

Lebensmit

Risikoanalyse und mikrobiologische Risikobeurteilung

Marc Mühlemann*, Robert Aebi**, Georges Bühlmann* und Melchior Schällibaum*

*Eidgenössische Forschungsanstalt für Milchwirtschaft (FAM), Liebefeld, Schwarzenburgstrasse 161, CH-3003 Bern

**Pôle européen de gestion et d'économie, Université Louis Pasteur, 61 avenue de la Forêt Noire, F-67085 Strasbourg Cedex

Auskünfte: Marc Mühlemann, E-Mail: marc.muehlemann@fam.admin.ch, Tel. +41 (0)31 323 82 55, Fax +41(0)31 323 82 27

Zusammenfassung

Der vorliegende Artikel gibt eine Einführung in das Konzept der mikrobiologischen Risikoanalyse gemäss Codex Alimentarius sowie in die Risikobeurteilung. Besondere Aufmerksamkeit werden einerseits dem sogenannten Triangel der Infektionskrankheiten von Erregern aus Lebensmitteln und andererseits verschiedenen Ansätzen der Risikobeurteilung in der Praxis gewidmet. Eine Darstellung der Dynamik der Bewältigung von Risiken wird vorgeschlagen und die Vorteile der Erhebung und Berücksichtigung kausaler Zusammenhänge in der Risikobeurteilung «von der Heu- bis zur Essgabel» werden aufgezeigt.

Komponenten der Risikoanalyse

Nahrungsmittelbedingte Erkrankungen durch pathogene Mikroorganismen treten weltweit auf. Mit der Globalisierung des Lebensmittelhandels erwachsen Bedürfnisse nach einer einheitlichen und wissenschaftlich fundierten Praxis zur Beurteilung der Lebensmittelsicherheit. Voraussetzung ist, dass Risiken gemessen und verglichen werden

können. Das System der Risikoanalyse (Terminologie gemäss Codex Alimentarius, unser Vorschlag wäre Risikobewältigung) mit den Komponenten Risikobeurteilung, Risikomanagement und Risikokommunikation wird als das hierzu geeignete Instrument anerkannt und gefordert. Die Anwendung der Risikoanalyse im mikrobiologischen Bereich ist relativ neu. Einfach ausgedrückt beschäftigen sich die

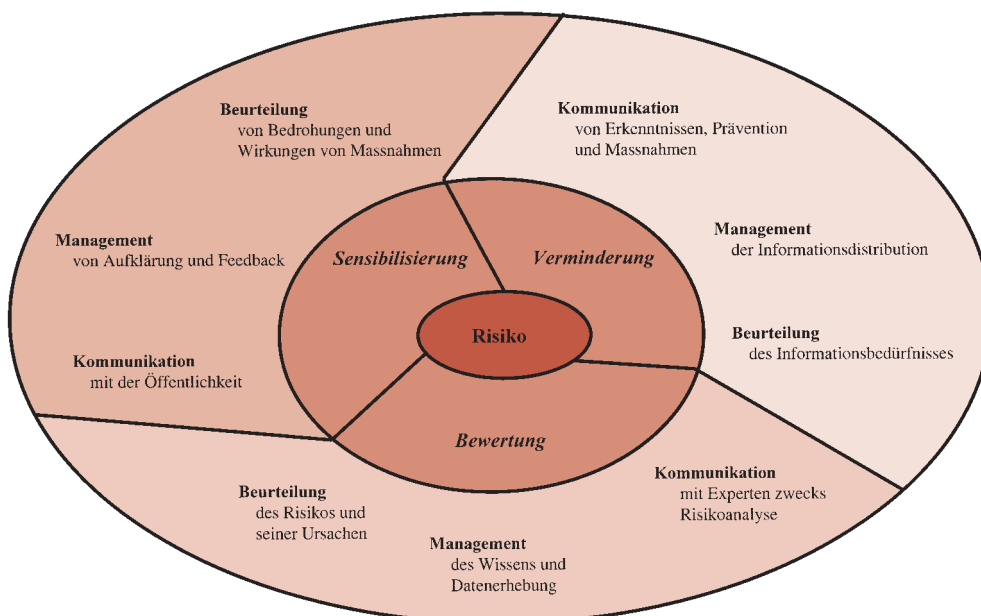
Risikobeurteilung mit dem Messen von Risiko und der Identifizierung von Faktoren, die das Risiko beeinflussen, das *Risikomanagement* mit der Entwicklung und Anwendung von Strategien, die das betreffende Risiko kontrollieren und die *Risikokommunikation* mit dem Informationsaustausch über das betreffende Risiko zwischen den interessierten Parteien. Die Dynamik der Bewältigung von Risiken durchläuft aus unserer Sicht die Phasen Sensibilisierung, Bewertung und Verminderung. Jede dieser drei Phasen wiederum besteht aus den Aktivitäten Beurteilung, Management und Kommunikation, siehe Abbildung «Rad der Risikobewältigung» (Abb. 1).

Der Prozess der Risikoanalyse setzt Kommunikation zwischen Wissenschaftlern, Managern und anderen Betroffenen voraus, entwickelt sich durch den Input (neuer) wissenschaftlicher, gesetzlicher und öffentlicher Aspekte und berücksichtigt bestehende Normen und Gesetze. Aufgrund der fachlich, funktionell und institutionell übergreifenden Ansprüche der Risikobeurteilung ergibt sich, dass nur interdisziplinäre, interinstitutionelle und pro-aktive Ansätze erfolgversprechend sind.

Die Risikobeurteilung

Risikobeurteilung steht in Beziehung zu vielen Bereichen und kann deshalb verschiedene Ausprägungen und Schwerpunkte haben (Abb. 2). Die Risikobeurteilung ist die wissenschaftliche

Abb. 1. Rad der Risikobewältigung.



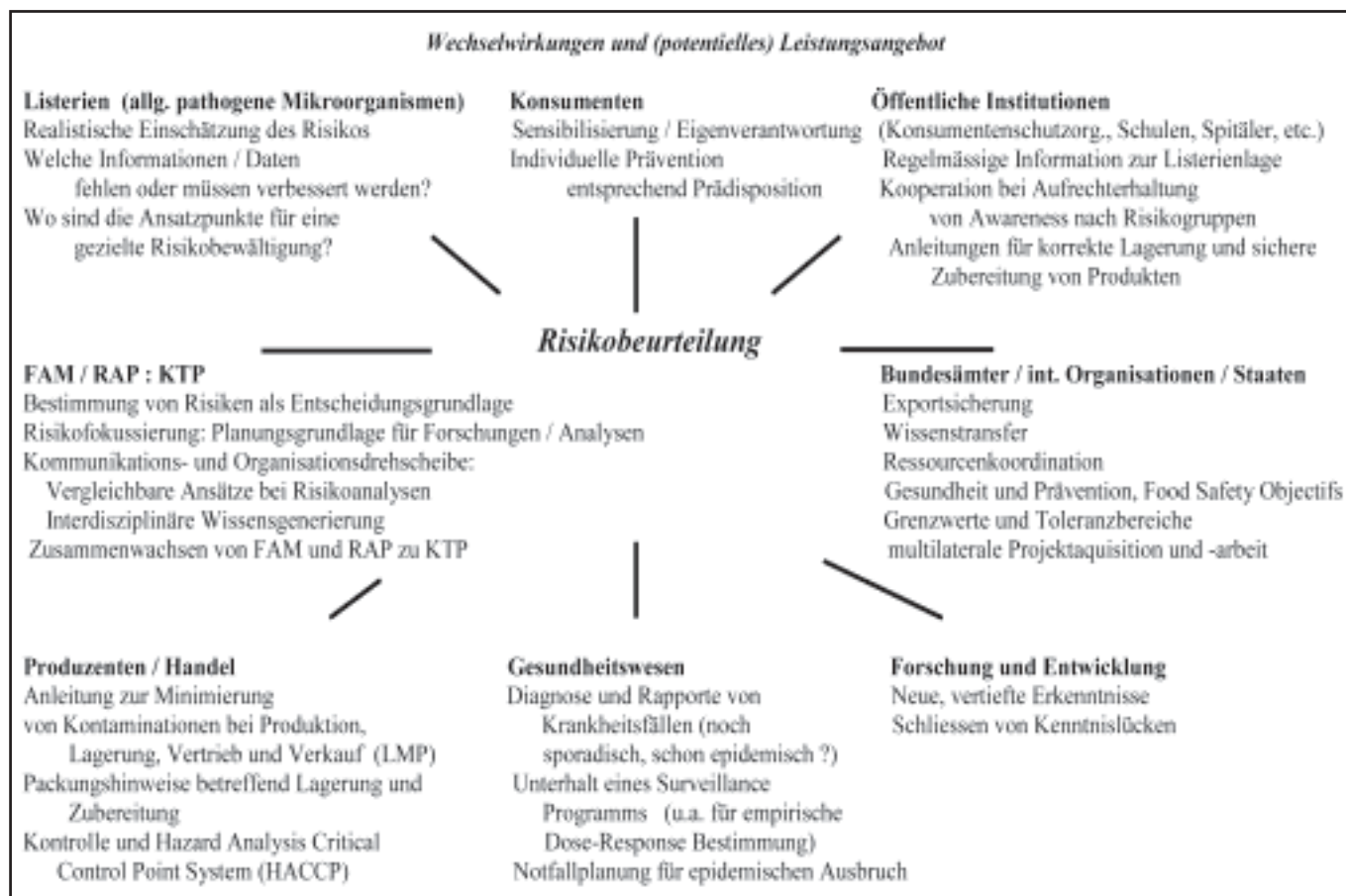


Abb. 2. Stern der Risikobeurteilung.

Basis der Risikoanalyse. Risikobeurteilung beinhaltet die *Identifizierung der Gefahr*, die *Beurteilung der Exposition*, die *Charakterisierung der Gefahr* mit Beurteilung der Dosis-Wirkung-Beziehung sowie die *Risikocharakterisierung*.

Die *Identifizierung der Gefahr* dient hauptsächlich dazu, eine Verbindung zwischen dem (biologischen) Agens, seinem Vorkommen in Nahrungsmitteln und Krankheitsfällen unter Konsumenten herzustellen, also um das Auffinden einer Ursache-Wirkung-Beziehung zu ermöglichen. Probleme ergeben sich insbesondere bei unbekanntem Gefahren und in der Früherkennung.

Die *Beurteilung der Exposition* beinhaltet die Abschätzung der Wahrscheinlichkeit, dass ein Individuum oder eine (Teil-)Population einer Gefahr ausgesetzt ist. Hierzu sind Informationen nötig wie:

- Frequenz und Höhe der Kontamination im Rohprodukt (beide Angaben sind im Falle mikrobiologischer Gefahren nötig, weil diese in Nahrungsmitteln heterogen vorliegen)
- Konsumgewohnheiten wie die Grösse der servierten respektive konsumierten Portion
- Effekte der Verarbeitung, Verteilung, Handhabung, Lagerung und Zubereitung von Le-

bensmitteln auf die Mikroorganismen

- Das Potential der Mikroorganismen, sich in einem Nahrungsmittel zu vermehren, zu überleben oder abzusterben

- Vermischen und Verarbeiten von Lebensmitteln können zu Aufkonzentration oder Verdünnung mikrobieller Gefahrenquellen führen. Risikogruppen oder Teilpopulationen sollten aufgrund verschiedener Essgewohnheiten und verschiedener Empfindlichkeit gesondert betrachtet werden.

Wird Risikobeurteilung im Zusammenhang mit dem internationalen Handel durchgeführt,

sind regionale und nationale Differenzen der Exposition zu beachten. Auch müssen unterschiedliche Messmethoden, Probenahme-Techniken und mathematische/statistische Methoden berücksichtigt werden.

Ziel der *Charakterisierung der Gefahr* ist eine Abschätzung von Natur, Schweregrad und Dauer schädlicher Gesundheitsauswirkungen. Die Wirkung eines pathogenen Mikroorganismus in einer Population ist sehr variabel und abhängig von Interaktionen zwischen Wirtsorganismus, pathogenem Mikroorganismus und der Nahrungsmittelmatrix. Diese Interaktionen werden als Triangel der Infektionskrankheiten (infectious disease triangle) bezeichnet. Um diesen Triangel zu beurteilen ist es wichtig zu verstehen, wie ein pathogener Mikroorganismus Krankheit auslöst:

Erreger von lebensmittelbedingten Infektionskrankheiten zeigen typischerweise einen dreistufigen Prozess, der mit der Anzahl aufgenommener lebender Zellen beginnt, über deren Verbleib in bestimmten Kompartimenten des Darmtraktes führt und in der Invasion des Darmepithels (Gastroenteritis) oder des Körpers (Bakteriämie) endet.

Toxiinfektiöse Mikroorganismen wirken ähnlich, nur dass sie im Gastrointestinaltrakt verbleiben, wo sie Toxine produzieren oder aussondern, die dann ihrerseits bestimmte Stellen des Darmepithels oder innerhalb des Körpers negativ beeinflussen.

Toxigene Mikroorganismen verursachen Krankheiten, indem sie Toxine in Nahrungsmitteln vor deren Verzehr produzieren. Ihre Dosis-Wirkung-Beziehung entspricht essentiell derjenigen von Chemikalien. Ausnahmen mit Kolonisation des Intestinaltraktes und anschliessender Toxinproduktion bestehen.

Das Ausmass mikrobieller Kontamination in der Nahrungsmittelmatrix kann sich durch Vermehrung oder Absterben der Mikroorganismen kurzfristig drastisch ändern. Dies erschwert die nachträgliche Beurteilung des Ausmasses der Kontamination, wenn nicht Lagerungs- und Verarbeitungsbedingungen lückenlos überwacht wurden. Das Problem verschärft sich mit toxischen Mikroorganismen. Nahrungsmittel können Säureadaption von pathogenen Mikroorganismen induzieren. Induzierte Säureresistenz erhöht die Wahrscheinlichkeit deren Passage durch den Magen und den oberen Verdauungstrakt. Allgemein kann Stressadaption die Virulenz von Mikroorganismen steigern. Nahrung, die zu einem pH-Anstieg im Magen oder zu verkürzter Aufenthaltszeit führt, erhöht ebenfalls die Wahrscheinlichkeit der Passage. Fetthaltige Nahrung sowie der schnelle Durchlauf von Flüssigkeiten durch den leeren Magen können Mikroorganismen vor Magensäure schützen.

Wirtsorganismen, also Individuen, variieren in ihrer Empfindlichkeit gegenüber einem pathogenen Mikroorganismus viel stärker als zum Beispiel gegenüber nicht kanzerogenen chemischen Substanzen. Der individuelle Immunstatus kann von «hochresistent» zu «extrem anfällig» reichen, was auf Unterschiede in genetischer Veranlagung, Gesundheits-, Immun- und Ernährungszustand, Alter und Stress zurückzuführen ist. In Fällen grosser Serotypendiversität oder bei ausschliesslicher Präsenz des Mikroorganismus im Intestinaltrakt scheint Immunität aber eine geringe Bedeutung zu haben. Risikopopulationen müssen auf Prädispositionen hin überprüft und gesondert betrachtet werden. Als Prädispositionen kommen insbesondere Herz- und Nierenkrankheiten,

Diabetes, (Blut)-Krebs, HIV⁺, AIDS, Chemotherapie und die Einnahme von Medikamenten zur Neutralisierung der Magensäure oder zur Unterdrückung von Immunreaktionen in Frage.

Die Dosis-Wirkung-Beziehung ist wichtigster Bestandteil der Charakterisierung der Gefahr. Ziel ist, die gesammelten Informationen zu einer quantitativen Aussage zu verdichten. Hierzu müssen die Informationen auf ihre Vergleichbarkeit/Kombinierbarkeit überprüft werden, um sie gegebenenfalls in einem mathematischen Modell zu verrechnen. Üblicherweise werden heutzutage mathematische Modelle ohne minimale infektiöse Dosis der pathogenen Mikroorganismen verwendet, die die sigmoide Form der Dosis-Wirkung-Beziehung wiedergeben. Es wird bezweifelt, dass Grenzwerte bezüglich der infektiösen Dosis von pathogenen Mikroorganismen existieren. Man nimmt an, dass ein einziger pathogener Mikroorganismus eine bestimmte Wahrscheinlichkeit hat, Erkrankung auszulösen - Wahrscheinlichkeit, die positiv korrelieren kann mit der Aufnahme einer steigenden Anzahl Mikroorganismen.

Die *Risikocharakterisierung* ist die letzte Komponente der Risikobeurteilung. Sie stellt die Integration von Exposition und Dosis-Wirkung-Beziehung dar und gibt die Wahrscheinlichkeit wieder, mit der ein Individuum oder eine (Teil-)Population negative gesundheitliche Effekte verschiedener Schweregrade aufgrund der Präsenz einer Gefahrenquelle in einem Nahrungsmittel erfahren wird. Die Risikocharakterisierung beinhaltet eine Beschreibung der biologischen Variabilität und der durch Wissensmangel bedingten Unsicherheit. Hierbei resultiert Variabilität vor allem aus individuellen Unterschieden bei Mik-

ro- und Wirtsorganismen. Auch die variierende Ausführung von Prozessschritten in der Produktion steigert die Variabilität. Unsicherheit hingegen geht primär auf Wissenslücken zurück. Beispiel hierfür ist insbesondere die Auswahl des mathematischen Modells (hypothetische Verteilung), das eine bestimmte, gegebene Situation beschreiben soll. Naturgemäss steigert auch das Modellieren von Expertenmeinungen (Annahmen) die Unsicherheit. Sie kann über verbesserte Information (Forschung) verkleinert werden. Variabilität und Unsicherheit sollten getrennt beschrieben werden.

Es gibt zahlreiche Ansätze zur Beurteilung von Risiken, die je nach Fragestellung gezielt einzusetzen sind. Aus dem angelsächsischen Umfeld kommend gewinnen die quantitativen Risikobeurteilungen immer mehr an Einfluss: Sobald sich ein Risiko in einer Zahl manifestiert, lassen sich auch Entscheidungen besser legitimieren. Doch bis es soweit ist, braucht es ein analytisches Modell und Daten, womit wir auch schon bei den wesentlichen Schwierigkeiten sind, die eine quantitative Risikobeurteilung mit sich bringt: Modellierung von der Heu- zur Essgabel und die damit zusammenhängende Komplexität des Modells, die Beobachtbarkeit und Verfügbarkeit von Daten in ausreichender Qualität, die Kausalität von Ursache und Wirkung sowie die Anwendbarkeit.

Gefahren von der Heu- bis zur Essgabel und daraus resultierende Risiken für den Konsumenten zu beurteilen ist das Ziel jedes Ansatzes zur integralen Risikobeurteilung. Nur so kann dem Konsumenten auch ein Dienst erwiesen werden. Da ein Lebensmittel über die Stufen Produktion, Lagerung, Distribution, Verkauf und Konsum in den Verdauungsapparat des Konsumenten gelangt, besteht eine in-

tegrale Risikobeurteilung aus einer Abfolge von Submodellen, bei denen der Output des vorangehenden den Input des nachfolgenden Submodels bildet. Wichtig bei diesem Vorgehen ist, jeden Submodell-Output mit der Realität dieser Stufe abzugleichen, also nicht das propagierte «predictive modelling» sondern eher ein «confirmative modelling» zu betreiben.

Alle uns bekannten integralen Risikobeurteilungsmodelle leiden darunter, dass für ihre Anwendung Daten von ganz verschiedener Herkunft verwendet werden müssen. Dies ist nicht weiter verwunderlich, kreuzt doch der Lebenszyklus eines Lebensmittels ganz verschiedene Kompetenzbereiche. Wir schlagen eine Informationsplattform in Gestalt einer Risikotanne vor, in deren Vertikalen der Lebenszyklus des Lebensmittels über die verschiedenen Stufen dargestellt ist und deren Geäst die stufenspezifischen (negativen) Einflüsse darstellt (Details finden sich im anschliessenden Artikel über Risikobeurteilung für *L. monocytogenes* in Schweizer Rohmilch-Emmentaler Käse). Eine solche Informationsplattform gibt den Stufenexperten die Möglichkeit, zu erkennen, welche Daten in welcher Qualität benötigt werden, um die Kontamination (hazard) des Lebensmittels über die einzelnen Stufen hinweg zuverlässig zu modellieren (propagation of hazard).

Die Datenlage an sich ist gar nicht so schlecht, zumindest was transversale Beobachtungen, das heisst Beobachtungen zu einem festen Zeitpunkt anbelangt: Aufgrund von Lebensmittelproben ist die stufenspezifische Kontamination soweit bekannt, ebenso stellt das Vorkommen der Mikroorganismen kein allzu grosses Geheimnis dar. Nahezu unbekannt sind aber longitudinale Geschehnisse: Welche Vorkommen

von Mikroorganismen und welche Umstände beziehungsweise Umgebungen tragen wieviel zu einer gewissen (erhöhten) Kontamination bei? In andern Worten: Die Fortpflanzung der Kontamination entpuppt sich als das eigentliche Problem der Risikobeurteilung. Konventionelle, weit verbreitete Risikobeurteilungsmodelle «verstecken» dieses Problem «im mathematischen Teil», das heisst sie nehmen an, dass a priori und a posteriori Wahrscheinlichkeiten aus berechenbaren Verteilungen stammen, was die Berechnung der Fortpflanzung der Kontamination mit sehr wenigen Daten möglich macht. Der Ansatz der Risikotanne will diesen entscheidenden Punkt genau geklärt haben: Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit für eine Kontamination, falls ein bestimmtes negatives Ereignis eintritt?

Wir stellen fest, dass es für eine zuverlässige quantitative Risikobeurteilung ein geeignetes Modell und unzweifelhafte Daten braucht, wobei diese beiden Zutaten nicht unabhängig voneinander sind. Es ist unverzichtbar, dass jene, die die Daten erheben, genau verstehen, welche Daten warum ins Modell eingegeben werden müssen. Ein abschreckendes Beispiel ist die grosse Untersuchung der FDA zu Listerien in Lebensmitteln in den USA. Wiederholt versuchen die Autoren Informationen zu Konsum- und Aufbewahrungsgewohnheiten von Lebensmitteln aus allgemeinen Survey Daten herauszulesen, die diese aufgrund ihrer Erhebungsart gar nicht enthalten können. Ein gelungenes Beispiel – allerdings nur für eine Stufe des Lebensmittelzyklus – ist die Inspektion der Lebensmittelbetriebe eingeführt von den schweizerischen Kantonschemikern: Das Beurteilungsschema, erfolgreich in Kraft seit dem 1.1.2001, ist so einfach, dass es alle Beteiligten leicht durchschauen und die Resultate

gute Akzeptanz finden. Die Autoren schreiben: «...muss es praxisbezogen sein; das Konzept stützt sich nicht auf komplizierte Risikotheorien ab, sondern auf pragmatische Gefahrenbeurteilungen in der Praxis...» Die Beurteilung wäre allerdings der Wahrheit näher, wenn der kausale Zusammenhang zwischen den Beurteilungsbereichen berücksichtigt werden könnte. Mit dieser Weiterentwicklung könnte gezeigt werden, wie gross der Erfolg der Risikobeurteilung wird, wenn diejenigen, die Daten erheben und diejenigen, die Modellieren, gut zusammenarbeiten.

Die Berechnung von Risiken

Der Codex Alimentarius definiert Risiko als Funktion der Wahrscheinlichkeit eines gesundheitsschädigenden Effektes und dessen Schweregrad aufgrund der Präsenz einer Gefahrenquelle in einem Lebensmittel. Eine Konkretisierung lautet: Das Risiko eines Phänomens (z.B. Listerienkontamination) ist die Summe aller negativen, materiellen Konsequenzen der Ausprägungen dieses (gesundheitsschädigenden) Phänomens gewichtet mit der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens. Beide Definitionen ermöglichen die Reduktion von Risiko einerseits über die Reduktion der Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines unerwünschten Ereignisses und andererseits über die Reduktion dessen Schweregrades.

Berechnungen des Verhaltens von Mikroorganismen mittels Integral- und Differentialfunktionen stossen schnell auf mathematische Schwierigkeiten. Aus diesen Gründen gewinnt der Ansatz über die Wahrscheinlichkeitsrechnung an Bedeutung. Der Begriff «Risiko» nach Codex Alimentarius kann nicht durch einen isolierten Punkt dargestellt werden. Eine Wahrscheinlichkeitsverteilungs-

Funktion wird dem Begriff eher gerecht, indem die Funktion Spanne und Variabilität des Risikos veranschaulicht.

Die Monte Carlo Simulation liefert eben diese Verteilungsfunktionen anstelle von Einzelwerten. Hier entspricht die zufällige Selektion von Werten aus den Input-Verteilungsfunktionen einem hypothetischen, jedoch möglichen Szenario. Durch häufige und zufällige Wiederholung der Berechnung mit Hilfe spezieller EDV-Programme wird letztendlich die Darstellung von negativen Effekten und deren Schweregrad anhand einer Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktion erreicht (Output). Diese Art der Risikobetrachtung spiegelt die biologischen Systemen inhärente Variabilität und analytische Unsicherheit wieder und erlaubt auch Aussagen über die Auswirkungen einzelner Variablen (Sensitivitätsanalyse). Allerdings werden mit der zugrundegelegten Verteilungsfunktion viele strukturelle Annahmen getroffen, die nicht den tatsächlichen Gegebenheiten entsprechen müssen.

Exposition und Dosis-Wirkungs-Beziehung können durch verschiedene mathematische Modelle beschrieben werden. Aufgrund der mathematisch-statistischen Komplexität ist die Risikobeurteilung meist nur für Mathematiker und Risikoexperten verständlich und bleibt den Praktikern oft verschlossen.

Es ist nur in Ausnahmefällen möglich, die Höhe der Kontamination eines Nahrungsmittels zum Zeitpunkt des Konsums (Exposition) zuverlässig zu messen. Aus diesem Grund kommen Modelle zum Einsatz, die das Verhalten von Mikroorganismen in Nahrungsmitteln unter verschiedenen Bedingungen vorhersagen. Sie werden handlicherweise in primäre, se-

kundäre und tertiäre Modelle unterteilt:

Primäre Modelle beschreiben die Veränderungen der Mikroorganismen-Population über die Zeit und schätzen initiale Konzentration, lag-Phase, Wachstumsrate und maximale Population ab. Sekundäre Modelle beschreiben Veränderungen der Resultate primärer Modelle in verschiedenen konstanten Umgebungsparametern (intrinsische und extrinsische Faktoren) wie pH, Zeit, Temperatur und Wasseraktivität. Tertiäre Modelle sind zusammengefügte sekundäre Modelle mit benutzerfreundlichem Computer-Interface. Sie ermöglichen Aussagen bezüglich der Mikroorganismen-Population unter wechselnden Umgebungsparametern. Es sind teuer erarbeitete Expertensysteme. In Gebrauch befinden sich das «Pathogen Modeling Program» vom USDA und das «Food Micro-Model» von Leatherhead Food RA.

Risikobeurteilung sollte keine magische «black box» zur Lösung von gesellschaftspolitischen Problemen sein. Die systematische Organisation der Beurteilung ermöglicht die Einbindung vorhandenen Wissens und vorhandener Information mit den Zielen, die Natur und Grössenordnung des Risikos zu charakterisieren und den Grad wissenschaftlicher Sicherheit festzulegen. So dient Risikobeurteilung dazu, das Verständnis beziehungsweise die Kontrolle über humanpathogene Mikroorganismen in Lebensmitteln zu vergrössern und Wissenslücken sowie benötigte Forschung zu identifizieren. Die Risikobeurteilung liefert Grundlagen für eine Risikoentscheidung, die ausserdem auch kulturelle, soziale und ökonomische Aspekte berücksichtigen kann und muss. Als Ergänzung zur Risikobeurteilung gibt es das Vorsorgeprinzip, eine weitgehende Null-Risiko-Lösung

für den Konsumenten. Das Vorsorgeprinzip bildet in Fällen mit unzureichender Information einen möglichen Entscheidungsansatz.

Schlussfolgerungen

Risikobeurteilungen, welche die wichtigen Einflussgrößen vor dem Verzehr des Nahrungsmittels einbeziehen, liefern dem Risikomanagement Optionen, die Lebensmittelsicherheit entlang der Lebensmittelkette zu verbessern. Dies ist der Grund, weshalb Risikobeurteilungen alle wichtigen Aspekte «von der Heu- zur Essgabel» beinhalten sollten. Risikobeurteilung kann auf viele Arten realisiert werden und so eine Reihe von spezifischen Erkenntnissen liefern:

- qualitativ oder quantitativ: Ist ein Risiko gross oder beträgt es x Mio. SFr?
- retrospektiv: Bewertung des Risikos aufgrund gemachter Beobachtungen
- prospektiv: Die Ursache-Wirkungsstruktur zeigt, welche Abhängigkeiten für eine Risikobewertung noch zu untersuchen sind
- vorhersagend: Abschätzung eines Risikos aufgrund von Annahmen über die zugrundeliegenden Wahrscheinlichkeiten
- konfirmativ: Ursachen und deren Wirkungen werden Stufe für Stufe mittels bedingter Wahrscheinlichkeiten model-

liert und mit den beobachteten stufenspezifischen Kontaminationshäufigkeiten verglichen.

Den konfirmativen Ansatz verfolgen wir im anschliessenden Artikel über Risikobeurteilung für *L. monocytogenes* in Schweizer Rohmilch-Emmentaler Käse. Hierzu müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein: Das Risiko manifestiert sich beim Konsumenten, die Gefahrenquelle ist identifiziert, ein kausaler Zusammenhang wird vermutet. Daten und Beobachtungen aus Umwelt und Labor bestehen nicht nur aus einem Messwert, sondern geben auch die Umstände wieder, unter denen sie entstanden sind.

Die Darstellung der Resultate der Risikobeurteilung in einem Bericht soll die Risikokommunikation wesentlich berücksichtigen. Wenige Risikomanager sind den Umgang mit Wahrscheinlichkeitsfunktionen gewohnt, weshalb die Darstellung der Konzepte und Resultate sehr wichtig wird. Klarheit, wissenschaftliche Ehrlichkeit und das Aufzeigen von Zweifeln und Beschränkungen in einer Risikobeurteilung müssen transparent kommuniziert werden. Eine «kurze, wissenschaftliche und quantitative Risikobeurteilung» ist im Hinblick auf die Menge benötigter Angaben und zu erfüllender Kriterien Wunschenken.

Literatur

- Buchanan R.L., Smith J.L., Long W.: Microbial risk assessment: dose-response relations and risk characterization *Int. J. Food Microbiol.*, **58**, 159 - 172 (2000).
- DHHS/FDA/CFSAN. Draft Assessment of the Relative Risk to Public Health from Foodborne *Listeria monocytogenes*. *Listeria monocytogenes Among Selected Categories of Ready-to-Eat Foods. Center for Food Safety and Applied Nutrition, Food and Drug Administration, U.S. Department of Health and Human Services, and Food Safety Inspection Service, U.S. Department of Agriculture, USA* (2001). {Download: <http://vm.cfsan.fda.gov/~dms/lisrisk.html>}
- Feller W.: An introduction to probability theory and its applications. John Wiley & Sons, New York (1968).
- Joint FAO/WHO Food Standards Programme: Report Of The Fifteenth Session Of The Codex Committee On General Principles. Paris, France, 10-14 April 2000 (Alinorm 01/33) CAC, 1 - 15 (2000).
- Joint FAO/WHO Food Standards Programme: Proposed Draft Principles And Guidelines For The Conduct Of Microbiological Risk Management. At Step Three Of The Procedure. Codex Committee On Food Hygiene, Thirty-third Session. (Agenda Item 6, CX/FH 00/6) CAC, 1 - 18 (2000).
- Joint FAO/WHO Food Standards Programme: Risk Analysis: 1) Working Principles for Risk Analysis. Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Committee On General Principles. Fifteenth Session, Paris, France, 10-14 April 2000 (Agenda Item 3, CX/GP 00/3) CAC, 1 - 11 (2000).
- Lammerding A.M., Fazil A.: Hazard identification and exposure assessment for microbial food safety risk assessment *Int. J. Food Microbiol.*, **58**, 147 - 157 (2000).
- Müller, U.: Ermittlung der Gesamtgefahr eines Lebensmittelbetriebes aufgrund der Inspektion. *Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchung und Hygiene*, **92**, 104-109 (2001).
- Whiting R.C., Buchanan R.L.: Microbial modelling *Food Tech.*, **48**, 113 - 120 (1994).

RÉSUMÉ

Introduction à l'analyse des risques et à l'évaluation des risques microbiologiques

Dans cet article, nous donnons tout d'abord un aperçu du concept d'analyse des risques microbiologiques et des principes d'évaluation des risques selon le Codex Alimentarius. Une attention particulière a été accordée d'une part à la relation triangulaire hôte-germe-matrice alimentaire et, d'autre part, à différentes approches d'évaluation des risques dans la pratique. Vient ensuite une présentation de la dynamique relative à la maîtrise des risques de même que les avantages qui découlent d'un inventaire et de la prise en compte des liens causaux possibles dans l'évaluation des risques «du pré à l'assiette».

SUMMARY

An introduction to risk analysis and microbiological risk assessment

In this article, the concepts of microbiological risk analysis are presented as well as risk assessment following the Codex Alimentarius guidelines. Special attention is given firstly to the so-called infectious disease triangle between host, microorganism and foodstuff and secondly to different approaches of risk assessment in practice. The dynamic process of controlling risks is visualised and the importance of collecting and evaluating causal relations in "farm to fork"-risk assessment is strengthened.

Key words: risk assessment, microbiological risk analysis, risk assessment in practice, controlling risks