

Modellierung von Risiken entlang der Lebensmittelkette – Ansatz und Nutzungsmöglichkeiten

Modelling of risks along the food chain – approach and usability

Johann STEINWIDER, Karin MANNER, Daniela MISCHEK und Hans Peter STÜGER

Zusammenfassung

Die Risikobewertung betrachtet bei der Abschätzung von gesundheitlichen Gefahren vor allem verzehrfertige Lebensmittel bezüglich ihrer Schadstoffbelastung. Der Eintrag ins Lebensmittel kann aber wesentlich früher stattfinden. Mit dem Kettenansatz werden die vorangegangenen Stufen der Lebensmittelkette von der Primärproduktion bis zum Konsumenten untersucht. Die Ergebnisse der quantitativen Kettenanalyse bieten Grundlagen für rationale Risikomanagementmaßnahmen in der Produktionskette. Verschiedene Risikomanagementoptionen können ökonomisch analysiert und die beste Maßnahme betreffend der Wirksamkeit auf die Lebensmittelsicherheit und der günstigsten Kostenstruktur ausgewählt werden. Diese Bewertung wird mit einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse durchgeführt.

Schlagerworte: Lebensmittelsicherheit, Kosten-Wirksamkeits-Analyse, Deoxynivalenol, Quantitative Kettenanalyse

Summary

When characterizing health threats, risk assessment mainly focuses on the contamination of ready to eat foods. However, the entry of the contaminant into the product can occur much earlier. Using the food-chain-approach, preceding stages of the food chain – from primary production to the consumer – are analyzed. The results of the quantitative chain analysis provide the basis for rational risk management measures within the production chain. Risk management

Erschienen 2011 im *Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie*, Band 20(1): 171-180. On-line verfügbar: <http://oega.boku.ac.at>

options can be analysed economically and those measures maximizing the effect on food safety whilst minimizing the costs can be identified. This assessment is carried out using cost-effectiveness analysis.

Keywords: food safety, cost-effectiveness analysis, deoxynivalenol, quantitative chain analysis

1. Einleitung

Ziel der Risikobewertung ist es, frühzeitig gesundheitliche Gefahren, die von Lebensmitteln ausgehen können, zu erkennen und zu quantifizieren, um das davon ausgehende Risiko für Mensch, Tier und Pflanze abschätzen zu können. Eine Gefährdung von Konsumenten zu reduzieren, ist das Ziel des Risikomanagements. Dabei gilt es, die wirksamsten und effizientesten Maßnahmen einzusetzen.

Die Risikobewertung von verzehrfertigen Lebensmitteln bezüglich der Schadstoffbelastung betrachtet vor allem die letzte Stufe der Lebensmittelkette. Der Eintrag ins Lebensmittel findet aber meist früher statt. Mit dem Kettenansatz werden alle Stufen der Lebensmittelkette von der Primärproduktion über Transport, Lagerung, Verarbeitung bis zum Konsumenten untersucht.

Im AGES-internen Projekt „Systemanalyse entlang der LM-Kette“ wurden die wesentlichen Aspekte einer solchen Betrachtungsweise untersucht. Neben der inhaltlichen Betrachtung der Lebensmittelkette stand die Nutzung von quantitativen Informationen (Daten der AGES sowie von Verzehrerhebungen, Literatur [vgl. DERSCH et al., 2008; KAPPENSTEIN, 2008; LANCOVA et al., 2008; LEPSCHY VON GLEISSENTHALL et al., 1996; SAMAR et al., 2001], Experteneinschätzungen) im Vordergrund, um quantitative Aussagen tätigen zu können (vgl. EFSA, 2006; VOSE; 2000). Diese quantitative Kettenanalyse (QKA) wurde anhand des Beispiels „DON - Deoxynivalenol in Weizen“ zahlenmäßig konkretisiert.

Darauf aufbauend wurden verschiedene Risikomanagement-Optionen zur DON Exposition des Menschen erstellt und einer ökonomischen Bewertung in Form einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse unterzogen. Dies dient vorerst nur der Illustration des Modellansatzes und keineswegs einer endgültigen quantitativen Analyse des Beispielfalles.

2. Vorgehensweise und Methode

Der Eintrag sowie die Entwicklung der Gefahr in den verschiedenen Stufen der Lebensmittelkette stellen wichtige Punkte in der Analyse dar. Als Ausgangspunkt wurde die Kontamination eines Primärproduktes (c_0) gewählt, welche datenmäßig abgebildet werden kann. Für die Lebensmittelkette wurden relevante Prozesse definiert, die eine Veränderung der Gefahr (c_1 , c_2) bewirken können. Bei der Herstellung von Lebensmitteln aus einem Primärprodukt kann daher eine Gefahr gleich bleiben bzw. vermindert oder angereichert werden. Das verarbeitete Primärprodukt fließt in Folge mit einem bestimmten Anteil ins Endprodukt ein. Beim Konsumenten kommt es durch den Verzehr zu einer Gesamtaufnahme des Schadstoffes. In der folgenden Abbildung 1 ist eine schematische Analyse anhand des Beispiels „DON in Weizen“ dargestellt.

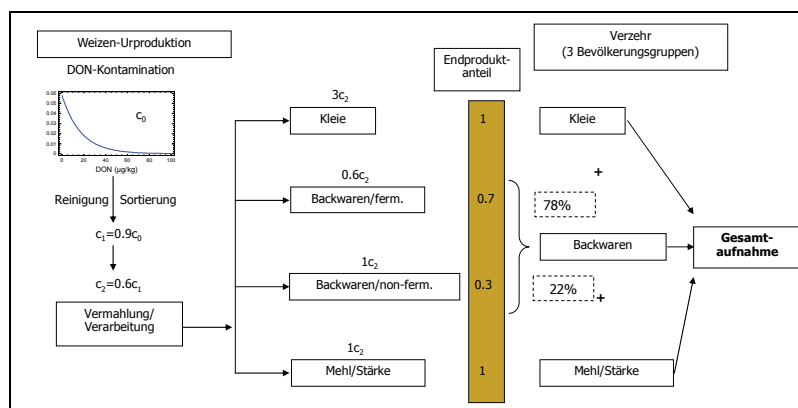


Abb. 1: Modell der Quantitativen Kettenanalyse „DON in Weizen“

Quelle: Eigene Darstellung

Die lineare Verknüpfung von Kontamination, Verarbeitungsfaktoren sowie Verzehr ergibt einen Zielindikator, die Gesamtaufnahme. Anhand dieses Indikators können Niveau und Schwankungsbreiten sowie der Einfluss von technologischen und sonstigen Maßnahmen diskutiert werden.

3. Nutzungsmöglichkeiten

Die QKA liefert für die Produktionskette einen oder mehrere Faktoren, die auf das Niveau des Zielindikators Einfluss haben. Damit ist schon die grundsätzlich operative Zielsetzung einer QKA ausgewiesen, weil sie Grundlagen für rationale Risikomanagementmaßnahmen in der Produktionskette bietet. Im Folgenden sind die verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten aufgelistet:

1. Darstellung der Systemanalyse: Ein besseres Verständnis der Wirkungszusammenhänge und deren Visualisierung sind notwendig, um die interdisziplinäre Diskussion effizient führen zu können.
2. Identifikation wichtiger Einflussfaktoren: Die QKA zeigt, an welchen Punkten das System beeinflusst werden kann, um den Zielindikator zu verbessern.
3. Abschätzung der Unsicherheiten bzw. Schwankungsbreiten von Aussagen: Zwei wesentliche Ursachen bewirken, dass bei einer QKA nicht nur eindeutige Punkt-Aussagen gemacht werden sollten: a) Variabilitäten z.B. bei Schadstoffbelastungen des Primärproduktes sowie beim Verzehr und b) Unsicherheiten durch Annahmen und Experteneinschätzungen. Eine seriöse QKA muss deshalb den resultierenden Vertrauensbereich für die Endaussagen angeben. Damit ergeben sich Detailfragen hinsichtlich der Schwankungsbreite der Endergebnisse, der Worst-Case-Bereiche (95%-, 99%-Perzentil, Maximum), der größten Unsicherheitsfaktoren sowie Auswirkung von Datenerhebungen auf die Unsicherheit.
4. Quantifizierung von Wirksamkeit und Effizienz: Der Effekt einer Maßnahme kann mittels des Zielindikators zahlenmäßig beschrieben werden. Wird zusätzlich der Aufwand für die Maßnahme mitberücksichtigt, ergibt sich ein Maß für die Effizienz dieser Maßnahme. Die QKA kann somit im Vorfeld zur Evaluierung einer Risikomanagementmaßnahme genutzt werden.
5. Vergleich von Handlungsalternativen: Der Vergleich verschiedener Maßnahmen innerhalb der Lebensmittelkette lässt sich entweder nur über den Zielindikator (Wirksamkeitsvergleich) oder auch über den erforderlichen Aufwand (Effizienzvergleich) durchführen.
6. Beurteilung einer Kombination von Maßnahmen: Eine nennenswerte Gesamtreduktion eines Indikators kann durch Zusammenführung mehrere Einzelmaßnahmen erfolgen.

7. **Kostenoptimierung von Maßnahmen:** Für eine hohe Effizienz von Maßnahmen lassen sich mit einer QKA Überlegungen anstellen, wenn beispielsweise ein bestimmter Zielwert angestrebt wird.

In das quantitative Modell fließen sowohl Variabilität aus Datenbeständen (hauptsächlich Auftretens- und Verzehrdaten) als auch die Unsicherheit, welche in Aussagen aus der Literatur bzw. in Experteneinschätzungen steckt, ein. Die Verteilung des Zielindikators lässt sich im Regelfall nicht mehr analytisch bestimmen, kann aber durch Simulationsmethoden ermittelt werden. Durch Sensitivitätsanalysen lässt sich der Einfluss von Input-Verteilungen auf die Schwankung des Endergebnisses quantitativ beurteilen.

4. Ökonomischer Vergleich von Maßnahmen

Aus der Sicht des Risikomanagements kommen Aufwands- bzw. Kostenüberlegungen wichtige Rollen zu. Für den volkswirtschaftlichen Vergleich von verschiedenen Maßnahmen zur Reduktion von unerwünschten Kontaminationen wird eine Kosten-Wirksamkeits-Analyse durchgeführt. Die Kosten-Wirksamkeits-Analyse ist wie die Kosten-Nutzen-Analyse ein Verfahren zur vergleichenden Bewertung von Objekten oder Handlungsalternativen. Wenn der Nutzen zwar gemessen, aber nicht monetär bewertet werden kann, wird aus der Kosten-Nutzen-Analyse eine Kosten-Wirksamkeits-Analyse. Gewählt wird diejenige Handlungsalternative, bei der entweder für einen vorgegebenen Nutzwert die geringsten Kosten anfallen oder bei der ein vorgegebener Kostenrahmen die höchste Wirksamkeit erzielt (vgl. GABLER VERLAG, 2010; HEINRICHSMEYER und WITZKE, 1994, 322).

4.1 Kosten-Wirksamkeits-Analyse

Die QKA verknüpft Kontamination ($\mu\text{g/g}$ Lebensmittel), Verarbeitungsfaktoren sowie Verzehr (vgl. Abbildung 1). Die Exposition ($\mu\text{g DON-Aufnahme/Tag}$) wird mit der toxikologischen Kennzahl „tolerierbare Tagesaufnahme“ (TDI [tolerable daily intake]: $1\mu\text{g DON/kg Körpergewicht/Tag}$) verglichen. Die durchschnittliche tägliche Aufnahme liegt zwar unter dem TDI, jedoch liegt ein Teil der Bevölkerung durch die Schwankungsbreite der Expositionsverteilung über dem TDI. Eine 10%-Punkte TDI-Überschreitung bei Vorschülern

(berechnet mit einem Durchschnittswert von 20 kg Körpergewicht) bedeutet, dass etwa 10% der Vorschüler mehr DON aufnehmen, als im TDI festgelegt (siehe Abbildung 3).

Ziel ist es, diese TDI-Überschreitungen durch verschiedene Maßnahmen zu reduzieren (Wirksamkeit des Zielindikators). Die einzelnen Maßnahmen (M_n) werden mit Kosten bewertet. Bei der Berechnung der Kosten werden nur jene Kosten herangezogen, die zusätzlich durch diese Maßnahme anfallen.

Die Kombination der Ergebnisse aus dem Systemmodell DON und dem Ökonomischen Modell ergibt das Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis der Maßnahmen (siehe Abbildung 2).

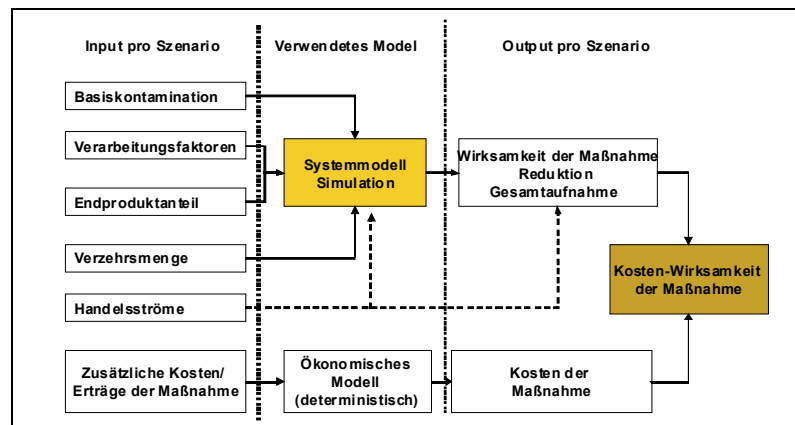


Abb. 2: Kosten-Wirksamkeitsmodell

Quelle: Eigene Darstellung

Die Kosten (K) errechnen sich aus den zusätzlichen Kosten (ΔK) pro Maßnahme (M_n) bezogen auf eine Einheit (Fläche (A) in ha, Gewicht (M) in t, Chargen (N_c)). Berechnet werden die Kosten für die gesamte österreichische Produktionsfläche, wobei zu berücksichtigen ist, dass sich die Maßnahmen nur auf einen Teil der Fläche beziehen können.

$$K = \Delta K * A \quad \text{bzw.} \quad K = \Delta K * M + K / N_c$$

Die Kosten werden in Relation zur Wirksamkeit (W) gesetzt und ergeben als Maßzahl das Kosten-Wirksamkeitsverhältnis (KW):

$$KW_1 = \frac{\Delta K_1}{W_1}$$

Die kosten-wirksamste Maßnahme ist jene mit den geringsten Kosten bezogen auf die Wirksamkeit in Form der Reduktion der DON-TDI-Überschreitungen. Um gewünschte Reduktionsziele zu erreichen, können verschiedene Maßnahmen kombiniert werden.

4.2 Ergebnisse des Modellansatzes

Zur Illustration des Modellansatzes werden die Ergebnisse der QKA mit den zusätzlichen Kosten der einzelnen Maßnahmen verknüpft. Ergebnis ist das Kosten-Wirksamkeitsverhältnis als Verhältnis zwischen zusätzlichen Kosten zur Reduktion der TDI-Überschreitungen. Die Kosten der einzelnen Maßnahmen werden aus Daten der STATISTIK AUSTRIA (2009), der AGRARMARKT AUSTRIA (2009) und des BMLFUW/LFI (2008) abgeleitet und berechnet.

Da Vorschüler aufgrund ihres geringen Körpergewichtes eine besonders sensible Bevölkerungsgruppe im Hinblick auf die DON-Aufnahme darstellen, wird diese Bevölkerungsgruppe zur Bewertung verschiedener Alternativen zur Reduktion von DON-TDI-Überschreitungen herangezogen.

Abbildung 3 stellt die zusätzlichen Kosten der einzelnen Maßnahmen, die Reduktion der TDI-Überschreitungen sowie das Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis im Vergleich zum Referenzmodell dar. Es wurden in der Literatur beschriebene wirksame Maßnahmen in das Modell einbezogen (vgl. DERSCH et al, 2008; KAPPENSTEIN, 2008; LANCOVA et al., 2008; LEPSCHY VON GLEISSENTHALL et al., 1996; SAMAR et al. 2001). Aufgrund der hohen DON-Werte in der Kleie wurde der „Verzicht auf Kleie“ als Maßnahme überlegt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Maßnahme „Kontrolle inklusive Kleie“ eine hohe Wirksamkeit hat und eine sehr günstige Maßnahme darstellt. Die Maßnahme „Kein Kleiekonsum“ ist kostenwirksamer, ist aber keine realistische Option, da Kleie ein wichtiger Bestandteil ballaststoffreicher Ernährung ist.

„Resistente Sorten“ ist eine Maßnahme der Urproduktion und erzielt eine gute Wirksamkeit. Hier liegt jedoch eine Unsicherheit hinsichtlich der für den nationalen Lebensmittelkonsum notwendigen Produktionsflächen sowie der Ex- und Importe vor.

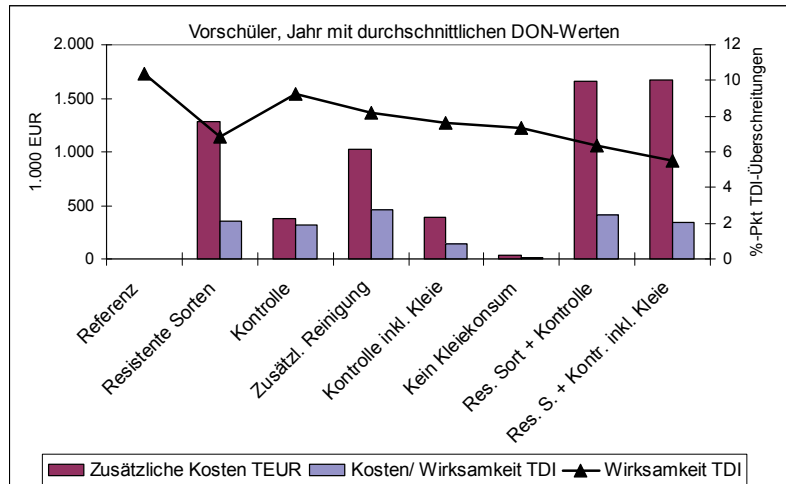


Abb. 3: Darstellung der Kosten, der Reduktion der TDI-Überschreitungen in % und der Kosten-Wirksamkeit einzelner Maßnahmen
Quelle: Eigene Darstellung

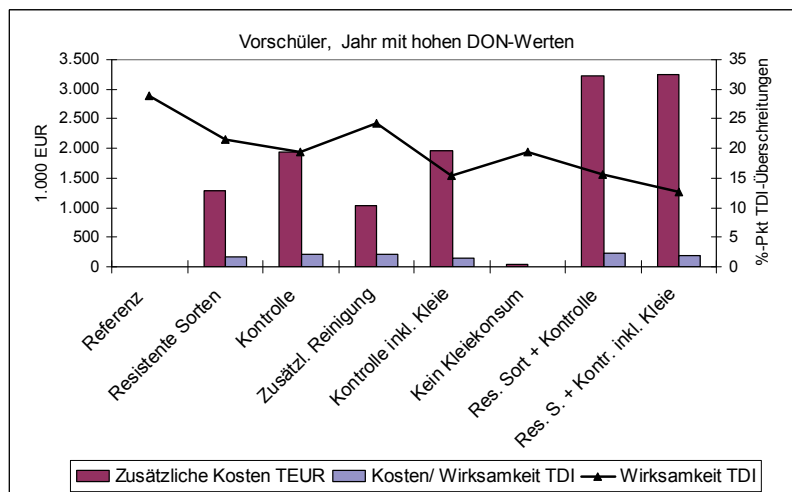


Abb. 4: Darstellung der Kosten, Reduktion der TDI-Überschreitungen in % und Kosten-Wirksamkeit einzelner Maßnahmen in einem Jahr mit hohen DON-Werten.
Quelle: Eigene Darstellung

Die Maßnahme „Kontrolle“ der Weizenanlieferung scheint hier bei den zusätzlichen Kosten günstig auf, hat aber eine vergleichsweise geringe

Wirksamkeit. In Jahren mit hohen DON-Werten verbessert sich die Wirksamkeit der Maßnahme „Kontrolle“, es steigen aber auch die Kosten aufgrund vermehrter Weizenabwertungen (siehe Abbildung 4). Eine Kombination der Maßnahmen führt zu einer Verbesserung der Wirksamkeit aber auch zu einem starken Anstieg der Kosten. Die Ergebnisse bestätigen sich auch in Jahren mit hohen DON-Werten. Dabei kommt es zu Verschiebungen der Wirksamkeit einzelner Maßnahmen. Kostenwirksame Maßnahmen von durchschnittlichen DON-Jahren bleiben auch in Jahren mit hohen DON-Werten günstig (siehe Abbildung 3 und Abbildung 4).

5. Diskussion und Schlussfolgerung

Durch die Modellierung von Risiken mithilfe des Systemmodells Lebensmittelkette können Gefahren in Lebensmitteln dargestellt, Einflussfaktoren identifiziert und die Risiken berechnet werden. Die Ergebnisse können durch die Erweiterung mit einer ökonomischen Analyse in Form einer Kosten-Wirksamkeitsanalyse an Aussagekraft gewinnen. Die Höhe der Kosten sowie die Kostenwirksamkeit sind nicht als Absolutmaß anzusehen sondern dienen dem Vergleich verschiedener Reduktionsmaßnahmen. Die Unterschiede sind aber deutlich genug, um günstige Maßnahmen erkennen zu können.

Es sollen Maßnahmen gesetzt werden, die wirksam und effizient sind. Bei der vorhandenen Datenlage bleiben Unsicherheiten bestehen. Günstige Reduktionsmaßnahmen müssten mit weiteren Daten untermauert werden, um diese Unsicherheiten zu verringern.

Die Kombination der Lebensmittelkettenanalyse mit der Kosten-Wirksamkeitsanalyse verbessert die Bewertung von Risikomanagementmaßnahmen.

Literatur

AGRARMARKT AUSTRIA (2009): Marktbericht der AgrarMarkt Austria für den Bereich Getreide und Ölsaaten. 7. Ausgabe 2009. Wien.

BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft) / LFI (Ländliches Fortbildungsinstitut) (2008): Deckungsbeiträge und Daten für die Betriebsplanung 2008, 2. Auflage. URL: <http://www.agraroekonomik.at/index.php?id=standarddb&G=1>

DERSCH, G., ADLER, A., GELDER, H., LEMMENS, H., LIEBHARD, P., OBERFORSTER, M., ÖHLINGER, R., PLANK, M., SCHLEICHER, C., STÜGER, H. P. und ZWATZ, E. (2008):

- Strategien zur Minimierung einer Fusariuminfektion bzw. Mykotoxinbelastung bei Getreide und Mais durch pflanzenbauliche Maßnahmen im Kontext mit einer Risikobewertung sowie des Risikomanagements bei der Getreideübernahme in den Anbauregionen Österreichs. Endbericht des Forschungsprojektes. Wien: BMLFUW (www.dafne.at).
- EFSA (European Food Safety Authority) (2006): Guidance of the Scientific Committee on a request from EFSA related to Uncertainties in Dietary Exposure Assessment. *EFSA Journal* 5, 1, 438, S. 1-54.
- GABLER VERLAG (2010): Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Kosten-Wirksamkeits-Analyse, online 13.09.2010. URL: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/10431/kosten-wirksamkeits-analyse-v6.html>
- HEINRICHSMEYER, W. und WITZKE, H. P. (1994): Agrarpolitik Band 2: Bewertung und Willensbildung. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag.
- KAPPENSTEIN, O. (2008): Bestimmung von Fusarientoxinen in Lebensmitteln. Dissertation an der Technischen Universität Berlin. Berlin.
- LANCOVA, K., HAJŠLOVA, J., KOSTELANSKA, M., KOHOUTKOVA, J., NEDELNIK, J., MORAVCOVA, H. und VANOVA, M. (2008): Fate of trichothecene mycotoxins during the processing: milling and baking. *Food Addit Contam* 25, 5, S. 650-659.
- LEPSCHY VON GLEISSENTHALL, J. und SUS, A. (1996): Verteilung des Trichothecenmycotoxins Deoxynivalenol bei der Vermahlung von Weizen. *Getreide, Mehl und Brot*, 50, S. 340-342.
- SAMAR, M. M., NEIRA, M. S., RESNIK, S. L. und PACIN, A. (2001): Effect of fermentation on naturally occurring deoxynivalenol (DON) in Argentinean bread processing technology. *Food Addit Contam* 18, 11, S. 1004-1010.
- STATISTIK AUSTRIA (2009): Versorgungsbilanzen für pflanzliche Produkte 2008/09. Schnellbericht 1.27 (URL: www.statistik.at).
- VOSE, D. (2000): Risk Analysis – a quantitative guide. Chichester: John Wiley & Sons.

Anschrift der Verfasser

*DI Johann Steinwider, DI Karin Manner, Mag. Daniela Mischek und Dr. Hans Peter Stüger
Bereich „Daten, Statistik und Risikobewertung“, Graz/Wien
Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES)
Spargelfeldstraße 191, 1220 Wien, Austria
Tel.: +43 50555 25701
eMail: johann.steinwider@ages.at, karin.manner@ages.at,
daniela.mischek@ages.at, hans-peter.stueger@ages.at*