

## **Verbundprojekt BLE 05HS 001**

### **“ Verbesserung und Validierung der Analytik für Typ A Trichothecene (T-2 Toxin und HT-2 Toxin) sowie Vorkommen dieser Mykotoxine in Lebensmitteln des deutschen Marktes”**

#### **Auftraggeber:**

**Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz**

#### **Projekträger:**

**Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung**

### **Abschlussbericht**

#### **Zusammenfassende Berichterstattung über den Projektzeitraum: 01.01.2006 - 31.12.2008**

#### **Auftragnehmer des Forschungsverbundes:**

Justus-Liebig-Universität Giessen, Fachbereich Veterinärmedizin, Professur für  
Milchwissenschaften, Ludwigstr. 21, 35390 Giessen (Dr. V. Curtui, Prof. Dr. E. Usleber)

Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Stuttgart, Abt. 3.5 – Mykotoxine, Schaflandstr.  
3/2, 70736 Fellbach (A. Trebstein, Dr. U. Lauber)

Ludwig-Maximilians-Universität München, Tiermedizinische Fakultät, Lehrstuhl für Hygiene  
und Technologie der Milch, Schönleutner Str. 8, 85764 Oberschleißheim (K. Hocke, Dr. R.  
Dietrich, Prof. Dr. E. Märtlbauer)

Landesuntersuchungsamt Rheinland-Pfalz, Standort Trier, Institut für Lebensmittelchemie,  
Maximineracht 11a, 54295 Trier (P. Majerus, M. Zimmer)

#### **Unter fachlicher Einbindung und Mitwirkung von**

Bundesinstitut für Risikobewertung, Postfach 33 00 13, 14191 Berlin (Dr. H. Klaffke)

Max Rubner-Institut (MRI), Standort Kulmbach, E.-C.-Baumann Str. 20, 95326 Kulmbach  
(Prof. Dr. M. Gareis)

Max Rubner-Institut (MRI), Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide, Schützenberg  
12, 32756 Detmold (Prof. Dr. T. Betsche, Dr. G. Langenkämper)

---

**Inhaltsverzeichnis**

<b>Nr.</b>	<b>Titel</b>	<b>Seite</b>
1.	Ziele und Aufgabenstellung des Projekts	2
1.1	Planung und Ablauf des Projekts	2
1.2	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	3
2.	Material und Methoden	6
3.	Ergebnisse	11
3.1.	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	11
3.2	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	49
4.	Zusammenfassung	49
5.	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen	50
6.	Literaturverzeichnis	51

**Anhänge**

Anhang I	Untersuchungsmethoden	
Anhang I.1	Enzymimmuntest zum Nachweis von T-2 Toxin und HT-2 Toxin (Summennachweis)	
Anhang I.2	Enzymimmuntest zum Nachweis von T-2 Toxin	
Anhang I.3	Beschreibung der GC-ECD-Methodik (Majerus et al., 2008)	
Anhang I.4	Beschreibung der LC-MS/MS Methodik und der HPLC-FLD Methodik (Trebstein et al., 2008)	
Anhang I.5	Arbeitsvorschrift HPLC mit Fluoreszenzdetektion (HPLC-FLC) zum Nachweis von T-2 Toxin und HT-2 Toxin	
Anhang II	Ergebnisse der Untersuchung von Lebensmitteln	
Anhang III	Verzehrsdaten von Lebensmitteln zur Berechnung der Toxinaufnahme	
Anhang IV	Tabellen zur Toxinaufnahme des deutschen Verbrauchers	

---

## **1. Ziele und Aufgabenstellung des Projekts**

Das Forschungsprojekt verfolgte im Wesentlichen zwei Ziele:

1. Erarbeitung einer validen, praxistauglichen Analytik für die Trichothecen-Mykotoxine T-2 Toxin und HT-2 Toxin auf den Untersuchungsebenen Schnellnachweis, Routineanalytik und Bestätigungsanalyse. Hierzu sollte den Erfordernissen der tatsächlichen Belastung von Lebensmitteln bzw. des Belastungsniveaus Rechnung getragen werden.

2. Ermittlung der Belastung von Lebensmitteln des deutschen Marktes mit T-2 Toxin und HT-2 Toxin zur Abschätzung der Toxinaufnahme des deutschen Verbrauchers. Hierzu wurden die relevanten Lebensmittel (insbesondere Getreideerzeugnisse) sowie in Suchanalysen weitere Lebensmittel einbezogen. Die für Lebensmittel erhobenen Daten wurden mit den entsprechenden Verzehrdaten verknüpft und hieraus die Aufnahme von T-2 Toxin und HT-2 Toxin in verschiedenen Szenarien errechnet. Sofern keine Verzehrdaten vorlagen (Säuglinge und Kleinkinder) wurde die Aufnahme abgeschätzt.

### **1.1. Planung und Ablauf des Projekts**

Die Partner des Verbundforschungsprojekts brachten ihre jeweilige persönliche Expertise in der Trichothecanalytik sowie die in den jeweiligen Laboren etablierten Methoden in das Projekt ein. Die Methoden wurden von den jeweiligen Partnern optimiert und evaluiert. Projektpartner München stellte Enzymimmuntests für das Gesamtprojekt zur Verfügung. Partner Stuttgart entwickelte zusätzlich zu der vorhandenen LC-MS/MS Methodik eine Routinemethode (HPLC mit Fluoreszenzdetektion), Partner Giessen eine HPLC-Immunchromatographie. Partner Trier führte parallel Enzymimmuntest-Untersuchungen und Untersuchungen mittels Gaschromatographie-ECD durch. Zudem waren Forschungseinrichtungen des Bundes (MRI, BfR) fachlich und beratend in das Projekt eingebunden und wirkten in Teilaspekten mit. Durch das MRI wurden Proben der besonderen Erntemittlung eingebracht, durch das BfR wurden Daten zur Belastung von Ölen eingebracht.

Die Hauptpartner und die mitwirkenden Partner führten umfangreiche Vergleichsstudien zur Methodvalidierung durch. Die von den Projektpartnern analytisch erhobenen Untersuchungsergebnisse an rund 4000 Proben wurden vom Projektpartner Giessen zentral ausgewertet. Über den gesamten Projektzeitraum hinweg wurde die Kommunikation der Projektpartner durch Projekttreffen sowie durch fernmündlichen Kontakt sichergestellt.

---

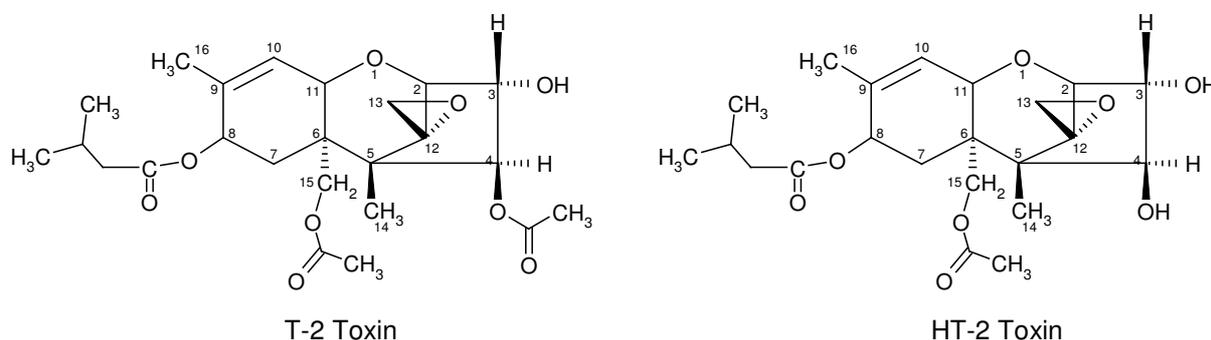
## 1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Zum Zeitpunkt des Projektbeginns waren keine Methoden für T-2 Toxin und HT-2 Toxin verfügbar, die einen sicheren Nachweis dieser Toxine in Lebensmitteln ermöglicht hätten.

Die bei den Projektpartnern verfügbaren Methoden (Enzymimmuntest, GC-ECD, LC-MS/MS) stellten jedoch jeweils den Stand der analytischen Technik dar. Diese Methoden waren die Ausgangsbasis für die in Anhang I dargestellten „Endversionen“ der jeweiligen Verfahren.

Zu Projektbeginn lagen keine validen Daten zur Belastung von T-2 Toxin und HT-2 Toxin im Spurenbereich um 1 µg/kg vor, wie sich dies im Projektverlauf als charakteristisch erweisen sollte.

T-2 Toxin und HT-2 Toxin (Abbildung 1.1) sind die wichtigsten Vertreter der Typ A Trichothecene. Sie werden von mehreren in Mitteleuropa vorkommenden Fusarienspezies gebildet, unter anderem von *Fusarium sporotrichioides*, *F. poae* und *F. equiseti*. Ein Befall mit toxinogenen Fusarienspezies und eine daraus resultierende Kontamination mit T-2 Toxin und HT-2 Toxin wurde für praktisch alle Getreidearten festgestellt, darüber hinaus können auch weitere pflanzliche Produkte wie z.B. Soja betroffen sein. Für Europa wurde vor allem für Hafer eine höhere Belastungshäufigkeit (>20%) festgestellt, während für Mais, Weizen und Roggen seltener toxinpositive Befunde gemeldet wurden, allerdings auf insgesamt recht dünner Datenbasis (JECFA, 2001). Insbesondere war die Nachweisgrenze der zur Datenerhebung eingesetzten Analysenverfahren in der Regel relativ „schlecht“ (>50 µg/kg je Toxin).



**Abbildung 1.1:** Struktur von T-2 Toxin bzw. HT-2 Toxin

Eine toxikologische Bewertung von T-2 Toxin und HT-2 Toxin wurde sowohl durch die JECFA (2001) als auch durch den europäischen wissenschaftlichen Lebensmittelausschuss

(SCF, 2001) vorgenommen, mit weitgehend identischen Schlussfolgerungen. Die akute Toxizität (orale LD<sub>50</sub>-Dosis) liegt bei 2-10 mg/kg Körpergewicht. Der Wirkungsmechanismus liegt wie bei anderen Trichothecenen in einer Störung der Proteinbiosynthese, so dass vor allem sehr stoffwechsel- und zellteilungsaktive Organe betroffen sind, insbesondere das blutbildende System. Im Hinblick auf spezifische toxische Wirkungen wurden zur Abschätzung der tolerierbaren Tagesaufnahme beim Menschen insbesondere die hämatologischen und chronischen immuntoxischen Effekte von T-2 Toxin und HT-2 Toxin herangezogen, wobei die Datenlage aufgrund der verfügbaren Studien mit einer relativ großen Unsicherheit betrachtet wurde. Abgeleitet von einer Konzentration entsprechend dem Low Observed Effect Level in einer 3-Wochen-Kurzzeitstudie bei Schweinen von 0,029 mg/kg KGW und Tag wurde unter Verwendung eines Sicherheitsfaktors von 500 ein gemeinsamer TDI für T-2 Toxin und HT-2 Toxin von 0,06 µg/kg KGW festgelegt. Daraus lässt sich im Hinblick auf mögliche Höchstmengen für diese Toxine in Getreide ableiten, dass diese noch unterhalb der für Zearalenon festgelegten Werte liegen sollten.

Bisher liegen weltweit nur unzureichend Daten zur Abschätzung des Expositionsrisikos vor. Die JECFA-Evaluation kommt zwar zum Schluss, dass für Europa die durchschnittliche Tagesaufnahme im Bereich von ca. 0,016 µg/kg KGW und damit unterhalb des TDI liegt; die Datenbasis dieser Einschätzung wird jedoch von den Autoren selbst dahingehend relativiert, dass jeweils nur von wenigen Ländern und in geringem Umfang Daten vorlagen. Hauptquelle für eine Aufnahme mit T-2 Toxin und HT-2 Toxin sind nach JECFA trotz der geringen Belastungshäufigkeit und -höhe Weizenerzeugnisse, während Hafer trotz ca. 10fach höherer Toxinbelastung aufgrund geringer Verzehrsmengen wenig zur Gesamtaufnahme beiträgt.

Im SCOOP-Bericht 3.2.10 „Fusarientoxine“ wird zusammenfassend festgestellt, dass sich innerhalb der Fusarientoxine aus den verfügbaren Daten für T-2 Toxin und HT-2 Toxin eine relativ häufige Überschreitung des TDI ergibt, bei sehr starker Schwankungsbreite der Abschätzung (Tabelle 1.1). Die Autoren schränken jedoch die Aussagekraft dieser Daten insofern ein, als die Mehrzahl der Belastungsdaten aus Skandinavien stammte und damit nicht für Europa repräsentativ war, dass nur 20% der Proben tatsächlich T-2- bzw. HT-2-positiv waren und dass die Datenerhebung teilweise mit einer unbefriedigenden Nachweisgrenze erfolgte. Für die Belastung des deutschen Verbrauchers mit T-2 Toxin und HT-2 Toxin sind die Angaben wenig brauchbar, da keine Daten aus Deutschland in den SCOOP-Task eingeflossen waren.

---

**Tabelle 1.1** Relation zwischen tolerierbarer Tagesaufnahme (TDI) und durchschnittlicher Tagesaufnahme für einige Fusarientoxine (SCOOP Task 3.2.10)

Mykotoxin	TDI µg/kg KGW und Tag	Durchschnittliche Tagesaufnahme in % des TDI*		
		Gesamt- bevölkerung	Erwachsene	Kinder
Deoxynivalenol	1	0,8% - 33,8%	14,4% - 46,1%	11,3% - 95,9%
Nivalenol**	0,7	4,2% - 11,1%	0,8% - 8,2%	3,7% - 22,6%
<b>T-2 + HT-2 Toxin**</b>	<b>0,06</b>	<b>18,3% - 250%</b>	<b>61,7% - 171,7%</b>	<b>26,7% - 563,3%</b>
Zearalenon**	0,2	13,4%	5,3% -14,5%	3% - 27,5%
Fumonisin B <sub>1</sub> + B <sub>2</sub>	2	0,8% - 13,2%	0,1% - 14,1%	22,3%

\* Berechnet nach mittlerer Verzehrsmenge und mittlerer Toxinbelastung

\*\* vorläufiger TDI

Orientierende eigene Untersuchungen zum Vorkommen von T-2 Toxin und HT-2 Toxin wurden 2004 im Rahmen eines vorhergehenden Verbundforschungsprojekts „Fusarientoxine“ durchgeführt. Hier ergab sich für 208 von 391 untersuchten Proben ein positives Ergebnis im Bereich um 1 µg/kg (Medianwert 0,7 µg/kg), wobei allerdings die Probenzahl und -auswahl (überwiegend Hafererzeugnisse) nicht als repräsentativ bezeichnet werden kann. Zudem muss aufgrund bisheriger Erfahrungen davon ausgegangen werden, dass noch nicht alle potentiell mit diesen Toxinen kontaminierten Lebensmittel erfasst wurden.

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Untersuchungsverfahren**

Zur Bereitstellung von Methoden auf der Ebene der Screeningmethode sowie von Bestätigungs- oder Referenzverfahren und zur Vermeidung systematischer Fehler bei der Toxinanalyse wurden die im Folgenden charakterisierten Verfahren eingesetzt. Ausführliche Beschreibungen der Methoden einschließlich der durchgeführten Validierungen finden sich in Anhang I.1-I.5.

#### 2.1.1 Enzymimmuntest (ELISA, EIA)

Die zur Durchführung des Enzymimmuntests erforderlichen Reagenzien wurden vom Projektpartner München hergestellt und charakterisiert. Da die gleichzeitige Erfassung von T-2 Toxin und HT-2 Toxin im Vordergrund stand, wurde ein ELISA unter Verwendung kreuzreagierender Antikörper als Routineverfahren eingesetzt, mit dem T-2 Toxin bzw. HT-2 Toxin als Summenparameter mit Nachweisgrenzen von 0,25-0,5 µg/kg nachweisbar waren (Anhang I.1). Mit diesem System wurden alle ELISA-Untersuchungen zur Ermittlung der Lebensmittelbelastung durchgeführt. Da für einige Fragestellungen der spezifische Nachweis von T-2 Toxin interessant war, wurde in einigen Fällen zusätzlich ein weiteres System unter Verwendung spezifischer monoklonaler Antikörper eingesetzt (Anhang I.2).

#### 2.1.2 GC-ECD-Methode

Als zweite chromatographische Untersuchungsmethode neben der LC-MS/MS (3.1.3) wurde am Chemischen Untersuchungsamt Trier eine dort bereits etablierte Methodik weiter optimiert, insbesondere im Hinblick auf die Verbesserung der Nachweisempfindlichkeit (Majerus et al., 2008). Die Bestimmung von T-2 - und HT-2 Toxin in Getreide und -erzeugnissen erfolgte nach immunaffinitätschromatographischer Reinigung der Extrakte mittels Gaschromatographie-Elektroneneinfangdetektion (GC-ECD). Eine detaillierte Beschreibung dieser Methodik ist in Anhang I.3 wiedergegeben.

#### 2.1.3 HPLC-MS/MS-Methode

Im Rahmen des Projektes wurde am CVUA Stuttgart eine empfindliche HPLC-MS/MS-Methode, u.a. als Referenzmethode zur Verifizierung der in den anderen Teilprojekten mittels ELISA bzw. GC-ECD erhaltenen Ergebnisse, entwickelt. Die Details wurden von Kloetzel et

---

al. (2006) erarbeitet und von Trebstein et al. (2008) in optimierter Form für den Nachweis von T-2 Toxin und HT-2 Toxin beschrieben (Anhang I.4). Im Rahmen der Methodenentwicklung wurde insbesondere der Einfluss unterschiedlicher Probenmatrizes auf die Ionisierung untersucht. Die matrixbedingte Signalsuppression konnte durch die Verwendung (isotopenmarkierter) interner Standards quantifiziert und dadurch eliminiert werden. Nach der Anpassung der MS/MS-Parameter wurde vor allem im Bereich der Probenvorbereitung (Extraktionsart und -dauer, clean-up, Anreicherung der Analyten) eine Vielzahl von Optimierungen vorgenommen. Das Prinzip des Verfahrens ist im Folgenden dargestellt:

Die Toxine werden mit wässrigem Acetonitril über einen Hochgeschwindigkeitsmischer aus der Probe extrahiert. Nach Filtration des Rohextraktes wird dieser mittels Festphasenextraktion an einer BondElutMycotoxin-Kartusche<sup>®</sup> aufgereinigt. Hierbei werden Matrixbestandteile, welche die nachfolgende MS/MS-Analytik stören könnten, von den Analyten abgetrennt. Nach Aufkonzentrierung des gereinigten Extraktes sowie Rücklösung in geeigneten Lösungsmitteln wird ein definiertes Aliquot mittels HPLC-MS/MS vermessen. Die Reihenuntersuchungen auf T-2 und HT-2 Toxin (Einzelhandelsproben aus dem Stuttgarter Raum) wurden ebenfalls mittels dieses Verfahrens durchgeführt.

Im Zuge der Untersuchungen zur Optimierung der Probenvorbereitung konnte darüber hinaus eine vereinfachte und damit schnellere Möglichkeit einer Aufreinigung von Proben zur T-2 und HT-2-Bestimmung entwickelt werden. Die wesentlichen Aufarbeitungsschritte dieser Schnellmethode sind wie folgt: Nach Extraktion der Proben mit wässrigem Acetonitril wird durch die Zugabe von Salzen eine Phasentrennung bewirkt, wodurch sich die eher unpolaren Toxine T-2 und HT-2 in der organischen Phase anreichern. Die Aufreinigung der organischen Phase erfolgt durch die Zugabe von PSA im Rahmen einer sogen. dispersiven Festphasenextraktion (DSPE). Der Ansatz wird zentrifugiert, der Überstand aufkonzentriert, rückgelöst in geeigneten Lösungsmitteln und ein Aliquot mittels HPLC-MS/MS vermessen. Durch den Einsatz isotopenmarkierter, interner Standards vor der MS/MS-Messung ist es über ein bloßes Screening hinaus möglich, auch mit diesem Schnellverfahren die Toxingehalte zuverlässig zu bestimmen. Weiterhin können mit dieser Methode erforderlichenfalls gleichzeitig auch die bereits reglementierten Fusarientoxine Deoxynivalenol und Zearalenon bestimmt werden.

#### 2.1.4 HPLC-FLD

Als weitere Methode für T-2 Toxin und HT-2 Toxin wurde am CVUA Stuttgart eine verbesserte Methode zum Nachweis auf der Basis der HPLC mit Fluoreszenzdetektion nach Derivatisierung mit 1-Anthroylnitril entwickelt, die sich auch für die Untersuchung von Hafer

---

eignet. Diese Methode, die auf den Arbeiten von Pascale et al. (2003) und von Visconti et al. (2006) basiert, ist in Anhang I.4 bzw. Anhang I.5 detailliert dargestellt.

## **2.2 Laborvergleichsuntersuchungen**

Zur kontinuierlichen Prüfung der Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse zwischen den einzelnen Labors und zwischen den verschiedenen Verfahren wurden regelmäßig Laborvergleichsuntersuchungen durchgeführt. Hierbei wurden ausgewählte Probenmaterialien, die bei einem Projektpartner im Rahmen der Analysen anfielen, portioniert und an die jeweils anderen Partner in codierter Form versandt. Außer dem Versender hatte jeweils keiner der Partner Informationen zu den im Versenderlabor ermittelten Gehalten. Die Untersuchungsergebnisse der Labors wurden an den „Versender“ geschickt, der nach Eingang der letzten Daten die Auswertung durchführte und die Ergebnisse den Projektpartnern mitteilte. Die Summen-Toxingehalte lagen bei  $<1 \mu\text{g}/\text{kg}$  bis zu ca.  $30 \mu\text{g}/\text{kg}$ , damit war in der weit überwiegenden Mehrzahl der Proben nur eine sehr geringe Belastung gegeben. Es sollte allerdings das auch in der Realität vorkommende Belastungsniveau abgebildet werden. Zur Prüfung der Methodenvergleichbarkeit in den typischen höheren Gehalten von  $>100$ facher Nachweisgrenze, wie diese zumeist auch in Ringversuchen geprüft werden, waren diese Materialien ungeeignet. Daher wurde vom Projektpartner ein hochbelastetes Hafer-Referenzmaterial hergestellt, mit dem auch höhere Toxingehalte simuliert werden konnten.

## **2.3 Probenmaterial**

Das zur Untersuchung auf T-2 Toxin und HT-2 Toxin verwendete Probenmaterial wurde, soweit es zur Ermittlung der Belastung des Verbrauchers herangezogen wurde, im Projektzeitraum 2006-2008 in Lebensmittelgeschäften in Deutschland, vorwiegend im Einzugsgebiet der Projektpartner, in Angebotsform eingekauft. Orientierend wurden zudem Futtermittel (z.B. Hafer für Pferde) eingekauft oder Proben aus der Lebensmittelproduktion bezogen.

Bezüglich der bei Lebensmittelproben zu erhebenden Daten wurden die in Tabelle 2.1 wiedergegebenen Masken-Merkmale für eine Excel-Tabelle erarbeitet. Dieses Schema berücksichtigte eine adäquate Auswertung der Ergebnisse unter verschiedenen Gesichtspunkten.

---

## 2.4 Auswertung

Bei der Auswertung der Probenmessergebnisse für verschiedene Probenmaterialien wurden die Proben nach dem **ADV-Kodierkatalog für die Übermittlung von Daten aus der amtlichen Lebensmittel- und Veterinärüberwachung sowie dem Lebensmittel-Monitoring** Katalog Nr. 3 (Version 1.17): Matrixkodes gruppiert.

Für Toxin-negative Proben (weder T-2 Toxin noch HT-2 Toxin nachweisbar) wurde von allen Projektpartnern zur Auswertung jeweils der Wert der halben Nachweisgrenze eingetragen. Dieser variierte je nach Methode und Probenmatrix, in der Regel (>90% der Proben) lag dieser Wert bei <0,5 µg/kg. Diese Proben wurden in der Datentabelle in Spalte AH mit „0“ gekennzeichnet.

---

**Tabelle 2.1** Merkmale der Datenerhebung bei Lebensmittelproben und Ergebnisdarstellung für die Auswertung (Excel-Tabelle)

Spalte	Erforderliche Angabe
A	ADV (ZEBS)-Warencode (wenn kein ZEBS-Code, dann "0" eingeben)
B	Warenbezeichnung
C	Warenbeschreibung
D	Marke
E	Hersteller Name
F	Hersteller Ort
G	Hersteller Postleitzahl
H	Ursprungsland
I	Deklariert als 1=ökologisch oder 2=konventionell
J	Kaufort
K	Mindesthaltbarkeitsdatum
L	Chargen(Lot)-Nummer
M	Probeneingangsdatum
N	Probennummer Labnr.-jjjj-xxxx z.B. 1-2001-0123 Laborcode-jjjj-xxxx (z.B. 1-2006-0123) 1=Giessen; 4=Stuttgart; 5=Trier; 6=München;
O	Ergebnis T-2/HT2 (µg/kg) Methode EIA, wenn negativ, dann halbe NWG (0,25)
P	Ergebnis T-2 (µg/kg), Methode EIA, wenn negativ, dann halbe NWG
Q	Mittlere Wiederfindungsrate im EIA für T-2 für entsprechende Lebensmittelgruppe als Dezimalwert (Beispiel: 80% Wiederfindungsrate = 0,8 eingeben)
R	Mittlere Wiederfindungsrate im EIA für HT-2 für entsprechende Lebensmittelgruppe als Dezimalwert
S	Faktor (z.B. durch Trocknungsverlust) Bei Brot z.B. Faktor 0,6 oder 0,7
T	Gehalt verzehrfertiges Produkt T-2/HT-2, µg/kg, wenn negativ, dann halbe NWG
U	Echter Messwert = "1" eingeben; Wert gleich halbe NWG = "0" eingeben
V	Chromatographische Verfahren, verwendete Methode 1=LC-MS/MS 2=GC-MS 3=HPLC-FLD, 4=GC-ECD
W	Messwert T-2 (µg/kg), wenn negativ, dann halbe NWG
X	Mittlere Wiederfindung T-2 für entsprechende Lebensmittelgruppe
Y	Faktor (z.B. durch Trocknungsverlust) Bei Brot z.B. Faktor 0,6 oder 0,7
Z	Gehalt verzehrfertiges Produkt T-2, µg/kg, wenn negativ, dann halbe NWG
AA	Echter Messwert T-2 = "1" eingeben; Wert gleich halbe NWG = "0" eingeben
AB	Meßwert HT-2 (µg/kg), wenn negativ, dann halbe NWG
AC	Mittlere Wiederfindung HT-2 für entsprechende Lebensmittelgruppe
AD	Faktor (z.B. durch Trocknungsverlust) Bei Brot z.B. Faktor 0,6 oder 0,7
AE	Gehalt verzehrfertiges Produkt HT-2, µg/kg (3 gültige Ziffern, maximal 3 Kommastellen), wenn negativ, dann halbe NWG
AF	Echter Messwert HT-2= "1" eingeben; Wert gleich halbe NWG = "0" eingeben
AG	Alle Verfahren: Eintrag Summe T-2 + HT-2, µg/kg, wenn negativ, dann halbe NWG T-2 + HT-2;
AH	Ermittlung Anzahl positiver Proben: negativ für beide Toxine: 0 eingeben; positiv nur für T-2: 1 eingeben; positiv nur für HT-2: 2 eingeben; positiv für beide Toxine: 3 eingeben; positiv aber wegen Bestimmung mittels EIA nicht differenzierbar: 4
AI	Besonderheiten

### **3. Ergebnisse**

#### **3.1. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse**

##### **3.1.1 Analytik von T-2 und HT-2**

Da bisher noch keine vergleichbare Studie zum Nachweis von T-2 und HT-2 in Lebensmitteln in einem sehr niedrigen Konzentrationsbereich durchgeführt wurde und zudem mehrere, prinzipiell unterschiedliche Methoden eingesetzt wurden, wurde im Rahmen dieses Projekts großer Wert auf die Charakterisierung und Validierung der Analysemethoden gelegt. Dies beinhaltete neben der üblichen Intralabor-Validierung jeder einzelnen Methode auch Laborvergleichsstudien zwischen den Labors und zwischen den Methoden.

Zur Untersuchung von Probenmaterial kamen im Projekt bei den teilnehmenden Laboren grundsätzlich folgende Methoden zum Einsatz: Enzymimmtest (EIA) als Screening-Testsystem, Gaschromatographie mit Elektroneneinfangdetektion (GC-ECD) sowie Flüssigkeitschromatographie mit massenspektrometrischer Detektion (LC-MS/MS).

Zusätzlich wurde im Rahmen des Methodenvergleichs eine weitere flüssigkeitschromatographische Methode (HPLC-FLD) erarbeitet und im Rahmen von Laborvergleichsuntersuchungen getestet. Zudem nahm an einigen Versuchen ein weiteres Labor mit einer LC-MS/MS Methodik unter Verwendung einer Accelerated Solvent Extraction zur Probenaufbereitung teil. Es waren also bis zu sechs Labore involviert, die insgesamt fünf verschiedene Methoden einsetzten. Dadurch wären gravierende systematische Fehler höchstwahrscheinlich sehr schnell erkannt worden.

Tabelle 3.1 gibt einen Überblick über die Leistungsparameter der hauptsächlich eingesetzten Untersuchungsverfahren.

---

## 05HS001 Abschlussbericht Verbundprojekt T-2 Toxin und HT-2 Toxin

**Tabelle 3.1** Zusammenfassende Darstellung der im Projekt eingesetzten Untersuchungsverfahren

Parameter	Untersuchungsverfahren				
	Standard-EIA zum Nachweis von T-2 Toxin und HT-2 Toxin als Summenparameter (polyklonaler Antikörper)	Spezifischer EIA für T-2 (monoklonaler Antikörper)	HPLC-FLD	GC-ECD	LC-MS/MS
Nachweisgrenze für <b>T-2 Toxin</b> in Lebensmitteln ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	0,25 - 0,5 (Summenwert T-2 Toxin + HT-2 Toxin)	0,1	8	1,1 - 1,7	0,14 - 0,25
Nachweisgrenze für <b>HT-2 Toxin</b> in Lebensmitteln ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )		-	8	1,5 - 2,3	1,53 - 3,99
Wiederfindung (%)	77 – 109 (T-2 Toxin)		74-120	59 - 115,8	85 - 100
Variationskoeffizienten der Wiederfindung (RSD <sub>r</sub> %)	12 – 23		0,5-20,3	5,7 – 19,5	1,6 - 6,5
Probenvorbereitung (Extraktionsmittel, Extraktreinigung)	Methanol/Wasser (70/30) Flüssig-Flüssig Verteilungschromatographie	Methanol/Wasser (70/30), Flüssig-Flüssig Verteilungschromatographie	Methanol/Wasser (90/10), Immunaффinitätschromatographie	Methanol/Wasser (90/10), Immunaффinitätschromatographie	Acetonitril/Wasser (80/20), SPE-cleanup (Bond Elut Mycotoxin -BEM)
Eingesetzt in Labor	Detmold, Giessen, München, Trier	Giessen, München	Stuttgart	Trier	Stuttgart

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Validierungsexperimente zwischen den Laboren („Laborvergleichsuntersuchungen“) dargestellt. Hierzu sind zunächst die Mindestanforderungen an die Analysenverfahren zu betrachten. Nach Verordnung 401/2006 sind Leistungskriterien für Methoden zur Bestimmung von T-2 und HT-2 Toxin wie in Tabelle 3.1.1 angegeben definiert:

**Tabelle 3.1.2** Leistungskriterien für die Bestimmung von T-2 und HT-2 nach Verordnung (EG) Nr. 401/2006 der Kommission vom 23. Februar 2006 zur Festlegung der Probenahmeverfahren und Analysemethoden für die amtliche Kontrolle des Mykotoxingehalts von Lebensmitteln

Konzentration (mg/kg)	RSD <sub>r</sub> , %	RSD <sub>R</sub> %	Wiederfindungsrate
T-2 Toxin			
50-250	≤40	≤60	60 – 130
>250	≤30	≤50	60 – 130
HT-2 Toxin			
100-200	≤40	≤60	60 – 130
>200	≤30	≤50	60 – 130

Die in dieser Arbeit von allen Methoden erreichten Reproduzierbarkeitswerte (analog RSD<sub>r</sub>) von typischerweise <10% (fast immer <20%) lagen deutlich unterhalb dieser Anforderung, obwohl in den meisten Fällen in einem Konzentrationsbereich zwischen 5 µg/kg und 50 µg/kg gearbeitet wurde, d.h. deutlich unterhalb der in den Leistungskriterien genannten Werte. Beispielhaft sind die Laborstandardabweichungen (Reproduzierbarkeitswerte analog zu RSD<sub>r</sub>-Werte) für drei Proben aus den Laborvergleichsuntersuchungen in einem mittleren Konzentrationsbereich (Summengehalt) zwischen 10 und 20 µg/kg dargestellt (Tabelle 3.1.3).

## 05HS001 Abschlussbericht Verbundprojekt T-2 Toxin und HT-2 Toxin

**Tabelle 3.1.3** Einzelergebnisse für T-2/HT-2 Toxin (Summenwerte) für drei Proben aus den Laborvergleichsuntersuchungen (Probenversand durch Labor Giessen (GI09), München (M01) bzw. Trier (TR02))

Methode	T-2/HT-2 Summe, µg/kg				
	Extraktion 1	Extraktion 2	Mittelwert	STABW	RSDr %)
Maismehl (GI09)					
EIA	9,36	11,6	10,48	1,58	<b>15,11</b>
EIA	11,61	14,21	12,91	1,84	<b>14,24</b>
LC-MS/MS	11,30	7,10	9,2	2,97	<b>32,28</b>
EIA	14,95	18,30	16,63	2,37	<b>14,25</b>
GC	12,68	11,83	12,26	0,60	<b>4,90</b>
EIA	17,8	15,5	16,65	1,63	<b>9,77</b>
Vollkornnudeln (M01)					
EIA	11,15	11,47	11,31	0,23	<b>2,00</b>
EIA	11,72	10,96	11,34	0,54	<b>4,74</b>
LC-MS/MS	14,80	18,20	16,50	2,40	<b>14,57</b>
LC-FLD	12,80	12,50	12,65	0,21	<b>1,68</b>
GC-ECD	8,23	9,50	8,87	0,90	<b>10,13</b>
EIA	9,64	10,09	9,87	0,32	<b>3,23</b>
EIA	10,70	9,08	9,89	1,15	<b>11,58</b>
Haferflocken (TR02)					
EIA	7,50	8,60	8,05	0,78	<b>9,66</b>
EIA	13,94	12,56	13,25	0,98	<b>7,36</b>
LC MS/MS ASE	25,60	21,80	23,70	2,69	<b>11,34</b>
LC-MS/MS BEM	11,74	10,04	10,89	1,20	<b>11,04</b>
EIA	12,31	11,71	12,01	0,42	<b>3,53</b>
GC	12,45	12,65	12,55	0,14	<b>1,13</b>
EIA	14,40	19,20	16,80	3,39	<b>20,20</b>

Auch bezüglich des in Verordnung 401/2006 genannten Tauglichkeitsansatzes und der maximalen Standardunsicherheit ( $U_f$ ) ergab die Berechnung nach der Formel

$$U_f = \sqrt{\left(\frac{LOD}{2}\right)^2 + (\alpha \times C)^2}$$

(LOD = Nachweisgrenze; Konstante  $\alpha$ , bei  $C \leq 50 \mu\text{g/kg}$ :  $\alpha = 0,2$ ;  $C$  = die betreffende Konzentration)

befriedigende Resultate. Bei den Nachweisgrenzen der verwendeten Methoden zwischen 0,05 und 2  $\mu\text{g/kg}$  ergäben sich hieraus im relevanten Konzentrationsbereich von 5-20  $\mu\text{g/kg}$  akzeptable RSD<sub>R</sub>-Werte zwischen 20% und 30%. Auch diese Toleranzen wurden in den meisten Fällen deutlich unterschritten.

Im Hinblick auf die Vergleichsstandardabweichung wurden in den durchgeführten Untersuchungen trotz der Tatsache, dass verschiedene Untersuchungsmethoden eingesetzt wurden, in der Regel sehr befriedigende Ergebnisse erzielt. Hier ist allerdings deutlich festzustellen, dass jeweils mit mehreren verschiedenen Methoden gearbeitet wurde und die Vergleichsuntersuchungen in mehreren Abschnitten über den Projektzeitraum verteilt durchgeführt wurden und somit die Bedingungen eines Ringversuchs im strikten Sinn selbstverständlich nicht gegeben sind. Allerdings waren die Bedingungen, unter denen die Laborvergleichsuntersuchungen durchgeführt wurden, in einigen Aspekten (z.B. mehrere Methoden) sogar deutlich schwieriger als dies in Ringversuchen typischerweise der Fall ist.

Tabelle 3.1.3 zeigt die für insgesamt 17 verschiedene, natürlich kontaminierte Probenmaterialien erhaltenen Präzisionsdaten. Hieraus wird deutlich, dass die analogen RSD<sub>R</sub>-Werte zwischen 8,1% und 63% lagen, der Mittelwert betrug 32%. Auch damit wurden die in Tabelle 3.1.1 aufgeführten Leistungskriterien in jedem Fall erfüllt, obwohl fast alle Proben sehr niedrige Toxingehalte aufwiesen. Für die einzige Probe mit einem höheren Toxingehalt (168  $\mu\text{g/kg}$ ), dem vom Labor Stuttgart hergestellten „Referenzhafer“, wurde sogar ein RSD<sub>R</sub>-Wert von 8,1% erzielt.

Ein Vergleich mit den für den jeweiligen Konzentrationsbereich errechneten Werten der ebenfalls in Verordnung 401/2006 als Leistungskriterium genannten Horwitz-Gleichung:

$$RSD_R = 2^{(1-0,5 \log C)}$$

ist in Abbildung 3.1.1 gezeigt. Hieraus, wie auch aus Tabelle 3.1.3 wird deutlich, dass mit einer Ausnahme die erreichten Werte gleich oder besser als zweifache Horrat-Wert waren. Dies gilt als Maß für die Akzeptanz eines Messniveaus in einem Ringversuch (Horwitz et al., 1980; Horwitz und Albert, 2006), wobei in der Mehrzahl der Proben der erreichte Wert sogar

niedriger als der entsprechende „predicted value“ gemäß der Horwitz-Gleichung lag. Der mittlere Horrat-Wert für 16 natürlich kontaminierte Materialien lag bei 0,98. Abbildung 3.1.2 zeigt, dass zwar für einzelne Proben Ausreißer beobachtet wurden, in der weit überwiegenden Mehrzahl der Versuche war jedoch eine gute Übereinstimmung aller Methoden festzustellen. Mittels Accelerated Solvent Extraktion und LC-MS/MS wurden tendenziell höhere Toxingehalte ermittelt.

---

## 05HS001 Abschlussbericht Verbundprojekt T-2 Toxin und HT-2 Toxin

**Tabelle 3.1.3** Ergebnisse der Laborvergleichsuntersuchungen für verschiedene Probenmatrices (Proben chronologisch sortiert)

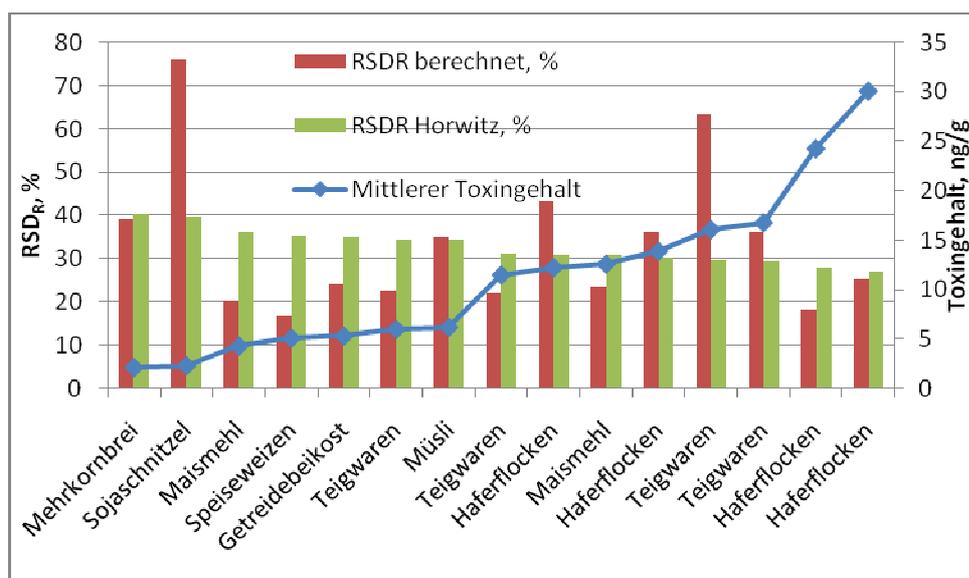
Nr.	Probenart	Labor Nr., Methode, Ergebnis T-2/HT2 Toxine µg/kg								Mittelwert µg/kg	STABW µg/kg	RSD <sub>R</sub> (%)	RSDR, % Horwitz <sup>1</sup>	Horrat <sup>2</sup>
		(Mittelwert aus zwei Untersuchungen)												
		1	2	3	4	5	6							
		LC-MS/MS		LC-MS/MS										
		EIA	EIA	ASE	BEM	LC-FLD	EIA	GC-ECD	EIA					
1	Haferflocken	27,9	24,8	26,5	30,3		17,1	21,2	22,1	24,3	4,5	18,4	28	0,66
2	Haferflocken	10,3	10,3	23,3	14,6		7,9	8,9	10,3	12,2	5,3	43,2	31	1,39
3	4-Korn Brei	2,3	2,0	1,5	1,4		1,7	3,9	2,1	2,1	0,8	39,4	40,4	0,97
4	Weizengrieß	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		n.n.	n.n.	n.n.	negativ				
5	Hafer-Referenzmaterial <sup>3</sup>	175,0	179,8		172,7		156,6	177,6	146,0	168,0	13,5	8,1	21,1	0,38
6	Haferflocken	23,4	32,1	45,5	28,9		22,8	27,5	30,5	30,1	7,6	25,3	27,1	0,93
7	Haferflocken	8,1	13,3	23,7	10,9		12,0	12,6	16,8	13,9	5,1	36,4	30,5	1,20
8	Vollkornnudeln	9,2	12,8	39,0	14,3		13,0	11,0	13,4	16,1	10,2	63,6	29,8	2,13
9	Vollkornnudeln	4,2	5,4	8,7	5,5		5,8	6,3	6,2	6,0	1,4	22,6	34,6	0,66
10	Vollkorn-Weizenbandnudeln	11,3	11,3		16,5	12,7	8,9	9,9	9,9	11,5	2,5	22,1	31,3	0,70
11	Vollkorn-Spaghetti	17,4	19,3		27,6	19,0	9,7	12,7	11,8	16,8	6,1	36,2	29,6	1,22
12	Baby-Müsli-Brei	5,9	5,8		4,7	7,3	4,6	3,2	5,8	5,3	1,3	24,3	35,2	0,69
13	Speiseweizen, Körner	4,5	3,5		5,9		5,1	5,1	5,2	4,9	0,8	16,8	35,6	0,47
14	Maismehl	4,3	4,4		3,1		4,2	4,0	5,8	4,3	0,9	20,2	36,4	0,56
15	Müsli	5,4	4,9		6,4		7,2	11,6	6,0	6,9	2,4	35,2	33,8	1,04
16	Sojaschnitzel	2,0	1,7		0,2		2,2	5,6	2,3	2,3	1,77	76,2	39,9	1,91
17	Maismehl	10,5	12,9		9,2		16,6	12,3	16,7	13,0	3,1	23,8	30,75	0,77

EIA = Enzymimmuntest; ASE = Accelerated Solvent Extraction; BEM =Bond Elut Mycotoxin; LC-FLD HPLC mit Fluoreszenzdetektion; GC-ECD =

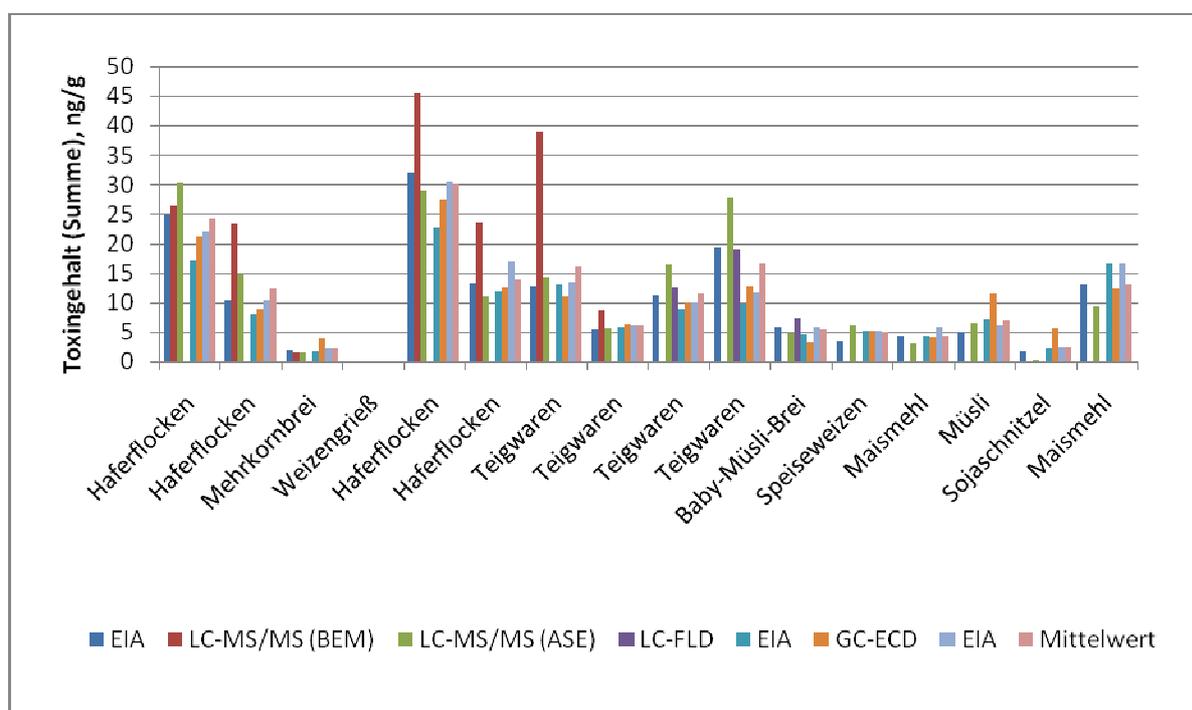
Gaschromatographie mit Elektroneneinfangdetektion; 1, Aus der Horwitzgleichung  $RSD_R = 2^{(1-0,5 \log C)}$  vorhergesagte Relative Standardabweichung; 2,

Horrat = Berechnete RSD<sub>R</sub>/Horwitz RSD<sub>R</sub>; 3, eine vom Labor Stuttgart mittels LC-MS/MS durchgeführte Homogenitätsanalyse (n=10) ergab für dieses

Referenzmaterial einen Summengehalt von 172,7 ng/g (T-2 Toxin + HT-2 Toxin) bzw. Einzelgehalte von 57,0 ±1,52 ng/g (T-2 Toxin) und von 115,7 ± 2,96 ng/g (HT-2 Toxin).



**Abbildung 3.1.1:** Darstellung der für die in den Laborvergleichsuntersuchungen für natürlich kontaminierte Lebensmittelproben erzielten relativen Vergleichsstandardabweichungen ( $RSD_R$  berechnet %) und der aus der Horwitzgleichung für die entsprechende Konzentration vorhergesagten Vergleichsstandardabweichung ( $RSD_R$  Horwitz, %). Trotz der Verwendung verschiedener Methoden konnten in den meisten Fällen  $RSD_R$ -Werte erzielt werden, die besser als die vorhergesagten Werte waren.



**Abbildung 3.1.2:** Darstellung der Einzelergebnisse für verschiedene Probenmatrices aufgeschlüsselt nach Analysenmethode.

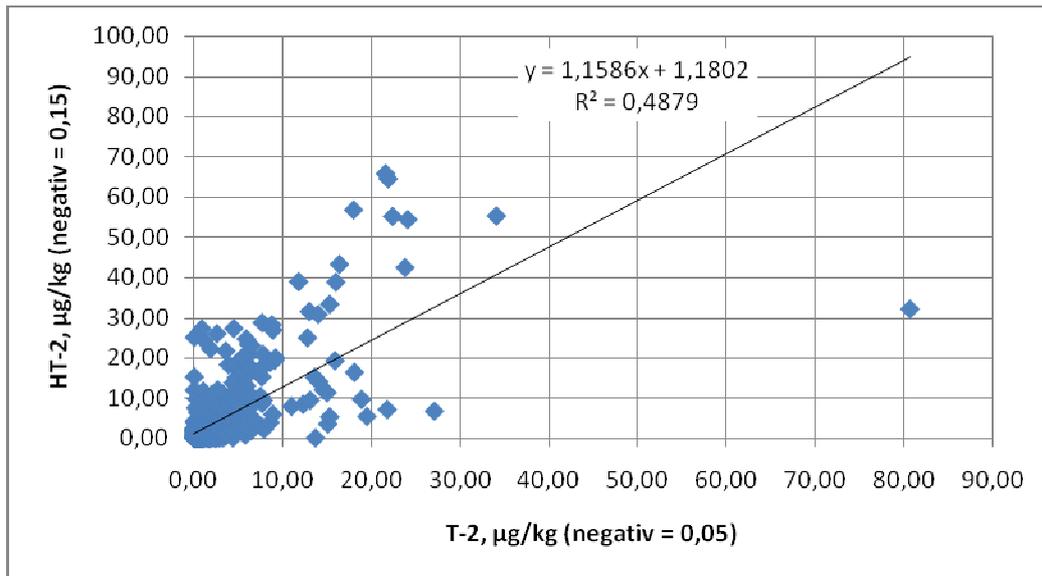
Im Hinblick auf die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen immunchemischen und chromatographischen Verfahren sind für den ELISA aufgrund der nicht identischen Kreuzreaktivität zwischen T-2 Toxin und HT-2 Toxin die Verteilungsmuster beider Toxine in Probenmaterialien wichtig.

Die Abbildungen 3.1.3 und 3.1.4 zeigen die Verteilung zwischen T-2 Toxin und HT-2 Toxin in natürlich kontaminierten Proben, zum einen für die LC-MS/MS (Abbildung 3.1.3) und zum anderen für die GC-ECD (Abbildung 3.1.4). Hieraus wird deutlich, dass die Mehrzahl aller Proben jeweils beide Toxine aufwies. Abweichungen hiervon (= nur eines der beiden Toxine nachweisbar) kamen im Wesentlichen nur bei sehr niedrig belasteten Proben vor, sind damit wohl überwiegend analytisch bedingt.

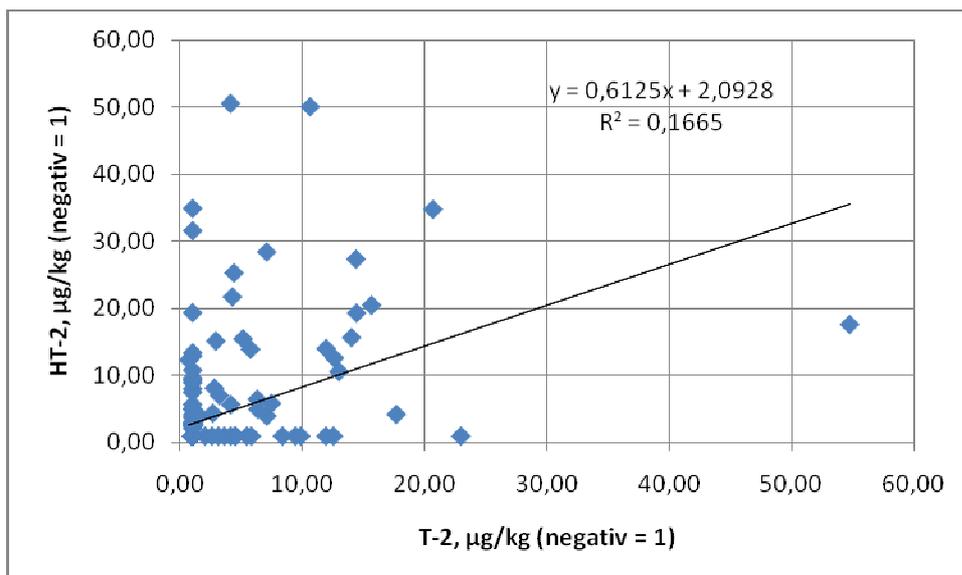
Eine quantitative Korrelation zwischen den Gehalten an T-2 Toxin und HT-2 Toxin war nicht feststellbar. Die durchschnittlichen Gehalte an HT-2 Toxin lagen doppelt so hoch wie diejenigen für T-2 Toxin, wobei allerdings kein einheitlicher Zusammenhang feststellbar war. Da die LC-MS/MS eine etwas bessere Empfindlichkeit für T-2 Toxin aufwies als für HT-2 Toxin, ist es nicht verwunderlich, dass im niedrigen Konzentrationsbereich etwas häufiger T-2 Toxin nachweisbar war. Die GC-ECD, die bei einer Nachweisgrenze von 1-2 ng/g je Toxin beide Toxine nahezu gleich sensitiv erfasste, ergab einen etwas häufigeren Nachweis von HT-2, was im Hinblick auf die mittleren Konzentrationsverhältnisse beider Toxine realistisch sein dürfte.

Dennoch stellten zumindest im Konzentrationsbereich ab ca. 5-10 µg/kg (T-2 + HT-2) Proben, die tatsächlich nur eines der beiden Toxine enthalten, die Ausnahme dar, meist war eine Co-Kontamination mit beiden Toxine feststellbar. Zumindest bei natürlich kontaminiertem Probenmaterial mit hoher Toxinkonzentration (>100 µg/kg), wie es im Lebensmittelbereich kaum vorzukommen scheint, sind zudem vermutlich häufiger noch Spuren weiterer Typ A-Trichothecene vorhanden, wie die Untersuchung von Probenmaterialien mittels ELISA nach HPLC-Fraktionierung des Extrakts zeigte (sogenannte Immunogramme, Abbildung 3.1.5). Hierbei könnte es sich beispielsweise um höher acetylierte T-2- Analoga oder aber z.B. um T-2 Triol handeln. Im typischen Konzentrationsbereich für T-2 Toxin bzw. HT-2 Toxin sind selbst in Hafererzeugnissen diese Verbindungen nicht selektiv nachweisbar, könnten jedoch das Ergebnis des Enzymimmuntests im Vergleich zu den chromatographischen Verfahren positiv beeinflussen.

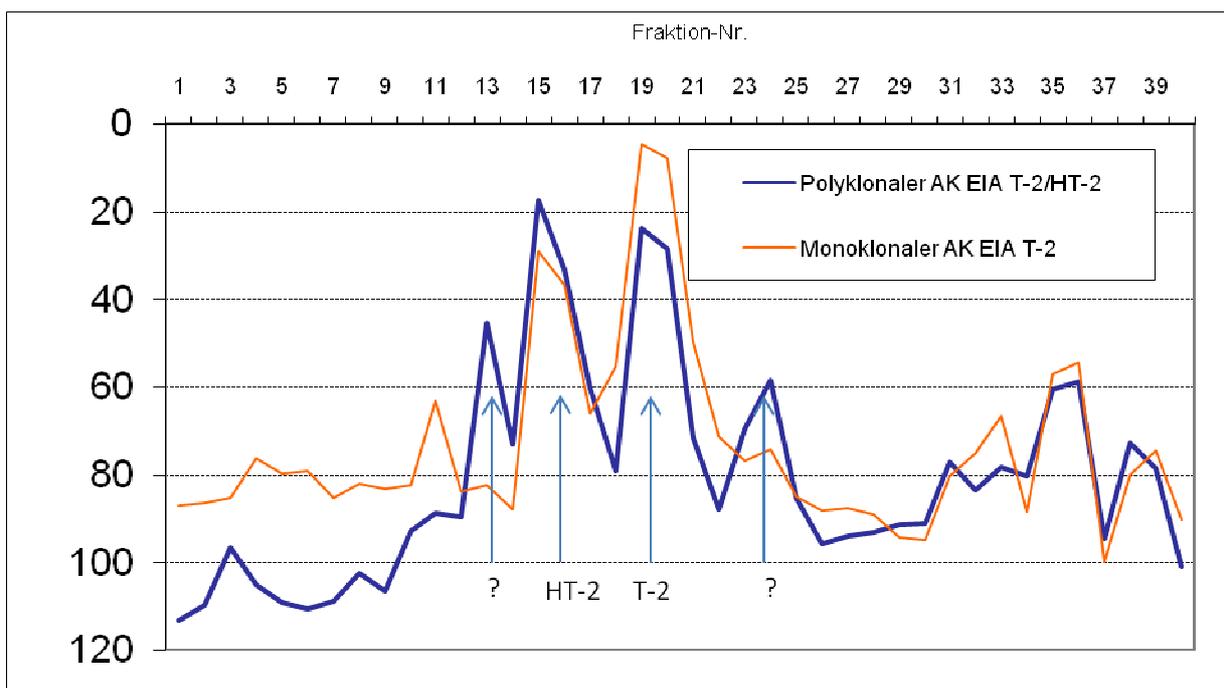
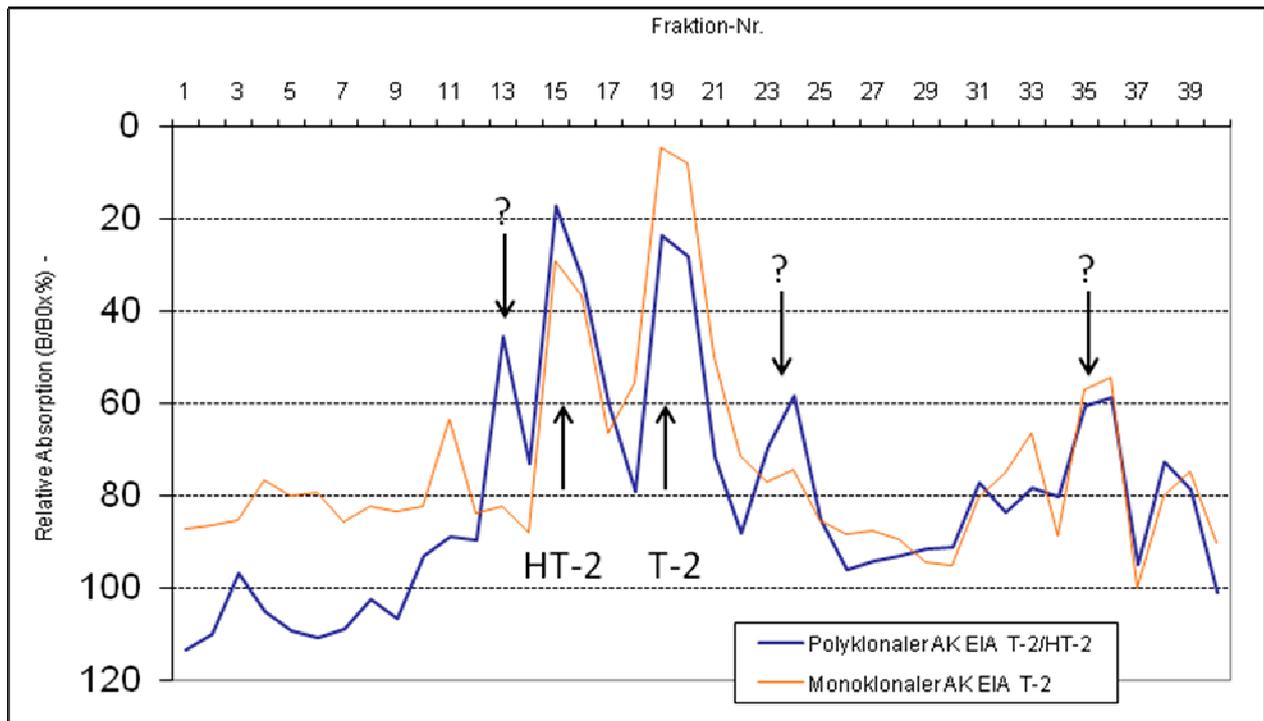
---



**Abbildung 3.1.3:** Vergleich zwischen den Messwerten für T-2 und HT-2 in Lebensmitteln, Bestimmung mittels LC-MS/MS (n=984). Aufgrund der etwas besseren Nachweisempfindlichkeit war T-2 häufiger nachweisbar (insgesamt positiv: n=682; positiv nur für T-2: n=227; positiv nur für HT-2: n=42; positiv für beide Toxine; n=413), die Gehalte für HT-2 in positiven Proben waren jedoch insgesamt etwas höher (Mittelwert: T-2 1,54 µg/kg, HT-2 2,96 µg/kg, 90stes Perzentil: T-2 4,07 µg/kg, HT-2 7,97 µg/kg). Von den insgesamt 130 Proben mit Toxin-Summengehalten von  $\geq 10$  µg/kg enthielten 126 Proben beide Toxine, drei Proben nur HT-2, und eine Probe nur T-2.



**Abbildung 3.1.4:** Vergleich zwischen den Messwerten für T-2 und HT-2 in Lebensmitteln, Bestimmung mittels GC-ECD (n=241; positiv: n=70; positiv nur für T-2: n=13; positiv nur für HT-2: n=23; positiv für beide Toxine; n=34). Die Gehalte an HT-2 waren in positiven Proben insgesamt etwas höher als diejenigen für T-2 (Mittelwert: T-2 2,42 µg/kg, HT-2 3,58 µg/kg, 90stes Perzentil: T-2 5,43 µg/kg, HT-2 9,59 µg/kg). Von den insgesamt 35 Proben mit Toxin-Summengehalten von  $\geq 10$  µg/kg enthielten 27 Proben beide Toxine, fünf Proben nur HT-2, und drei Proben nur T-2.



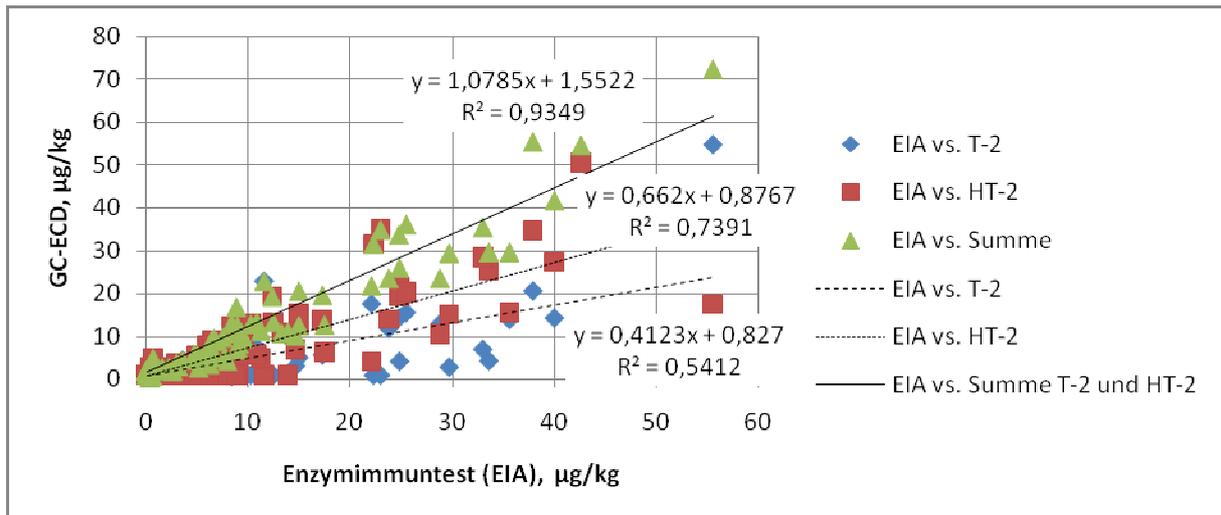
**Abbildung 3.1.5:** HPLC-EIA-Immunoassay des Hafer-Referenzmaterials (oben, vergleiche Tabelle 3.1.3 Nr. 5) und einer natürlich mit T-2/HT-2 belasteten Futtermittelprobe (unten). Die Probenextrakte wurden an einer C-18-Säule unter Verwendung eines Methanol-Wasser-Gradienten aufgetrennt. Jede Fraktion entspricht 1 min, Retentionszeit: HT-2 = 14,6 min, Retentionszeit T-2 = 18,8 min. Der in der Homogenitätsstudie für die Hafer-Referenzprobe ermittelte Gehalt an T-2 bzw. HT-2 lag bei 57 ng/g bzw. 115 ng/g. Der ELISA unter Verwendung von polyklonalen Antikörpern gegen T-2 Toxin zeigte in Fraktionen kurz vor HT-2 sowie kurz nach T-2 Peaks kreuzreagierende Verbindungen. Diese Peaks waren im ELISA unter Verwendung von monoklonalen Antikörpern gegen T-2 Toxin weniger deutlich bzw. überhaupt nicht vorhanden.

Im Rahmen des Projektes wurden - über die „großen“ Laborvergleichsstudien hinaus - mehrfach weitere Studien zum Methodenvergleich (ELISA vs. GC-ECD, ELISA vs. LC-MS/MS bzw. ELISA vs. ELISA) durchgeführt. Hierbei ging es entweder um die Vergleichbarkeit von zwei verschiedenen Methoden in zwei verschiedenen Labors oder um die Vergleichbarkeit von zwei Methoden in einem einzigen Labor.

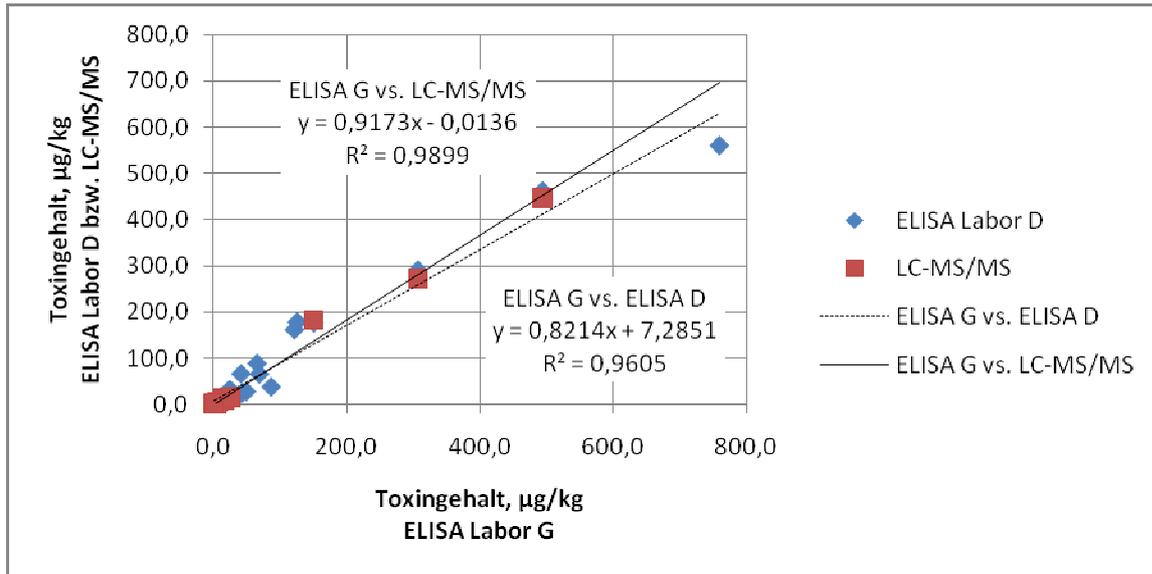
Der Vergleich der Ergebnisse zwischen ELISA und GC-ECD in einem Labor ist in Abbildung 3.1.6 dargestellt. Hieraus wird deutlich, dass der ELISA-Messwert hervorragend mit dem mittels GC-ECD erhaltenen Summenwert für T-2 und HT-2 übereinstimmte. Ein analoger Vergleich zwischen ELISA und HPLC-MS/MS (Abbildung 3.1.7) ergab ebenfalls gute Übereinstimmung. Bei diesen Ergebnissen ist stets zu berücksichtigen, dass in vorliegendem Projekt grundsätzlich ein bisher nicht erreichter, sehr niedriger Konzentrationsbereich Gegenstand von Vergleichsuntersuchungen war. Um überhaupt die Methodenvergleichbarkeit in höher kontaminiertem Material testen zu können, musste wie in Abbildung 3.1.7 auf nicht gereinigten, nicht entspelzten Hafer zurückgegriffen werden. Bei dieser Studie wurde zudem deutlich, dass allein durch das Entspelzen von Hafer die durchschnittliche Summenbelastung mit T-2 Toxin und HT-2 Toxin um deutlich über 90% reduziert werden kann (Abbildung 3.1.8).

Bei der Vielzahl der durchgeführten Vergleichsuntersuchungen für eine Vielzahl von verschiedenen Probenmaterialien wäre es unrealistisch, eine vollständige „ideale“ Übereinstimmung für alle Proben zu erwarten. So wurden durchaus für einzelne Proben (zwei Labore, zwei Methoden) größere Diskrepanzen bis zu 100% festgestellt (Tabelle 3.1.4). In der Mehrzahl der Fälle lag jedoch die Abweichung (Mittelwert aus zwei Ergebnissen, zwei verschiedene Untersuchungsmethoden) bei deutlich unter 50%, so dass - unter Berücksichtigung des sehr niedrigen Konzentrationsbereichs - von einer unter praktischen Gesichtspunkten akzeptablen Abweichung gesprochen werden kann.

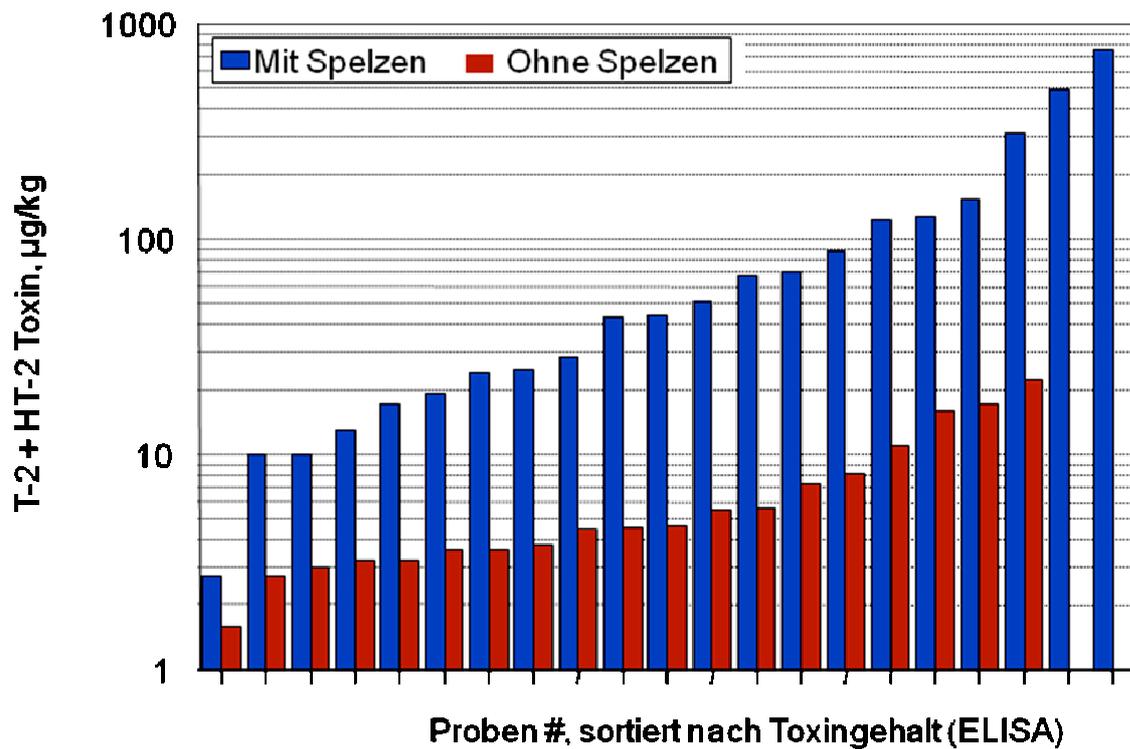
---



**Abbildung 3.1.6:** Vergleich zwischen Enzymimmuntest und GC-ECD für T-2 und HT-2 in Lebensmitteln (n=240). Während für den Summenwert des Enzymimmuntests und den individuellen Werten für T-2 (Raute) bzw. HT-2 (Rechteck) nur geringe Übereinstimmung bestand, wurde für die Ergebnisse des Enzymimmuntests und die mittels GC-ECD bestimmte Summe aus T-2 und HT-2 (Dreiecke) ausgezeichnete Übereinstimmung festgestellt ( $r^2 = 0,9349$ ).



**Abbildung 3.1.7:** Vergleichsuntersuchung zur Überprüfung der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse des Enzymimmuntests anhand von Probenmaterial aus der Besonderen Erntemittlung 2005 (Hafer entspelzt n=21; Hafer nicht entspelzt n=21). Alle Proben wurden in zwei verschiedenen Labors untersucht, wobei sich eine hervorragende Übereinstimmung der Messergebnisse ergab. Zehn ausgewählte Proben wurden zusätzlich mittels LC-MS/MS untersucht. Auch hier ergab sich eine hervorragende Übereinstimmung zwischen den Summengehalten für T-2 und HT-2 (LC-MS/MS) und den mittels ELISA ermittelten Toxingehalten. Die höheren Toxingehalte wurden ausnahmslos in nicht gereinigtem, nicht entspelztem Hafer ermittelt.



**Abbildung 3.1.8:** Vergleich der Toxingehalte in BEE-Haferproben der Ernte 2005 im Hinblick auf die Entspelzung. Nicht entspelzte Haferproben (n=19) hatten durchschnittliche Toxingehalte (Summe von T-2 und HT-2 Toxin, Bestimmung mittels ELISA) von  $6,9 \pm 5,6 \mu\text{g/kg}$ , entspelzter Hafer (n=21) durchschnittliche Gehalte von  $118 \pm 180 \mu\text{g/kg}$ . Nicht entspelzter Hafer war somit durchschnittlich 17fach höher kontaminiert als entspelzter Hafer.

**Tabelle 3.1.4** Vergleich (zwei Labore) zwischen ELISA und LC-MS/MS für ausgewählte, „höher“ mit T-2/HT-2 belastete Lebensmittel-Probenmaterialien

Proben-Nr.	Proben-Bezeichnung	T-2 + HT-2 ( $\mu\text{g/kg}$ )		Verhältnis: Messwert EIA/Messwert LC-MS/MS (%)
		EIA	LC-MS/MS	
1474	Haferflocken	24,3	46,4	52,4
1475	Haferflocken	18,4	24,6	74,8
1477	Haferflocken	16,3	16,9	96,4
1480	Haferkleie	11,3	13,6	83,1
1573	Hafer snack	17,2	27,2	63,2
1738	Schoko-Vollkornmüsli	26	43,6	59,6
1753	Müsli	18,1	26,8	67,5

## 3.1.2 Vorkommen von T-2 Toxin und HT-2 Toxin in Lebensmitteln des deutschen Marktes

Insgesamt wurden im Gesamt-Projektzeitraum einschließlich aller Validierungsproben rund 4000 Probenmaterialien untersucht. Mehrere hundert Proben wurden dabei mit mehr als einer Methode untersucht. Die überwiegende Mehrzahl (96,4%) der Probenmaterialien waren dabei Lebensmittel. Für verschiedene Fragestellungen wurden darüber hinaus weitere Materialien geprüft, z.B. Gerste zur Bierproduktion, Traubenmoste zur Weinherstellung, haferhaltige Futtermittel, ungereinigtes Erntegetreide aus der Besonderen Ernteermittlung BEE). Eine Übersicht gibt Tabelle 3.1.5.

**Tabelle 3.1.5** Übersicht über die im Rahmen des Forschungsprojekts untersuchten Proben

<b>Probentyp, Zuordnung</b>	<b>Anzahl Proben</b>	<b>% Anteil</b>
<b>Lebensmittel</b>	3837	96,4
<b>Futtermittel</b>	58	1,5
<b>Andere*</b>	84	2,1
<b>Gesamt</b>	<b>3979</b>	<b>100</b>

\*z.B. ungereinigtes Erntegetreide, nicht zum direkten Verzehr geeignete Rohwaren und Vorstufen, Probenmaterial mit nicht sicher klärbarem Verwendungszweck

Eine summarische Darstellung der Ergebnisse für die insgesamt 3837 untersuchten Lebensmittelproben ist in Tabelle 3.1.6 wiedergegeben. Mit dieser Aufstellung soll vor allem gezeigt werden, dass aufgrund des hohen Anteils an positiven Proben ein sehr beträchtlicher Arbeitsaufwand verbunden war. Der Medianwert von rund 1 µg/kg charakterisiert zudem recht gut das Konzentrationsniveau, in dem überwiegend gearbeitet wurde, d.h. sehr nahe der analytischen Nachweisgrenzen und weit unterhalb der in früheren Studien getesteten Konzentrationsniveaus.

Für die Auswertung wurden negative Proben grundsätzlich mit der halben Nachweisgrenze des Untersuchungsverfahrens verrechnet. Diese Entscheidung wurde aus Gründen der besseren statistischen Verwertbarkeit negativer Proben bei der Expositionsschätzung getroffen. Da die Nachweisgrenze der hauptsächlich eingesetzten Verfahren (ELISA, LC-MS/MS) jedoch fast in allen Matrices bei < 0,5 µg/kg lag, spielte dies bei der Berechnung der Belastung keine wesentliche Rolle.

**Tabelle 3.1.6** Zusammenfassende Übersicht über die Ergebnisse der Untersuchung von Lebensmitteln. Alle Konzentrationsangaben beziehen sich auf den Summenwert aus T-2 Toxin und HT-2 Toxin, wobei negative Proben mit der halben Nachweisgrenze der Untersuchungsverfahren in die Berechnung eingingen (Nachweisgrenze typischerweise 0,25 ng/g)

<b>Parameter</b>	
<b>Gesamtzahl, n</b>	3837
<b>n Proben positiv für T-2 Toxin und/oder HT-2 Toxin</b>	2957
<b>n Proben negativ</b>	881
<b>% positive Proben</b>	77,1
<b>Arithmetischer Mittelwert, µg/kg</b>	3,12
<b>Maximalwert, µg/kg</b>	112,80
<b>Minimalwert, µg/kg</b>	0,02
<b>Medianwert (50stes Perzentil), µg/kg</b>	1,04
<b>75stes Perzentil, µg/kg</b>	2,65
<b>90stes Perzentil, µg/kg</b>	7,34
<b>95stes Perzentil, µg/kg</b>	13,10
<b>99stes Perzentil, µg/kg</b>	33,02
<b>Anzahl (%) Proben mit Toxingehalten &gt;20 µg/kg</b>	114 (3)
<b>Anzahl (%) Proben mit Toxingehalten &gt;10 µg/kg</b>	288 (8)
<b>Anzahl (%) Proben mit Toxingehalten &gt;5 µg/kg</b>	527 (14)
<b>Anzahl (%) Proben mit Toxingehalten &gt;2 µg/kg</b>	1215 (32)
<b>Anzahl (%) Proben mit Toxingehalten &gt;1 µg/kg</b>	1956 (51)

Für die weiteren Auswertungen wurden Ergebnisse für insgesamt 141 Proben, bei denen eine eindeutige Zuordnung der Probe zu einer Lebensmittelgruppe erst nach Rücksprache mit den beteiligten Labors möglich war, sowie Ergebnisse, die erst nach Beginn der Auswertungen (Ende 2008) vorlagen, nicht mit einbezogen. Die Mehrzahl der Auswertungen bezieht sich auf eine Gesamtzahl ausgewerteter Lebensmittelproben von n=3696. Orientierend durchgeführte Berechnungen zeigten jedoch, dass sich im Vergleich zu einer Gesamtzahl von n=3837 keine Änderungen ergeben hätten. Für die Expositionsrechnung wurden nur Proben, die durch abgesicherte höhere Toxinbefunde oder durch häufige niedrige Toxinbelastung in Verbindung mit höheren Verzehrsmengen als relevant eingestuft worden waren, verwendet (n=2023). Diese Daten sind in Tabelle 3.1.7 wiedergegeben. Eine ausführliche Wiedergabe aller Untersuchungsergebnisse für Lebensmittel ist in Anhang II zusammengestellt.

Eine wesentliche aus Tabelle 3.1.7 abzuleitende Aussage ist, dass T-2 Toxin und HT-2 Toxin sehr häufig in Getreide und Getreideerzeugnissen vorkommen, allerdings (mit Ausnahme von Hafer) fast immer in sehr niedrigen Konzentrationen.

## 05HS001 Abschlussbericht Verbundprojekt T-2 Toxin und HT-2 Toxin

**Tabelle 3.1.7** Zusammenfassende Darstellung der Toxinbelastung (Summenbelastung T-2 Toxin + HT-2 Toxin) der in die Berechnung der Toxinaufnahme des deutschen Verbrauchers einbezogenen Lebensmittel (n=2023)

Lebensmittel	n	n pos	% pos	Mittelwert (ng/g)	Maximal- wert (ng/g)	Minimal- wert (ng/g)	Median (ng/g)	75stes Perzentil (ng/g)	90stes Perzentil (ng/g)	95stes Perzentil (ng/g)	99stes Perzentil (ng/g)
Weißbrot und Baguette	28	18	64,3	0,64	3,69	0,18	0,58	0,67	0,79	1,21	3,09
Mischbrot	85	63	74,1	0,95	5,13	0,09	0,67	1,03	1,89	2,63	4,99
Vollkornbrot	53	43	81,1	2,09	29,41	0,15	0,63	1,39	2,63	5,73	29,41
Mehrkornbrot	22	21	95,5	1,19	3,04	0,20	1,13	1,50	1,85	2,27	2,88
Knäckebrot	55	48	87,3	1,79	26,70	0,20	1,05	1,60	3,10	4,82	15,05
Sonstiges Brot	20	15	75,0	0,99	4,18	0,20	0,62	1,48	1,84	2,19	3,78
Mehrkornbrötchen	8	8	100,0	2,48	10,30	0,85	1,42	1,83	4,42	7,36	9,71
Sonstiges Brötchen	38	31	81,6	0,75	1,80	0,25	0,68	0,84	1,40	1,68	1,78
Flakes, Müsli	375	336	89,6	5,03	87,30	0,20	2,90	6,01	10,91	16,43	34,99
Haferflocken	173	172	99,4	17,16	78,40	0,20	12,80	23,80	35,40	47,16	73,76
Sonstige Frühstückszerealien	74	62	83,8	1,60	9,10	0,09	1,06	2,04	4,18	5,02	7,93
Vollkornnudeln	41	38	92,7	4,51	19,35	0,20	3,97	4,94	10,60	12,10	17,45
Nudeln ohne Füllung	408	338	82,8	1,65	16,90	0,09	1,10	2,04	3,30	4,75	11,65
Nudeln mit Füllung	13	6	46,2	0,71	2,38	0,25	0,25	1,09	1,38	1,79	2,26
Reis (auch Milchreis)	27	17	63,0	0,64	5,45	0,20	0,20	0,38	1,12	2,77	4,90
Sonst. Getreide	53	47	88,7	4,71	112,80	0,20	1,30	3,25	8,02	11,42	63,32
Kuchen und Gebäcke	375	317	84,5	2,20	66,20	0,20	1,15	2,42	4,73	7,40	14,98
Knabbergebäck	103	96	93,2	2,99	26,70	0,20	1,69	3,44	7,40	9,69	15,89
Waffeln	13	9	69,2	0,75	3,07	0,21	0,49	0,89	1,28	2,04	2,86
Alkoholfreies Bier, Lightbier, Malzbier	10	7	70,0	0,36	1,03	0,02	0,30	0,53	0,76	0,90	1,00
Alkoholhaltiges Bier	49	49	100,0	0,92	2,38	0,21	0,78	1,00	2,04	2,11	2,27

Deutliche jährliche Verschiebungen oder Trends bei der Belastungshäufigkeit und -höhe von Lebensmitteln mit T-2/HT-2 konnten nicht ermittelt werden, da eine Zuordnung eines Lebensmittels zu einem Erntejahr nicht möglich war. Zudem wurden nicht alle Lebensmitteluntergruppen in allen Jahren mit der gleichen Häufigkeit beprobt. Eine orientierend durchgeführte Analyse ausgewählter Hafererzeugnisse (Haferflocken, -kleie und ähnliches), die in den Jahren 2006 (n=154), 2007 (n=110) und 2008 (n=30) gekauft worden waren, zeigte jedoch keine wesentlichen Unterschiede. Die Belastungshäufigkeit lag zwischen 97% (2006, 2007) und 100% (2008), die Medianwerte und Maximalwerte lagen bei 10 µg/kg und 78 µg/kg (2006), bei 6 µg/kg und 38 µg/kg (2007) bzw. bei 13 µg/kg und 37 µg/kg (2008). Auch wenn diese Ergebnisse mit einer gewissen Vorsicht interpretiert werden müssen, deutet sich für Hafer über die Jahre eine gleichbleibend hohe Belastungshäufigkeit auf einem gleichbleibend niedrigen Belastungsniveau an. Auch für die anderen Getreide zeigten sich keine wesentlichen Verschiebungen in der Belastungshöhe.

Ein Vergleich zwischen Erzeugnissen aus ökologischer und konventioneller Produktionsweise war nur mit Einschränkungen möglich, da nicht alle Lebensmittelgruppen mit gleicher Häufigkeit in beiden Produktionsweisen vorkommen, und da der Anteil der untersuchten Lebensmittel aus deklariert ökologischer Produktionsweise insgesamt bei nur rund 28,5% der Gesamtprobenzahl lag. Ein Vergleich für einige im Hinblick auf die Toxinaufnahme relevante Erzeugnisse der Warenkode 15xxxx (Speisegetreide), 16xxxx (Getreideerzeugnisse), 17xxxx (Brot und Brötchen), 18xxxx (feine Backwaren) und 22xxxx (Teigwaren) zeigt jedoch, dass im Hinblick auf die Belastung mit T-2 Toxin und HT-2 Toxin zwischen beiden Gruppen praktisch kein Unterschied bestand, im Gegensatz beispielsweise zu anderen Fusarientoxinen (Deoxynivalenol). Die Belastungshäufigkeit in beiden Gruppen lag bei rund 80%, die mittlere Belastung (Median) bei ca. 1 µg/kg. Auch bei den Maximalwerten wurde kein relevanter Unterschied festgestellt. Unterschiede in den höheren Perzentilwerten, die durch einige wenige Proben bedingt sind, sind wahrscheinlich zufälliger Natur.

---

**Tabelle 3.1.8** Vergleich der Gehalte an T-2 und HT-2 in ausgewählten Lebensmittelgruppen (Warencodes 15xxxx: Speisegetreide, 16xxxx: Getreideerzeugnisse, 17xxxx: Brot und Brötchen, 18xxxx: feine Backwaren, 22xxxx: Teigwaren) aus konventioneller Produktionsweise und aus deklariert ökologischer Produktionsweise

Parameter	konventionelle Produktionsweise	ökologische Produktionsweise
<b>Gesamtzahl, n</b>	2085	835
<b>n Proben positiv für T-2 Toxin und/oder HT-2 Toxin</b>	1659	700
<b>n Proben negativ</b>	426	135
<b>% positive Proben</b>	79,6	83,8
<b>Arithmetischer Mittelwert, µg/kg</b>	3,84	2,56
<b>Maximalwert, µg/kg</b>	112,8	59,6
<b>Medianwert (50stes Perzentil), µg/kg</b>	1,1	1,29
<b>75stes Perzentil, µg/kg</b>	2,96	2,82
<b>90stes Perzentil, µg/kg</b>	10,3	5,67
<b>95stes Perzentil, µg/kg</b>	18,18	8,83
<b>99stes Perzentil, µg/kg</b>	37,01	17,39
<b>Anzahl (%) Proben mit Toxingehalten &gt;20 µg/kg</b>	94 (4,5)	7 (1)
<b>Anzahl (%) Proben mit Toxingehalten &gt;10 µg/kg</b>	214 (10)	38 (4,5)
<b>Anzahl (%) Proben mit Toxingehalten &gt;5 µg/kg</b>	346 (17)	101 (12)
<b>Anzahl (%) Proben mit Toxingehalten &gt;2 µg/kg</b>	689 (33)	299 (36)
<b>Anzahl (%) Proben mit Toxingehalten &gt;1 µg/kg</b>	1099 (53)	489 (59)

Bei näherer Betrachtung der höher mit T-2 Toxin und/oder HT-2 Toxin belasteten Erzeugnisse wird deutlich, dass hierbei Hafer mit Abstand den größten Anteil aufweist (Tabelle 3.1.9). Mehr als die Hälfte aller Ergebnisse mit Summenwerten von über 10 µg/kg entfiel auf Lebensmittel aus reinem Hafer. Zusammen mit Erzeugnissen wie beispielsweise Müsli sowie haferhaltige Getreidebeikost für Säuglinge und Kleinkinder konnten über 75% aller höher belasteten Proben auf Hafer zurückgeführt werden. Daneben fiel auf, dass Mais und Maiserzeugnisse sowie Gerste und daraus hergestellte Erzeugnisse in einigen Fällen Gehalte an T-2 und/oder HT-2 Toxin aufwiesen, die noch über den Maximalwerten für Speisehafer lagen. Dagegen war der Anteil höher belasteter Weizenerzeugnisse insgesamt eher gering. Nicht berücksichtigt sind dabei neuere Daten zur Belastung von Speiseölen mit T-2 und HT-2, die vom BfR (Dr. Klaffke) für das Projekt zur Verfügung gestellt worden waren: während T-2 Toxin und HT-2 Toxin in den meisten untersuchten Ölen (Gesamtzahl: 52 Öle) nicht oder nur geringe Belastung auswiesen, wurden in Hanföl (16 µg/kg), Nussöl (17 µg/kg) sowie in Maiskeimöl (29 µg/kg bzw. 62 µg/kg) Gesamttoxinbelastungen von über 10 µg/kg festgestellt. Die Belastung von Maiskeimöl (als Zutat beispielsweise zu Säuglingsnahrungsmitteln) könnte somit geringfügig zur Gesamtaufnahme von T-2 Toxin und HT-2 Toxin beitragen. In die Berechnung der Tagesaufnahme wurden diese Ergebnisse jedoch nicht einbezogen, da hierzu keine Verzehrdaten verfügbar waren. Der durchschnittliche Verzehr dürfte aber auch sehr gering sein.

**Tabelle 3.1.9** Anteil verschiedener Getreide an den 289 höchsten gemessenen Toxinwerten: Verteilung der Probenergebnisse mit Summenwerten für die Toxingehalte von über 10 µg/kg auf verschiedene Erzeugnisse

	n	% Anteil	Medianwert, µg/kg	Maximalwert, µg/kg
Gesamt	289	100	17	112
Speisehafer, Haferflocken, feine Backwaren aus Hafer	160	55	20	78
Müslimischungen, überwiegend Hafer enthaltend, Müsliriegel	42	14,5	13	49
Popcornmais, Maismehl, Cornflakes, Tortillas	23	8	19	112
Getreidebrei, Beikost für Säuglinge und Kleinkinder	19	6,6	15	30
Speiseweizen, Weizenmehl, Weizenbrot, Nudeln aus Weizen	19	6,6	13	29
Gerste	10	3,5	13	89
Sonstige	16	5,5	16	44

Zur Abschätzung, ob eine Selektion der Ausgangsrohstoffe zu dieser im Wesentlichen sehr positiv zu wertenden Belastungssituation von Lebensmitteln beitrug, wurden parallel Untersuchungen an kommerziellen Pferdefuttermitteln (sogenanntes „Müsli“) durchgeführt (Tabelle 3.1.10). Zudem stellte sich die Frage, ob möglicherweise toxinreiche Abfallprodukte aus der Haferverarbeitung in diese Erzeugnisse einfließen. Diese Mischfuttermittel enthalten in der Regel in wechselnder Zusammensetzung 3-4 verschiedene Getreide (Mais, Gerste, Hafer), die genaue Zusammensetzung ist in der Regel nicht angegeben. Es zeigten sich tatsächlich höhere Toxingehalte, aber auch hier war die Belastung insgesamt eher moderat. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, dass der Haferanteil dieser Futtermittel zumeist bei unter 10% lag. Reiner Futterhafer, von dem einige Proben separat untersucht wurden, enthielt Toxingehalte von bis zu 1000 µg/kg.

**Tabelle 3.1.10** T-2 Toxin und HT-2 Toxin in kommerziellen Futtermitteln („Müsli“) für Pferde

<b>Parameter</b>	<b>Wert</b>
<b>Gesamtzahl, n</b>	58
<b>n Proben positiv für T-2 Toxin und/oder HT-2 Toxin</b>	56
<b>n Proben negativ</b>	2
<b>% positive Proben</b>	96,6
<b>Arithmetischer Mittelwert, µg/kg</b>	24,60
<b>Maximalwert, µg/kg</b>	127,44
<b>Medianwert (50stes Perzentil), µg/kg</b>	13,60
<b>75stes Perzentil, µg/kg</b>	34,90
<b>90stes Perzentil, µg/kg</b>	59,18
<b>95stes Perzentil, µg/kg</b>	80,77
<b>99stes Perzentil, µg/kg</b>	117,25
<b>Anzahl (%) Proben mit Toxingehalten &gt;20 µg/kg</b>	25 (43)
<b>Anzahl (%) Proben mit Toxingehalten &gt;10 µg/kg</b>	34 (59)
<b>Anzahl (%) Proben mit Toxingehalten &gt;5 µg/kg</b>	43 (74)
<b>Anzahl (%) Proben mit Toxingehalten &gt;2 µg/kg</b>	49 (84)
<b>Anzahl (%) Proben mit Toxingehalten &gt;1 µg/kg</b>	52 (90)

## 3.1.3 Toxinaufnahme des deutschen Verbrauchers

## 3.1.3.1 Berechnungsgrundlagen

Nach Ermittlung der Belastung der Lebensmittel mit T-2 Toxin und HT-2 Toxin erfolgte die Berechnung der Aufnahme des deutschen Verbrauchers nach der Formel:

$$\text{Toxinaufnahme} = \text{Lebensmittelbelastung} \times \text{Lebensmittelverzehr}$$

Da für eine wissenschaftliche Bewertung unter Berücksichtigung der Risikobewertung (tolerierbare Tagesaufnahme, TDI) die Aufnahme je Kilogramm Körpergewicht anzugeben ist, wird die Berechnung wie folgt durchgeführt:

$$\text{Toxinaufnahme je kg Körpergewicht} = \frac{\text{Lebensmittelbelastung} \times \text{Lebensmittelverzehr}}{\text{Körpergewicht}}$$

Bei den Daten zum Lebensmittelverzehr und zu den Körpergewichten einzelner Altersstufen ergibt sich die generelle Schwierigkeit, dass keine absolut verlässlichen und auf dem aktuellen Stand befindlichen „Standard-Daten“ existieren. Für die Interpretation der Berechnungen im vorliegenden Abschlussbericht ist daher die Angabe der verwendeten Bezugsgrößen von Bedeutung.

Für die Berechnungen wurden die Körpergewichte von Konsumenten aus der Publikation: „Standards zur Expositionsabschätzung – Bericht des Ausschusses für Umwelthygiene“ der „Arbeitsgemeinschaft der leitenden Medizinalbeamtinnen und -beamten der Länder“ aus dem Jahr 1995 verwendet. Die dort angegebenen Körpergewichte weiblicher bzw. männlicher Konsumenten sind in den Tabellen 3.1.11 bzw. 3.3.12 zusammengestellt.

Da nicht für alle der in diesen Tabellen aufgeführten Altersstufen entsprechende Verzehrdaten existieren, wurden Altersgruppen zu Bereichen zusammengefasst und der mittlere Wert des Körpergewichts dieser Bereiche für die weiteren Berechnungen verwendet (Tabelle 3.1.13).

---

**Tabelle 3.1.11** Körpergewichte weiblicher Konsumenten

Alter (Jahre)	n	Körpergewicht weiblich (kg)				
		Mittelwert	Streuung	5. Perzentil	Median	95. Perzentil
0	105	3,16	0,35	2,58	3,15	3,74
0,25	115	5,61	0,70	4,40	5,55	6,80
0,5	142	7,35	0,80	6,10	7,33	8,50
0,75	160	8,34	0,93	6,92	8,34	9,95
1	346	9,14	1,00	7,60	9,10	10,78
1,25	216	9,74	1,07	8,20	9,76	11,50
1,5	227	10,44	1,36	8,00	10,50	12,78
1,75	254	11,26	1,48	9,00	11,22	13,70
2	255	11,86	1,54	9,50	11,79	14,50
2,25	267	12,41	1,59	10,00	12,33	15,00
2,5	283	13,05	1,56	10,60	13,00	15,70
2,75	304	13,60	1,69	11,00	13,60	16,40
3	524	14,30	1,77	11,00	14,00	17,00
3,5	368	15,19	1,93	12,00	15,00	18,50
4	364	16,53	2,23	13,54	16,20	20,50
4,5	384	17,49	2,33	14,10	17,10	21,50
5	415	18,93	2,71	15,00	18,50	24,00
5,5	491	20,05	2,89	16,00	19,90	25,00
6	554	21,20	3,21	16,50	20,90	26,40
6,5	584	21,89	3,20	17,35	21,60	27,40
7	570	23,56	3,41	18,70	23,27	30,00
7,5	538	25,13	3,91	20,00	24,50	32,60
8	825	26,23	4,40	20,10	25,50	34,30
9	587	30,02	5,74	22,70	29,00	40,20
10	684	33,12	6,03	25,00	32,25	44,00
11	725	36,76	6,98	27,00	35,60	50,00
12	775	42,40	9,02	30,00	41,00	59,00
13	845	47,83	9,28	35,00	46,50	64,30
14	912	51,94	8,91	39,00	50,90	68,50
15	968	54,72	8,14	43,80	54,00	69,30
16	915	57,02	9,07	45,40	55,30	74,10
17	716	58,17	9,13	46,00	57,00	74,40
18	686	58,83	8,59	47,00	57,50	73,50
19	381	58,51	7,62	47,00	58,00	72,30
20-25	423	58,87	8,60	47,00	58,00	75,00
25-30	395	60,66	10,33	47,50	59,00	80,30
30-35	355	62,70	11,14	48,00	61,00	84,70
35-40	281	63,20	11,18	49,50	60,80	86,10
40-45	408	65,10	10,55	51,00	63,65	84,50
45-50	359	66,83	10,86	52,00	66,50	86,80
50-55	317	69,58	10,19	53,00	69,00	88,30
55-60	309	68,40	10,67	53,20	67,50	86,70

**Tabelle 3.3.12** Körpergewichte männlicher Konsumenten

Alter (Jahre)	n	Körpergewicht männlich (kg)				
		Mittelwert	Streuung	5. Perzentil	Median	95.Perzentil
0	115	3,37	0,44	2,61	3,32	4,20
0,25	126	5,99	0,68	4,90	6,05	6,98
0,5	131	7,90	0,87	6,70	7,85	9,55
0,75	157	8,92	0,93	7,42	8,80	10,40
1	356	9,74	1,01	8,15	9,70	11,45
1,25	224	10,28	1,08	8,50	10,12	12,17
1,5	237	11,16	1,42	9,00	11,10	13,15
1,75	254	11,77	1,41	9,52	11,70	14,09
2	256	12,26	1,51	9,80	12,33	14,80
2,25	276	12,91	1,49	10,60	12,90	15,50
2,5	274	13,47	1,45	11,05	13,50	15,90
2,75	331	13,94	1,64	11,20	14,00	16,50
3	533	14,50	1,71	12,00	14,50	17,10
3,5	376	15,56	1,93	12,45	15,49	19,00
4	376	16,78	2,23	13,60	16,60	20,60
4,5	379	17,78	2,26	14,50	17,80	21,90
5	421	18,78	2,53	15,20	18,50	23,00
5,5	495	20,04	2,73	16,10	20,00	25,00
6	548	21,11	2,99	16,60	21,00	26,50
6,5	572	22,64	3,25	18,00	22,25	28,00
7	565	24,26	3,98	19,10	23,80	31,20
7,5	530	25,56	3,89	20,00	25,23	32,50
8	818	26,69	4,06	21,00	26,10	34,00
9	597	29,80	5,00	23,00	29,00	39,00
10	659	32,87	5,62	25,20	32,00	43,00
11	738	36,38	6,63	28,00	35,10	48,00
12	779	40,61	7,73	30,00	39,80	55,00
13	845	45,99	9,26	33,50	45,00	62,80
14	948	52,45	10,49	37,00	51,50	70,60
15	974	58,47	9,93	43,00	58,00	76,10
16	911	63,42	10,18	49,75	62,00	82,30
17	728	65,87	8,75	53,40	64,95	81,70
18	848	67,94	9,97	54,00	66,90	84,40
19	370	68,60	10,10	53,90	68,00	86,50
20-25	447	72,42	10,46	57,50	70,60	93,00
25-30	414	75,90	10,47	60,00	75,45	93,20
30-35	368	76,91	12,00	60,00	74,50	98,50
35-40	283	77,64	11,26	63,00	76,60	97,00
40-45	410	79,29	10,52	63,50	79,00	97,00
45-50	357	79,47	10,75	62,50	78,50	97,40
50-55	298	78,56	10,75	61,30	78,00	97,50
55-60	206	76,63	11,01	58,00	76,00	94,40

**Tabelle 3.1.13** Zur Berechnung der Toxinaufnahme verwendete Körpergewichte für die Gesamtbevölkerung sowie für männliche und weibliche Konsumenten\*.

Altersstufe	Gesamt	4-6 Jahre	7-9 Jahre	10 <14 Jahre	14-24 Jahre	25-50 Jahre	über 50 Jahre
Verwendetes KGW bei*	35-40 Jahre	5 Jahre	8 Jahre	12 Jahre	19 Jahre	35-40 Jahre	55-60 Jahre
weiblich	60,8 kg	18,5 kg	25,5 kg	41,0 kg	58,0 kg	60,8 kg	67,5 kg
männlich	76,6 kg	18,5 kg	26,1 kg	39,8 kg	68,0 kg	76,6 kg	76,0 kg
Gesamt	68,7 kg						

\* Abgeleitet aus „Standard zur Expositionsabschätzung“ (vergleiche Tabelle 3.3.11 und 3.3.12)

Für Kinder bis zu einem Jahr existiert neben den Standards zur Expositionsabschätzung eine weitere plausible Quelle für die durchschnittlichen Körpergewichte (Tabelle 3.1.14) (Kersting et al., 1998).

**Tabelle 3.3.14** Angaben zu Durchschnittsgewichten von Säuglingen und Kleinkindern in den ersten 12 Lebensmonaten

Alter (Monate)	Gewicht (kg)				
	nach DONALD-Studie (Kersting et al., 1998)		nach „Standards zur Expositionsabschätzung“		Mittelwert
	Mädchen	Jungen	Mädchen	Jungen	
3	5,8	6,4	5,61	5,99	6,0
6	7,5	8,1	7,35	7,9	7,7
9	8,6	9,3	8,34	8,92	8,8
12	9,4	10,3	9,14	9,74	9,6

### 3.1.3.2 Verzehrsdaten

Die Berechnung der Aufnahme von T-2 Toxin und HT-2 Toxin durch den deutschen Verbraucher erfolgte primär unter Verwendung der im Rahmen des vom BMG (alt) geförderten Verbundprojekts „Ochratoxin A: Belastung der Lebensmittel und Aufnahme des Verbrauchers“ (Cholmakov-Bodechtel et al., 2000). Im Rahmen dieser Studie wurden Verzehrsprotokolle repräsentativer Verbrauchergruppen erhoben und daraus zwei Datensätze gebildet:

- Lebensmittelverzehr aus „4-Wochenration retrospektive Studie“ (4WR)
- Lebensmittelverzehr aus „3-Tagesportion prospektive Studie“ (3TP)

Die Datensätze 4WR und 3TP enthielten, separat für weibliche und männliche Konsumenten, jeweils folgende Unterteilung:

- Niedrigste Plausible Portionsgröße (NPP)
- Mittlere Plausible Portionsgröße (MPP): = Medianwert der Verzehrsmengen
- Höchste Plausible Portionsgröße (HPP)

Da die MPP-Daten auf den Medianwerten der Verzehrsdaten beruhen, dürfte diesen Datensätzen die höchste Aussagefähigkeit zukommen.

Da die Verzehrsdaten lediglich in Printform vorlagen, wurden sie im Rahmen dieses Projekts in Excel-Format übertragen. Eine Zusammenstellung aller verwendeten Verzehrsdaten findet sich in Anhang III.

Analog zu den im Ochratoxin A-Projekt durchgeführten Berechnungen wurden die Verzehrsdaten (NPP, MPP, HPP) aus den Datensätzen 4WR und 3TP jeweils durch Multiplikation mit den Medianwerten bzw. den Werten für das 90ste Perzentil der Belastungsdaten für T-2 Toxin und HT-2 Toxin in Lebensmitteln nach dem in Tabelle 3.1.15 gezeigten System verknüpft. Hieraus ergaben sich die vier Aufnahmeszenarien bester Fall (best case), mittlerer anzunehmender Fall (mean case), schlechter anzunehmender Fall (bad case) und schlechtesten anzunehmender Fall (worst case).

---

**Tabelle 3.1.15** Berechnung verschiedener Aufnahmeszenarien für T-2 Toxin und HT-2 Toxin durch Multiplikation der Verzehrdaten aus dem Ochratoxin A-Projekt mit den Belastungsdaten der Lebensmittel

	Niedrigste plausible Portion NPP	Mittlere plausible Portion MPP	Mittlere plausible Portion MPP	Höchste plausible Portion HPP
Medianwert Toxingehalt	Best case	Mean case		
90stes Perzentil Toxingehalt			Bad case	Worst case

Zusätzlich waren, allerdings unvollständig, weitere Datensätze für die Gruppe der Vegetarier verfügbar. Dieser Datensatz wurde im Rahmen dieser Studie nicht zur Berechnung verwendet, da er nach unserer Kenntnis deutliche Schwächen aufweist, zudem auf einer Selbsteinschätzung der Verbraucher beruht und auch solche Verbraucher umfasst, die sich nach eigenen Angaben „überwiegend vegetarisch“ ernährten oder „nur gelegentlich“ Fleisch konsumierten. Grund hierfür war eine zu geringe Probandenzahl „echter Vegetarier“ (Cholmakov-Bodechtel et al., 2000).

Verzehrdaten für Kinder im Alter unter 4 Jahren wurden in der Ochratoxin A-Studie nicht erhoben. Auch andere Quellen waren für diese Verbrauchergruppe nicht verfügbar.

Für Säuglinge und Kleinkinder bis 12 Monate liegen von Kersting et al. (1998) im Rahmen der Dortmund Nutritional and Anthropometrical Longitudinally Designed Study (DONALD-Studie) Daten zum Getreideverzehr vor, allerdings auf einer relativ geringen Fallzahl (Tabelle 3.1.16). Aus diesen Daten wurde der Getreideverzehr von Säuglingen bzw. Kleinkindern unter 12 Monaten abgeleitet. Da die einzig relevante Aufnahmequelle für T-2/HT-2 Toxin bei Säuglingen im Alter zwischen 6 Monaten und 1 Jahr in haferhaltigen Erzeugnissen (Haferhaltige Breimahlzeiten) besteht, ist eine Aufnahmeabschätzung von der postulierten hohen Variabilität der Verzehrmenge abhängig. Als mögliche Bezugsgröße für ein Szenario einer hohen Toxinaufnahme wurde eine tägliche Portion, zubereitet aus 5 g eines haferhaltigen Trockenerzeugnisses je kg Körpergewicht, gewählt. Dies erfolgte unter der Annahme, dass der Gesamt-Getreideverzehr in diesem Lebensabschnitt ungefähr zur Hälfte auf Breizubereitungen zurückzuführen ist. Bei einem Körpergewicht von 10 kg wäre dies eine Zubereitung aus 50 g trockenem Erzeugnis.

**Tabelle 3.1.16** Nahrungsaufnahme von Säuglingen und Kleinkindern bis 1 Jahr und Anteil des Getreideverzehr an der Gesamtaufnahme (nach Kersting et al., 1998)

Alter (Monate)	n	Nahrungsaufnahme (g/Tag)		Nahrungsaufnahme in g/kg Körpergewicht und Tag		Davon Aufnahme von Getreide	
		Mittelwert	Standard- abweichung	Mittelwert	Standard- abweichung	%	g/kg Körpergewicht und Tag
	118						
3	118	805	144	133	21	2	1,5
6	153	906	161	117	20	10	8,5
9	180	1034	207	117	26	13	11,1
12	229	1070	239	110	26	9	8,1

### 3.1.3.3 Aufnahme des deutschen Verbrauchers an T-2/HT-2 Toxin

Eine komprimierte zusammenfassende Darstellung (nur „mean case“- und „bad case“-Szenarien) der Ergebnisse zur Aufnahme des deutschen Verbrauchers an T-2/HT-2 Toxin ist in Tabelle 3.1.17 wiedergegeben. Der insgesamt als weniger wahrscheinlich anzusehende „worst case“ ist in Tabelle 3.1.18 wiedergegeben. Eine graphische Darstellung der durchschnittlichen Ausschöpfung des TDI für T-2/HT-2 Toxin (60 ng/kg Körpergewicht und Tag), durch die die Relation der Aufnahmemengen zu der jeweiligen tolerierbaren Summen-Tagesaufnahme für T-2 Toxin und HT-2 Toxin deutlicher wird, ist in Abbildung 3.1.9 zu sehen. Die vollständigen Daten einschließlich des „best-case“ Szenarios und der Verzehrgruppe „Vegetarier“, für die die Verzehrdatenbasis als weniger zufriedenstellend beurteilt wurde, finden sich in Anhang IV.

Da die Datensätze 4WR und 3TP sich hinsichtlich der Verzehrsmengen einzelner Lebensmittel für alle Altersgruppen etwas unterscheiden, führte die Berechnung der Toxinaufnahme für beide Datensätze zu etwas unterschiedlichen Ergebnissen (generell höhere Aufnahme nach Datensatz 4WR), die allerdings im Hinblick auf die Gesamtaussage vernachlässigbar sind. Die Berechnungen wurden zwar grundsätzlich für beide Datensätze separat durchgeführt, zur Vereinfachung sind in Tabelle 3.1.17 und Tabelle 3.1.18 jedoch auch die Ergebnisse aus den arithmetischen Mittelwerten beider Berechnungen angegeben.

Aus diesen Daten wird deutlich, dass die mittlere T-2/HT-2 Toxin-Aufnahme (mean case) altersabhängig bei 10-20% des TDI lag. Die Aufnahme von Kindern und Jugendlichen lag dabei eher bei 20%, hauptsächlich weil bei in etwa gleichen Verzehrsmengen relevanter Lebensmittel das Körpergewicht niedriger ist. Der TDI wurde lediglich im worst-case Szenario bei Kindern erreicht.

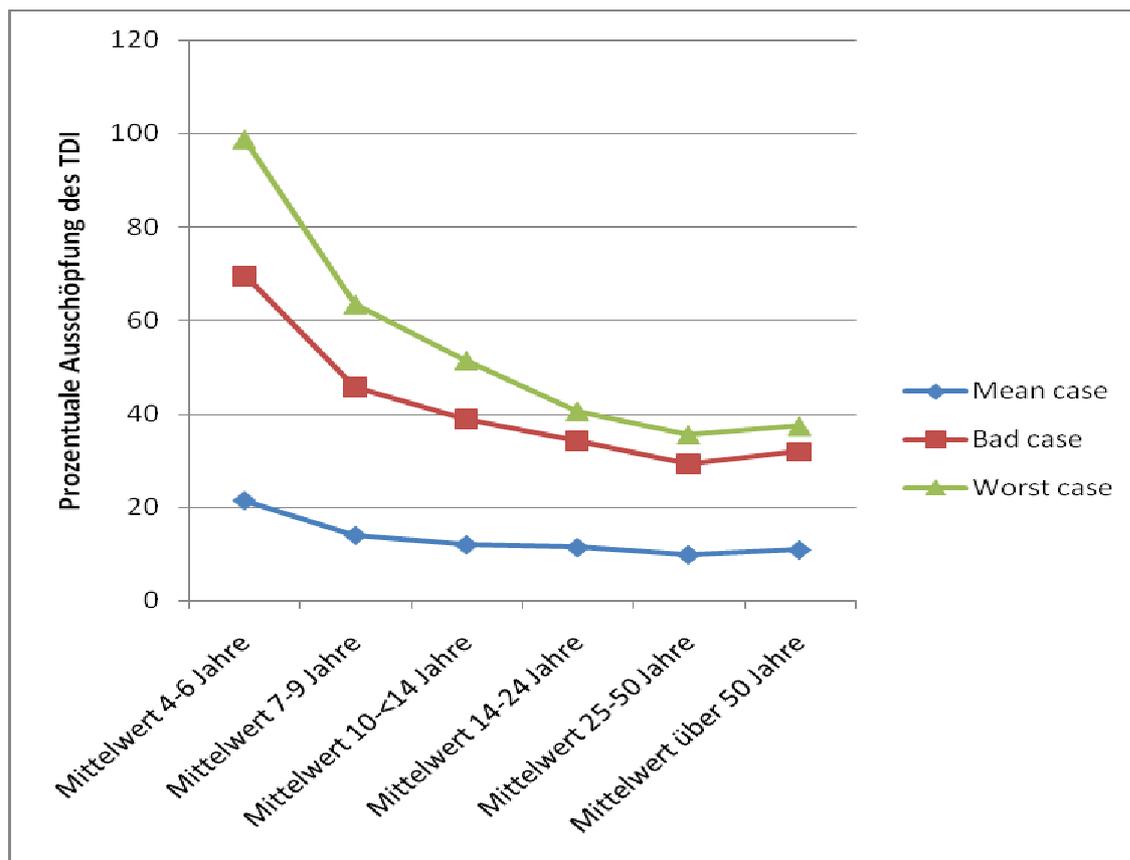
**Tabelle 3.1.17** „Mean case“ und „Bad case“ der Toxinaufnahme des deutschen Verbrauchers an T-2 Toxin und HT-2 Toxin, berechnet nach den Verzehr-Datensätzen 4-Wochen retrospektive Studie (4WR) bzw. 3-Tagesprotokoll prospektive Studie (3TP). Die Ergebnisse sind als absolute Aufnahme (in ng/g) sowie in Relation zur tolerierbaren Tagesaufnahme (TDI) dargestellt

Altergruppe	Geschlecht	Toxinaufnahme (ng/kg Körpergewicht und Tag)							
		Absolut				In % des TDI (TDI = 60 ng/kg KGW und Tag)			
		Mean case		Bad case		Mean case		Bad case	
		4WR	3TP	4WR	3TP	4WR	3TP	4WR	3TP
4-6 Jahre	weibl.	14,3	9,7	46,2	31,8	23,8	16,2	77,0	53,0
	männl.	15,0	12,4	49,0	40,2	25,0	20,7	81,7	67,0
7-9 Jahre	weibl.	8,0	7,1	26,9	22,6	13,3	11,8	44,8	37,7
	männl.	10,4	8,0	33,5	26,7	17,3	13,3	55,8	44,5
10-<14 Jahre	weibl.	6,8	6,0	21,9	19,9	11,3	10,0	36,5	33,2
	männl.	8,6	7,2	28,4	23,2	14,3	12,0	47,3	38,7
14-24 Jahre	weibl.	6,1	5,7	18,5	17,7	10,2	9,5	30,8	29,5
	männl.	8,2	7,2	24,4	21,7	13,7	12,0	40,7	36,2
25-50 Jahre	weibl.	6,3	4,9	18,9	15,2	10,5	8,2	31,5	25,3
	männl.	5,7	6,6	16,9	19,3	9,5	11,0	28,2	32,2
über 50 Jahre	weibl.	6,0	4,4	18,0	13,6	10,0	7,3	30,0	22,7
	männl.	9,1	6,5	26,0	19,1	15,2	10,8	43,3	31,8
„Erwachsene“	weibl.	6,3	5,0	19,0	15,4	10,5	8,3	31,7	25,7
	männl.	7,3	6,5	21,2	19,2	12,2	10,8	35,3	32,0
Erwachsene	gesamt	6,2	5,6	18,5	17,0	10,3	9,3	30,8	28,3
<b>Mittelwert 4-6 Jahre</b>		<b>12,9</b>		<b>41,8</b>		<b>21,4</b>		<b>69,7</b>	
<b>Mittelwert 7-9 Jahre</b>		<b>8,4</b>		<b>27,4</b>		<b>14,0</b>		<b>45,7</b>	
<b>Mittelwert 10-&lt;14 Jahre</b>		<b>7,2</b>		<b>23,4</b>		<b>11,9</b>		<b>38,9</b>	
<b>Mittelwert 14-24 Jahre</b>		<b>6,8</b>		<b>20,6</b>		<b>11,3</b>		<b>34,3</b>	
<b>Mittelwert 25-50 Jahre</b>		<b>5,9</b>		<b>17,6</b>		<b>9,8</b>		<b>29,3</b>	
<b>Mittelwert über 50 Jahre</b>		<b>6,5</b>		<b>19,2</b>		<b>10,8</b>		<b>32,0</b>	
<b>Mittelwert Erwachsene</b>		<b>5,9</b>		<b>17,8</b>		<b>9,8</b>		<b>29,6</b>	

**Mean case: Median der Toxinbelastung Lebensmittel x mittlere plausible Portionsgröße MPP Verzehrsmenge; Bad Case: 90stes Perzentil der Toxinbelastung Lebensmittel x mittlere plausible Portionsgröße MPP Verzehrsmenge**

**Tabelle 3.1.18** „Worst case“ der Toxinaufnahme des deutschen Verbrauchers an T-2 Toxin und HT-2 Toxin, berechnet nach den Verzehr-Datensätzen 4-Wochen retrospektive Studie (4WR) bzw. (nur teilweise verfügbar) 3-Tagesprotokoll prospektive Studie (3TP). Der worst case errechnete sich aus: 90stes Perzentil der Toxinbelastung Lebensmittel x höchste plausible Portionsgröße HPP Verzehrsmenge. Die Ergebnisse sind als absolute Aufnahme (in ng/g) sowie in Relation zur tolerierbaren Tagesaufnahme (TDI) dargestellt.

Altergruppe	Geschlecht	Toxinaufnahme (ng/kg Körpergewicht und Tag)			
		Absolut		In % des TDI (TDI = 60 ng/kg KGW und Tag)	
		Worst case		Worst case	
		4WR	3TP	4WR	3TP
<b>4-6 Jahre</b>	weibl.	59,2	-	98,7	-
	männl.	59,4	-	99,0	-
<b>7-9 Jahre</b>	weibl.	34,3	-	57,2	-
	männl.	41,8	-	69,7	-
<b>10-&lt;14 Jahre</b>	weibl.	27,1	-	45,2	-
	männl.	34,7	-	57,8	-
<b>14-24 Jahre</b>	weibl.	22,7	21,0	37,8	35,0
	männl.	28,6	25,3	47,7	42,2
<b>25-50 Jahre</b>	weibl.	24,2	18,7	40,3	31,2
	männl.	20,4	22,2	34,0	37,0
<b>über 50 Jahre</b>	weibl.	21,1	16,7	35,2	27,8
	männl.	29,9	22,2	49,8	37,0
<b>„Erwachsene“</b>	weibl.	23,5	18,8	39,2	31,3
	männl.	24,8	22,2	41,3	37,0
<b>Erwachsene</b>	gesamt	22,5	20,1	37,5	33,5
<b>Mittelwert 4-6 Jahre</b>			<b>59,3</b>		<b>98,8</b>
<b>Mittelwert 7-9 Jahre</b>			<b>38,1</b>		<b>63,4</b>
<b>Mittelwert 10-&lt;14 Jahre</b>			<b>30,9</b>		<b>51,5</b>
<b>Mittelwert 14-24 Jahre</b>			<b>24,4</b>		<b>40,7</b>
<b>Mittelwert 25-50 Jahre</b>			<b>21,4</b>		<b>35,6</b>
<b>Mittelwert über 50 Jahre</b>			<b>22,5</b>		<b>37,5</b>
<b>Mittelwert Erwachsene</b>			<b>21,3</b>		<b>35,5</b>



**Abbildung 3.1.9:** Ausschöpfungsgrad des TDI für T-2/HT-2 Toxin (60 ng/kg KGW und Tag) für verschiedene Altersgruppen und Aufnahmeszenarien (Mean case: Median der Toxinbelastung Lebensmittel x mittlere plausible Portionsgröße MPP Verzehrsmenge; Bad Case: 90stes Perzentil der Toxinbelastung Lebensmittel x mittlere plausible Portionsgröße MPP Verzehrsmenge; Worst Case: 90stes Perzentil der Toxinbelastung Lebensmittel x höchste plausible Portionsgröße HPP Verzehrsmenge)

Für Säuglinge und Kleinkinder im Alter unter 4 Jahren waren aus dem Ochratoxin A-Projekt keine Verzehrsdaten verfügbar. Angaben zur Aufnahme von Getreide durch Kinder bis 12 Monate wurden von Kersting et al. (1998) publiziert (Tabelle 3.1.16), demnach liegt der Getreideverzehr für Kinder im Alter von 3 Monaten bei 1,5 g und Tag je kg Körpergewicht, ab dem Alter von 6 Monaten bei 8,1-11,1 g und Tag je kg Körpergewicht. Da Milch und Milcherzeugnisse für T-2/HT-2 negativ sind, existiert ein relevanter Toxineintrag in die entsprechenden Lebensmittel nur über Getreide, insbesondere über Hafer. Die mögliche weitere Toxinaufnahme über Maiskeimöl als Zusatz zu sogenannter Gläserware wurde als vernachlässigbar gering eingeschätzt. Legt man aufgrund der Angaben von Kersting et al. (1998) für Säuglinge und Kleinkinder einen mittleren täglichen Getreideverzehr von 5 g je kg Körpergewicht zugrunde, so ergibt sich folgende Abschätzung:

Im Alter bis 4 Monate ist nicht von einer Toxinaufnahme auszugehen. Bei einer Medianwert-Belastung von 1,0 µg/kg für typische getreidehaltige Säuglings- und Kleinkindernahrungsmittel der Gruppe 48xxxx (Anhang II) und einem angenommenen

täglichen mittleren Verzehr dieser von 5 g je kg Körpergewicht läge die tägliche Aufnahme im Alter zwischen 6 und 12 Monaten somit bei 5 ng/kg Körpergewicht, knapp 10% des TDI. Legt man das durchschnittliche 90ste Perzentil der festgestellten Belastungsdaten dieser Lebensmittel zugrunde (6,1 µg/kg), läge die tägliche Toxinaufnahme über diese Erzeugnisse bei 61 ng/kg Körpergewicht und entspräche damit exakt dem TDI. Nimmt man als weitere Aufnahmequelle Brot und Nudeln mit einer Verzehrsmenge von 5 g pro kg Körpergewicht und Tag hinzu, ergibt sich der von Kersting et al. (1998) angegebene Gesamtgetreideverzehr von 10 g/kg Körpergewicht. Im Median ist die Belastung dieser Gruppen ebenfalls bei rund 1 µg/kg, so dass sich für die Toxin-Gesamtaufnahme im Altersbereich 6-12 Monate für den „mean case“ ein Wert von ca. 20% des TDI ergibt. Da das 90ste Perzentil dieser Erzeugnisse bei lediglich 1-3 µg/kg liegt, liegt auch im „bad case“ Szenario die Aufnahme bei „nur“ 110-130% des TDI.

Nach dieser Schätzung liegen die Aufnahmewerte für T-2/HT-2 Toxin im maximal anzunehmenden Aufnahmebereich der Altersgruppe der 4-6jährigen. Es ist allerdings zu betonen, dass unter realistischen Bedingungen eine Aufnahme im Bereich von 10-20% des TDI wesentlich wahrscheinlicher ist, da wahrscheinlich nicht jeden Tag haferhaltige Nahrung bzw. Brot mit einem nachweisbaren Gehalt an T-2/HT-2 konsumiert wird, und ein regelmäßiger Einkauf ausschließlich des am höchsten kontaminierten Materials ebenfalls recht unwahrscheinlich ist. Daher kann eine Ausschöpfung des TDI bei Säuglingen unter 1 Jahr als sehr unwahrscheinlich angenommen werden.

Zusammenfassend zeigen die durchgeführten Berechnungen, dass im Normalfall der TDI für T-2 Toxin und HT-2 Toxin bei weitem nicht ausgeschöpft wird. Selbst in pessimistischeren Berechnungsmodellen (bad case, worst case) wird der TDI nur knapp erreicht. Für diesen erfreulichen Befund sind mehrere Faktoren mitverantwortlich:

1. T-2/HT-2 Toxin sind zwar zu einem hohen Prozentsatz in Getreideerzeugnissen nachweisbar, allerdings mit sehr niedrigen Medianwerten von typischerweise 0,5-1 µg/kg.
2. Die mittleren Verzehrsmengen für Haferflocken sind relativ niedrig, so dass trotz etwas höherer Spitzenbelastung die Toxinaufnahme relativ gering ist.
3. Weizen, Mais und daraus hergestellte Erzeugnisse weisen normalerweise sehr niedrige Spitzenbelastungen mit T-2/HT-2 Toxin auf.

#### 3.1.3.4 Fehlerabschätzung und Interpretation der Ergebnisse

Die in 3.1.3.3 dargestellte, errechnete Toxinaufnahme weist im wesentlichen zwei mögliche Fehlerquellen auf: erstens die analytische Bestimmung der Toxingehalte, zweitens die Verzehrdaten.

---

Bei der Bestimmung der Toxingehalte verschiedenster Lebensmittelmatrices mit drei verschiedenen Analysenverfahren (ELISA, GC-ECD und LC-MSMethoden) wurden grundsätzlich Unterschiede zwischen den Verfahren, aber auch Unterschiede zwischen den Ergebnissen zweier Labore mit einem Analysenverfahren festgestellt. Dabei wurden zwar keine gravierenden und auch keine durchgehenden und systematischen Unterschiede festgestellt, Abweichungen von bis zu 50% für einzelne Proben waren jedoch möglich. Aufgrund der Ergebnisse der Vergleichsuntersuchungen kann eine mögliche Abweichung der realen von der ermittelten Belastung um ca. 25-30% nach oben oder nach unten als realistisch angenommen werden. Dies hätte allerdings praktisch kaum Einfluss auf die Bewertung der Toxinaufnahme gehabt, da die Ergebnisse insgesamt in einem sehr niedrigen Konzentrationsbereich lagen. Mit Extremwerten von 50-100 µg/kg in weniger als 5% der Proben und mit Medianwerten (mit Ausnahme von Hafer und Hafererzeugnissen) stets im Bereich um 1 µg/kg wäre selbst bei einer Verdoppelung der Belastungswerte keine wesentlich andere Interpretation der Befunde erforderlich. Selbst für die vergleichsweise hoch belasteten Haferflocken waren die Median- und Maximalwerte noch recht niedrig.

Die zweite Fehlerquelle liegt in den verwendeten Verzehrdatensätzen. Diese wurden Mitte der 90er Jahre im Rahmen eines Vorgängerprojekts zu Ochratoxin A ermittelt (Cholmakov-Bodechtel et al., 2000). Der wesentliche Vorteil liegt darin, dass eine Unterteilung nach Lebensmittelgruppen und nicht nach Rohstoffen vorgenommen wurde. Beispielsweise ist es für die Aufnahmeberechnung wenig hilfreich, die Verzehrsmenge an Hafer zu kennen, nicht jedoch den Verzehr an Haferflocken, Müsli, Müsliriegel etc., da die Toxinbelastung in der Mehrzahl der Proben an fertigen Mischerzeugnissen ermittelt wurde. Nachteilig erscheint uns, dass die Datensätze 4WR und 3TP in den verschiedenen Portionsberechnungen teilweise Inkonsistenzen aufweisen. Der „stabilste“ Datensatz scheint die mittlere plausible Portionsgröße (MPP) zu sein. Da diese sowohl für die Berechnung des „mean case“ und des „bad case“ Szenario verwendet wurde, sind diese Szenarien ebenfalls die aussagekräftigsten. Ein Vergleich mit anderen Daten zeigt, dass die MPP grundsätzlich mit anderen Datensätzen kongruent ist, beispielsweise mit den Daten der VELS-Studie für 2-5-jährige Kinder (Banasiak et al., 2005). Diese Autoren geben den mittleren Verzehr von Hafer dieser Kinder mit 3,3 g pro Tag an, wobei hier wohl vor allem Haferflocken gemeint sind. Dies ist weitgehend übereinstimmend mit den in unserer Studie verwendeten Daten für die mittlere Haferflocken-Aufnahme bei 4-6 Jahre alten Kindern (Mädchen 2,6 g, Jungen 3,8 g). Die Kurzeitaufnahme von 30-60 g/Tag (Basniak et al. 2005) liegt jedoch erheblich über dem entsprechenden Datensatz für die höchste plausible Portionsgröße, der unseres Erachtens inkonsistent mit den übrigen Daten ist.

Für Jugendliche und Erwachsene liegen weitere Datensätze durch die Nationale Verzehrsstudie II (NVSII) vor (MRI, 2008). Diese Datensätze zeichnen sich durch Aktualität und Detailliertheit aus, sind jedoch im Rahmen dieses Projekts zur Aufnahmeberechnung ungeeignet, da keine Differenzierung nach Warengruppen vorliegt. Dennoch ist mit diesen Daten eine grundsätzliche Plausibilitätsabschätzung möglich. So ist nach dem Datensatz 4WR der gesamte Brotverzehr von Frauen bei 140-152 g/Tag, derjenige von Männern 106-199

---

g/Tag. Dies deckt sich sehr gut mit den Angaben der NVSII (Tabelle 3.1.19). Die Angabe zu Getreide und Getreideerzeugnissen dagegen ist über die von uns verwendeten Datensätze nicht vergleichbar, da beispielsweise nicht zwischen Haferflocken, Speiseweizen und Müsli unterschieden wird.

**Tabelle 3.1.19** Angaben aus der Nationalen Verzehrsstudie II zum durchschnittlichen Verzehr von Brot und Backwaren, Getreide und Getreideerzeugnissen sowie daraus hergestellten Gerichten (g/Tag) Aus: Nationale Verzehrsstudie II, Ergebnisbericht, Teil 2, S. 30 (Anonym 2008)

	Männer	Frauen
Brot	178	133
Gerichte auf Basis von Brot	2	1
Backwaren	46	33
Getreide und Getreideerzeugnisse	36	33
Gerichte auf Basis von Getreide und Getreideprodukten	50	40

Generell kann aufgrund der Unsicherheit bezüglich der Verzehrdaten eine Schwankung der mittleren Aufnahme von bis zu 50% als realistisch angesehen werden. Auch hier ist jedoch im Hinblick auf die Interpretation der Befunde kein wesentlicher Unterschied zu erwarten, da auch bei einer Verdoppelung der mittleren Verzehrdaten keine wesentliche Überschreitung des TDI zu erwarten wäre. Anders ist die Situation bei „Hochverzehrern“, da hier bei einigen Produktgruppen (z.B. Knabbererzeugnisse) mit vielfach höheren Verzehrsmengen gerechnet werden muss. Aufgrund der niedrigen Medianwerte der Toxinbelastung ist zwar auch hier die mittlere Toxinaufnahme mit hoher Wahrscheinlichkeit deutlich unter dem TDI-Wert. Im worst case Szenario ist dagegen eine erhebliche Überschreitung des TDI zu erwarten, allerdings ist dieses Szenario aufgrund des geringen Prozentsatzes höher belasteter Ware recht unwahrscheinlich.

Zusammenfassend können die in Tabelle 3.1.17 als „mean case“ vorgestellten Angaben zur mittleren Belastung des deutschen Verbrauchers von 10-20% des TDI als sehr robuster Wert angesehen werden.

Dieser Wert liegt sowohl für Kinder als auch für Erwachsene am unteren Rand oder sogar deutlich unterhalb der im SCOOP-Bericht zu Task 3.2.10 „Fusarientoxine“ veröffentlichten Schätzung (Tabelle 3.1.20).

**Tabelle 3.1.20** Vergleich des Ausschöpfungsgrades des TDI für T-2 Toxin und HT-2 Toxin (60 ng/kg Körpergewicht und Tag) entsprechend der Angaben im Abschlussbericht zu SCOOP Task 3.2.10 (Anonym 2003) für den europäischen Konsumenten und der Berechnungen des vorliegenden Forschungsprojekts für den deutschen Verbraucher

	Ausschöpfungsgrad TDI SCOOP Bericht Fusarientoxine „Mean case“	Ausschöpfungsgrad TDI Projekt 05HS001 „Mean case“
Kinder	26.7% - 563.3%	11,9-21,4%
Erwachsene	61.7% - 171.7%	9,8%

Zusammenfassend ergibt sich somit im Hinblick auf den Ausschöpfungsgrad der tolerierbaren Tagesaufnahme für T-2 Toxin und HT-2 Toxin durch den deutschen Verbraucher ein sehr erfreuliches Bild. Mit Ausnahme extremer Fälle dürfte normalerweise der TDI bei weitem nicht ausgeschöpft werden. Dies hängt auch damit zusammen, dass selbst für das kritische Getreide „Hafer“ und daraus hergestellte Erzeugnisse die durchschnittliche Belastung relativ gering war.

### **3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse**

Der Nutzen der Ergebnisse des Forschungsvorhabens liegt zum einen in der Bereitstellung definierter und validierter Verfahren zum Nachweis von T-2 Toxin und HT-2 Toxin. Die im Forschungsverbund geprüfte LC-MS/MS wurde bereits in einem internationalen Ringversuch eingesetzt, nach gegenwärtigem Kenntnisstand überaus erfolgreich. Im Sinne eines Labor- und Methodenversuchs wurde im gleichen Ringversuch auch der Enzymimmuntest eingesetzt. Die Ergebnisse sind zwar noch nicht endgültig ausgewertet, die LC-MS/MS und der ELISA zeigten nach bisherigem Kenntnisstand jedoch gute Übereinstimmung. Auf welchem Konzentrationsniveau T-2 und HT-2 endgültig validiert werden, ist derzeit auch noch nicht abschließend geklärt. Eine Analytik im Bereich um 10 µg/kg ist vermutlich jedoch problemlos erreichbar, voraussichtlich sogar noch etwas darunter. Damit wurde ein wesentlicher Beitrag im Hinblick auf die Festlegung von Höchstmengen geleistet.

Die Datenbasis zur Belastung der Lebensmittel mit T-2 Toxin und HT-2 Toxin und die daraus abgeleitete Expositionsabschätzung dienen ebenfalls der Diskussion bezüglich künftig festzulegender Höchstmengen. Die Daten zeigen, dass aufgrund der relativ niedrigen Belastung wichtiger Lebensmittel mit T-2/HT-2 in Deutschland derzeit kein Problem mit der Einhaltung des TDI für diese Toxine gegeben ist.

## **4. Zusammenfassung**

Der vorliegende Abschlussbericht beschreibt die Ergebnisse eines Forschungsvorhabens bezüglich der Verbesserung der Analytik der Typ A-Trichothecene T-2 Toxin und HT-2 Toxin (T-2/HT-2) und des Einsatzes dieser Analyseverfahren zur Ermittlung der Toxinbelastung in Lebensmitteln. In einem Forschungsverbund von 4 Hauptpartnern und 3 assoziierten Partnern wurden Analyseverfahren zum Nachweis von T-2/HT-2 etabliert, optimiert und evaluiert. Hierbei wurden Enzymimmuntests (EIA), HPLC mit Fluoreszenzdetektion (HPLC-FLD), Gaschromatographie mit Elektroneneinfangdetektion (GC-ECD) und HPLC mit massenspektrometrischer Detektion (LC-MS/MS) eingesetzt. Mit den Verfahren war ein Nachweis von T-2/HT-2 im Bereich von 1 µg/kg möglich. Durch Laborvergleichsuntersuchungen anhand künstlich kontaminiertem Probenmaterials wurde die Vergleichbarkeit der Untersuchungsverfahren demonstriert. Durch umfangreiche Untersuchungen von rund 4000 Lebensmittelproben aus dem deutschen Handel wurde im Zeitraum 2006-2008 die Belastungssituation mit T-2/HT-2 ermittelt. Grundsätzlich wurden diese Mykotoxine sehr häufig nachgewiesen, vor allem in Getreideerzeugnissen, allerdings in den meisten Fällen in sehr niedrigen Konzentrationen um 1 µg/kg (Summenbelastung). Hafer wies dabei die höchste Belastungshäufigkeit auf, auch hier jedoch zumeist auf sehr niedrigem

---

Konzentrationsniveau. In Mais, Gerste sowie in Weizen und daraus hergestellten Erzeugnissen waren häufig niedrige Gehalte an T-2/HT-2 nachweisbar. Anhand der Lebensmittelbelastung und der entsprechende Verzehrsmengen wurde die täglich Aufnahme des deutschen Verbrauchers errechnet. Es zeigte sich, dass im Normalfall die tolerierbare Tagesaufnahme an T-2/HT-2 nur zu 10-20% ausgeschöpft wurde, selbst unter Verwendung der 90sten Perzentilswerte der Toxinbelastung wurde der TDI nicht überschritten. Zusammenfassend konnte gezeigt werden, dass der deutsche Verbraucher zwar einer regelmäßigen Aufnahme an T-2/HT-2 ausgesetzt ist, jedoch auf sehr niedrigem Niveau.

## **5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen**

Unter Bezugnahme auf den Mantelantrag zum Forschungsvorhaben wurden die Zielstellungen des Forschungsvorhabens voll umfänglich erreicht.

Erstens wurden adäquate Analysensysteme für T-2 Toxin und HT-2 Toxin erarbeitet und validiert. Entsprechend der künftigen Anforderung an ein zu etablierendes, integriertes Nachweissystem umfassten diese Arbeiten die Entwicklung, Überprüfung und Optimierung geeigneter Probenvorbereitungsverfahren sowie von Untersuchungsverfahren auf den Ebenen „Screeningtests“ (ELISA), „vorläufige Bestätigungstests“ (ELISA, GPLC-FLD) und „Referenzverfahren“ (GC-ECD, LC-MS/MS). Durch regelmäßige Vergleichsuntersuchungen auf standardisierter Basis wurde die Leistungsfähigkeit der einzelnen Systeme für relevante Probenmatrices im praktischen Einsatz geprüft und dokumentiert. Gleichzeitig wurde hierbei die Homogenität der Toxinbelastung wichtiger Lebensmittel in der im Handel befindlichen Angebotsform im Hinblick auf die Etablierung adäquater Probennahmeverfahren geprüft.

Zweitens wurde die Belastung der Lebensmittel des deutschen Marktes über drei Erntejahre hinweg durch Monitoring-Untersuchungen relevanter (getreidehaltiger) Lebensmittel sowie durch Suchanalysen ermittelt. Aus diesen Daten wurde die Aufnahme dieser Toxine durch den deutschen Verbraucher errechnet.

---

## 6. Literaturverzeichnis

Anonym (ohne Jahr) Bund/Länder-Arbeitsgruppe "ADV in der amtlichen Lebensmittel- und Veterinärüberwachung". ADV-Kodierkataloge für die Übermittlung von Daten aus der amtlichen Lebensmittel- und Veterinärüberwachung sowie dem Lebensmittel-Monitoring).

Katalog Nr. 3: Matrixkodex. Verfügbar unter:

[http://www.bvl.bund.de/cln\\_027/mn\\_520288/DE/01\\_Lebensmittel/01\\_Sicherheit\\_Kontrollen/09\\_Datenmanagement/datenmanagement\\_node.html\\_nnn=true](http://www.bvl.bund.de/cln_027/mn_520288/DE/01_Lebensmittel/01_Sicherheit_Kontrollen/09_Datenmanagement/datenmanagement_node.html_nnn=true)

Anonym (1995) Ausschuss für Umwelthygiene (AUH): Standards zur Expositionsabschätzung. Bericht des Ausschusses für Umwelthygiene. Behörde für Arbeit, Gesundheit und Soziales Hamburg (Hrsg.), Hamburg. Verfügbar unter

[http://www.apug.de/archiv/pdf/Expositionsabschaetzung\\_Laender\\_1995.pdf](http://www.apug.de/archiv/pdf/Expositionsabschaetzung_Laender_1995.pdf)

Anonym (2001) European Commission; Scientific Committee on Food: Opinion on Fusarium toxins, Part 5: T-2 Toxin and HT-2 Toxin. Adopted 30 May 2001. Verfügbar unter

[http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out88\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out88_en.pdf)

Anonym (2003) Scientific Cooperation (SCOOP) 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“. Final Report. Verfügbar unter: [http://ec.europa.eu/food/fs/scoop/index\\_en.html](http://ec.europa.eu/food/fs/scoop/index_en.html)

Anonym (2008) Max Rubner Institut: Nationale Verzehrsstudie II Die bundesweite Befragung zur Ernährung von Jugendlichen und Erwachsenen, Ergebnisbericht Teil 2, S.30. Verfügbar unter

[http://www.bmelv.de/DE/03-Ernaehrung/04-Forschung/NationaleVerzehrsstudie/NVS2\\_node.html](http://www.bmelv.de/DE/03-Ernaehrung/04-Forschung/NationaleVerzehrsstudie/NVS2_node.html)

Banasiak, U., H. Hesecker, H., C. Sieke, C., C. Sommerfeld, C., Vohmann, C. (2005)

Abschätzung der Aufnahme von Pflanzenschutzmittel-Rückständen in der Nahrung mit neuen Verzehrsmengen für Kinder. Bundesgesundheitsbl. 48, 84-98.

Canady, R.A., Coker, R.D., Egan, S.K., Krska, R., Olsen, M., Resnik, S., Schlatter, J. (2001)

T-2 and HT-2 Toxins – First draft. JECFA evaluation 47, 2001. Verfügbar unter:

<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v47je06.htm>

---

Cholmakov-Bodedeichtel, C., Wolff, J., Gareis, M., Bresch, H., Engel, G., Majerus, P., Rosner, H., Schneider, R. (2000) Ochratoxin A: Representative food consumption survey and epidemiological analysis. *Arch. Lebensmittelhyg.* 51, 111-115.

Horwitz, W., Albert, R (2006) The Horwitz ratio (HorRat): A useful index of method performance with respect to precision. *J. AOAC Int.* 89, 1095-1109.

Horwitz, W., Kamps, L.R., Boyer, K.W. (1980): Quality assurance in the analysis of foods for trace constituents. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 63, 1344-1354.

Kersting, M., Alexy, U., Sichert-Hellert, W., Manz, F., Schöch, G. (1998) Measured consumption of commercial infant food products in German infants: results from the DONALD study. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 27, 547-552.

Kloetzel, M.; Lauber, U.; Humpf, H.-U. (2006) A new solid phase extraction clean-up method for the determination of 12 type A and B trichothecenes in cereals and cereal-based food by LC-MS/MS. *Mol. Nutr. Food Res.* 50, 261-269.

Majerus, P., Hain, J., Scheer, M. (2008) T-2 and HT-2 toxin analysis in cereals and cereal products following IAC cleanup and determination via GC-ECD after derivatization. *Mycotoxin Res* 24, 24-30.

Pascale, M., Haidukowski, M., Visconti, A. (2003) Determination of T-2 toxin in cereal grains by liquid chromatography with fluorescence detection after immunoaffinity column clean-up and derivatization with 1-anthrolylnitrile. *J. Chromatogr. A* 989, 257-264.

Trebstein, A., Seefelder, W., Lauber, U., Humpf H.U. (2008) Determination of T-2 and HT-2 toxins in cereals including oats after immunoaffinity cleanup by liquid chromatography and fluorescence detection. *J. Agric. Food Chem.* 56, 4968-4975.

Verordnung (EG) Nr. 401/2006 der Kommission vom 23. Februar 2006 zur Festlegung der Probenahmeverfahren und Analysemethoden für die amtliche Kontrolle des Mykotoxingehalts von Lebensmitteln. *Amtsbl. Eur. Gemeinschaften* L70, 12-34

---

Visconti, A., Lattanzio, V.M.T., Pascale, M., Haidukowski, M. (2005) Analysis of T-2 and HT-2 toxins in cereal grains by immunoaffinity clean-up and liquid chromatography with fluorescence detection. *J. Chromatogr. A* 1075, 151-158.

---

Tabelle II-1: Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchung von Lebensmitteln des deutschen Marktes 2006-2008 auf T-2 Toxin und HT-2 Toxin. Angaben in Kursivschrift wurden nicht in die Ermittlung der Aufnahme des deutschen Verbrauchers aufgenommen, weil 1) es sich um Rohstoffe nicht für den direkten Verzehr handelte, 2) Ergebnisse aus Suchanalysen mittels ELISA nicht mit anderen Methoden bestätigt werden konnten, 3) keine Toxinbelastung feststellbar war oder 4) Verzehrsmenge in Verbindung mit Toxinbelastung vernachlässigbar gering war.

Probenart	ADV CODE	n	Positiv		Toxingehalte, µg/kg (Summenwert T-2 Toxin und HT-2 Toxin)			Perzentilswerte, µg/kg (Summenwert T-2 Toxin und HT-2 Toxin)					
			n	%	Mittelwert	Maximalwert	Minimalwert	50	75	90	95	99	
Milch	01....	36	0	0	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Wurstwaren	08....	6	1	17	0,45	1,44	0,25	0,25	0,25	0,85	1,14	1,4	
Fette Öle ausgenommen 040000	13....	3	3	100	0,77	1,17	0,5	0,65	0,91	1,07	1,12	1,2	
Suppen Soßen ausgenommen 200000 und 520100	14....	8	6	75	1,01	2,2	0,25	0,95	1,30	1,58	1,89	2,1	
<b>Speisegetreide</b>	<b>15....</b>	<b>237</b>	<b>187</b>	<b>79</b>	<b>3,08</b>	<b>89</b>	<b>0,09</b>	<b>1,0</b>	<b>2,5</b>	<b>6,9</b>	<b>10,6</b>	<b>37,0</b>	
Weizen	150101	38	30	79	2,11	9	0,09	1,2	2,8	6,1	7,9	8,6	
Grünkern	150102	13	12	92	1,59	5	0,25	1,3	1,9	2,4	3,5	4,7	
Dinkel	150103	38	29	76	1,09	5	0,09	0,7	1,4	2,5	3,4	4,2	
Roggen	150201	22	18	82	1,38	6	0,09	0,8	1,9	2,6	4,1	5,4	
Gerste	150301	15	15	100	15,36	89	0,75	4,4	10,8	50,0	79,1	87,3	
Hafer	150401	26	25	96	7,88	45	0,20	5,0	9,0	14,3	22,0	39,3	
Mais	150501	21	13	62	2,70	22,6	0,20	0,5	1,1	4,0	19,0	21,9	
Reis	150601	27	17	63	0,64	5,5	0,20	0,2	0,4	1,1	2,8	4,9	
Buchweizen	150701	7	6	86	0,80	1,4	0,25	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	
Hirse	150801	13	9	69	1,30	5,3	0,20	0,8	1,5	3,1	4,2	5,1	
Getreidemischungen	150905	5	5	100	1,25	1,9	0,20	1,2	1,8	1,8	1,9	1,9	
<b>Getreideerzeugnisse: Backvormischungen, Brotteige, Massen und Teige für Backwaren</b>	<b>16....</b>	<b>1381</b>	<b>1183</b>	<b>86</b>	<b>5,1</b>	<b>112,8</b>	<b>0,07</b>	<b>1,5</b>	<b>4,9</b>	<b>13,1</b>	<b>23,6</b>	<b>45,6</b>	
Roggenmehl	160102, 3, 4, 5, 8	69	66	96	1,7	8,6	0,09	1,5	2,2	3,6	4,1	6,5	

Anhang II Ergebnisse der Untersuchungen von Lebensmitteln des deutschen Marktes 2006-2008 auf ihren Gehalt an T-2 Toxin und HT-2 Toxin (alle Werte sind Summenwerte)

Probenart	ADV CODE	n	Positiv		Toxingehalte, µg/kg (Summenwert T-2 Toxin und HT-2 Toxin)			Perzentilswerte, µg/kg (Summenwert T-2 Toxin und HT-2 Toxin)				
			n	%	Mittelwert	Maximalwert	Minimalwert	50	75	90	95	99
Weizenmehl	160112, 3, 6, 20	210	166	79	1,1	12,6	0,07	0,8	1,3	2,1	3,0	4,8
Maismehl	160126	54	46	85	4,8	36,5	0,09	1,9	4,9	13,7	22,8	32,1
Buchweizenmehl	160128	5	5	100	3,4	11,2	1,14	1,5	1,9	7,5	9,3	10,8
Dinkelmehl	160131, 3, 4	77	56	73	1,0	8,3	0,20	0,7	1,3	2,2	2,6	4,5
Dinkelgrieß	160200	8	7	88	1,1	2,8	0,25	0,8	1,3	2,3	2,5	2,7
Weizengrieß	160201, 2	94	49	52	0,7	6,3	0,09	0,3	0,8	1,8	2,5	4,6
Maisgrieß	160204	45	40	89	5,3	112,8	0,20	1,5	3,4	9,3	11,7	70,9
Getreideschrote	160300	12	10	83	1,0	2,3	0,09	0,9	1,5	1,8	2,0	2,3
Getreidestärken	160400	13	4	31	0,4	1,4	0,09	0,3	0,6	1,1	1,2	1,4
Getreidegrits und Frühstückscerealien	160600	140	111	79	3,8	87,3	0,20	1,0	3,0	6,0	9,8	68,3
Weizenkleie	160801	24	24	100	5,9	26,1	0,85	3,8	7,6	12,5	13,9	23,3
Dinkelkleie	160803	4	4	100	2,7	5,9	0,31	2,3	3,5	5,0	5,4	5,8
Haferkleie	160805	45	45	100	11,7	35,5	0,20	9,8	19,1	25,7	27,4	32,7
Hafervollkornflocken/Haferfl./Instantfl.	160907,15	173	172	99	17,2	78,4	0,20	12,8	23,8	35,4	47,2	73,8
Gerstengrütze, Gerstengraupen	160908, 9	12	12	100	1,4	2,7	0,75	1,4	1,7	1,7	2,1	2,5
Hafergrütze	160911	5	5	100	18,9	59,6	5,52	10,6	12,8	40,9	50,2	57,7
Dinkelflocken	160916	15	10	67	0,6	1,9	0,09	0,2	0,6	1,5	1,7	1,8
Getreideflockenmischungen	160998	22	19	86	2,5	5,4	0,20	2,1	3,9	4,9	5,2	5,4
Gepuffte Getreideprodukte	161000, 1, 2, 3,	37	33	89	1,5	9,1	0,20	1,1	1,4	2,6	4,9	8,5
Getreideerzeugnisse mit Zusätzen	161100	235	223	95	5,7	48,6	0,20	4,1	7,7	12,5	16,5	25,4
Backmischungen Brot, Pizza)	161200	29	29	100	1,9	8,8	0,45	1,6	2,2	2,8	3,1	7,2
Grundmischungen für Backwaren	161300	6	6	100	1,0	1,6	0,66	0,9	1,1	1,3	1,4	1,5
Backmischungen für Backwaren	162600	11	11	100	1,0	1,8	0,40	1,0	1,3	1,7	1,7	1,7
<b>Brot, Kleingebäck</b>	<b>17....</b>	<b>339</b>	<b>270</b>	<b>80</b>	<b>1,2</b>	<b>29,4</b>	<b>0,09</b>	<b>0,7</b>	<b>1,3</b>	<b>2,1</b>	<b>3,1</b>	<b>6,3</b>
Weizenbrote	170100	29	20	69	0,9	7,1	0,18	0,6	0,7	1,3	2,8	6,1
Roggenbrote	170200	39	33	85	0,8	2,7	0,20	0,6	1,0	1,9	2,5	2,6

Probenart	ADV CODE	n	Positiv		Toxingehalte, µg/kg (Summenwert T-2 Toxin und HT-2 Toxin)			Perzentilswerte, µg/kg (Summenwert T-2 Toxin und HT-2 Toxin)				
			n	%	Mittelwert	Maximalwert	Minimalwert	50	75	90	95	99
Mischbrote	170300	90	65	72	0,8	5,0	0,00	0,6	1,0	1,8	2,3	3,8
Toastbrote	170400	10	8	80	1,8	4,8	0,20	1,5	1,7	4,5	4,6	4,8
Spezialbrote mit besonderen Zusätzen	170600	34	31	91	2,1	29,4	0,20	1,1	1,8	2,8	4,5	21,4
Spezialbrote mit besonderen Backverfahren	170700	18	17	94	1,5	4,4	0,25	1,1	2,1	3,2	3,4	4,2
Spezialbrote mit besonderen Backverfahren	170800	54	44	81	1,8	26,7	0,09	0,9	1,6	3,3	5,0	18,0
Spezialbrote im Nährwert verändert	171000	40	34	85	0,9	1,9	0,25	0,8	1,1	1,7	1,8	1,9
Broterzeugnisse	172000	17	11	65	0,8	1,8	0,25	0,8	1,0	1,5	1,6	1,7
<b>Feine Backwaren</b>	<b>18....</b>	<b>375</b>	<b>317</b>	<b>85</b>	<b>2,2</b>	<b>66,2</b>	<b>0,20</b>	<b>1,2</b>	<b>2,4</b>	<b>4,7</b>	<b>7,4</b>	<b>15,0</b>
Feine Backwaren aus Biskuitmasse	180200	27	12	44	0,5	1,8	0,22	0,3	0,6	0,9	1,1	1,6
Feine Backwaren aus Wiener Masse	180300	6	4	67	0,5	0,7	0,21	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7
Feine Backwaren aus Rührmasse	180400	12	4	33	0,5	1,3	0,21	0,3	0,6	0,9	1,1	1,2
Feine Backw. aus Eiweiß und Schaummasse	180600	6	4	67	0,6	1,1	0,25	0,6	0,8	0,9	1,0	1,0
Toastwaffel	180807	9	5	56	0,9	3,1	0,25	0,5	0,9	1,7	2,4	2,9
Feine Backwaren aus Mürbeteig	181000	126	115	91	2,9	66,2	0,20	1,4	2,9	5,7	8,1	14,6
Zwieback	181400	29	26	90	1,3	4,3	0,20	1,1	2,0	2,7	3,5	4,1
Knabbererz. Extruderprodukte aus Getreide	181500	103	96	93	3,0	26,7	0,20	1,7	3,4	7,4	9,7	15,9
Kräcker	181700	22	21	95	1,6	3,51	0,25	1,54	2,4	2,6	3,18	3,447
Laugendauergebäcke	181800	22	21	95	1,7	4,8	0,25	1,4	2,2	2,9	2,9	4,4
<b>Teigwaren</b>	<b>22....</b>	<b>450</b>	<b>376</b>	<b>84</b>	<b>1,9</b>	<b>19,4</b>	<b>0,09</b>	<b>1,2</b>	<b>2,2</b>	<b>4,2</b>	<b>5,4</b>	<b>13,5</b>
Teigwaren eifreie	220100	222	200	90	2,1	14,1	0,20	1,6	2,4	4,1	5,4	11,6
Teigwaren mit normalem Eigehalt	220200	72	53	74	1,0	6,3	0,20	0,8	1,2	1,8	2,5	6,3
Teigwaren mit hohem Eigehalt	220300	66	57	86	1,5	13,7	0,25	1,0	1,9	2,7	4,8	8,1
Teigwaren besonderer Art	220500	79	60	76	2,8	19,4	0,09	1,5	3,8	5,5	11,1	17,4
<b>Hülsenfrüchte Ölsamen Schalenobst</b>	<b>23....</b>	<b>132</b>	<b>88</b>	<b>67</b>	<b>1,1</b>	<b>10,0</b>	<b>0,02</b>	<b>0,8</b>	<b>1,5</b>	<b>2,5</b>	<b>3,3</b>	<b>5,7</b>
<i>Sojabohne, Sojaerzeugnisse ausgenommen 130415 und 520103</i>	<i>230122, 230200</i>	62	36	58	1,0	4,4	0,02	0,6	1,6	2,4	2,8	4,0
<i>Mohn</i>	<i>230402</i>	6	5	83	2,8	6,2	0,09	2,5	4,2	5,3	5,8	6,1
<i>Leinsamen</i>	<i>230403</i>	7	7	100	2,5	10,0	0,85	1,5	1,7	5,1	7,5	9,5
<i>Sonnenblumenkerne</i>	<i>230404</i>	10	6	60	0,7	1,3	0,09	0,6	1,2	1,2	1,2	1,3

Probenart	ADV CODE	n	Positiv		Toxingehalte, µg/kg (Summenwert T-2 Toxin und HT-2 Toxin)			Perzentilswerte, µg/kg (Summenwert T-2 Toxin und HT-2 Toxin)				
			n	%	Mittelwert	Maximalwert	Minimalwert	50	75	90	95	99
Sesam	230408	9	9	100	1,6	3,7	0,72	1,2	1,5	2,7	3,2	3,6
Kürbiskerne	230409	10	10	100	1,0	1,5	0,6	0,9	1,0	1,4	1,5	1,5
Haselnüsse	230503, 804	8	6	75	0,9	2,3	0,25	0,6	1,2	1,9	2,1	2,3
Mandel gemahlen	230806	5	1	20	0,2	0,5	0,09	0,1	0,1	0,4	0,4	0,5
<b>Kartoffeln, stärkereiche Pflanzenteile</b>	<b>24....</b>	<b>19</b>	<b>5</b>	<b>26,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,93</b>	<b>0,09</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,9</b>
<b>Gemüseerzeugn. Gemüsezubere. ausgen. Rhabarber u. 200700 u.</b>	<b>26....</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>81,8</b>	<b>1,0</b>	<b>6,23</b>	<b>0,09</b>	<b>0,5</b>	<b>0,8</b>	<b>1,1</b>	<b>3,7</b>	<b>5,7</b>
<b>Pilzerzeugnisse</b>	<b>28....</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>95</b>	<b>9,2</b>	<b>44,6</b>	<b>0,09</b>	<b>3,4</b>	<b>9,3</b>	<b>24,8</b>	<b>35,7</b>	<b>42,8</b>
<b>Alkoholfreie Getränke Getränkeansätze Getränkepulver auch</b>	<b>32....</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>71</b>	<b>0,7</b>	<b>1,6</b>	<b>0,02</b>	<b>0,6</b>	<b>1,0</b>	<b>1,3</b>	<b>1,4</b>	<b>1,6</b>
<b>Weine und Traubenmoste</b>	<b>33....</b>	<b>97</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,09</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>
<b>Biere, bierähnliche Getränke und Rohstoffe für die Bierherstellung</b>	<b>36....</b>	<b>71</b>	<b>68</b>	<b>96</b>	<b>2,1</b>	<b>25,5</b>	<b>0,02</b>	<b>0,8</b>	<b>1,1</b>	<b>6,8</b>	<b>9,3</b>	<b>19,1</b>
Alkoholhaltige Biere	360500, .600, .800	49	49	100	0,9	2,4	0,21	0,8	1,0	2,0	2,1	2,3
Biere mit vermindertem Alkoholgehalt und verändertem Nährwert	361300	10	7	70	0,4	1,0	0,02	0,3	0,5	0,8	0,9	1,0
Gerstenmalz	361401	12	12	100	8,4	25,5	0,29	7,4	11,0	16,1	20,5	24,5
<b>Honige Imkereierzeugnisse und Brotaufstriche auch</b>	<b>40....</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>93</b>	<b>1,8</b>	<b>5,6</b>	<b>0,09</b>	<b>1,5</b>	<b>2,1</b>	<b>2,8</b>	<b>3,8</b>	<b>5,3</b>
<b>Süßwaren ausgenommen</b>	<b>44....</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>100</b>	<b>1,1</b>	<b>1,8</b>	<b>0,73</b>	<b>1,1</b>	<b>1,3</b>	<b>1,5</b>	<b>1,7</b>	<b>1,8</b>
<b>Säuglings-, und Kleinkindernahrung</b>	<b>48....</b>	<b>366</b>	<b>296</b>	<b>81</b>	<b>2,7</b>	<b>30,6</b>	<b>0,04</b>	<b>1,0</b>	<b>3,2</b>	<b>6,1</b>	<b>10,0</b>	<b>22,6</b>
Getreidebrei, mit Milch zuzubereiten, für Säuglinge und Kleinkinder	481201	158	138	87	2,8	29,6	0,09	1,5	3,5	6,6	9,9	16,8
Getreidebrei, mit Milch und anderen Zutaten zuzubereiten, für Säuglinge	481202	136	111	82	3,4	30,6	0,20	1,2	4,0	7,7	15,6	23,5
Getreidebrei mit einem zugesetzten proteinreichen Lebensmittel, mit Wasser zuzubereiten oder verzehrsfertig, für Säuglinge und Kleinkinder	481205	7	6	86	1,7	5,7	0,20	1,0	1,7	3,7	4,7	5,5

Probenart	ADV CODE	n	Positiv		Toxingehalte, µg/kg (Summenwert T-2 Toxin und HT-2 Toxin)			Perzentilswerte, µg/kg (Summenwert T-2 Toxin und HT-2 Toxin)				
			n	%	Mittelwert	Maximalwert	Minimalwert	50	75	90	95	99
Zwieback oder Kekse für Säuglinge und Kleinkinder	481209	43	30	70	0,9	4,4	0,20	0,7	1,0	2,5	3,1	3,9
Komplettmahlzeiten für Säuglinge und Kleinkinder ausgen. 481200	481300	5	0	0	0,3	0,3	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Beikost auf Obst- und/oder Gemüsebasis für Säuglinge und	481400	8	3	38	0,3	0,8	0,04	0,3	0,4	0,7	0,8	0,8
<b>Diätetisches LM</b>	<b>49....</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>75</b>	<b>1,5</b>	<b>8,0</b>	<b>0,09</b>	<b>0,9</b>	<b>1,6</b>	<b>4,2</b>	<b>4,4</b>	<b>6,9</b>
<b>Fertiggerichte zubereitete Speisen ausgenommen 480000</b>	<b>50....</b>	<b>29</b>	<b>17</b>	<b>59</b>	<b>1,1</b>	<b>4,4</b>	<b>0,20</b>	<b>0,7</b>	<b>1,4</b>	<b>2,5</b>	<b>3,0</b>	<b>4,1</b>
<b>Nahrungsergänzungsmittel Nährstoffkonzentrate und</b>	<b>51....</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>83</b>	<b>2,5</b>	<b>5,1</b>	<b>0,09</b>	<b>2,8</b>	<b>4,4</b>	<b>4,5</b>	<b>4,8</b>	<b>5,1</b>
<i>Sojasoße</i>	520103	12	7	58	0,7	1,9	0,09	0,5	0,8	1,7	1,8	1,9
<b>Gewürze</b>	<b>53....</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>100</b>	<b>9,3</b>	<b>21,8</b>	<b>0,67</b>	<b>9,5</b>	<b>15,9</b>	<b>16,8</b>	<b>19,1</b>	<b>21,3</b>

Tabelle II-2: Verteilung der für T-2 Toxin und/oder HT-2 Toxin positiven Proben auf verschiedene Belastungsniveaus

Probenart	ADV Code	n	% pos	Anzahl (%) Proben >10 µg/kg	Anzahl (%) Proben >5 µg/kg	Anzahl (%) Proben >2 µg/kg	Anzahl (%) Proben >1 µg/kg
<b>Speisegetreide</b>	<b>15....</b>	<b>237</b>	<b>79</b>	<b>14 (6)</b>	<b>32 (14)</b>	<b>64 (27)</b>	<b>114 (48)</b>
Weizen	150101	38	79	0 (0)	6 (16)	11 (29)	20 (53)
Grünkern	150102	13	92	0 (0)	0 (0)	2 (15)	9 (69)
Dinkel	150103	38	76	0 (0)	0 (0)	6 (16)	13 (34)
Roggen	150201	22	82	0 (0)	1 (5)	5 (23)	10 (45)
Gerste	150301	15	100	5 (33)	7 (47)	10 (67)	14 (93)
Hafer	150401	26	96	6 (23)	13 (50)	20 (77)	24 (92)
Mais	150501	21	62	2 (10)	2 (10)	4 (19)	6 (29)
Reis	150601	27	63	0 (0)	1 (4)	2 (7)	3 (11)
Buchweizen	150701	7	86	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (29)
Hirse	150801	13	69	0 (0)	1 (8)	2 (15)	6 (46)
Getreidemischungen	150905	5	100	0 (0)	0 (0)	0 (0)	4 (80)
<b>Getreideerzeugnisse: Backvormischungen, Brotteige, Massen und Teige für Backwaren</b>	<b>16....</b>	<b>1381</b>	<b>86</b>	<b>202 (14)</b>	<b>336 (24)</b>	<b>605 (44)</b>	<b>850 (62)</b>
Roggenmehl	160102, 3, 4, 5, 8	69	96	0 (0)	2 (3)	22 (32)	46 (67)
Weizenmehl	160112, 3, 6, 20	210	79	1 (0,5)	2 (1)	25 (12)	74 (35)
Maismehl	160126	54	85	8(15)	12(22)	23(43)	32(59)
Buchweizenmehl	160128	5	100	1 (20)	1 (20)	1 (20)	5 (100)
Dinkelmehl	160131, 3, 4	77	73	0 (0)	1 (1)	11 (14)	29 (38)
Dinkelgrieß	160200	8	88	0 (0)	0 (0)	2 (25)	2 (25)
Weizengrieß	160201, 2	94	52	0 (0)	1 (1)	7 (7)	17 (18)
Maisgrieß	160204	45	89	4 (9)	8 (18)	19 (42)	30 (67)
Getreideschrote	160300	12	83	0 (0)	0 (0)	1 (8)	5 (42)
Getreidestärken	160400	13	31	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (15)
Getreidegrits und Frühstückscerealien	160600	140	79	6 (4)	18 (13)	43 (31)	65 (46)
Weizenkleie	160801	24	100	4 (17)	8 (33)	21 (88)	23 (96)
Dinkelkleie	160803	4	100	0 (0)	1 (25)	2 (50)	3 (75)
Haferkleie	160805	46	100	23 (50)	30 (65)	42 (91)	44 (96)

Probenart	ADV Code	n	% pos	Anzahl (%) Proben >10 µg/kg	Anzahl (%) Proben >5 µg/kg	Anzahl (%) Proben >2 µg/kg	Anzahl (%) Proben >1 µg/kg
Hafervollkornflocken/Haferfl./Instantfl.	160907,15	173	99	109 (63)	139 (80)	163 (94)	168 (97)
Gerstengrütze, Gerstengraupen	160908, 9	12	100	0 (0)	0 (0)	1 (8)	10 (83)
Hafergrütze	160911	5	100	3 (60)	5 (100)	5 (100)	5 (100)
Dinkelflocken	160916	15	67	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (20)
Getreideflockenmischungen	160998	22	86	0 (0)	2 (9)	13 (59)	16 (72)
Gepuffte Getreideprodukte	161000, 1, 2, 3, Gepuffte Getreideprodukte	37	89	0 (0)	2 (5)	7 (19)	19 (51)
Getreideerzeugnisse mit Zusätzen	161100	235	95	41 (17)	98 (42)	171 (73)	200 (85)
Backmischungen Brot, Pizza)	161200	29	100	0 (0)	1 (3)	11 (38)	23 (79)
Grundmischungen für Backwaren	161300	6	100	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (50)
Backmischungen für Backwaren	162600	11	100	0 (0)	0 (0)	0 (0)	5 (45)
<b>Brot, Kleingebäck</b>	<b>17....</b>	<b>339</b>	<b>80</b>	<b>3 (1)</b>	<b>6 (2)</b>	<b>35 (10)</b>	<b>112 (33)</b>
Weizenbrote	170100	29	69	0 (0)	1 (3)	2 (7)	4 (14)
Roggenbrote	170200	39	85	0 (0)	0 (0)	3 (8)	9 (23)
Mischbrote	170300	90	72	0 (0)	0 (0)	7 (8)	24 (27)
Toastbrote	170400	10	80	0 (0)	0 (0)	2 (20)	6 (60)
Spezialbrote mit besonderen Zusätzen	170600	34	91	1 (3)	2 (6)	6 (18)	17 (50)
Spezialbrote mit besonderen Backverfahren	170700	18	94	0 (0)	0 (0)	5 (28)	11 (61)
Spezialbrote mit besonderen Backverfahren und bes. Zusätzen	170800	54	81	2 (4)	3 (6)	10 (19)	24 (44)
Spezialbrote im Nährwert verändert mit besonderen Zusätzen	171000	40	85	0 (0)	0 (0)	0 (0)	10 (25)
Broterzeugnisse	172000	17	65	0 (0)	0 (0)	0 (0)	4 (24)
<b>Feine Backwaren</b>	<b>18....</b>	<b>375</b>	<b>85</b>	<b>9 (2)</b>	<b>32 (9)</b>	<b>116 (31)</b>	<b>209 (56)</b>
Feine Backwaren aus Biskuitmasse	180200	27	44	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (7)
Feine Backwaren aus Wiener Masse	180300	6	67	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Feine Backwaren aus Rührmasse	180400	12	33	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (8)
Feine Backwaren aus Eiweiß und Schaummasse	180600	6	67	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (17)
Toastwaffel	180807	9	56	0 (0)	0 (0)	1 (11)	2(22)
Feine Backwaren aus Mürbeteig	181000	126	91	4 (3)	15 (12)	51 (40)	84 (67)

Probenart	ADV Code	n	% pos	Anzahl (%) Proben >10 µg/kg	Anzahl (%) Proben >5 µg/kg	Anzahl (%) Proben >2 µg/kg	Anzahl (%) Proben >1 µg/kg
Zwieback	181400	29	90	0 (0)	0 (0)	7 (24)	15 (52)
Knabbererzeugnisse Extruderprodukte aus Getreide	181500	103	93	5 (5)	17 (17)	41 (40)	70 (67)
Kräcker	181700	22	95	0 (0)	0 (0)	8 (36)	15 (68)
Laugendauergebäcke	181800	22	95	0 (0)	0 (0)	7 (32)	15 (68)
<b>Teigwaren</b>	<b>22....</b>	<b>450</b>	<b>84</b>	<b>11 (2)</b>	<b>26 (6)</b>	<b>136 (30)</b>	<b>253 (56)</b>
Teigwaren eifreie	220100	222	90	5 (2)	12 (5)	78 (35)	151 (68)
Teigwaren mit normalem Eiegehalt	220200	72	74	0	2 (3)	7 (10)	27 (38)
Teigwaren mit hohem Eiegehalt	220300	66	86	1 (1,5)	3 (5)	14 (21)	29 (44)
Teigwaren besonderer Art	220500	79	76	5 (6)	9 (11)	36 (46)	44 (56)
<b>Alkoholfreie Getränke Getränkeansätze Getränkepulver auch</b>	<b>32....</b>	<b>7</b>	<b>71</b>	<b>0 (0)</b>	<b>0 (0)</b>	<b>0 (0)</b>	<b>3 (43)</b>
<b>Biere, bierähnliche Getränke und Rohstoffe für die Bierherstellung</b>	<b>36....</b>	<b>71</b>	<b>96</b>	<b>4 (6)</b>	<b>8 (11)</b>	<b>15 (21)</b>	<b>22 (31)</b>
Alkoholhaltige Biere	360500, .600, .800	49	100	0 (0)	0 (0)	6 (12)	12 (24)
Biere mit vermindertem Alkoholgehalt und verändertem Nährwert	361300	10	70	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (10)
<b>Säuglings-, und Kleinkindernahrung</b>	<b>48....</b>	<b>366</b>	<b>81</b>	<b>19 (5)</b>	<b>47 (13)</b>	<b>137 (37)</b>	<b>186 (51)</b>
Getreidebrei, mit Milch zuzubereiten, für Säuglinge und Kleinkinder	481201	158	87	8 (5)	24 (15)	68 (43)	94 (59)
Getreidebrei, mit Milch und anderen Zutaten zuzubereiten, für Säuglinge	481202	136	82	11 (8)	22 (16)	58 (43)	72 (53)
Getreidebrei mit einem zugesetzten proteinreichen Lebensmittel, mit Wasser zuzubereiten oder verzehrsfertig, für Säuglinge und Kleinkinder	481205	7	86	0 (0)	1 (14)	2 (26)	3 (43)
Zwieback oder Kekse für Säuglinge und Kleinkinder	481209	43	70	0 (0)	0 (0)	5 (12)	12 (28)
Komplettmahlzeiten für Säuglinge und Kleinkinder ausgen. 481200	481300	5	0	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Beikost auf Obst- und/oder Gemüsebasis für Säuglinge und	481400	8	38	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

Probenart	ADV Code	n	% pos	Anzahl (%) Proben >10 µg/kg	Anzahl (%) Proben >5 µg/kg	Anzahl (%) Proben >2 µg/kg	Anzahl (%) Proben >1 µg/kg
Diätetische Lebensmittel	49....	32	75	0 (0)	1 (3)	4 (13)	15 (47)

Anhang III: Verzehrsdaten von Lebensmitteln zur Berechnung der Toxinaufnahme (aus Verbundprojekt Ochratoxin A: Belastung der Lebensmittel und Aufnahme des Verbrauchers (Cholmakov-Bodechtel et al., 2000))

Tabelle III-1: Verzehrsdaten Jugendliche und Erwachsene „niedrigste plausible Portionsgröße“ NPP nach Datensatz 4WR

Lebensmittel	Verzehrmengen in g/Tag								
	Geschlecht			Weiblich			Männlich		
	Gesamt	Weiblich	Männlich	14-24 Jahre	25-50 Jahre	über 50 Jahre	14-24 Jahre	25-50 Jahre	über 50 Jahre
Weißbrot und Baguette	13,51	12,77	14,49	16,92	14,26	9,14	20,80	14,85	11,19
Mischbrot	45,37	38,28	54,76	31,13	38,66	40,61	47,72	54,00	59,00
Vollkornbrot	23,07	22,23	24,16	18,46	22,59	23,26	16,08	25,70	25,22
Mehrkornbrot	12,93	12,89	12,98	13,49	12,74	12,84	10,58	12,26	15,15
Knäckebrot	1,76	2,03	1,40	1,98	1,96	2,15	1,35	1,00	2,05
Sonstiges Brot	0,52	0,42	0,65	0,53	0,34	0,48	0,54	0,68	0,64
Mehrkornbrötchen	3,54	2,77	4,57	2,36	3,40	2,08	7,66	5,14	2,14
Sonstiges Brötchen	35,40	31,76	40,20	39,58	34,81	24,61	43,09	43,00	34,51
Müsli	5,55	5,60	5,48	9,16	5,54	4,28	3,35	6,32	5,08
Haferflocken	1,98	2,16	1,75	0,71	1,48	3,64	1,53	0,88	3,22
Sonstiges Frühstückscerealien	0,78	0,79	0,77	1,10	0,94	0,46	2,30	0,68	0,24
Vollkornnudeln	1,11	1,12	1,09	1,08	1,47	0,68	0,87	0,87	1,52
Nudeln ohne Füllung	6,67	6,14	7,37	5,93	7,10	4,94	6,73	8,56	5,75
Nudeln mit Füllung	1,14	1,12	1,17	1,53	1,33	0,67	1,78	1,44	0,47
Reis (auch Milchreis)	3,68	3,47	3,95	2,43	4,01	3,16	5,49	4,13	3,00
Sonst. Getreide	0,47	0,58	0,32	0,20	0,73	0,54	0,27	0,13	0,63
Kuchen und Gebäcke	27,81	26,02	30,16	23,22	29,19	22,92	30,95	30,60	29,13
Knabbergebäck	5,83	5,49	6,29	7,08	6,35	3,72	10,81	7,10	3,04
Waffeln	2,35	2,27	2,44	1,99	2,79	1,70	2,34	2,50	2,39
Alkoholfreies Bier, Lightbier, Malzbier	23,38	18,47	29,88	30,99	17,30	15,06	32,39	26,55	34,08
Alkoholhaltiges Bier	148,12	61,10	263,07	87,01	58,07	55,06	167,25	300,53	245,10

Anhang III: Verzehrsdaten von Lebensmitteln zur Berechnung der Toxinaufnahme (aus Verbundprojekt Ochratoxin A: Belastung der Lebensmittel und Aufnahme des Verbrauchers (Cholmakov-Bodechtel et al., 2000))

Tabelle III-2: Verzehrsdaten Jugendliche und Erwachsene „mittlere plausible Portionsgröße“ MPP nach Datensatz 4WR

Lebensmittel	Verzehrmengen in g/Tag								
	Geschlecht			Weiblich			Männlich		
	Gesamt	Weiblich	Männlich	14-24 Jahre	25-50 Jahre	über 50 Jahre	14-24 Jahre	25-50 Jahre	über 50 Jahre
Weißbrot und Baguette	15,23	15,52	14,32	17,44	14,29	16,42	23,76	9,31	17,62
Mischbrot	38,65	31,36	60,89	10,87	32,35	41,05	24,39	70,79	58,62
Vollkornbrot	43,27	41,70	48,05	81,55	37,28	26,80	18,24	56,05	46,29
Mehrkornbrot	23,24	24,22	20,24	19,73	29,08	19,00	15,84	17,39	24,46
Knäckebrot	2,61	2,40	3,22	0,22	2,14	4,01	0,77	1,77	5,43
Sonstiges Brot	2,10	2,06	2,21	1,77	1,78	2,68	0,00	3,13	1,72
Mehrkornbrötchen	2,39	2,42	2,28	0,62	3,46	1,77	0,00	1,78	3,39
Sonstiges Brötchen	30,26	28,38	36,02	17,45	31,71	29,13	23,06	38,83	35,99
Müsli	8,48	9,79	4,47	3,98	12,87	8,12	3,41	4,69	4,47
Haferflocken	5,04	3,49	9,77	2,90	0,49	8,54	0,00	0,00	22,95
Sonstiges Frühstückscerealien	1,66	1,72	1,50	5,04	1,13	0,82	6,89	1,69	0,00
Vollkornnudeln	17,70	18,42	15,49	18,72	25,61	6,89	0,00	12,74	22,24
Nudeln ohne Füllung	32,23	31,34	34,95	23,62	30,72	36,56	101,17	30,05	24,58
Nudeln mit Füllung	5,86	4,96	8,61	9,12	3,35	5,23	56,76	3,48	2,82
Reis (auch Milchreis)	14,40	13,85	16,10	11,54	15,42	12,65	9,37	8,25	26,41
Sonst. Getreide	7,08	8,27	3,44	6,61	7,40	10,57	1,53	4,31	2,93
Kuchen und Gebäcke	22,39	20,02	29,62	12,55	21,66	21,53	21,98	31,26	29,64
Knabbergeback	4,07	3,75	5,04	1,02	5,33	2,77	26,10	3,40	1,83
Waffeln	4,41	5,02	2,54	6,30	1,91	9,22	0,00	3,58	1,98
Alkoholfreies Bier, Lightbier, Malzbier	37,71	18,38	96,73	16,80	23,83	10,63	97,96	75,04	120,51
Alkohohlhaltiges Bier	69,11	49,20	129,94	72,84	36,67	56,00	298,98	159,90	56,36

Anhang III: Verzehrsdaten von Lebensmitteln zur Berechnung der Toxinaufnahme (aus Verbundprojekt Ochratoxin A: Belastung der Lebensmittel und Aufnahme des Verbrauchers (Cholmakov-Bodechtel et al., 2000))

Tabelle III-3: Verzehrsdaten Jugendliche und Erwachsene „höchste plausible Portionsgröße“ HPP nach Datensatz 4WR

Lebensmittel	Verzehrmengen in g/Tag								
	Geschlecht			Weiblich			Männlich		
	Gesamt	Weiblich	Männlich	14-24 Jahre	25-50 Jahre	über 50 Jahre	14-24 Jahre	25-50 Jahre	über 50 Jahre
Weißbrot und Baguette	15,56	15,62	15,40	17,44	14,42	16,50	28,91	9,62	18,58
Mischbrot	57,97	47,04	91,34	16,31	48,53	61,57	36,58	106,18	87,93
Vollkornbrot	60,57	58,38	67,27	114,17	52,19	37,51	25,54	78,46	64,80
Mehrkornbrot	33,59	35,01	29,24	28,55	42,03	27,47	22,88	25,13	35,33
Knäckebrot	2,61	2,40	3,22	0,22	2,14	4,01	0,77	1,77	5,43
Sonstiges Brot	2,80	2,75	2,95	2,36	2,37	3,57	0,00	4,17	2,29
Mehrkornbrötchen	3,18	3,23	3,04	0,83	4,61	2,36	0,00	2,37	4,52
Sonstiges Brötchen	28,81	23,60	44,73	24,03	22,90	24,47	34,90	53,87	36,93
Müsli	8,48	9,79	4,47	3,98	12,87	8,12	3,41	4,69	4,47
Haferflocken	5,04	3,49	9,77	2,90	0,49	8,54	0,00	0,00	22,95
Sonstiges Frühstückscerealien	1,66	1,72	1,50	5,04	1,13	0,82	6,89	1,69	0,00
Vollkornnudeln	26,54	27,63	23,23	28,09	38,41	10,34	0,00	19,11	33,36
Nudeln ohne Füllung	48,35	47,01	52,42	35,44	46,08	54,85	151,76	45,07	36,87
Nudeln mit Füllung	9,38	7,94	13,78	14,60	5,36	8,37	90,82	5,57	4,50
Reis (auch Milchreis)	14,40	13,85	16,10	11,54	15,42	12,65	9,37	8,25	26,41
Sonst. Getreide	5,42	6,37	2,51	0,41	9,14	5,27	1,99	0,96	4,36
Kuchen und Gebäcke	30,07	26,71	40,36	17,39	29,51	27,39	35,42	39,30	42,72
Knabbergebäck	4,07	3,75	5,04	1,02	5,33	2,77	26,10	3,40	1,83
Waffeln	6,61	7,53	3,80	9,45	2,86	13,83	0,00	5,36	2,98
Alkoholfreies Bier, Lightbier, Malzbier	14,02	10,40	25,10	10,39	16,98	0,00	0,00	30,88	24,68
Alkohohlhaltiges Bier	74,87	56,84	129,94	72,84	36,67	79,90	298,98	159,90	56,36

Anhang III: Verzehrsdaten von Lebensmitteln zur Berechnung der Toxinaufnahme (aus Verbundprojekt Ochratoxin A: Belastung der Lebensmittel und Aufnahme des Verbrauchers (Cholmakov-Bodechtel et al., 2000))

Tabelle III-4: Verzehrsdaten Kinder „niedrigste plausible Portionsgröße“ NPP nach Datensatz 4WR

Lebensmittel	Männlich			Weiblich		
	4-6 Jahre	7-9 Jahre	10-<14 Jahre	4-6 Jahre	7-9 Jahre	10 - u.14 Jahre
Weißbrot und Baguette	14,22	20,64	23,84	12,98	13,55	16,30
Mischbrot	23,84	31,48	36,43	18,19	20,66	31,21
Vollkornbrot	7,16	19,40	16,03	10,91	11,66	14,29
Mehrkornbrot	5,45	6,78	7,01	5,93	3,15	7,20
Knäckebrot	1,00	1,55	0,88	1,32	2,07	1,34
Sonstiges Brot	0,55	0,24	0,72	0,73	0,08	0,38
Mehrkornbrötchen	3,32	0,63	1,69	2,52	2,03	5,00
Sonstiges Brötchen	26,18	28,31	26,52	22,96	19,04	33,30
Müsli	7,58	4,57	8,75	3,93	4,82	8,00
Haferflocken	3,82	1,94	3,63	2,59	0,49	1,98
Sonstiges Frühstückscerealien	5,18	7,94	6,20	5,96	4,48	4,07
Vollkornnudeln	0,21	0,45	1,33	2,05	0,86	0,60
Nudeln ohne Füllung	8,46	9,15	7,58	8,01	6,82	7,08
Nudeln mit Füllung	1,25	1,04	1,57	0,93	1,62	1,63
Reis (auch Milchreis)	2,84	2,64	3,21	3,01	3,63	3,08
Sonst. Getreide	0,87	0,61	1,08	0,52	0,66	0,29
Kuchen und Gebäcke	25,64	21,91	32,18	26,68	21,37	30,29
Knabbergebäck	7,89	9,10	16,21	8,27	6,90	9,60
Waffeln	2,43	3,43	3,53	2,22	4,15	2,54
Alkoholfreies Bier, Lightbier, Malzbier	17,76	8,96	13,07	11,11	9,86	19,84
Alkohohlhaltiges Bier	7,24	14,93	3,92	0,00	3,52	3,97

Anhang III: Verzehrsdaten von Lebensmitteln zur Berechnung der Toxinaufnahme (aus Verbundprojekt Ochratoxin A: Belastung der Lebensmittel und Aufnahme des Verbrauchers (Cholmakov-Bodechtel et al., 2000))

Tabelle III-5: Verzehrsdaten Kinder „mittlere plausible Portionsgröße“ MPP nach Datensatz 4WR

Lebensmittel	Männlich			Weiblich		
	4-6 Jahre	7-9 Jahre	10- u. 14 Jahre	4-6 Jahre	7-9 Jahre	10 - u.14 Jahre
Weißbrot und Baguette	17,57	25,79	29,47	15,96	16,77	20,79
Mischbrot	31,79	41,97	48,58	24,25	27,55	41,62
Vollkornbrot	8,95	24,25	20,03	13,64	14,58	17,86
Mehrkornbrot	7,01	8,72	9,03	7,63	4,07	9,27
Knäckebrot	1,00	1,55	0,88	1,32	2,07	1,34
Sonstiges Brot	1,66	0,72	2,16	2,19	0,25	1,14
Mehrkornbrötchen	3,32	0,63	1,69	2,52	2,03	5,00
Sonstiges Brötchen	26,18	28,03	26,52	22,96	19,04	33,30
Müsli	7,58	4,57	8,75	3,93	4,82	8,00
Haferflocken	3,82	1,94	3,63	2,59	0,49	1,98
Sonstiges Frühstückscerealien	8,70	13,30	10,38	10,00	7,52	6,84
Vollkornnudeln	1,05	2,09	5,88	8,89	3,94	2,86
Nudeln ohne Füllung	37,11	39,70	32,94	34,32	29,58	31,11
Nudeln mit Füllung	6,25	5,22	7,84	4,63	8,10	8,13
Reis (auch Milchreis)	10,26	9,31	10,98	10,22	12,51	10,86
Sonst. Getreide	9,04	6,28	9,73	5,54	6,35	3,18
Kuchen und Gebäcke	34,79	29,40	44,14	36,81	29,20	40,83
Knabbergebäck	7,89	9,10	16,21	8,27	6,90	9,60
Waffeln	4,87	6,87	7,06	4,44	8,31	5,08
Alkoholfreies Bier, Lightbier, Malzbier	17,76	8,96	13,07	11,11	9,86	19,84
Alkoholhaltiges Bier	7,24	14,93	3,92	0,00	3,52	3,97

Anhang III: Verzehrsdaten von Lebensmitteln zur Berechnung der Toxinaufnahme (aus Verbundprojekt Ochratoxin A: Belastung der Lebensmittel und Aufnahme des Verbrauchers (Cholmakov-Bodechtel et al., 2000))

Tabelle III-6: Verzehrsdaten Kinder „höchste plausible Portionsgröße“ HPP nach Datensatz 4WR

Lebensmittel	Männlich			Weiblich		
	4-6 Jahre	7-9 Jahre	10- u. 14 Jahre	4-6 Jahre	7-9 Jahre	10 - u.14 Jahre
Weißbrot und Baguette	18,04	27,10	30,61	16,43	17,34	22,52
Mischbrot	47,68	62,96	72,68	36,37	41,32	62,43
Vollkornbrot	12,53	33,96	28,05	19,10	20,41	25,00
Mehrkornbrot	10,14	12,60	13,07	11,04	5,90	13,41
Knäckebrot	1,00	1,55	0,88	1,32	2,07	1,34
Sonstiges Brot	2,21	0,96	2,88	2,91	0,34	1,52
Mehrkornbrötchen	4,42	0,84	2,25	3,36	2,70	6,67
Sonstiges Brötchen	26,18	28,31	26,52	22,40	19,04	33,30
Müsli	7,58	4,57	8,75	3,93	4,82	8,00
Haferflocken	3,82	1,94	3,63	2,59	0,49	1,98
Sonstiges Frühstückscerealien	8,70	13,30	10,38	10,00	7,52	6,84
Vollkornnudeln	1,58	3,13	8,82	13,33	5,92	4,29
Nudeln ohne Füllung	55,66	59,55	49,41	51,48	44,37	46,67
Nudeln mit Füllung	10,00	8,36	12,55	7,41	12,96	13,02
Reis (auch Milchreis)	10,26	9,31	10,98	10,22	12,51	10,86
Sonst. Getreide	9,14	6,48	10,25	5,74	6,86	3,28
Kuchen und Gebäcke	48,79	40,45	59,22	53,54	40,70	53,75
Knabbergebäck	7,89	9,10	16,21	8,27	6,90	9,60
Waffeln	7,30	10,30	10,59	6,67	12,46	7,62
Alkoholfreies Bier, Lightbier, Malzbier	17,76	8,96	13,07	11,11	9,86	19,84
Alkoholhaltiges Bier	7,24	14,93	3,92	0,00	3,52	3,97

Anhang III: Verzehrsdaten von Lebensmitteln zur Berechnung der Toxinaufnahme (aus Verbundprojekt Ochratoxin A: Belastung der Lebensmittel und Aufnahme des Verbrauchers (Cholmakov-Bodechtel et al., 2000))

Tabelle III-7: Verzehrsdaten Jugendliche und Erwachsene - Vegetarier - „mittlere plausible Portionsgröße“ MPP nach Datensatz 4WR (Datensatz wurde nur zu orientierenden Berechnungen verwendet)

Lebensmittel	Verzehrmengen in g/Tag								
	Geschlecht			Weiblich			Männlich		
	Gesamt	Weiblich	Männlich	14-24 Jahre	25-50 Jahre	über 50 Jahre	14-24 Jahre	25-50 Jahre	über 50 Jahre
Weißbrot und Baguette	13,18	12,62	14,86	13,85	12,78	12,00	29,00	9,68	16,69
Mischbrot	41,19	33,74	63,36	22,46	27,51	47,11	14,67	82,55	55,25
Vollkornbrot	40,89	39,43	45,23	35,00	45,41	31,00	18,33	50,00	48,75
Mehrkornbrot	24,58	22,78	29,95	14,08	27,97	16,87	22,50	36,59	23,63
Knäckebrot	2,62	2,73	2,30	0,69	2,51	3,69	3,33	1,41	3,13
Sonstiges Brot	1,87	1,60	2,66	2,54	0,95	2,40	0,00	4,77	0,75
Mehrkornbrötchen	3,05	3,39	2,05	0,46	4,44	2,53	0,00	1,09	4,13
Sonstiges Brötchen	26,97	22,02	41,73	21,62	21,84	22,42	31,17	54,23	28,50
Müsli	8,71	9,71	5,73	10,62	11,18	7,07	8,00	5,18	5,63
Haferflocken	4,97	2,82	11,36	1,92	0,82	6,33	0,00	0,00	31,25
Sonstiges Frühstückscerealien	1,89	1,80	2,14	3,46	2,07	0,89	8,33	2,00	0,00
Vollkornnudeln	13,49	13,13	14,55	15,38	16,16	7,56	0,00	7,27	30,00
Nudeln ohne Füllung	32,91	31,60	36,82	26,15	30,96	34,22	76,67	37,27	21,25
Nudeln mit Füllung	6,14	5,34	8,52	3,85	4,11	7,78	41,67	3,41	3,13
Reis (auch Milchreis)	14,81	13,10	19,91	14,77	14,96	9,60	6,00	12,55	35,25
Sonst. Getreide	6,16	7,17	3,16	1,00	9,26	5,56	2,17	0,59	7,06
Kuchen und Gebäcke	22,51	19,47	31,59	14,31	19,74	20,51	27,67	31,32	33,44
Knabbergebäck	4,29	3,97	5,23	2,31	5,21	2,44	20,00	3,18	2,50
Waffeln	3,25	3,51	2,50	4,62	2,05	5,56	0,00	4,09	1,25
Alkoholfreies Bier, Lightbier, Malzbier	13,71	8,02	30,68	7,69	13,01	0,00	0,00	29,55	43,75
Alkohohlhaltiges Bier	89,43	65,27	161,36	73,08	54,11	81,11	216,67	200,00	87,50

Anhang III: Verzehrsdaten von Lebensmitteln zur Berechnung der Toxinaufnahme (aus Verbundprojekt Ochratoxin A: Belastung der Lebensmittel und Aufnahme des Verbrauchers (Cholmakov-Bodechtel et al., 2000))

Tabelle III-8: Verzehrsdaten Jugendliche und Erwachsene „niedrigste plausible Portionsgröße“ NPP nach Datensatz 3TP

Lebensmittel	Verzehrmengen in g/Tag								
	Gesamt	Geschlecht		Weiblich			Männlich		
		Weiblich	Männlich	14-24 Jahre	25-50 Jahre	über 50 Jahre	14-24 Jahre	25-50 Jahre	über 50 Jahre
Weißbrot und Baguette	14,10	12,97	15,58	17,76	14,04	9,66	22,51	16,96	10,40
Mischbrot	38,05	30,43	48,13	24,79	29,17	34,36	47,59	44,78	53,70
Vollkornbrot	20,12	19,98	20,30	14,57	21,19	20,53	21,69	20,05	20,11
Mehrkornbrot	10,57	10,88	10,15	10,11	10,56	11,61	7,86	9,89	11,56
Knäckebrot	1,54	1,73	1,30	1,70	1,30	2,31	0,89	1,11	1,77
Sonstiges Brot	0,60	0,64	0,53	0,73	0,50	0,80	0,91	0,41	0,56
Mehrkornbrötchen	3,30	2,86	3,87	1,61	3,02	3,15	9,53	3,49	2,02
Sonstiges Brötchen	33,14	28,86	38,80	36,54	32,28	21,26	45,09	39,37	35,18
Müsli	6,02	5,64	6,51	7,33	5,35	5,37	8,49	6,88	5,06
Haferflocken	1,75	1,90	1,55	1,11	1,30	3,01	1,27	0,75	2,94
Sonstiges Frühstückscerealien	0,84	0,70	1,01	0,74	0,86	0,47	3,58	0,69	0,41
Vollkornnudeln	1,38	1,38	1,38	1,62	1,58	1,02	1,12	1,12	1,88
Nudeln ohne Füllung	7,90	7,78	8,06	7,43	9,36	5,80	9,17	8,84	6,35
Nudeln mit Füllung	1,25	1,27	1,22	1,60	1,51	0,82	1,44	1,56	0,58
Reis (auch Milchreis)	4,84	4,49	5,30	2,28	4,90	4,83	7,19	5,32	4,44
Sonst. Getreide	0,52	0,58	0,43	0,24	0,72	0,53	0,75	0,23	0,61
Kuchen und Gebäcke	41,31	40,07	42,95	45,56	39,44	38,71	40,40	43,17	43,70
Knabbergebäck	7,24	6,87	7,74	10,48	8,00	3,94	16,06	7,88	3,91
Waffeln	2,53	2,82	2,15	2,27	2,97	2,83	1,70	2,13	2,37
Alkoholfreies Bier, Lightbier, Malzbier	21,33	16,42	27,81	17,65	15,95	16,56	55,37	18,85	30,09
Alkoholhaltiges Bier	168,17	75,35	290,91	108,20	69,74	69,79	226,05	317,07	277,46

Anhang III: Verzehrsdaten von Lebensmitteln zur Berechnung der Toxinaufnahme (aus Verbundprojekt Ochratoxin A: Belastung der Lebensmittel und Aufnahme des Verbrauchers (Cholmakov-Bodechtel et al., 2000))

Tabelle III-9: Verzehrsdaten Jugendliche und Erwachsene „mittlere plausible Portionsgröße“ MPP nach Datensatz 3TP

Lebensmittel	Verzehrmengen in g/Tag								
	Gesamt	Geschlecht		Weiblich			Männlich		
		Weiblich	Männlich	14-24 Jahre	25-50 Jahre	über 50 Jahre	14-24 Jahre	25-50 Jahre	über 50 Jahre
Weißbrot und Baguette	17,64	16,13	19,63	22,11	17,40	12,07	28,29	21,41	13,05
Mischbrot	50,83	40,65	64,29	33,11	38,98	45,87	63,59	59,82	71,70
Vollkornbrot	25,16	24,99	25,39	18,23	26,50	25,67	27,14	25,05	25,16
Mehrkornbrot	13,55	13,96	13,02	12,96	13,54	14,90	10,06	12,68	14,83
Knäckebrötchen	1,54	1,73	1,30	1,70	1,30	2,31	0,89	1,11	1,77
Sonstiges Brot	1,83	1,97	1,63	2,24	1,55	2,43	2,76	1,27	1,73
Mehrkornbrötchen	3,30	2,86	3,87	1,61	3,02	3,15	9,53	3,49	2,02
Sonstiges Brötchen	33,14	28,86	38,80	36,54	32,28	21,26	45,09	39,37	35,18
Müsli	6,02	5,64	6,51	7,33	5,35	5,37	8,49	6,88	5,06
Haferflocken	1,75	1,90	1,55	1,11	1,30	3,01	1,27	0,75	2,94
Sonstiges Frühstückscerealien	1,40	1,17	1,70	1,23	1,45	0,78	6,01	1,17	0,68
Vollkornnudeln	1,85	1,85	1,85	2,16	2,12	1,37	1,58	1,51	2,52
Nudeln ohne Füllung	10,59	10,41	10,82	9,91	12,54	7,79	12,28	11,85	8,54
Nudeln mit Füllung	1,59	1,62	1,54	2,06	1,92	1,05	1,83	1,97	0,74
Reis (auch Milchreis)	4,84	4,49	5,30	2,28	4,90	4,83	7,19	5,32	4,44
Sonst. Getreide	0,59	0,67	0,49	0,27	0,81	0,63	0,88	0,26	0,68
Kuchen und Gebäcke	58,39	57,15	60,02	63,73	56,52	55,38	56,66	60,04	61,45
Knabbergebäck	7,24	6,87	7,74	10,48	8,00	3,94	16,06	7,88	3,91
Waffeln	5,13	5,71	4,35	4,62	6,03	5,73	3,45	4,30	4,82
Alkoholfreies Bier, Lightbier, Malzbier	21,33	16,42	27,81	17,65	15,95	16,56	55,37	18,85	30,09
Alkoholhaltiges Bier	168,17	75,35	290,91	108,20	69,74	69,79	226,06	317,07	277,46

Anhang III: Verzehrsdaten von Lebensmitteln zur Berechnung der Toxinaufnahme (aus Verbundprojekt Ochratoxin A: Belastung der Lebensmittel und Aufnahme des Verbrauchers (Cholmakov-Bodechtel et al., 2000))

Tabelle III-10: Verzehrsdaten Jugendliche und Erwachsene „höchste plausible Portionsgröße“ HPP nach Datensatz 3TP

Lebensmittel	Verzehrmengen in g/Tag								
	Gesamt	Geschlecht		Weiblich			Männlich		
		Weiblich	Männlich	14-24 Jahre	25-50 Jahre	über 50 Jahre	14-24 Jahre	25-50 Jahre	über 50 Jahre
Weißbrot und Baguette	18,82	17,05	21,16	23,33	18,31	12,88	30,37	23,18	13,97
Mischbrot	76,32	61,05	96,52	49,75	58,55	68,86	95,49	89,81	107,61
Vollkornbrot	35,41	35,18	35,71	25,72	37,30	36,12	38,20	35,23	35,41
Mehrkornbrot	19,59	20,18	18,81	18,74	19,57	21,55	14,52	18,33	21,44
Knäcke Brot	1,54	1,73	1,30	1,70	1,30	2,31	0,89	1,11	1,77
Sonstiges Brot	2,45	2,64	2,19	3,00	2,07	3,25	3,70	1,70	2,32
Mehrkornbrötchen	4,40	3,82	5,17	2,12	4,03	4,22	12,68	4,66	2,71
Sonstiges Brötchen	33,14	28,86	38,80	36,54	32,26	21,26	45,09	39,37	35,18
Müsli	6,02	5,64	6,51	7,33	5,35	5,37	8,49	6,88	5,06
Haferflocken	1,75	1,87	1,55	1,11	1,30	3,01	1,27	0,75	2,94
Sonstiges Frühstückscerealien	1,40	1,17	1,70	1,23	1,45	0,78	6,01	1,17	0,68
Vollkornnudeln	2,81	2,81	2,81	3,30	3,21	2,09	2,31	2,30	3,85
Nudeln ohne Füllung	16,05	15,81	16,37	15,10	19,00	11,83	18,59	17,94	12,92
Nudeln mit Füllung	2,55	2,60	2,48	3,28	3,08	1,68	2,94	3,17	1,19
Reis (auch Milchreis)	4,84	4,49	5,30	2,28	4,90	4,83	7,19	5,32	4,44
Sonst. Getreide	0,68	0,77	0,57	0,32	0,96	0,71	0,95	0,31	0,80
Kuchen und Gebäcke	77,54	76,28	79,21	82,85	75,90	74,19	76,04	78,93	81,04
Knabbergebäck	7,24	6,87	7,74	10,48	8,00	3,94	16,06	7,88	3,91
Waffeln	7,72	8,60	6,55	6,96	9,08	8,62	5,19	6,46	7,27
Alkoholfreies Bier, Lightbier, Malzbier	21,33	16,42	27,81	17,65	15,95	16,56	55,37	18,85	30,09
Alkohohlhaltiges Bier	168,17	75,35	290,91	108,20	69,74	69,79	226,05	317,07	277,46

Anhang III: Verzehrsdaten von Lebensmitteln zur Berechnung der Toxinaufnahme (aus Verbundprojekt Ochratoxin A: Belastung der Lebensmittel und Aufnahme des Verbrauchers (Cholmakov-Bodechtel et al., 2000))

Tabelle III-11: Verzehrsdaten Kinder „niedrigste plausible Portionsgröße“ NPP nach Datensatz 3TP

Lebensmittel	Männlich			Weiblich		
	4-6 Jahre	7-9 Jahre	10- u. 14 Jahre	4-6 Jahre	7-9 Jahre	10 - u.14 Jahre
Weißbrot und Baguette	10,33	18,51	19,27	10,50	19,73	10,89
Mischbrot	19,97	26,15	31,73	11,60	21,94	32,26
Vollkornbrot	7,59	16,12	14,69	8,49	10,13	9,89
Mehrkornbrot	3,02	5,03	4,32	2,27	6,16	4,41
Knäckebrot	0,98	0,76	0,65	1,43	1,61	0,84
Sonstiges Brot	0,91	0,15	0,27	0,69	0,32	0,31
Mehrkornbrötchen	4,13	0,99	2,01	1,49	1,02	3,72
Sonstiges Brötchen	22,26	28,78	33,56	# 14,20	18,44	25,92
Müsli	6,00	3,25	5,88	3,39	7,57	9,29
Haferflocken	2,98	1,26	4,62	2,55	1,40	1,23
Sonstiges Frühstückscerealien	4,64	7,90	4,26	4,07	4,09	3,31
Vollkornnudeln	0,55	0,69	2,68	1,74	3,55	1,17
Nudeln ohne Füllung	12,50	12,20	9,37	8,15	8,36	8,71
Nudeln mit Füllung	1,47	2,66	2,41	0,80	0,67	1,74
Reis (auch Milchreis)	2,80	4,21	4,73	4,64	3,72	3,44
Sonst. Getreide	0,59	1,09	0,63	# 0,78	0,42	0,09
Kuchen und Gebäcke	36,75	34,58	42,23	20,20	27,00	37,72
Knabbergebäck	6,66	12,59	12,06	6,95	8,93	8,92
Waffeln	4,83	4,20	4,14	2,79	3,08	2,38
Alkoholfreies Bier, Lightbier, Malzbier	9,39	7,52	8,24	# 2,72	25,92	4,02
Alkohohlhaltiges Bier	4,15	0,00	2,34	# 3,86	0,00	7,86

Anhang III: Verzehrsdaten von Lebensmitteln zur Berechnung der Toxinaufnahme (aus Verbundprojekt Ochratoxin A: Belastung der Lebensmittel und Aufnahme des Verbrauchers (Cholmakov-Bodechtel et al., 2000))

Tabelle III-12: Verzehrsdaten Kinder „mittlere plausible Portionsgröße“ MPP nach Datensatz 3TP

Lebensmittel	Männlich			Weiblich		
	4-6 Jahre	7-9 Jahre	10- u. 14 Jahre	4-6 Jahre	7-9 Jahre	10 - u.14 Jahre
Weißbrot und Baguette	15,24	16,99	23,46	13,75	19,58	16,17
Mischbrot	27,43	33,39	37,99	19,91	25,55	46,08
Vollkornbrot	8,32	15,63	18,94	10,94	13,55	12,71
Mehrkornbrot	4,49	7,31	6,80	2,89	6,54	7,40
Knäckebrötchen	1,26	0,79	0,64	1,06	1,86	1,35
Sonstiges Brot	2,53	0,82	1,27	2,57	1,21	1,28
Mehrkornbrötchen	3,95	0,57	1,97	2,98	1,08	3,41
Sonstiges Brötchen	23,50	26,19	31,69	16,09	18,39	30,05
Müsli	4,92	5,36	5,63	4,15	4,11	7,90
Haferflocken	3,47	0,61	4,29	1,79	1,66	1,39
Sonstiges Frühstückscerealien	7,03	13,00	6,83	8,70	7,24	6,28
Vollkornnudeln	0,54	1,03	2,85	1,80	2,55	1,39
Nudeln ohne Füllung	16,79	16,54	13,36	11,40	8,52	13,07
Nudeln mit Füllung	1,83	2,66	3,04	1,73	1,41	2,44
Reis (auch Milchreis)	2,70	4,04	4,94	5,16	3,79	4,06
Sonst. Getreide	0,83	1,22	0,69	0,67	0,52	0,29
Kuchen und Gebäcke	47,95	37,76	55,37	31,43	35,94	55,29
Knabbergebäck	8,12	14,52	12,48	9,26	5,59	10,30
Waffeln	7,42	9,39	11,17	4,62	5,46	6,58
Alkoholfreies Bier, Lightbier, Malzbier	15,20	9,55	13,16	6,17	12,06	7,57
Alkoholhaltiges Bier	1,87	0,00	0,93	9,69	0,00	7,37

Anhang III: Verzehrdaten von Lebensmitteln zur Berechnung der Toxinaufnahme (aus Verbundprojekt Ochratoxin A: Belastung der Lebensmittel und Aufnahme des Verbrauchers (Cholmakov-Bodechtel et al., 2000))

Tabelle III-13: Verzehrdaten Jugendliche und Erwachsene - Vegetarier - „mittlere plausible Portionsgröße“ MPP nach Datensatz 3TP (Datensatz wurde nur zu orientierenden Berechnungen verwendet).

Lebensmittel	Verzehrmengen in g/Tag								
	Geschlecht			Weiblich			Männlich		
	Gesamt	Weiblich	Männlich	14-24 Jahre	25-50 Jahre	über 50 Jahre	14-24 Jahre	25-50 Jahre	über 50 Jahre
Weißbrot und Baguette	13,08	11,76	17,00	10,38	10,66	13,96	24,83	9,91	23,81
Mischbrot	30,34	25,18	45,70	17,08	18,79	37,89	15,17	48,86	52,81
Vollkornbrot	30,16	28,47	35,18	27,54	30,10	26,11	0,00	41,18	40,13
Mehrkornbrot	18,67	18,69	18,61	12,77	26,84	7,18	30,00	19,73	12,81
Knäckebrot	1,91	2,02	1,59	2,54	1,42	2,84	0,00	1,27	2,63
Sonstiges Brot	1,98	2,65	0,00	7,08	1,27	3,60	0,00	0,00	0,00
Mehrkornbrötchen	3,61	4,07	2,23	1,31	4,05	4,89	0,00	1,73	3,75
Sonstiges Brötchen	24,40	21,60	32,77	16,08	26,36	15,47	16,33	37,86	31,94
Müsli	8,37	9,43	5,20	14,00	9,90	7,33	8,50	4,59	4,81
Haferflocken	4,77	2,92	10,27	2,69	0,82	6,38	0,00	0,77	27,19
Sonstiges Frühstückscerealien	1,85	1,71	2,25	1,08	1,88	1,62	5,83	2,91	0,00
Vollkornnudeln	4,57	4,80	3,89	6,77	5,64	2,87	0,00	2,91	6,69
Nudeln ohne Füllung	12,49	10,60	18,14	10,31	12,79	7,11	10,83	23,36	13,69
Nudeln mit Füllung	3,73	3,64	4,00	1,31	5,03	2,07	3,67	5,00	2,75
Reis (auch Milchreis)	6,12	5,62	7,61	2,15	6,19	5,69	2,33	6,86	10,63
Sonst. Getreide	1,46	1,66	0,86	0,46	2,19	1,16	0,00	0,73	1,38
Kuchen und Gebäcke	44,28	42,58	49,34	39,77	47,18	35,93	29,00	51,82	53,56
Knabbergebäck	6,53	6,24	7,36	4,92	8,74	2,58	23,67	3,00	7,25
Waffeln	4,77	5,40	2,89	2,69	7,86	2,18	0,00	2,91	3,94
Alkoholfreies Bier, Lightbier, Malzbier	13,25	4,90	38,11	0,00	8,79	0,00	0,00	29,18	64,69
Alkohohlhaltiges Bier	118,43	88,21	208,41	142,69	75,22	93,56	196,33	290,36	100,25

Tabelle IV-1: Zusammenfassung der berechneten Tagesaufnahme an T-2 Toxin und HT-2 Toxin für Jugendliche und Erwachsene

Verzehrprotokoll	Szenario	Aufnahme in ng/kg Körpergewicht und Tag								
		Geschlecht			Weiblich			Männlich		
		Gesamt	Weiblich	Männlich	14-24 Jahre	25-50 Jahre	über 50 Jahre	14-24 Jahre	25-50 Jahre	über 50 Jahre
4WR	Best Case	4,7	4,0	5,5	4,4	4,0	3,5	5,1	5,8	5,5
	Mean case	6,2	6,3	7,3	6,1	6,3	6,0	8,2	5,7	9,1
	Bad Case	18,5	19,0	21,2	18,5	18,9	18,0	24,4	16,9	26,0
	Worst Case	22,5	23,5	24,8	22,7	24,2	21,1	28,6	20,4	29,9
3TP	Best Case	5,0	4,3	5,9	5,0	4,1	3,8	6,5	6,0	5,9
	Mean Case	5,6	5,0	6,5	5,7	4,9	4,4	7,2	6,6	6,5
	Bad Case	17,0	15,4	19,2	17,7	15,2	13,6	21,7	19,3	19,1
	Worst Case	20,1	18,8	22,2	21,0	18,7	16,7	25,3	22,2	22,2
4WR Vegetarier	Mean Case	6,1	5,8	7,9	5,4	5,7	5,6	6,7	6,2	11,0
	Bad Case	18,1	17,7	22,7	16,1	17,7	16,6	20,2	17,7	31,6
3TP Vegetarier	Mean Case	5,5	5,3	7,1	6,1	5,1	4,8	5,0	6,3	9,2
	Bad Case	16,6	16,2	20,7	18,5	16,0	14,7	14,7	18,4	26,9

TabelleIV-2: Zusammenfassung der berechneten Tagesaufnahme an T-2 Toxin und HT-2 Toxin für Kinder

Verzehrprotokoll	Szenario	Aufnahme in ng/kg Körpergewicht und Tag					
		Männlich			Weiblich		
		4-6 Jahre	7-9 Jahre	10- <14 Jahre	4-6 Jahre	7-9 Jahre	10 - <14 Jahre
4WR	Best Case	10,9	7,3	6,2	9,3	5,2	5,0
	Mean case	15,0	10,4	8,6	14,3	8,0	6,8
	Bad Case	49,0	33,5	28,4	46,2	26,9	21,9
	Worst Case	59,4	41,8	34,7	59,2	34,3	27,1
3TP	Best Case	10,3	7,1	6,3	7,6	7,0	4,7
	Mean Case	12,4	8,0	7,2	9,7	7,1	6,0
	Bad Case	40,2	26,7	23,2	31,8	22,6	19,7
	Worst Case	Keine HPP Verzehrdaten					

## Abstract

**Project Title:** “Improvement and Validation of Analytical Methods for Type A Trichothecenes (T-2 Toxin and HT-2 Toxin) and Occurrence of these Mycotoxins in Foods from the German Market”

**Authors:** V. Curtui, E. Usleber, A. Trebstein, U. Lauber, K. Hocke, R. Dietrich, Märtlbauer, P. Majerus, M. Zimmer, H. Klaffke, M. Gareis, T. Betsche, G. Langenkämper

## Introduction

The aim of this project was to improve existing methods for the determination of two trichothecene mycotoxins, T-2 toxin and HT-2 toxin (T-2/HT-2), in foods. These methods should cover all fields of application within an analytical control system, as rapid screening methods, as routine methods, and as reference methods, respectively. These methods were used to determine the levels of these toxins in foods from the Germany market (retail level). By combining these data with food intake data, the dietary intake of T-2/HT-2 by the German consumer was calculated.

## Methods

An enzyme immunoassay (EIA) for the simultaneous determination of T-2/HT-2, gas chromatography with electron capture detection (GC-ECD), and liquid chromatography with mass spectrometric detection (LC-MS/MS) were each optimized and used as the main analytical techniques. Furthermore, liquid chromatography with fluorescence detection (HPLC-FLC) was optimized for T-2/HT-2 in oat-based foods. Detection limits ranged 0.1-1.5 µg/kg per toxin by EIA, GC-ECD, and LC-MS/MS, respectively, and were at about 8 µg/kg per toxin by HPLC-FLD. Methods were validated in-house and by intercomparison studies. The main concentration range of validation was 5-30 µg/kg (sum of both toxins), representing the typical maximum toxin levels in contaminated foods. Excellent agreement was observed between methods and between laboratories, the mean interlaboratory relative standard deviation was  $31 \pm 17\%$ , in a concentration range of 2-170 µg/kg (mean 21 µg/kg).

At total of 3837 food samples from the German retail market were purchased 2006-2008, and analysed for T-2/HT-2. Sampling included all known relevant food categories plus search analyses in several other categories.

## Results

A high percentage (77.1%, n=2957) of positive results were obtained, but toxin (T-2 + HT-2) levels were very low in the vast majority of samples. Only 296 samples contained T-2/HT-2

at levels of  $>10 \mu\text{g}/\text{kg}$ , and maximum levels of  $50\text{-}100 \mu\text{g}/\text{kg}$  were found in a few samples only. The overall median value of all samples was at  $1 \mu\text{g}/\text{kg}$ . In general, samples were typically positive for both toxins, and levels of HT-2 were typically twice as high than that of T-2 on average, although there was little quantitative correlation between both toxins ( $r^2 < 0.5$ ).

As expected, oats and products thereof had the highest frequency and median levels for T-2/HT-2, although the maximum value was relatively low ( $78 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). Other products with higher incidence or higher median/maximum levels included muesli-type breakfast cereal mixes, barley, maize, and cereal snacks. Mean and 90<sup>th</sup> percentile values for products such as oat flakes ( $12.8 \mu\text{g}/\text{kg}$ ;  $35.4 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), cereal mixes ( $1.0 \mu\text{g}/\text{kg}$ ,  $6.0 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), maize meal ( $1.9 \mu\text{g}/\text{kg}$ ,  $13.7 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), and cereal snacks ( $1.7 \mu\text{g}/\text{kg}$ ;  $7.4 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) demonstrate the frequent occurrence of low levels of T-2/HT-2 in cereal products for direct consumption. Wheat, spelt, rye and products thereof (including bread and pasta) were also frequently positive for T-2/HT-2, but at very low levels, with median values around  $1 \mu\text{g}/\text{kg}$ , and maximum values all below  $10 \mu\text{g}/\text{kg}$ . Some edible oils, in particular maize germ oil, also contained T-2/HT-2 at levels up to  $60 \mu\text{g}/\text{kg}$ . Cereal-based foods for infants (6-12 months), mainly products containing oats, were also frequently positive (38-87%), but again at low levels (median  $0.3\text{-}1.5 \mu\text{g}/\text{kg}$ , 90<sup>th</sup> percentile  $0.7\text{-}7.7 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). Beer from barley was also frequently positive at low levels (median  $0.8 \mu\text{g}/\text{kg}$ , 90<sup>th</sup> percentile  $2.0 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), preliminary analyses of barley malt gave a median of  $7.4 \mu\text{g}/\text{kg}$  and a 90<sup>th</sup> percentile of  $16.1 \mu\text{g}/\text{kg}$ .

Results for samples from food categories with relevance concerning the dietary intake of T-2/HT (n=2023) were combined with the respective food intake data. The median and the 90<sup>th</sup> percentile of the toxin levels in each type of food was combined with a low, typical, and high food intake data for these foods as generated in a previous project (ochratoxin A study). The typical food intake data were found to be most plausible after comparison with other food intake data from Germany. By multiplying the median food intake data for a certain type of food with either the median toxin level or the 90<sup>th</sup> percentile of the toxin level for this type of food, a “mean case” and a “bad case” scenario was calculated. The summarized intake of T-2/HT-2 by the German consumer according to these two scenarios are shown in the following table.

## Age-related dietary intake of T-2/HT-2 by the German consumer

Age group	Absolute intake of T-2/HT-2 per kg b.w. and day		Intake expressed as % of the tolerable daily intake (TDI = 60 ng/kg b.w.)	
	Mean case	Bad case	Mean case	Bad case
<b>Children, 4-6 years</b>	<b>12,9</b>	<b>41,8</b>	<b>21,4</b>	<b>69,7</b>
<b>Children, 7-9 years</b>	<b>8,4</b>	<b>27,4</b>	<b>14,0</b>	<b>45,7</b>
<b>Children, 10-&lt;14 years</b>	<b>7,2</b>	<b>23,4</b>	<b>11,9</b>	<b>38,9</b>
<b>Adolescents/young adults, 14-24 years</b>	<b>6,8</b>	<b>20,6</b>	<b>11,3</b>	<b>34,3</b>
<b>Adults, 25-50 years</b>	<b>5,9</b>	<b>17,6</b>	<b>9,8</b>	<b>29,3</b>
<b>Adults, &gt;50 years</b>	<b>6,5</b>	<b>19,2</b>	<b>10,8</b>	<b>32,0</b>
<b>Adults, mean</b>	<b>5,9</b>	<b>17,8</b>	<b>9,8</b>	<b>29,6</b>

Toxin intake of males was 10-25% higher than that of females in most age groups, but intake was also correlated with age. T-2/HT-2 intake in aspects of exhaustion of the TDI was highest in children 4-6 years, but even in this age group the intake was only 21.4% of the TDI in the “mean case”, and only 69.7% of the TDI in the “bad case” scenario. An intake estimate was calculated for infants (6-12 months), for which no relevant and reliable food intake data were available. This estimate indicated that the T-2/HT-2 intake of infants is typically less than 10% of the TDI, while in a bad case scenario the intake could reach the TDI.

## Conclusion

In conclusion, the results of this project demonstrate that it is possible to routinely determine T-2/HT-2 in foods at very low levels around 1 µg/kg. This was necessary to cover the low concentration range of 1 µg/kg - <10 µg/kg, which seems to be typical for positive foods from the German market. In general, the toxin levels in foods from the German market in the years 2006-2008 were low enough to ensure that the dietary intake was well below the TDI in a “normal life” scenario.

Acknowledgements: This study was financially supported by the Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Germany