

Fusarientoxine in österreichischen Weizenmehlproben und deren Verbraucherexpositionsabschätzung

Fusarium toxins in Austrian wheat flour samples and their consumer exposure assessment

E. RAUSCHER-GABERNIG, R. GROSSGUT, R. ÖHLINGER

Zusammenfassung

2005 wurden 175 für Österreich repräsentative Proben von Weizenmehl auf ein Vorkommen von Fusarientoxinen untersucht. In 72,6 % der Proben wurden bestimmbare Konzentrationen von Deoxynivalenol festgestellt. Weitere Fusarientoxine, wie Nivalenol, Fusarenon X, 3-Acetyldeoxynivalenol, 15-Acetyldeoxynivalenol, HT-2 Toxin, T-2 Toxin, 15-Monoacetoxyscirpenol, Diacetoxyscirpenol, Zearalenon, Fumonisin B1 und B2, wurden nicht nachgewiesen. Eine Expositionsabschätzung für Verbraucherinnen und Verbraucher mit mittlerem und mit hohem Weizenmehlkonsum wurde durchgeführt. Bei hohem Verzehr lag die Exposition zu Deoxynivalenol zwischen 17,8 - 46,8 µg/d mit einer TDI-Ausschöpfung von 89,2 % für Vorschüler und Vorschülerinnen und 66,8 % für Erwachsene. Die Exposition gegenüber Deoxynivalenol bei mittlerem Verzehr betrug 0,4 - 1,1 µg/d, die TDI-Auslastung 1,3 - 1,9 %. Theoretische Gehalte auf Basis der Bestimmungsgrenze für Nivalenol, HT-2 Toxin, T-2 Toxin, Zearalenon, Fumonisin B1 und B2 führten bei mittlerem Verzehr ebenfalls zu einer geringen theoretischen TDI-Auslastung. Die mittlere Belastung der österreichischen Bevölkerung mit Fusarientoxinen über Weizenmehlkonsum war für das Jahr 2005 gering.

Kennwörter:

Mykotoxine, *Fusarium*, Deoxynivalenol, Weizen, Weizenmehl

Summary

175 representative Austrian samples of wheat flour were tested for *Fusarium* toxins in 2005. In 72.6 % of samples measurable contents of deoxynivalenol were found. Other *Fusarium* toxins like nivalenol, fusarenon X, 3-acetyldeoxynivalenol, 15-acetyldeoxynivalenol, HT-2 toxin, T-2 toxin, 15-monoacetoxyscirpenol, diacetoxyscirpenol, zearalenone, fumonisin B1 and B2 were not detected. Exposure estimation was conducted for consumers with median and high wheat flour consumption. Exposure to deoxynivalenol was 17.8 - 46.8 µg/d for high consumption. That means 89.2 % of TDI for preschoolers and 66.8 % of TDI for adults. Estimated exposure to deoxynivalenol for median consumption was 0.4 - 1.1 µg/d and TDI load was 1.3 - 1.9 %. Theoretical contents on the basis of limit of quantification of nivalenol, HT-2 toxin, T-2 toxin, zearalenone, fumonisin B1 and B2 also led to low theoretical TDI load for median consumption. Exposure of Austrian population to *Fusarium* toxins due to wheat flour consumption therefore seemed to be low in 2005.

Keywords:

mycotoxins, *Fusarium*, deoxynivalenol, wheat, wheat flour

Einleitung

Getreide und Mais werden weltweit je nach Witterungsbedingungen unterschiedlich stark von Fusarienpilzen befallen. Neben Ertrags- und Qualitätsminderungen beim Erntegut können Fusarien verschiedene Pilzgifte, so genannte Mykotoxine, produzieren. Aufgrund der variierenden Pilzbefallsstärke von Getreide kommt es zu großen Schwankungen in den Konzentrationen der Fusarientoxine [1]. Diese weisen unterschiedliche chemische Strukturen auf, sind (teilweise) hitzestabil und oft giftig für Mensch und Tier. Die EU-Mitgliedsstaaten sind gemäß Verordnung (EG) Nr. 856/2005 [2] verpflichtet, das Auftreten der Fusarientoxine in Getreide und Getreideerzeugnissen zu kontrollieren und zu überwachen. Im Rahmen einer öster-

reichweiten Schwerpunktaktion wurde die Situation des Auftretens von Fusarientoxinen in Weizenmehl der Getreideernten 2004 und 2005 überprüft. Anhand dieser Untersuchungsdaten wurde eine Risikobewertung der Fusarientoxine in Weizenmehl mit einer Expositionsabschätzung für die österreichische Bevölkerung durchgeführt.

Gefahrencharakterisierung der Fusarientoxine

Die wichtigsten Vertreter der Fusarientoxine sind die Gruppe der Trichothecene, Zearalenon (ZON) und die Fumonisine (FUM), wobei mehrere der toxin-bildenden Fusarien in unterschiedlichem Maße zwei oder mehrere Fusarientoxine bilden können [3]. In der Gruppe der Trichothecene werden aufgrund der unterschiedlichen chemischen Strukturen vier Typen unterschieden. Die

häufigsten sind Typ A und Typ B, wobei dem Typ A das T-2 Toxin (T-2), HT-2 Toxin (HT-2) sowie 15-Monoacetyloxyscirpenol (MAS) und Diacetyloxyscirpenol (DAS) angehören. Zum Typ B zählen Deoxynivalenol (DON) und Nivalenol (NIV) und deren jeweilige Vorstufen der Biosynthese 3-Acetyldeoxynivalenol (3-ADON) bzw. 15-Acetyldeoxynivalenol (15-ADON) und Fusarenon X (FUS) [4]. Die Substanzen sind sehr stabil und werden weder bei der Verarbeitung wie z. B. dem Vermahlen, noch beim Kochen durch hohe Temperaturen abgebaut. Die Verteilung von DON in den verschiedenen Mahlfractionen hängt größtenteils vom Ausmaß der Penetration der Fusariuminfektion in das Getreidekorn ab. DON tritt primär an der Stelle des Pilzwachstums auf. Die Translokation von DON im Korn wird als minimal angenommen [5]. Schollenberger et al. [6] zeigten, dass neben DON auch NIV, ZON, 3-ADON, 15-ADON, T-2 und HT-2 vorwiegend in den äußeren Teilen des Kornes lokalisiert sind. Lepšy von Gleissenthall und Süß [7] zogen den Schluss, dass die Verminderung des DON-Gehaltes im Mehl bezogen auf das volle Korn zwischen 10 und 80 % liegen kann, während in der Kleie mehr DON vorliegt. DON wird vor allem von *Fusarium culmorum* und *Fusarium graminearum* gebildet und ist wahrscheinlich das am häufigsten vorkommende Mykotoxin in Nahrungs- und Futtermitteln. Vor allem die allgemeine Toxizität und die Immuntoxizität von DON sind von Bedeutung. Es gibt keine Hinweise auf karzinogene und mutagene Eigenschaften [8]. Die NOAEL-Werte (No Observed Adverse Effect Level) aus den Toxizitätsstudien variieren je nach Organismus zwischen 0,04 mg/kg bw/d beim Schwein [9] und 0,375 mg/kg bw/d bei der Maus [10]. Aus einer chronischen Fütterungsstudie an Mäusen wurde von einem NOAEL von 0,1 mg/kg bw/d unter Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors von 100 ein TDI (Tolerable Daily Intake) von 1 µg/kg bw/d abgeleitet [8, 11, 12]. NIV wird von Fusarienpilzen wie *Fusarium cerealis* und *Fusarium poae* gebildet. Kritische Effekte von NIV sind die allgemeine Toxizität, die Immun- und Hämatotoxizität. Eine kanzerogene Wirkung wurde nicht festgestellt. Es liegt nur lückenhaftes Datenmaterial bezüglich der Genotoxizität vor [13]. Aus Langzeitstudien an Mäusen ergibt sich ein LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level) von 0,7 mg/kg bw/d [14, 15]. Ein vorläufiger TDI (t-TDI) wurde auf Basis dieses LOAEL unter Verwendung eines Sicherheitsfaktors von 1000 mit 0,7 µg/kg bw/d festgelegt [12, 13]. T-2 und HT-2 werden von Fusarienpilzen wie *Fusarium equiseti*, *Fusarium poae* und *Fusarium sporotrichioides* gebildet. T-2 wird *in-vivo* rasch zu HT-2 abgebaut. Wesentliche Effekte für T-2 sind die allgemeine Toxizität sowie die Hämato- und Immuntoxizität [16]. Zur Berechnung des TDI wird eine Kurzzeitstudie mit Schweinen von Rafai et al. [17] herangezogen. Der LOAEL von T-2 liegt bei 0,03 mg/kg bw/d. Bei dieser Dosis traten immuntoxische Effekte auf. Mit

einem Sicherheitsfaktor von 500 wurde daraus ein t-TDI von 0,06 µg/kg bw/d für die Summe von T-2 und HT-2 abgeleitet [12, 16]. ZON ist ein Mykotoxin, das von einigen *Fusarium*-Arten, wie z. B. *Fusarium graminearum*, gebildet wird und östrogene Aktivität aufweist [18]. Schweine reagieren am empfindlichsten auf ZON [19]. Auf Basis des NOEL (No Observable Effect Level) von 40 µg/kg bw/d wurde mit einem Sicherheitsfaktor von 200 ein t-TDI von 0,2 µg/kg bw/d für ZON abgeleitet [18]. FUM B1, B2 und B3 sind Mykotoxine, die von Fusarienpilzen, wie *Fusarium verticilloides* und *Fusarium proliferatum*, gebildet werden. Diese Pilze sind meist in Mais zu finden. FUM B1 ist wasserlöslich und bleibt während der meisten Verarbeitungsschritte stabil [20]. Bei der Herstellung von Maisstärke durch Nassvermahlung kann die Konzentration an FUM B1 reduziert werden, wobei die Stärkefraktionen sogar frei von FUM B1 sind [21, 22]. FUM B1, B2 und B3 weisen eine ähnliche Wirkungsweise und Zytotoxizität auf. Daher wurde abgeleitet von Toxizitätsstudien an Ratten [23, 24] und mit einem Sicherheitsfaktor von 100 ein Gruppen-TDI von 2 µg/kg bw/d für FUM B1, B2 und B3 einzeln und in Summe festgelegt [20, 25].

Material und Methoden

Probenahme und Parameter

175 österreichische Weizenmehlproben vom Typ W 480 aus den Erntejahren 2004 und 2005 wurden von Jänner bis Dezember 2005 anhand eines für Österreich repräsentativen Stichprobenplanes gezogen und analysiert. Die Proben wurden direkt in den Mühlen zu Probenmengen von mindestens 1 kg entnommen. Die Proben wurden im Kompetenzzentrum (CC) Cluster Chemie Linz der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) auf folgende Fusarientoxine untersucht: DON, NIV, FUS, 3-ADON, 15-ADON, HT-2, T-2, MAS, DAS und ZON. Rund die Hälfte der Proben wurde stichprobenartig auf FUM B1 und FUM B2 untersucht. Für DON, NIV, 3-ADON, 15-ADON, T-2, HT-2, MAS und DAS erfolgte die Bestimmung mittels Gaschromatographie und Elektroneneinfangdetektion (GC-ECD). ZON, FUM B1 und B2 wurden über Hochleistungsflüssigkeitschromatographie und Fluoreszenzdetektion (HPLC-FLD) analysiert.

Berechnungen

Am Institut für Risikobewertung der AGES wurde anhand der Untersuchungsdaten 2005 und der österreichischen Verzehrdaten für Mehl [26] die Exposition gegenüber den Fusarientoxinen für die Bevölkerungsgruppen Vorschüler und Vorschülerinnen, Frauen und Männer abgeschätzt. Aus den Untersuchungsdaten wurden folgende statistische Kennzahlen für die Fusarientoxin-Gehalte in den Weizenmehlproben ermittelt: Mittelwert, Standardabweichung, Median und

95. Perzentil. Derzeit liegen den Autoren keine spezifischen Verzehrdaten der einzelnen Mehlarnten für die österreichische Bevölkerung vor. Aus den vorhandenen Verzehrdaten von *Elmadfa* und *Freisling* [26] wurden für die Berechnung der Expositionsabschätzung die Verzehrangaben der Lebensmittelgruppe „Mehl und Stärken“ herangezogen (Tab. 1).

Bevölkerungsgruppe	Verzehr Mittelwert	Verzehr Standardabw.	Verzehr Median	Verzehr 95. Perzentil
Vorschülerinnen und Vorschüler (3 – 6 Jahre)	10,5	14,2	5	44,5
Frauen (19 – 65 Jahre)	29,6	68,6	10,3	100
Männer (19 – 65 Jahre)	35,6	58,8	14,8	116,6

Tab. 1: Verzehrdaten in g/d für verschiedene Bevölkerungsgruppen innerhalb der Lebensmittelgruppe „Mehl und Stärken“ [26]

Tab. 1: Consumption in g/d of different population groups in food group “flour and starchs” [26]

Für die Abschätzung wurden die Verbraucher und Verbraucherinnen herangezogen. Darunter versteht man diejenigen Personen des gesamt befragten Kollektivs, die das Lebensmittel, in unserem Fall Weizenmehl, auch tatsächlich verzehren. Der Median der Verbraucher und Verbraucherinnen repräsentiert den Teil der Bevölkerung mit mittlerem Weizenmehlverzehr, das 95. Perzentil den Teil der Bevölkerung mit hohem Weizenmehlverzehr. Die Verzehrsmenge (V) der jeweiligen Bevölkerungsgruppe wurde mit dem jeweiligen Fusarientoxin-Gehalt (G) in Weizenmehl verknüpft und die Exposition (E) pro Person abgeschätzt. Dem mittleren Verzehr wurde ein mittlerer Fusarientoxin-Gehalt (Median) gegenübergestellt und in einem „Worst-Case-Szenario“ dem hohen Verzehr ein hoher Fusarientoxin-Gehalt (95. Perzentil), um eine mittlere bzw. eine hohe Belastung zu ermitteln.

$$E [\mu\text{g}/\text{d}] = \frac{V [\text{g}/\text{d}] \times G [\mu\text{g}/\text{kg}]}{1000 [\text{g}/\text{kg}]}$$

Die ermittelte Exposition E wurde dem jeweiligen TDI-Wert (Übersicht der TDI-Werte siehe Tab. 2) gegenübergestellt und die TDI-Auslastung (TDI-A) berechnet.

Fusarientoxin	TDI-Wert ($\mu\text{g}/\text{kg}$ bw/d)	Referenz
DON	1	[8, 12]
NIV	0,7	[12, 13]
HT-2 und T-2	0,06	[12, 16]
ZON	0,2	[18]
FUM B1, B2 und B3	2	[20, 25]

Tab. 2: TDI-Werte für Fusarientoxine
Tab. 2: TDI values of Fusarium toxins

Für die Abschätzung der TDI-Auslastung wurden folgende Körpergewichte (bw) verwendet: 20 kg für Vor-

schüler und Vorschülerinnen, 60 kg für Frauen und 70 kg für Männer.

$$\text{TDI-A} [\%] = \frac{E [\mu\text{g}/\text{d}] \times 100}{\text{TDI} [\mu\text{g}/\text{kg} \text{ bw}/\text{d}] \times \text{bw} [\text{kg}]}$$

Ergebnisse

Untersuchungsdaten

Am CC Cluster Chemie der AGES wurden 175 Weizenmehlproben auf Fusarientoxine untersucht. DON wurde in 72,6 % der Proben quantifiziert (Bestimmungsgrenze 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Lebensmittel [LM]). Bei 19,4 % der Mehle war der Gehalt an DON nicht quantifizierbar (50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ LM > x > 25 $\mu\text{g}/\text{kg}$ LM) und in nur 8 % der Proben war DON nicht nachweisbar (Nachweisgrenze 25 $\mu\text{g}/\text{kg}$ LM). Die Verteilung der DON-Konzentrationen in den Proben ist in *Abbildung 1* dargestellt. Der Höchstgehalt von 750 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Getreidemehl [2] wurde in nur einer Probe mit einem Gehalt von 1300 $\mu\text{g}/\text{kg}$ LM überschritten. Andere Fusarientoxine wie NIV, FUS, 3-ADON, 15-ADON, ZON, HT-2, T-2, MAS und DAS wurden in den untersuchten Proben nicht nachgewiesen. 88 Mehle wurden auf FUM B1, 58 Mehle auf FUM B2 untersucht. FUM B1 und B2 wurden in keiner Probe quantifiziert (Bestimmungsgrenze 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ LM).

Expositionsabschätzung

Im Rahmen der Expositionsabschätzung erfolgte die Berechnung der Exposition österreichischer Bevölkerungsgruppen zu Fusarientoxinen durch den Verzehr von Weizenmehl auf Grundlage der vorliegenden Untersuchungsdaten aus den Erntejahren 2004 und 2005 und der Verzehrdaten von *Elmadfa* und *Freisling* [26]. Aus den Untersuchungsdaten für DON wurden die Untergrenze und die Obergrenze von Mittelwert, Standardabweichung, Median und 95. Perzentil berechnet (Tab. 3). Zur Ermittlung der Untergrenze wurden alle Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze und unterhalb der Nachweisgrenze gleich Null gesetzt. Die Obergrenze wurde berechnet, indem die Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze gleich der Bestimmungsgrenze und Werte unterhalb der Nachweisgrenze gleich der Nachweisgrenze gesetzt wurden.

Berechnungen	DON Untergrenze ($\mu\text{g}/\text{kg}$ LM)	DON Obergrenze ($\mu\text{g}/\text{kg}$ LM)
Mittelwert	114,6	126,3
Standardabweichung	152,1	144,4
Median	75	75
95. Perzentil	401	401

Tab. 3: Untergrenze und Obergrenze von Mittelwert, Standardabweichung, Median und 95. Perzentil für DON-Gehalte der 175 untersuchten Proben
Tab. 3: Lower bound and upper bound of mean, standard deviation, median and 95-percentile of DON concentrations of 175 analysed samples

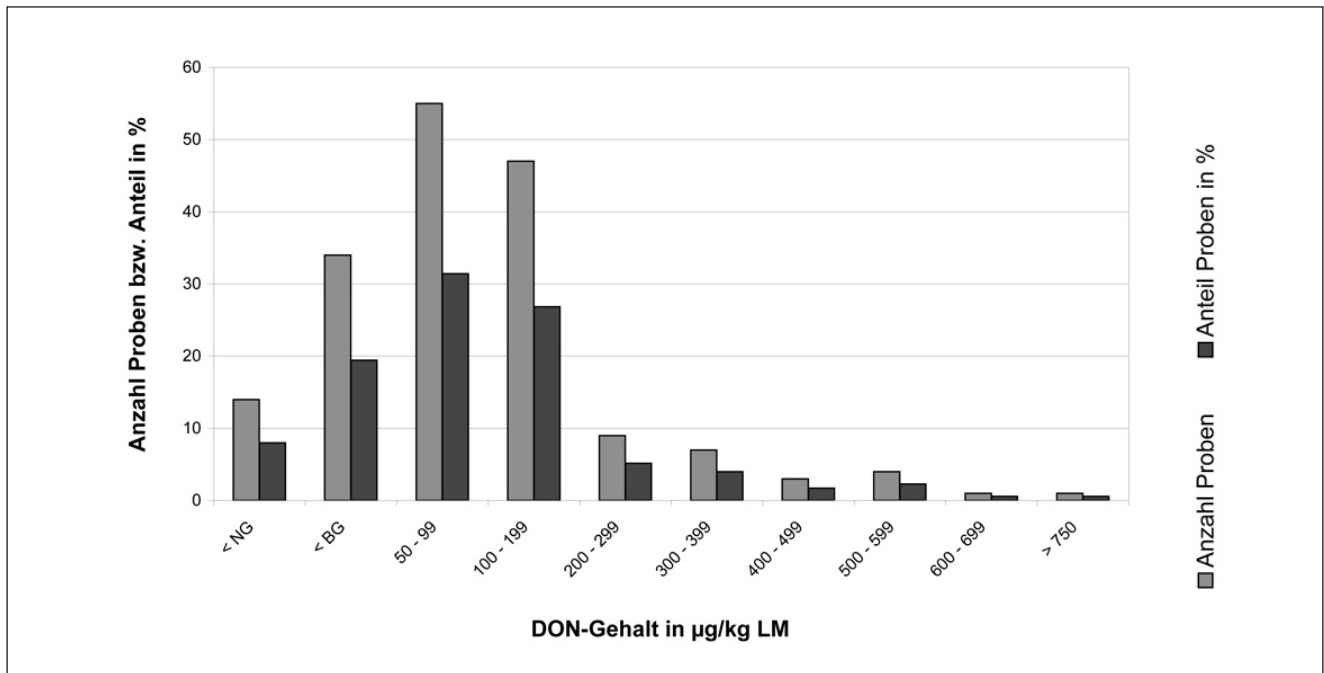


Abb. 1: Verteilung der DON-Konzentrationen in Weizenmehlproben 2005
Fig. 1: Distribution of DON concentrations in wheat flour samples 2005

Die weiteren Berechnungen erfolgten mit dem Ausreißer robusten Median und dem 95. Perzentil. Die Werte für Unter- und Obergrenze von Median bzw. 95. Perzentil waren gleich groß, daher wird auf die Begriffe Unter- und Obergrenze im Anschluss verzi-

chtet. Zunächst wurde im „Worst-Case-Scenario“ die Exposition der österreichischen Verbraucherinnen und Verbraucher mit hohem Weizenmehlverzehr zu DON berechnet. Bei hohem Verzehr ergibt sich eine Exposition zu DON von 17,8 µg/d für Vorschüler und

Vorschülerinnen, 40,1 µg/d für Frauen und 46,8 µg/d für Männer. Weiters wurde die Exposition mittlerer Verbraucher und Verbraucherinnen zu DON mit 0,4 µg/d für Vorschüler und Vorschülerinnen, 0,8 µg/d für Frauen und 1,1 µg/d für Männer berechnet (Abb. 2).

Für die nicht nachgewiesenen Fusarientoxine wurden theoretische Fusarientoxin-Gehalte errechnet, indem die Untersuchungsergebnisse unterhalb der Nachweisgrenze bzw. Bestimmungsgrenze gleich der Nachweisgrenze bzw. Bestimmungsgrenze gesetzt wurden. Die berechneten theoretischen Fusarientoxin-Gehalte entsprachen für FUS, 3-ADON, 15-ADON, HT-2, T-2, MAS und DAS der Nachweisgrenze von je 25 µg/kg LM und für NIV von 40 µg/kg LM, für ZON der Bestimmungsgrenze von 20 µg/kg LM, für FUM B1 und FUM B2 der Bestimmungsgrenze von je 100 µg/kg LM (Tab. 4).

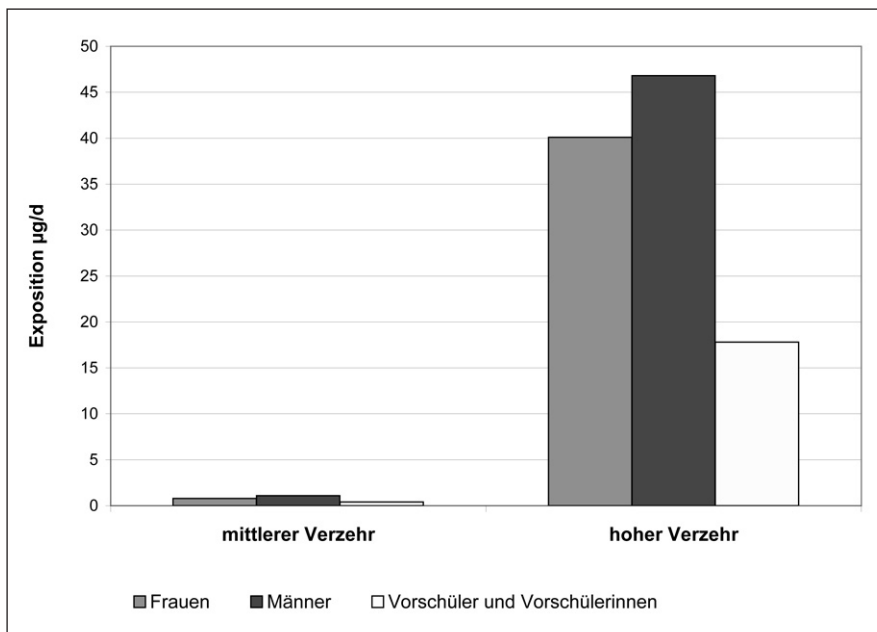


Abb. 2: Exposition von Verbrauchern und Verbraucherinnen mit mittlerem bzw. hohem Weizenmehlverzehr gegenüber einem mittleren bzw. hohen DON-Gehalt

Fig. 2: Exposure of consumers with median and high wheat flour consumption to median and high DON concentrations respectively

Mit diesen berechneten theoretischen Fusarientoxin-Gehalten wurde die Exposition für Verbraucherinnen und Verbraucher mit hohem und mit mittlerem Weizenmehlverzehr abgeschätzt (Tab. 5, 6). Bei hohem Konsum von Weizenmehl ergab sich für NIV eine Exposition von 1,8 µg/d für Vorschüler und Vorschülerinnen, 4 µg/d für Frauen und 4,7 µg/d für Männer. Gegenüber den Fusarientoxinen FUS, 3-ADON, 15-ADON, HT-2, T-2, MAS und DAS waren bei hohem Verzehr Vorschüler und Vorschülerinnen mit 1,1 µg/d, Frauen mit 2,5 µg/d und Männer mit 2,9 µg/d exponiert. In Summe verursachten HT-2 und T-2 bei hohem Konsum eine Exposition von 2,2 µg/d für Vorschüler und Vorschülerinnen, 5 µg/d für Frauen und 5,8 µg/d für Männer. Die Exposition gegenüber ZON betrug bei hohem Verzehr 0,9 µg/d für Vorschüler und Vorschülerinnen, 2 µg/d für Frauen und 2,3 µg/d für Männer. FUM B1 und B2 in Summe führten bei hohem Weizenmehlkonsum zu einer Exposition von 9 µg/d für Vor-

schüler und Vorschülerinnen, 20 µg/d für Frauen und 23,4 µg/d für Männer (Tab. 5).

Die Exposition gegenüber NIV betrug bei mittlerem Verzehr 0,2 µg/d für Vorschüler und Vorschülerinnen, 0,4 µg/d für Frauen und 0,6 µg/d für Männer. Gegenüber den Fusarientoxinen FUS, 3-ADON, 15-ADON, MAS und DAS betrug die mittlere Exposition 0,1 µg/d für Vorschüler und Vorschülerinnen, 0,3 µg/d für Frauen und 0,4 µg/d für Männer. Für HT-2 und T-2 in Summe ergab sich eine mittlere Aufnahme von 0,2 µg/d für Vorschüler und Vorschülerinnen, von 0,6 µg/d für Frauen und 0,8 µg/d für Männer. Die Exposition gegenüber ZON betrug bei mittlerem Verzehr 0,1 µg/d für Vorschüler und Vorschülerinnen, 0,2 µg/d für Frauen und 0,3 µg/d für Männer. Die Exposition gegenüber FUM B1 und B2 in Summe bei mittlerem Konsum wurde mit 1 µg/d für Vorschüler und Vorschülerinnen, mit 2 µg/d für Frauen und mit 3 µg/d für Männer berechnet (Tab. 6).

Berechnung ($<NG^1 = NG^1$, $<BG^2 = BG^2$)	NIV	FUS	3-ADON	15-ADON	ZON	FUM B1	FUM B2	HT-2	T-2	MAS	DAS
Theoretischer Gehalt	40	25	25	25	20	100	100	25	25	25	25

¹ NG = Nachweisgrenze, ² BG = Bestimmungsgrenze

Tab. 4: Theoretische Gehalte für NIV, FUS, 3-ADON, 15-ADON, ZON, FUM B1, FUM B2, HT-2, T-2, MAS und DAS in µg/kg LM

Tab. 4: Theoretical concentrations of NIV, FUS, 3-ADON, 15-ADON, ZON, FUM B1, FUM B2, HT-2, T-2, MAS and DAS in µg/kg food

Berechnung	NIV	FUS	3-ADON	15-ADON	HT-2 + T-2	MAS	DAS	ZON	FUM B1 + FUM B2
Theoretischer Gehalt in µg/kg LM	40	25	25	25	50	25	25	20	200
Exposition Frauen in µg/d	4	2,5	2,5	2,5	5	2,5	2,5	2	20
Exposition Männer in µg/d	4,7	2,9	2,9	2,9	5,8	2,9	2,9	2,3	23,4
Exposition Vorschülerinnen und Vorschüler in µg/d	1,8	1,1	1,1	1,1	2,2	1,1	1,1	0,9	9

Tab. 5: Theoretische Exposition der Verbraucher und Verbraucherinnen mit hohem Weizenmehlkonsum zu NIV, FUS, 3-ADON, 15-ADON, HT-2, T-2, MAS, DAS, ZON, FUM B1 und FUM B2

Tab. 5: Theoretical exposure of consumers with high wheat flour consumption to NIV, FUS, 3-ADON, 15-ADON, HT-2, T-2, MAS, DAS, ZON, FUM B1 and FUM B2

Berechnung	NIV	FUS	3-ADON	15-ADON	HT-2 + T-2	MAS	DAS	ZON	FUM B1 + FUM B2
Theoretischer Gehalt in µg/kg LM	40	25	25	25	50	25	25	20	200
Exposition Frauen in µg/d	0,4	0,3	0,3	0,3	0,6	0,3	0,3	0,2	2
Exposition Männer in µg/d	0,6	0,4	0,4	0,4	0,8	0,4	0,4	0,3	3
Exposition Vorschülerinnen und Vorschüler in µg/d	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	1

Tab. 6: Theoretische Exposition der Verbraucher und Verbraucherinnen mit mittlerem Weizenmehlkonsum zu NIV, FUS, 3-ADON, 15-ADON, HT-2, T-2, MAS, DAS, ZON, FUM B1 und FUM B2

Tab. 6: Theoretical exposure of consumers with median wheat flour consumption to NIV, FUS, 3-ADON, 15-ADON, HT-2, T-2, MAS, DAS, ZON, FUM B1 and FUM B2

TDI-Auslastung

Bei hohem Weizenmehlverzehr wurde der TDI von DON zu 66,8 % für Erwachsene und zu 89,2 % für Vorschüler und Vorschülerinnen ausgeschöpft. Bei mittlerem Verzehr lag die TDI-Auslastung von DON bei 1,3 % für Frauen, 1,6 % für Männer und 1,9 % für Vorschüler und Vorschülerinnen (Abb. 3).

Auf Basis der berechneten theoretischen Gehalte lag die TDI-Auslastung im „Worst-Case-Szenario“ für NIV bei 9,5 % für Erwachsene und bei 12,7 % für Vorschüler und Vorschülerinnen, für ZON und für FUM B1 und B2 bei 16,7 % für Erwachsene und 22,3 % für Vorschüler und Vorschülerinnen. Die theoretische TDI-Auslastung für HT-2 und T-2 durch hohen Weizenmehlkonsum lag für Erwachsene und Vorschüler und Vorschülerinnen über 100 %, nämlich bei 138,8 % respektive bei 185,4 % (Tab. 7). Zu beachten ist, dass dies jedoch nur ein theoretischer Ansatz für ein „Worst-Case-Szenario“ ist und die berechneten theoretischen Fusarientoxin-Gehalte und Expositionen nicht der Realität entsprechen. Um tatsächliche Werte für diese Gruppe zu erhalten, wären deutlich niedrigere Nach-

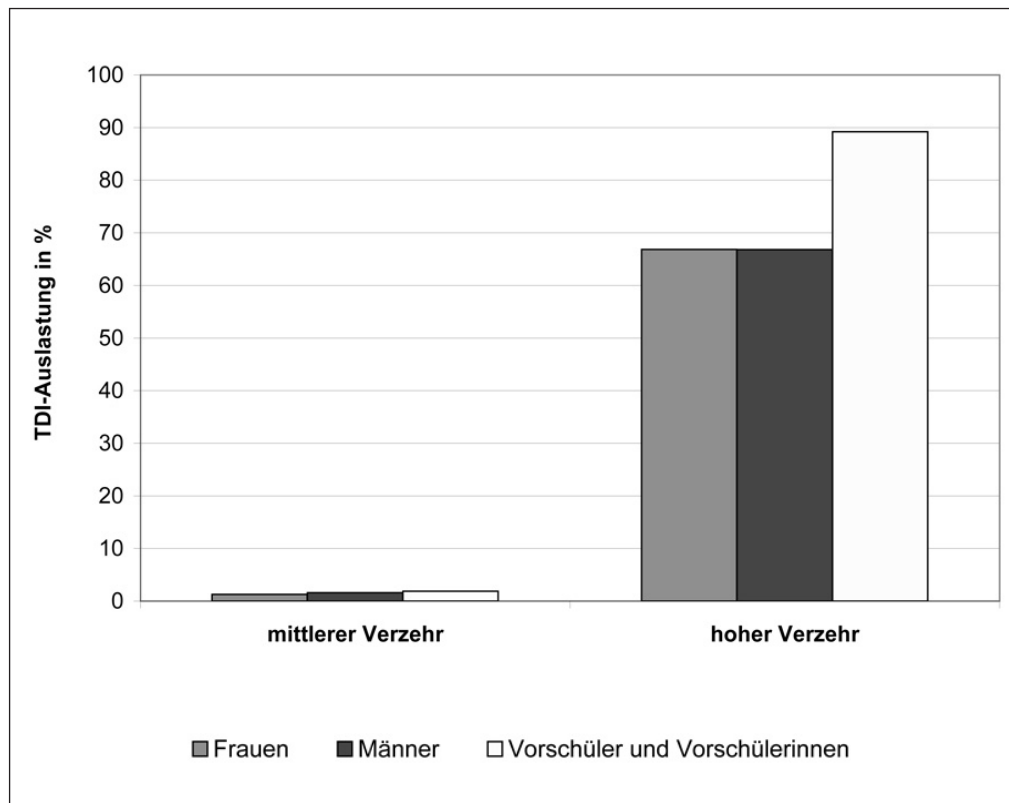


Abb. 3: TDI-Auslastung von Verbrauchern und Verbraucherinnen mit mittlerem bzw. hohem Weizenmehlverzehr gegenüber einem mittleren bzw. hohen DON-Gehalt

Fig. 3: TDI load of consumers with median and high wheat flour consumption to median and high DON concentrations respectively

weisgrenzen bei den analytischen Methoden erforderlich. Die Berechnung der theoretischen TDI-Auslastung für mittlere Verbraucherinnen und Verbraucher führte auf Grundlage der theoretischen Fusarientoxin-Gehalte zu niedrigen Ausschöpfungsgraden von 1 - 1,4 % für NIV und von 1,7 - 2,5 % für ZON, FUM B1 und B2. HT-2 und T-2 wiesen bei mittlerem Verzehr die höchste TDI-Auslastung von 14,3 - 20,8 % auf (Tab. 8).

Berechnungen	DON	NIV*	ZON*	FUM B1* + B2*	HT-2* + T-2*
95-Perzentil bzw. theoretischer Gehalt* in µg/kg LM	401	40*	20*	200*	50*
TDI µg/kg bw/d	1	0,7	0,2	2	0,06
TDI-Auslastung durch Mehlkonsum für Frauen in %	66,8	9,5*	16,7*	16,7*	138,9*
TDI-Auslastung durch Mehlkonsum für Männer in %	66,8	9,5*	16,7*	16,7*	138,8*
TDI-Auslastung durch Mehlkonsum für Vorschülerinnen und Vorschüler in %	89,2	12,7*	22,3*	22,3*	185,4*

* Berechnungen auf Basis der theoretischen Gehalte

Tab. 7: Berechnung der TDI-Auslastung durch Weizenmehlkonsum für verschiedene Bevölkerungsgruppen mit hohem Verzehr

Tab. 7: Estimation of the TDI load of wheat flour consumption of different population groups with high consumption

Berechnungen	DON	NIV*	ZON*	FUM B1* + B2*	HT-2* + T-2*
Median bzw. theoretischer Gehalt* in µg/kg LM	75	40*	20*	200*	50*
TDI µg/kg bw/d	1	0,7	0,2	2	0,06
TDI-Auslastung durch Mehlkonsum für Frauen in %	1,3	1*	1,7*	1,7*	14,3*
TDI-Auslastung durch Mehlkonsum für Männer in %	1,6	1,2*	2,1*	2,1*	17,6*
TDI-Auslastung durch Mehlkonsum für Vorschülerinnen und Vorschüler in %	1,9	1,4*	2,5*	2,5*	20,8*

* Berechnungen auf Basis der theoretischen Gehalte

Tab. 8: Berechnung der TDI-Auslastung durch Weizenmehlkonsum für verschiedene Bevölkerungsgruppen mit mittlerem Verzehr

Tab. 8: Estimation of the TDI load of wheat flour consumption of different population groups with median consumption

Diskussion und Schlussfolgerung

In dem im Jahre 2005 erstmals durchgeführten umfassenden Monitoring von Fusarientoxinen in österreichischen Weizenmehlen (Erntejahre 2004 und 2005) wurde in 72,6 % der 175 Proben DON nachgewiesen. Der Median des DON-Gehalts lag bei 75 µg/kg LM mit Messwerten von < 50 µg/kg LM bis 1300 µg/kg LM. Diese Werte waren etwas höher als jene, die aus einer Untersuchung von österreichischem Getreide für die Lebensmittelproduktion aus den Jahren 2002 und 2003 resultierten [27]. Bei dieser Untersuchung wurden bei 41 Proben Messwerte von < 50 µg/kg LM bis 700 mg/kg LM mit einem Median von < 50 µg/kg LM ermittelt. Die Daten sind jedoch nur bedingt mit den Monitoringdaten 2005 vergleichbar, weil nicht klar hervorgeht, welche Getreidearten untersucht wurden. Die unterschiedlichen Ergebnisse der beiden Untersuchungen könnten eventuell auf verschiedene Witterungsbedingungen in den Produktionsjahren zurückzuführen sein. Es wurde bereits in mehreren Arbeiten festgestellt, dass unterschiedliche Witterungsverhältnisse in den Produktionsjahren zu variierendem Fusarienbefall und daher zu unterschiedlichen Fusarientoxingehalten im Getreide führen können [1, 28].

Untersuchungen von Weizenmehlen aus anderen europäischen Ländern zeigten ebenfalls ein häufiges Vorkommen von DON. So wurde in Weizenmehlproben aus Südwestdeutschland eine Häufigkeit für DON von nahezu 100 % [6] und in Proben von Getreidemehl, -gries und -schrot aus dem Großraum München von 84,2 % festgestellt [29]. In den Untersuchungen zur Lebensmittelsicherheit 2005 des deutschen Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit enthielten 56 % der Weizenmehlproben bestimmbare Gehalte von DON [30]. Bei 84 % der Proben von Getreide und Getreideprodukten des italienischen Marktes [31] und bei 78 % von dänischen Weizen- und Roggenmehlen wurde DON detektiert [28]. Bei einem Monitoring von Weizenmehlen der

Food Standards Agency in Großbritannien waren 90 % mit DON belastet [32]. In einer europäischen Auswertung von Weizen und Weizenmehl wurde DON bei 61 % der Proben quantifiziert. Die Schwankungsbreite der Gehalte lag zwischen 2 µg/kg LM und 50 000 µg/kg LM. Zu berücksichtigen ist hier, dass sich die Nachweisgrenzen der einzelnen Labors stark unterschieden [4].

Der aus den eigenen Berechnungen ermittelte Median des DON-Gehalts von 75 µg/kg LM korrelierte mit dem Median der Daten von Cirillo et al. [31] von 65 µg/kg LM. Eine starke Jahresabhängigkeit der DON-Gehalte zeigten die für die einzelnen Jahre ermittelten Mediane in der Arbeit von Rasmussen et al. [28], diese lagen zwischen 10 - 167 µg/kg für Weizenmehl. Im SCOOP-Bericht [4] wurden für Europa für Weizen ein Median von 205 µg/kg für alle Daten und ein Median von 293 µg/kg für alle Werte über der Bestimmungsgrenze berechnet. Die mittleren Gehalte von DON in deutschen Weizenmehlen liegen etwas höher als in der vorliegenden österreichischen Untersuchung. So wurde für den Großraum München ein Medianwert von 115 µg/kg für Getreidemehl, -gries und -schrot ermittelt [29]. Schollenberger et al. [6] differenzierten bei der Ermittlung der mittleren DON-Gehalte der Weizenmehle im südwestdeutschen Raum nach dem Mehltyp, für helles Weizenmehl lag der Median bei 156 µg/kg und für Vollkornmehl bei 284 µg/kg.

Die in der vorliegenden Arbeit ermittelten täglichen Aufnahmemengen für die mittleren österreichischen Verbraucher und Verbraucherinnen lagen mit 0,4 µg/d für Vorschüler und Vorschülerinnen, 0,8 µg/d für Frauen und 1,1 µg/d für Männer etwas niedriger als die Werte in vergleichbaren internationalen Studien. So ermittelte die Arbeitsgruppe des Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives für Europa eine tägliche Aufnahme von DON über Weizenkonsum von 69 µg/d pro Person [1]. Für die tägliche Exposition der italienischen Bevölkerung gegenüber DON über den Brot- und Teigwarenkonsum wurde ein Wert von 7,88 µg/d

berechnet [31]. In einer Studie der Food Standards Agency wurde die DON-Aufnahme über Getreideprodukte in Großbritannien für Kleinkinder mit 5 µg/d und für Erwachsene mit 9 µg/d bestimmt [32]. Für deutsche Erwachsene wurde über den Verzehr von Brot und Nudeln eine DON-Aufnahme von 22,75 µg/d ermittelt [29]. In diesen verschiedenen Studien wurde jedoch die Aufnahme von DON über Getreide und Getreideprodukte insgesamt berechnet und nicht alleine die Aufnahme von DON über Weizenmehl, daher liegen die Daten höher, abgesehen von den witterungsbedingten Jahresunterschieden und den regionalen Unterschieden.

In der vorliegenden Risikobewertung war für Verbraucherinnen und Verbraucher mit mittlerer Aufnahme eine geringe TDI-Auslastung für DON von 1,3 % für Frauen, 1,6 % für Männer und 1,9 % für Vorschülerinnen und Vorschüler gegeben. Nur unter Annahme eines absoluten „Worst-Case-Scenarios“ lag die Aufnahme von DON über Weizenmehlkonsum in der Gruppe der Vorschüler und Vorschülerinnen mit hohem Verzehr nahe am TDI mit einer TDI-Auslastung von 89,2 %. Auch die SCOOP-Arbeitsgruppe [4] stellte fest, dass die ernährungsbedingte Aufnahme von DON häufig unterhalb des TDI-Wertes liegt. Bei bestimmten Personengruppen wie Kleinkindern kann die Aufnahme nahe am TDI liegen oder diesen sogar in manchen Fällen übersteigen. Unter Einbeziehung der verschiedenen Einflussfaktoren wie geografische Herkunft und Verzehrsgewohnheiten wurde für die europäische Bevölkerung der TDI bei Erwachsenen im Bereich von 14,4 - 46,1 % und bei Kindern im Bereich von 11,3 - 95,9 % ausgeschöpft. Für die deutschen Verbraucherinnen und Verbraucher wurde festgestellt, dass es zu keiner regelmäßigen Überschreitung des TDI bei Erwachsenen und Kleinkindern kommt [29]. Nur unter Berücksichtigung des 90. Perzentils des DON-Gehalts würde der TDI knapp überschritten. In niederländischen Berechnungen wurde gezeigt, dass unter Annahme des 95. Perzentils für die DON-Aufnahme der TDI bei 80 % der einjährigen Kinder überschritten würde [33]. Es wird aber auch darauf hingewiesen, dass es zurzeit keinerlei Hinweise für etwaige negative Effekte gibt.

Die Mehlproben der vorliegenden Arbeit wurden auch auf ZON, NIV, FUS, 3-ADON, 15-ADON, HT-2, T-2, MAS, DAS, FUM B1 und B2 untersucht. Diese Fusarien-toxine wurden in den österreichischen Mehlen aus den Weizenernten 2004 und 2005 nicht nachgewiesen. Auch österreichisches Getreide für den menschlichen Verzehr aus den Jahren 2002 und 2003 enthielt kein ZON [27]. Vergleichbare Untersuchungen aus anderen europäischen Ländern zeigten auch eine geringe Belastung mit diesen Fusarien-toxinen, jedoch mit grossen regionalen Unterschieden. In Weizenmehlen aus Südwestdeutschland waren NIV, 3-ADON, 15-ADON, HT-2, T-2 und ZON zu jeweils 12, 2, 3, 7, 2 und 38 %

enthalten, mit Medianen von 25, 11, 15, 12, 4 und 3 µg/kg [6]. Laut den Berichten zur Lebensmittelsicherheit 2005 des deutschen Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit [30] waren 98 % der Weizenmehlproben im Jahr 2005 frei von ZON. Die Gehalte an NIV, T-2, HT-2 und ZON waren auch in dänischen Weizenmehlen gering und lagen nahe an der Bestimmungsgrenze [28]. Das Vorkommen von FUM B1 und B2 wurde in italienischen Getreideprodukten untersucht, wobei FUM B1 in 26 % und FUM B2 in 35 % der Proben in Weizen- und Maisprodukten gefunden wurde [31]. Die SCOOP-Arbeitsgruppe [4] bestimmte anhand der europäischen Daten eine Belastung von Weizen und Weizenmehl mit NIV von 14 %, mit ZON von 24 %, mit T-2 von 21 % und mit FUM B1 von 79 %.

Im Zuge der auf Basis der Ergebnisse der Schwerpunktsaktion durchgeführten Risikobewertung wurde für ZON, NIV, HT-2, T-2, FUM B1 und B2 eine theoretische Exposition auf Grundlage berechneter theoretischer Gehalte abgeschätzt. Bei NIV, ZON, FUM B1 und B2 lagen auch unter Annahme eines „Worst-Case-Scenarios“ alle berechneten theoretischen Aufnahmemengen deutlich unter den TDI-Werten. Auch die SCOOP-Arbeitsgruppe [4] ermittelte für NIV, ZON, FUM B1 und B2 eine geringe TDI-Auslastung von maximal 22,6 %, 27,5 % bzw. 22,3 % für Kleinkinder. In den theoretischen Berechnungen liegt für HT-2 und T-2 die theoretische Aufnahme im „Worst-Case-Scenario“ über dem t-TDI. Der Grund dafür liegt jedoch in den hohen Nachweisgrenzen der Analysemethoden. Die SCOOP-Arbeitsgruppe [4] ermittelte für Kleinkinder eine TDI-Auslastung von bis zu 563,3 % und führte an, dass tatsächlich nur eine geringe Anzahl der Proben für HT-2 und T-2 oberhalb der Bestimmungsgrenze lag und die Berechnung des Durchschnitts stark von der Nachweisgrenze der Analysemethoden beeinflusst war.

Wie aus den eigenen Untersuchungen und aus der Literatur ersichtlich ist, können immer wieder Spitzenbelastungen vor allem von DON in Lebensmitteln gemessen werden. Wären viele dieser Produkte mit diesen Spitzenwerten kontaminiert, könnte dies beim Verzehr eine deutliche Überschreitung des TDI bedeuten. Daher sind die Untersuchungen auf Fusarien-toxine, vor allem auf B-Trichotecene, auf jeden Fall fortzusetzen, um den Schutz der Gesundheit der österreichischen Bevölkerung weiterhin gewährleisten zu können. Aufgrund der ermittelten TDI-Auslastungen war die Belastung der österreichischen Bevölkerung mit DON über den Konsum von Weizenmehlen im Jahr 2005 gering. Es war jedoch ein bedeutender Anteil der Proben mit DON kontaminiert. Die mittlere DON-Belastung bei Weizenmehl lässt keine regelmäßige Überschreitung des TDI bei den verschiedenen Bevölkerungsgruppen erwarten.

Literatur

- [1] *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)*. Deoxynivalenol. JECFA 47, 2001. <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v47je05.htm> (bezogen am 18.9.2006)
- [2] Verordnung (EG) 856/2005 der Kommission vom 6. Juni 2005 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 466/2001 in Bezug auf Fusarientoxine (*Amtsblatt der Europäischen Union L 143, 07/06/2005 P. 0003 - 0008*).
- [3] *Vesonder R.F., Ellis J.J., Rohwedder W.K.*: Elaboration of vomitoxin and zearalenone by *Fusarium* isolates and the biological activity of *Fusarium* produced toxins. *Appl Environ Microbiol* 1981; 42: 1132-1134.
- [4] *SCOOP - Reports on tasks for scientific cooperation: Report of experts participating in Task 3.2.10: Collection of occurrence data of Fusarium toxins in food and assessment of dietary intake by the population of EU Member States*. European Commission, Health and Consumer Protection Directorate General 2003.
- [5] *Nowicki T.W., Gaba D.G., Dexter J.E., Matsuso R.R., Clear R.M.*: Retention of the *Fusarium* mycotoxin deoxynivalenol in wheat during processing and cooking of spaghetti and noodles. *J Cereal Sci* 1988; 8: 189-202.
- [6] *Schollenberger M., Jara H.T., Suchy S., Drochner W., Müller H.M.*: *Fusarium* toxins in wheat flour collected in an area in southwest Germany. *Int J Food Microbiol* 2002; 72: 85-89.
- [7] *Lepschy von Gleisenthall J., Süß A.*: Verteilung des Trichothecenmycotoxins Deoxynivalenol bei der Vermahlung von Weizen. *Getreide, Mehl und Brot* 1996; 50: 340-342.
- [8] *Scientific Committee on Food*: Opinion on *Fusarium* Toxins Part 1: Deoxynivalenol (DON) expressed on 2 December 1999. European Commission, Health and Consumer Protection Directorate General 1999.
- [9] *Bergsjö B., Matre T., Nafstad I.*: Effects of diets with graded levels of deoxynivalenol on performance in growing pigs. *J Vet Med* 1992; A39: 752-758.
- [10] *Khera K.S., Arnold D.L., Whalen C., Angers G., Scott P.M.*: Vomitoxin (4-deoxynivalenol): effects on reproduction of mice and rats. *Toxicol Appl Pharmacol* 1984; 74: 345-356.
- [11] *Iverson F. et al.*: Chronic feeding study of deoxynivalenol in B6C3F1 male and female mice. *Teratog Carcinog Mutagen* 1995; 15: 283-306.
- [12] *Scientific Committee on Food*: Opinion of the Scientific Committee on Food on *Fusarium* Toxins Part 6: Group evaluation of T-2 toxin, HT-2 toxin, nivalenol and deoxynivalenol adopted on 26 February 2002. European Commission, Health and Consumer Protection Directorate General 2002.
- [13] *Scientific Committee on Food*: Opinion of the Scientific Committee on Food on *Fusarium* Toxins Part 4: Nivalenol expressed on 19 October 2000. European Commission, Health and Consumer Protection Directorate General 2000.
- [14] *Ohtsubo K. et al.*: Chronic toxicity of nivalenol in female mice: a 2-year feeding study with *Fusarium nivale* Fn 2B-moulded rice. *Food Chem Toxicol* 1989; 27: 591-598.
- [15] *Ryu J.C. et al.*: Acute and Chronic Toxicities of Nivalenol in Mice. *Fundam Appl Toxicol* 1988; 11: 38-47.
- [16] *Scientific Committee on Food*: Opinion of the Scientific Committee on Food on *Fusarium* Toxins Part 5: T-2 toxin and HT-2 toxin adopted on 30 May 2001. European Commission, Health and Consumer Protection Directorate General 2001.
- [17] *Rafai P. et al.*: Effect of various levels of T-2 toxin in the immune system of growing pigs. *Vet Rec* 1995; 136: 511-514.
- [18] *Scientific Committee on Food*: Opinion of the Scientific Committee on Food on *Fusarium* Toxins Part 2: Zearalenone (ZEA) expressed on 22 June 2000. European Commission, Health and Consumer Protection Directorate General 2000.
- [19] *Edwards S., Cantley T.C., Rottinghaus G.E., Osweiler G.D., Day B.N.*: The effects of zearalenone on reproduction in swine. I. The relationship between ingested zearalenone dose and anestrus in non-pregnant, sexually mature gilts. *Theriogenology* 1987; 28: 43-49.
- [20] *Scientific Committee on Food*: Opinion of the Scientific Committee on Food on *Fusarium* Toxins Part 3: Fumonisin B1 expressed on 17 October 2000. European Commission, Health and Consumer Protection Directorate General 2000.
- [21] *Bullerman L.B., Tsai W.Y.*: Incidence and levels of *Fusarium moniliforme*, *Fusarium proliferatum* and fumonisins in corn and corn-based foods and feeds. *J Food Prot* 1994; 57: 541-546.
- [22] *Bennett G.A., Richard J.L.*: Influence of processing on *Fusarium* mycotoxins in contaminated grains. *Food Technol* 1996; 50: 235-238.
- [23] *Voss K.A. et al.*: Subchronic feeding study of the mycotoxin fumonisin B1 in B6C3F1 mice and Fischer 344 rats. *Fundam Appl Toxicol* 1995; 24: 102-110.
- [24] *National Toxicology Programm*: NTP technical report on the Toxicology and Carcinogenesis studies of fumonisin B1 (CAS NO. 116355-83-0) in F344/N rats and B6C3F1 mice (Feed studies). NTP TR 496, NIH Publication No. 99-3955, US Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Institute of Health 1999.
- [25] *Scientific Committee on Food*: Updated opinion of the Scientific Committee on Food on Fumonisin B1, B2 and B3 expressed on 4 April 2003. European Commission, Health and Consumer Protection Directorate General 2003.
- [26] *Elmadfa I., Freisling H.*: Wissenschaftliche Auswer-

tung des neu erhobenen Datenmaterials zu den Aufnahmemengen von Lebensmitteln (erweiterte CFCS-Gruppierung) durch verschiedene Bevölkerungsgruppen in tabellarischer Form. Forschungsauftrag GZ 72005/9-IV/6/04 des Bundesministeriums für Gesundheit und Frauen, 2004. Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Wien (nicht veröffentlicht).

- [27] *Öhlinger R., Adler A., Kräutler O., Lew H.:* Occurrence of toxigenic fungi and related mycotoxins in cereals, feed and food in Austria. In: An Overview on toxigenic fungi and mycotoxins in Europe. Eds.: *Logrieco A., Visconti A.*; Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2004: 1-10.
- [28] *Rasmussen P.H., Ghorbani F., Berg T.:* Deoxynivalenol and other *Fusarium* toxins in wheat and rye flours on the Danish market. *Food Addit Contam* 2003; 20: 396-404.
- [29] *Spindelböck B.U.:* Untersuchung zum Vorkommen und zur Häufigkeit von Deoxynivalenol in Lebensmitteln. Dissertation an der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München 2004.
- [30] *Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit:* Berichte zur Lebensmittelsicherheit 2005. www.bvl.bund.de (bezogen am 9.1.2007).
- [31] *Cirillo T., Ritieni A., Galvano F., Amodio Cocchieri R.:* Natural co-occurrence of deoxynivalenol and fumonisins B1 and B2 in Italian marketed foodstuffs. *Food Addit Contam* 2003; 20: 566-571.
- [32] *Food Standards Agency:* Survey of retail cereal products for Trichothecenes and Zearalenone. Food Survey Information Sheet No. 35/03, March 2003. <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/35cereal.pdf> (bezogen am 9.1.2007).
- [33] *Pieters M.N., Freijer J., Baars A.J., Slob W.:* Risk assessment of deoxynivalenol in food. An assessment of exposure and effects in the Netherlands. Report No. 388802022, National Institute of Public Health and the Environment 2001.

Adressen der Autoren:

*DI Elke Rauscher-Gabernig**
DI Dr. Roland Grossgut
 AGES, Institut für Risikobewertung
 Spargelfeldstr. 191, 1226 Wien
 t +43 050 555-25706
 email: elke.rauscher-gabernig@ages.at
DI Dr. Richard Öhlinger
 AGES, CC Cluster Chemie
 Wieningerstr. 8, 4020 Linz

*korrespondierende Autorin

Eingelangt am: 18.10.2006

Akzeptiert am: 1.3.2007

ernährung

ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR WISSENSCHAFT, TECHNIK, RECHT UND WIRTSCHAFT

Offizielles Organ der Österreichischen Gesellschaft für Ernährung (ÖGE) und ihrer Sektionen und Zweigvereine, des Fachverbandes der Nahrungs- und Genussmittelindustrie Österreichs, des Schutzverbandes der österreichischen Lebensmittelindustrie.

Herausgeber:
 Fachverband der Lebensmittelindustrie
 A-1030 Wien, Zaunergasse 1-3

Wissenschaftlicher Beirat:

Generaldirektor Univ.-Prof. Dr. iur. et rer. pol. W. Barfuß
 Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. E. Berghofer
 Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Dr. h. c. E. Brandl
 Vizepräsident des ÖGH Hon.-Prof. Dr. K. Brustbauer
 Univ.-Prof. Dr. med. P. H. Clodi
 Univ.-Prof. Dr. med. W. Druml
 Univ.-Prof. Dr. agr. I. Elmadfa
 Univ.-Prof. Dr. med. J. M. Hackl
 Univ.-Prof. Dr. med. K. Irsigler
 OR Dr. L. Jirovetz
 MR Dr. P. Kranner
 Univ.-Prof. Dr. med. vet. J. Leibetseder
 Ass. Prof. Dr. Peter Paulsen
 Hon.-Prof. Dr. iur. K. Smolka
 Univ. Prof. Dr. Gerhard Sonntag
 ao Univ.-Prof. Dr. I. Steiner
 Univ.-Prof. Dr. med. R. Wenger

Chefredakteur: Dr. Michael Blass

Redaktion „Wissenschaft“:
 Dipl.-Ing. Dr. Udo Pechanek
 Mag. Marlies Gruber

nutrition

AUSTRIAN JOURNAL FOR SCIENCE, TECHNOLOGY, LAW AND ECONOMY

Österreichische Spirituosenzeitung

**FÜR INDUSTRIE, GEWERBE UND HANDEL
 FACHBLATT FÜR DIE SPIRITUOSENERZEUGUNG,
 WEIN- UND OBSTBRENNEREIEN, FRUCHTSÄFTE
 UND SEKTERZEUGUNG SOWIE GÄRUNGSESSIGE**

Offizielles Organ des Verbandes der Spirituosenindustrie und des Schutzverbandes Österr. Spirituosen-, Sekt- und Fruchtsafthersteller

Redaktion: Dr. Bruno Mayer

Verleger:
 Fachzeitschriftenverlagsges. m. b. H.
 A-1030 Wien, Schwarzenbergplatz 6
 Telefon (01) 715 31 93 Telefax (01) 715 48 19
 E-Mail: ernaehrung@dielebensmittel.at

Geschäftsführer: Dr. Bruno Mayer

Layout: Verena Meixner

Die „ernährung“ (nutrition) – ISSN 0250-1554 – erscheint elfmal jährlich. Nachdruck sämtlicher Artikel, auch auszugsweise, nur mit Quellenangabe, gegen Belegexemplar; Zitierung von wissenschaftlichen Beiträgen:

„ernährung“ (nutrition)

Jahresabonnement Inland € 75,-

Einzelpreis Inland € 11,-

einschließlich 10 Prozent MWSt.

Jahresabonnement Ausland € 95,-

Einzelpreis Ausland € 13,-

Anzeigen: Es gilt Tarifblatt 2006.

Anzeigenannahme:

Verena Meixner

A-1030 Wien, Schwarzenbergplatz 6

Telefon (01) 715 31 93 Telefax (01) 715 48 19

E-Mail: ernaehrung@dielebensmittel.at

Hersteller: Ueberreuter Print und Digimedia, 2100 Korneuburg