, während der Verzehr im Kollektiv mit 0,19 g/kg KG/Tag eher gering ist. Außerdem ist der Furangehalt selbst nach dem Brühen des Kaffees trotz starker Reduktion mit 59 µg/kg relativ hoch ist. Bei Getreideprodukten ist der Verzehr deutlich geringer, die Furankonzentration ist allerdings bei dieser

Warengruppe mit 71 µg/kg relativ hoch. Snacks, Brot sowie Fertiggerichte tragen zu 11 % beziehungsweise 10 % zur Gesamtexposition gegenüber Furan bei und stellen somit weitere relevante Expositionsquellen dar. Während im Falle der Snacks mit 58 µg/kg der Furangehalt ursächlich ist, ist bei den Fertiggerichten der hohe Verzehr ausschlaggebend. Fruchtsäfte (4 %), Müsli (3 %), Bier (2 %), Fleischkonserven (2 %), Dauerbackwaren (2 %) und Spirituosen (0 %) spielen in Hinsicht auf die Exposition der österreichischen Jugendlichen eine untergeordnete Rolle. Details können den Tabellen 4 und 5 sowie der Abbildung 2 entnommen werden.

### 5.2.2 Erwachsene 65 bis 75 Jahre

Die durchschnittliche Furanaufnahme liegt für die Bevölkerungsgruppe „Erwachsene 65-75 Jahre“ bei 0,26 µg/kg KG/Tag (MB) beziehungsweise im Fall der Consumer bei 0,38 µg/kg KG/Tag (MB).

Wie auch bereits in zahlreichen Studien und Publikationen gezeigt werden konnte, trägt Kaffee trotz starker Reduktion des Furangehalts nach der Zubereitung aufgrund seiner Furankonzentration (59 µg/L), aber auch aufgrund des hohen Verzehrs, mit 49 % am meisten zur Gesamtexposition gegenüber Furan bei (EFSA, 2017; VKM, 2012; Mesias, 2012; Scholl, 2012a). Die größte Verzehrsmenge bei den Consumern entfällt jedoch nicht auf Kaffee (3,17 g/kg KG/Tag), sondern auf Bier (4,61 g/kg KG/Tag). Fertiggerichte und Getreideerzeugnisse stellen mit einem relativen Anteil von jeweils 14 % weitere wichtige Expositionsquellen dar. Dies lässt sich im Falle der Fertigprodukte vor allem durch den hohen Verzehr erklären während bei den Getreideerzeugnissen vor allem der relativ hohe Furangehalt von 71 µg/kg ausschlaggebend ist. Brot (7 %), Snacks (6 %), Bier (4 %), Müsli (2 %), Fleischkonserven (2 %), Fruchtsäfte (1 %) und Dauerbackwaren (1 %) und Spirituosen (0 %) spielen in Hinsicht auf die Exposition der österreichischen Erwachsenen eine untergeordnete Rolle. Details können den Tabellen 4 und 5 sowie der Abbildung 2 entnommen werden.

### 5.2.3 Erwachsene über 75 Jahre

Bei den über 75-Jährigen liegt die mittlere Furanaufnahme bei 0,28 µg/kg KG/Tag (MB), Consumer nehmen im Schnitt 0,36 µg Furan/kg KG/Tag (MB) auf.

Die Ergebnisse der Exposition dieser Bevölkerungsgruppe decken sich im Großen und Ganzen mit jenen der 65- bis 75-Jährigen. Hier trägt Kaffee (54 %) mit Abstand am meisten zur Gesamtexposition gegenüber Furan bei, gefolgt von Fertiggerichten (17 %) und Getreideerzeugnissen (8 %). Dies lässt sich im Falle der Fertigprodukte vor allem durch den hohen Verzehr (3,36 g/kg KG/Tag) erklären während bei den Getreideerzeugnissen vor allem der relativ hohe Furangehalt von 71 µg/kg ausschlaggebend ist. Die größte Verzehrsmenge bei den Consumern entfällt wie auch bei der Bevölkerungsgruppe „Erwachsene zwischen 65 und 75 Jahren“ mit 4,25 g/kg KG/Tag auf Bier, gefolgt von Fertigprodukten und Kaffee. Die restlichen prozentuellen Anteile teilen sich auf Brot (9 %), Getreideerzeugnisse (8 %), Bier (4 %), Spirituosen (3 %), Müsli (2 %), Fruchtsäfte (2 %) und Fleischkonserven (1 %) auf. Details können den Tabellen 4 und 5 sowie der Abbildung 2 entnommen werden.

Tabelle 5: Durchschnittliche Furanaufnahme für die jeweiligen Bevölkerungsgruppen in µg/kg KG/Tag (MB)

Warengruppe	Kollektiv Jugendl.	Kollektiv Erw. 65-75 J.	Kollektiv Erw. >75 J.	Consumer Jugendl.	Consumer Erw. 65-75 J.	Consumer Erw. >75 J.
Kaffeegetränk (zubereitet)	0,011	0,164	0,187	0,137	0,186	0,195
Fruchtsäfte	0,007	0,002	0,002	0,014	0,005	0,008
Dauerbackwaren	0,001	0,000	0,000	0,008	0,003	0,000
Spirituosen	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,009
Müsli	0,001	0,001	0,001	0,010	0,009	0,007
Fertiggerichte (zubereitet)	0,024	0,048	0,058	0,036	0,054	0,060
Brot	0,038	0,025	0,029	0,039	0,026	0,031
Fleischkonserven	0,000	0,000	0,000	0,006	0,006	0,005
Bier	0,000	0,005	0,003	0,007	0,015	0,014
Getreideerzeugnisse	0,025	0,007	0,001	0,066	0,054	0,029
Snacks	0,014	0,002	0,000	0,040	0,021	0,000
<b>Gesamtproben</b>	<b>0,122</b>	<b>0,256</b>	<b>0,283</b>	<b>0,364</b>	<b>0,381</b>	<b>0,358</b>

Im Zuge der durch die EFSA durchgeführten Expositionsabschätzung hat sich gezeigt, dass nicht alkoholische Getränke (inklusive Kaffee) am meisten zur Gesamtexposition der SeniorInnen beitragen (in den verschiedenen von der EFSA herangezogenen Erhebungen lag der relative Anteil zwischen 50-

85 %). Auch bei Jugendlichen spielt diese Warengruppe mit einem relativen Anteil von 12 % (Median) an der Gesamtexposition eine bedeutende Rolle.

In der EFSA-Untersuchung stellen auch Getreide und getreidebasierte Erzeugnisse sowie Fertiggerichte für alle Bevölkerungsgruppen eine relevante Expositionsquelle dar (in manchen Surveys mit einem Anteil von bis zu 65 %), wobei Getreideprodukte allerdings am meisten von Kindern und Jugendlichen konsumiert werden (EFSA, 2017).

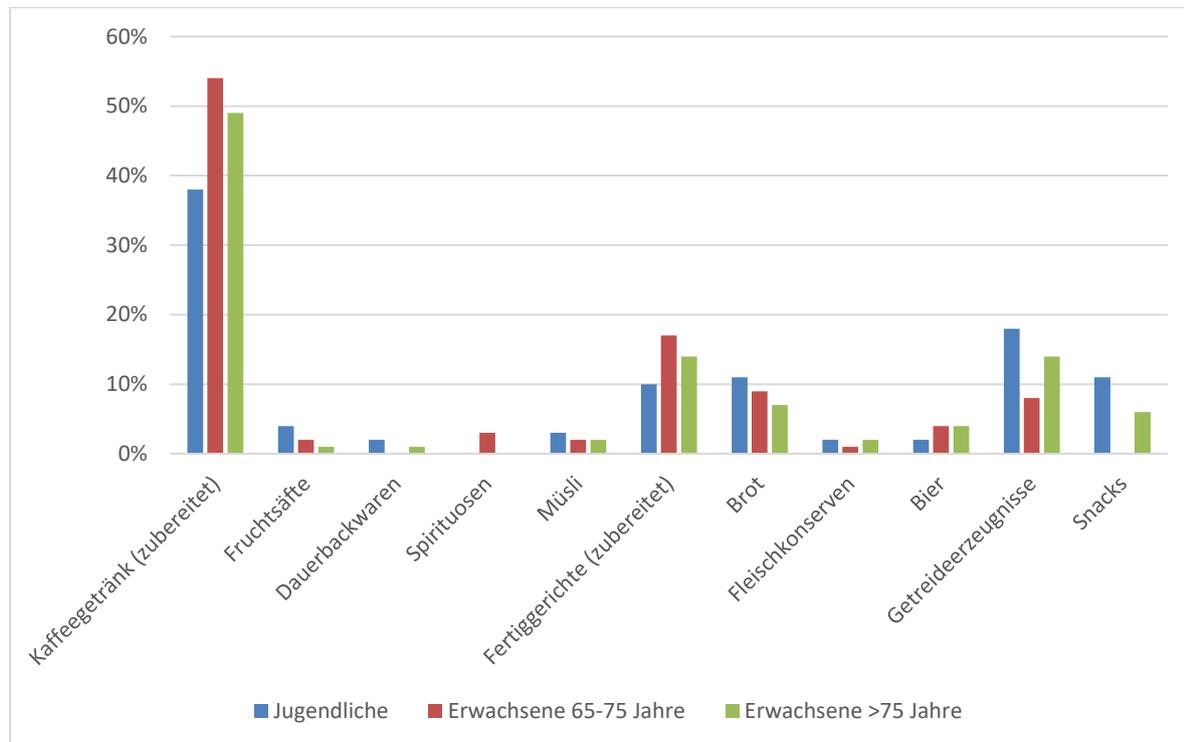


Abbildung 2: Relativer Anteil der Warengruppen an der Gesamtaufnahme von Furan (Consumer der Bevölkerungsgruppen Jugendliche, Erwachsene 65-75 Jahre und Erwachsene >75 Jahre)

Insgesamt decken sich die Resultate weitestgehend mit den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung. Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass Vergleiche mit internationalen Studien sowie Ergebnissen der EFSA auf EU-Ebene nur bedingt möglich sind, da Unterschiede sowohl in Umfang und Art des Datenmaterials als auch in Expositionsszenarios und Expositionsmodellen bestehen.

In der vorliegenden Arbeit entsprechen die Zuordnungen der Produkte zu den jeweiligen Warengruppen von der EFSA nicht immer jener Zuordnung durch die AGES. So wurde beispielsweise Kaffee in der vorliegenden Studie als eigene Gruppe geführt, während sie durch die EFSA den nicht alkoholischen Getränken zugordnet wurde. Auch Getreideerzeugnisse und Brot wurden in der vorliegenden Studie abweichend der EFSA Einteilung als eigenständige Warengruppen geführt. Bei den verwendeten Verbrauchsdaten handelt es sich zwar um Daten aus dem Jahr 2012, allerdings kann davon ausgegangen werden, dass sich innerhalb der letzten Jahre das Konsumverhalten nicht so drastisch verändert hat, dass dies Auswirkungen auf die Furanexposition hätte. Mesias et al. konnten in Ihrer Studie bei dem Vergleich der Ernährungsgewohnheiten der spanischen Bevölkerung von 2001 bis 2009 trotz Daten, die ebenfalls einige Jahre zuvor erhoben wurden, keinen großen Unterschied in Bezug auf die Exposition feststellen. Es hat sich lediglich ein Anstieg des Konsums von verarbeiteten Produkten gezeigt (Mesias et al., 2012). Eine Limitierung der vorliegenden Arbeit ist, dass die Probandenzahl insbesondere bei SeniorInnen nicht repräsentativ ist.

## 5.3 Ergebnisse der MOE-Kalkulation

### 5.3.1 Hepatozelluläre Adenome

Die MOE-Berechnung hat gezeigt, dass der MOE unter Berücksichtigung des BMDL<sub>10</sub> von 1,31 mg/kg KG/Tag für die Entwicklung von hepatozellulären Adenomen bei einer durchschnittlichen Exposition der

österreichischen Jugendlichen bei 10745 (MB) liegt. Bedingt durch den erhöhten Verzehr von furanhaltigen Produkten ist der MOE bei Vielverzehrern innerhalb dieser Bevölkerungsgruppe mit 1937 (MB) deutlich geringer im Vergleich zu den Durchschnittsverzehrern. Somit ist die Furanaufnahme der österreichischen Jugendlichen nur bei Vielverzehrern als gesundheitlich bedenklich anzusehen.

Bei Erwachsenen zwischen 65 und 75 Jahren hat die MOE-Berechnung ergeben, dass der MOE unter Berücksichtigung des BMDL<sub>10</sub> von 1,31 mg/kg KG/Tag für die Entwicklung von hepatozellulären Adenomen bei einer durchschnittlichen Exposition bei 5125 (MB) liegt. Aufgrund des erhöhten Verzehrs von furanhaltigen Produkten ist der MOE bei Vielverzehrern in dieser Bevölkerungsgruppe mit 2767 (MB) um mehr als die Hälfte geringer im Vergleich zu den Durchschnittsverzehrern. Auch bei Erwachsenen über 75 Jahre zeigt sich ein ähnliches Bild. Sowohl bei den Durchschnittsverzehrern als auch bei den Vielverzehrern liegen die MOEs mit 4627 und 2748 unterhalb der Schwelle von 10.000. Nachdem sowohl der MOE der Durchschnittsverzehrer als auch der Vielverzehrer deutlich unterhalb der MOE-Grenze von 10.000 liegen, ist die Furanaufnahme der österreichischen SeniorInnen als gesundheitlich bedenklich anzusehen.

Tabelle 6: Furanaufnahme in µg/kg KG/Tag sowie MOE in Bezug auf den BMDL<sub>10</sub> von 1,31 mg/kg KG/Tag (hepatozelluläre Adenoma) für Durchschnittsverzehrer (DV) und Vielverzehrer (VV)

Bevölkerungsgruppe	Furanaufnahme MB	Furanaufnahme LB	Furanaufnahme UB	MOE MB	MOE LB	MOE UB
Jugendliche DV	0,12	0,09	0,16	10745	14972	8379
Jugendliche VV	0,68	0,64	0,72	1937	2063	1826
Erw. 65-75 J. DV	0,26	0,22	0,29	5125	5864	4551
Erw. 65-75 J. VV	0,47	0,43	0,52	2767	3076	2514
Erw. >75 J. DV	0,28	0,25	0,32	4627	5291	4111
Erw. >75 J. VV	0,48	0,43	0,53	2748	3082	2479

### 5.3.1 Cholangiofibrosen

Zieht man den BMDL<sub>10</sub> von 0,064 mg/kg KG/Tag für die Entwicklung von Cholangiofibrosen heran, liegt der MOE bei durchschnittlicher Exposition der Jugendlichen bei 525 (MB). Betrachtet man den MOE der jugendlichen Vielverzehrer, zeigt sich ein MOE von 95 (MB). Somit liegt der MOE der Vielverzehrer knapp unterhalb der Grenze von 100, während sich der MOE der Durchschnittsverzehrer oberhalb der Grenze befindet. Auf Basis dieser Ergebnisse gibt es keinen Anlass für gesundheitliche Bedenken für jugendliche Durchschnittsverzehrer. Im Falle der Vielverzehrer sind jedoch gesundheitliche Bedenken nicht auszuschließen.

Zieht man den BMDL<sub>10</sub> von 0,064 mg/kg KG/Tag für die Entwicklung von Cholangiofibrosen heran, liegt der MOE der Bevölkerungsgruppen „Erwachsene 65 bis 75 Jahre“ und „Erwachsene über 75 Jahre“ mit 250 (MB) und 135 (MB) beziehungsweise 226 (MB) und 134 (MB) für beide Bevölkerungsgruppen sowohl im Falle der Durchschnittsverzehrer als auch der Vielverzehrer über 100. Aus diesem Grund ist die geschätzte Furanaufnahme in Bezug auf Cholangiofibrosen für österreichische SeniorInnen als gesundheitlich unbedenklich einzustufen.

Tabelle 7: Furanaufnahme in µg/kg KG/Tag sowie MOE in Bezug auf den BMDL<sub>10</sub> von 0,064 mg/kg KG/Tag (Cholangiofibrosen) für Durchschnittsverzehrer (DV) und Vielverzehrer (VV)

Bevölkerungsgruppe	Furanaufnahme MB	Furanaufnahme LB	Furanaufnahme UB	MOE MB	MOE LB	MOE UB
Jugendliche DV	0,12	0,09	0,16	525	731	409
Jugendliche VV	0,68	0,64	0,72	95	101	89
Erw. 65-75 J. DV	0,26	0,22	0,29	250	287	222
Erw. 65-75 J. VV	0,47	0,43	0,52	135	150	123
Erw. >75 J. DV	0,28	0,25	0,32	226	258	201
Erw. >75 J. VV	0,48	0,43	0,53	134	151	121

Direkte Vergleiche der Expositionsergebnisse mit internationalen Bewertungen sind nur bedingt möglich, da sich einerseits Art und Umfang der verwendeten Daten als auch das herangezogene Expositionsszenario und das Expositionsmodell unterscheiden. Im Zuge der EFSA-Untersuchung hat sich ein ähnliches Ergebnis gezeigt. In Hinsicht auf hepatozelluläre Adenome hat die MOE-Berechnung auf EU-Ebene bei den Durchschnittsverzehrern einen MOE zwischen 11948 und 1752 sowie bei Vielverzehrern zwischen 6917 und 1035 für die verschiedenen Bevölkerungsgruppen ergeben (EFSA, 2017). Betrachtet man die EFSA-Ergebnisse in Bezug auf die Entwicklung von Cholangiofibrosen hat die MOE-Berechnung einen

MOE zwischen 86 und 584 ergeben. Bei den Vielverzellern lag der MOE zwischen 51 und 338. Insgesamt wurde seitens des CONTAM Panels der EFSA befunden, dass die MOEs in Bezug auf neoplastische und nicht-neoplastische Effekte von Furan ein Gesundheitsrisiko anzeigen.

## **5.4 Conclusio**

Die Resultate der vorliegenden Studie in Bezug auf neoplastische Effekte deuten darauf hin, dass gesundheitliche Bedenken nicht ausgeschlossen werden können. Hohe Furankonzentrationen konnten in einer Reihe von hitzebehandelten Lebensmitteln nachgewiesen werden. Hinsichtlich nicht-neoplastischer Effekte zeigte sich, dass für jugendliche Vielverzehrer gesundheitliche Bedenken nicht auszuschließen sind.

Eine Reduktion der Exposition gegenüber Furan muss auf verschiedenen Ebenen angestrebt werden. So empfiehlt es sich, bereits im Zuge der Herstellung der Produkte die Prozessparameter, wie beispielsweise Erhitzungsdauer und -temperatur, zu adaptieren. Dabei ist es allerdings unabdingbar, den Prozess vorab genau zu prüfen, um nicht durch entsprechende Maßnahmen zwar den Furangehalt zu verringern, gleichzeitig aber die Bildung anderer bedenklicher Stoffe wie beispielsweise Acrylamid zu erhöhen. Aufgrund des geringen Siedepunkts von Furan können KonsumentInnen den Furangehalt von Lebensmitteln bei der Zubereitung zu Hause durch Erhitzen in einem offenen Gefäß und gleichzeitigem Umrühren weiter reduzieren. Frisch zubereitete Speisen weisen generell eine sehr geringe Furanbelastung auf und sollten, wenn möglich, Fertigprodukten vorgezogen werden. Für stärker belastete Produkte wie Kaffee oder Pufferzeugnisse wird ein moderater Konsum empfohlen.

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Studien bezüglich Furan durchgeführt. Dennoch bedarf es weiterer Untersuchungen (sowohl von Furan als auch dessen Methyl- beziehungsweise Alkylanaloga) für ein besseres Verständnis hinsichtlich Bildung, Metabolismus, Toxizität und möglicher Reduktionsmaßnahmen.

## LITERATURVERZEICHNIS

- BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung). Fragen und Antworten zu Furan. FAQ vom 24. August 2011. (Zugriff: 03.08.2018)
- EC (European Commission). 2007. Commission recommendation 2007/196/EC of 28 March 2007 on the monitoring of the presence of furan in foodstuffs. Official Journal of the European Union L 88/56.
- EFSA (European Food Safety Authority). 2005. A harmonised approach for risk assessment of substances which are both genotoxic and carcinogenic. EFSA J. (2005) 282, 1-3
- EFSA (European Food Safety Authority). 2009. Results on the monitoring of furan levels in food. EFSA J. (2009) 304, 1-23
- EFSA (European Food Safety Authority). 2010a. Management of left-censored data in dietary exposure assessment of chemical substances. EFSA J. 2010; 8(3):1557
- EFSA (European Food Safety Authority). 2010b. Update of results on the monitoring of furan levels in food. EFSA J. 8(7):1702
- EFSA (European Food Safety Authority). 2011. Update on furan levels in food from monitoring years 2004- 2010 and exposure assessment. EFSA J. 9(9):2347
- EFSA (European Food Safety Authority). 2015. EFSA comprehensive European food consumption database. Downloaded on 1st February 2017. <https://www.efsa.europa.eu/en/food-consumption/comprehensive-database>.
- EFSA (European Food Safety Authority). 2017. Scientific opinion on risks for public health related to the presence of furan and methylfurans in food. EFSA J. 15(10):5005
- Elmadfa I, Hasenegger V, Wagner K, et al. Österreichischer Ernährungsbericht 2012. Institut für Ernährungswissenschaften, Universität Wien, 2012, 1. Auflage.
- FAO/WHO (Food and Agriculture Organisation/World Health Organization). 2011. Safety evaluation of certain contaminants in food prepared by the seventy-second meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). WHO Food Addit. Ser. 63:487-605.
- Fromberg A, Fagt S, Granby K. 2009. Furan in heat processed food products including home cooked food products and ready-to-eat products. European Food Safety Authority. EFSA-Q-2009-00846, Vol. 6(9): 1-49
- Fromberg A, Mariotti M, Pedreschi F, Fagt S, Granby K. 2014. Furan and alykated furans in heat processed food, including home cooked products. Czech J. Food Sci., Vol. 32, 2014, No. 5: 443-448
- Gates LA, Phillips MB, Matter BA, Peterson LA. 2014. Comparative metabolism of furan in rodent and human cryopreserved hepatocytes. Drug Metab. Dispos. 42:1132–1136
- Goldmann T, Périsset A, Scanlana F, Stadler RH. 2005. Rapid determination of furan in heated foodstuffs by isotope dilution solid phase micro-extraction-gas chromatography – mass spectrometry (SPME-GC-MS). Analyst. 130, 878–883
- Guenther H, Hoenicke K, Biesterveld S, Gerhard-Rieben E, Lantz I. 2010. Furan in coffee: pilot studies on formation during roasting and losses during production steps and consumer handling. Food Addit. Contam. Vol. 27, No.3, March 2010, 283-290
- IARC (International Agency for Research on Cancer). 1995. Dry cleaning, some chlorinated solvents and other industrial chemicals. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 63 Lyon, France: IARC. 393 – 407.

- Kettlitz B, Scholz G, Theurillat V, Cselovszky J, Buch NR, O'Hagan S, Mavromichali E, Ahrens K, Kraehenbuehl K, Scozzi G, et al. 2019. Furan and methylfurans in foods: an update on occurrence, mitigation, and risk assessment. *Compr. Rev. in Food Sci. and Food Saf.* Vol.18, 2019, 738-752
- Lachenmeier DW, Reusch H, Kuballa T. 2009. Risk assessment of furan in commercially jarred baby foods, including insights into its occurrence and formation in freshly home-cooked foods for infants and young children. *Food Addit. Contam. Part A.* Vol. 26, No. 6, June 2009, 776-785
- Mariotti MS, Granby K, Rozowski J, Pedreschi F. 2013. Furan: a critical heat induced dietary contaminant. *Food Funct.* Vol. 4(7): 1001-1015
- Mesías M, Guerra-Hernández E, García-Villanova B. 2012. Estimation of exposure to furan in the Spanish population. *Int. J. of Food Sci. and Nutr.* February 2012; 63(1): 16-22
- Moro S, Chipman JK, Wegener JW, Hamberger C, Dekant W, Mally A. 2012. Furan in heat-treated foods: formation, exposure, toxicity, and aspects of risk assessment. *Mol. Nutr. Food Res.* 2012, 56, 1–15
- Moser G, Foley J, Burnett M, Goldsworthy T, Maronpot R. 2009. Furan-induced dose-response relationships for liver cytotoxicity, cell proliferation, and tumorigenicity (furan-induced liver tumorigenicity). *Exp. and Toxicol. Pathol.* 61 (2009) 101–111
- NTP (National Toxicology Program). 1993. Toxicology and carcinogenesis studies of furan (CAS No. 110-00-9) in F344 Rats and B6C3F1 Mice (Gavage Studies). *Natl. Toxicol. Program Tech. Rep. Ser.* 402, 286 pp.
- Palmers S, Grauwet T, Buvé C, Van de Vondel L, Kebede BT, Hendrickx ME, Van Loey A. 2015. Furan formation during storage and reheating of sterilized vegetable purées. *Food Addit. Contam. Part A.* Vol. 32, No. 2, 161-169
- PAS (Premier Analytical Services). 2016. Survey of acrylamide and furan in UK retail products: results for samples purchased between January 2014 and November 2015. A report prepared for the Food Standards Agency; [accessed 2018 August 24].LINK: Acrylamide-Furan-Report
- Rahn A, Yeretizian C. 2019. Impact of consumer behavior on furan and furan-derivative exposure during coffee consumption. A comparison between brewing methods and drinking preferences. *Food Chem.* 272 (2019) 514–522
- Santonicola S, Mercogliano R. 2016. Occurrence and production of furan in commercial foods. *Ital. J. Food Sci.* Vol 28, 2016: 155-177
- Scholl G, Humblet MF, Scippo ML, De Pauw E, Eppe G, Saegerman C. 2012. Risk assessment of Belgian adults for furan contamination through the food chain. *Food Addit. Contam. Part A.* Vol. 29, No.3, March 2012, 345-353
- Scholl G, Scippo ML, DePauw E, Eppe G, Saegerman C. 2012. Estimation of furan contamination across the Belgian food chain. *Food Addit. Contam. Part A.* Vol. 29, No. 2, February 2012, 172–179
- Shen M, Liu Q, Jiang Y, Nie S, Zhang Y, Xie J, Wang S, Zhu F, Xie M. 2015. Influences of operating parameters on the formation of furan during heating based on models of polyunsaturated fatty acids. *J. of Food Sci.* Vol. 80, Nr. 6, 2015, T1432-T1437
- Van Lancker F, Adams A, Owczarek A, De Meulenaer B, De Kimpe N. 2009. Impact of various food ingredients on the retention of furan in foods. *Mol. Nutr. Food Res.* 2009, 53, 1505-1511
- VKM (Vitenskapskomiteen for mat og miljø. The Norwegian Scientific Committee for Food and Environment). 2012. Risk assessment of furan exposure in the Norwegian population. Report no: 2012:30, Published 20.09.2012

Von Tungeln LS, Walker NJ, Olson GR, Mendoza MCB, Felton RP, Thorn BT, Marques MM, Pogribny IP, Doerge DR, Beland FA. 2017. Low dose assessment of the carcinogenicity of furan in male F344/N Nctr rats in a 2-year gavage study. Food Chem Toxicol. 2017 January ; 99: 170–181

Zoller O, Sager F, Reinhard H. 2007. Furan in food: headspace method and product survey. Food Addit. Contam.. Suppl. 1, 2007; 24(S1): 91-107

**AutorInnenkontakt:**

Ulrike Mayerhofer, MSc

Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

[ulrike.mayerhofer@ages.at](mailto:ulrike.mayerhofer@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](http://www.ages.at)