

Lebensmit

Risikobeurteilung für *L. monocytogenes* in Schweizer Rohmilch-Emmentaler Käse

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

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

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

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

Die Milchwirtschaft ist mit einem Anteil um 33% am landwirtschaftlichen Endrohertrag bedeutend für die Schweizerische Landwirtschaft. Unser Modell folgt der Entstehung und Fortpflanzung von *L. monocytogenes*-Kontamination mittels Daten und Expertenwissen aus allen involvierten Produktionsstufen und Kompetenzbereichen. Das Resultat ist ein Kontaminationsprofil entlang der Produktionskette von Schweizer Emmentaler-Käse aus Rohmilch.

Der Rückgang der Anzahl Bakterien während der Käsefabrikation hängt weitgehend von der Brenntemperatur ab. Die Reduktion von *L. monocytogenes* auf der Käserinde ist hauptsächlich der spezifischen Verwertung (Abschabung kontaminierter Rinde, Herstellung von Schmelzkäse, Dekontamination) kontaminierter Chargen zu verdanken. Diese Vorgehen werden auf 52-99% der Schweizerischen Emmentaler-Produktion angewendet. Bei der Entwicklung der Listerien in Käse von der Presse bis zum Verzehr wird die Exposition auf 1-10 *L. monocytogenes* pro kontaminierte Portion geschätzt. Die Präsenz der Bakterien wird mit Kreuzkontaminationen während der Verpackung, der Verteilung und der Zubereitung des Käses bei den Konsumenten erklärt. Der Verzehr von Schweizer Emmentaler-Käse stellt für alle Konsumenten, inklusive gefährdeter Untergruppen, ein extrem kleines Risiko dar.

Gefahrenfortpflanzung von der Heu- zur Essgabel, Risikobeurteilung und Risikobewältigung

Der internationale Handel mit Lebensmitteln setzt voraus, dass Risiken gemessen und verglichen werden können. Indem mögliche Risiken detailliert aufgezeigt und gegebenenfalls eliminiert werden, entsteht (Lebensmittel-) Sicherheit. Dieses Vorgehen entspricht einer Fokussierung auf das Risiko.

Lebensmittelbedingte Erkrankungen treten aus verschiedenen Gründen auf, zum Beispiel vermehrter internationaler Handel und Reisen, Anpassung von Mikroorganismen, Veränderungen in der Lebensmittelproduktion, der Bevölkerungsverteilung und im Verhalten der Menschen. In der Europäischen Union werden Lebensmittel gegenwärtig als «sicherer denn je» eingeschätzt. Trotzdem traten und treten

immer wieder lebensmittelbedingte Erkrankungen auf, darunter die Listeriose, die seit den 80er-Jahren mit verschiedenen Nahrungsmitteln in Bezug gebracht werden konnte. Die jährliche Inzidenz beträgt international 1-8 Fälle auf eine Mio. Einwohner, wobei die Mortalität um 20 % liegt. Bevölkerungsgruppen mit erhöhtem Listerioserisiko sind schwangere Frauen und Neugeborene, immungeschwächte Erwachsene sowie ältere Menschen.

Häufig mit Listeriose in Verbindung gebrachte Lebensmittelgruppen sind Fleischdelikatessen, Salate/Gemüse, Meeresfrüchte und Milch/Milchprodukte. Präventive Massnahmen sind Beachtung der Lagerungstemperatur und des Verfallsdatums und werden insbesondere für rohes Fleisch, rohen Fisch und Weichkäse aus Rohmilch empfohlen.

Die Forschungsanstalt für Milchwirtschaft (FAM) hat die Risikoanalyse zu einem ihrer Forschungsschwerpunkte gemacht. Gefahren pflanzen sich typischerweise über die Kompetenzgebiete verschiedener Disziplinen fort, weshalb die FAM mit einem hierarchischen und kausalen Ansatz in der Form der «Risiko-Tanne» arbeitet. Dabei können Daten und Expertenwissen stufengerecht über die Lebensmittelkette «von der Heubis zur Essgabel» eruiert und mittels Wahrscheinlichkeitsrechnung bewertet und verbunden werden. Ein Grundsatz lautet, mögliche Gefahren mittels Einflussgrössen zu beschreiben, die eine direkte Einflussnahme erlauben. Dies ermöglicht den Risikomanagern, zum Schutze der Bevölkerung zielgerichtet Veränderungen vorzunehmen und Risiken zu minimieren.

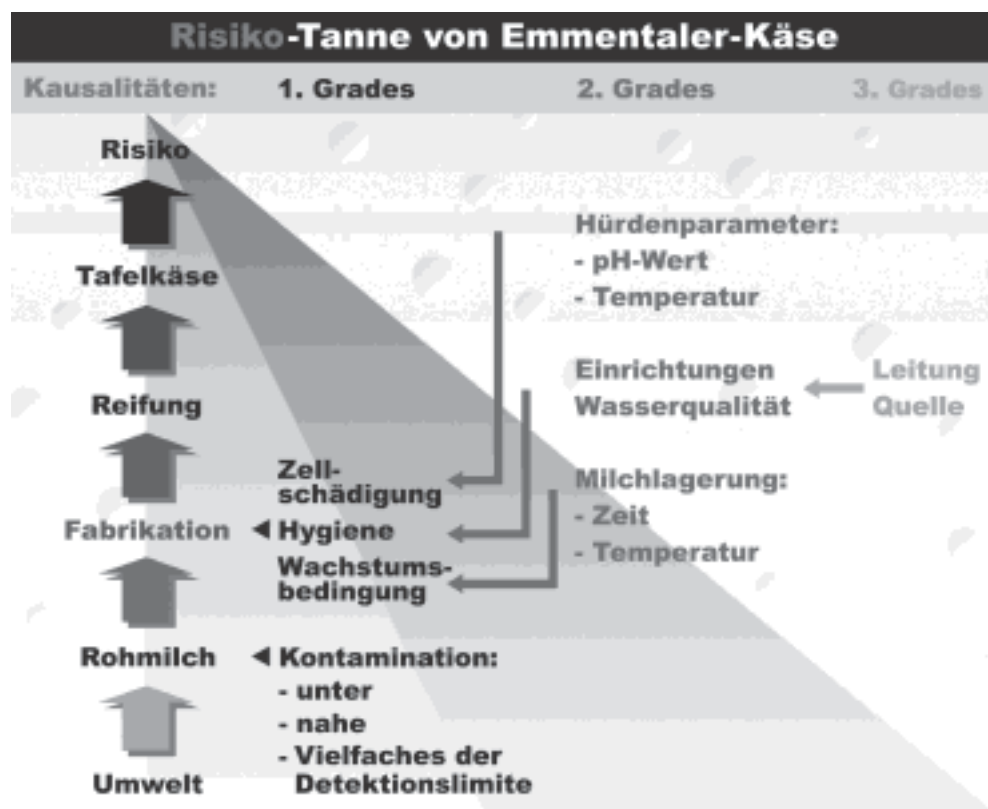
Hierarchie, Kausalität und Wahrscheinlichkeitsrechnung zur Ermittlung des Gesamtrisikos

Unser Ziel ist eine praktikable und transparente Bewertung von Gefahren und deren Quellen, wie sie entlang der Nahrungsmittelkette von Emmentaler-Käse aus Rohmilch auftreten können. Der Kompetenzbereich unserer Forschungsanstalt reicht von der Rohstoffgewinnung bis zum vermarkteten Produkt.

Der Ansatz soll sich auch für Situationen eignen, wo Daten kaum vorhanden oder schwer zu beschaffen sind. Ein typisches Einsatzgebiet sind erste Ein-

schätzungen, wie sie in der Versuchsplanung oder der ad hoc Kommunikation wichtig sind: Mit a priori Wissen sollen insbesondere Hinweise gewonnen werden, welche Einflussgrößen durch eingehende (statistische) Untersuchungen gestützt werden müssen, um Risiken zu bewältigen.

Zu diesem Zweck arbeiten wir mit dem Ansatz der «Risiko-Tanne» (Abb. 1): Der Stamm steht für die in aufsteigender Hierarchie angeordneten (Zwischen-)Produkte der Veredelungsstufen. Die Äste der Veredelungsstufen stellen die zugehörigen Gefahrenquellen dar. Gabelungen entsprechen der Erklärung ursprünglicher Gefahrenquellen mittels verfeinerter Aufschlüsselung der gegebenen Möglichkeiten (Kausalitätsprinzip). Der Wipfel der Risikotanne repräsentiert das sich über die einzelnen Stufen entwickelnde Gesamtrisiko. Unter Risiko verstehen wir somit kumulierte, durch Gefahren (hier Kontamination durch *L. monocytogenes*) verursachte Konsequenzen, die nach der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens gewichtet werden. Die Fortpflanzung der Kontamination in der Hierarchie entlang den Veredelungsstufen wird mittels bedingter Wahrscheinlichkeiten einer Gefahr unter bestimmten negativen Einflüssen, oder wie die Mathematiker sagen, «gegeben ihre Quelle», beschrieben. Gefahren sind stufenspezifische Zustandskombinationen von Einflussgrößen, die eine potenziell negative Be-



einflussung des Veredelungsprozesses beschreiben.

Gefahrfreie Einflüsse setzen sich zusammen aus Gefahrneutralen Einflüssen (kein Gefahrenpotential) und Gefahrneutralisierenden Einflüssen (bannen von Gefahrenpotential). Die Gesamtheit der gefahrfreien Einflüsse einer Stufe heisst komplementärer Einfluss. Da er meist sehr häufig auftritt, ist er für einen konsistenten Modell-aufbau unentbehrlich. Für den Wert des Gesamtrisikos allerdings spielt er keine Rolle, denn die bedingte Wahrscheinlichkeit für eine Gefahr ist definitionsgemäss vernachlässigbar klein, wenn der komplementäre Einfluss vorliegt. Am Beispiel von Schweizer Emmentaler-Käse aus Rohmilch zeigen wir, wie sich Listerienkontaminationen (*Listeria monocytogenes*) von der Rohmilch bis zum Tafelkäse entwickeln. Zentrales Resultat ist das Kontaminationsprofil der Milchveredelung, wo jeder Prozessstufe die Wahrscheinlich-

keit der Kontaminationen des Zwischenproduktes in numerischer und graphischer Form zugeordnet werden.

Die Zielgrösse ist das Gesamtrisiko, das heisst die kumulierten Konsequenzen der Gefahren, jeweils gewichtet mit ihren Wahrscheinlichkeiten. Ein drastisches Beispiel für ein Risiko wäre, das Leben zu verlieren. Die zugehörige Wahrscheinlichkeit liesse sich eruieren, doch bei der Bezifferung der quantifizierbaren Konsequenzen entstehen Bewertungsprobleme ausserhalb der Zuständigkeit einer Forschungsanstalt. Deshalb besteht in der vorliegenden Expositionsbeurteilung die Zielgrösse aus der Wahrscheinlichkeitsverteilung der möglichen Kontaminationen beim Tafelkäse. Tafelkäse ist die Gesamtheit des in der Schweiz offen oder abgepackt verkauften Emmentaler-Käses.

Im Modell der hierarchischen Abhängigkeiten besitzt jede Stu-

Abb. 1. Die Risiko-Tanne. Hierarchische und kausale Risiko-beurteilung basierend auf Expertenwissen und Wahrscheinlichkeitsrechnung.

fe ihr eigenes Zwischenprodukt: Vom Bauernhof mit Rohmilch bis zum Verkauf von Inland-Tafelkäse. Die Stufenzielgrößen sind Wahrscheinlichkeitsverteilungen auf den Symbolen u DL, n DL und v DL, welche für die „Kontamination durch>Listerien unter (u DL), nahe (n DL), respektive um ein Vielfaches (v DL) über Detektionslimite (DL) der Zwischenprodukte stehen. Die Größenordnung der Konta-

mination wird auf 0-1, 2-10 respektive 11-100 *L. monocytogenes* pro Gramm Teig oder pro Quadratzentimeter Teigoberfläche respektive Rinde beziffert. Das Modell ist hierarchisch, weil die Stufenzielgröße als einzige Information zur nächsthöheren Stufe gelangt. Stufe für Stufe wird die exakt gleiche Logik bezüglich Vorgehen und Mathematik angewendet.

Die Tabelle 1 listet die berücksichtigten Einflussgrößen von Bauernhof bis Offenverkauf auf. Aus den möglichen Zuständen, die sie annehmen können, werden gefährliche Kombinationen gebildet und deren Häufigkeit berechnet beziehungsweise geschätzt. Aufgrund der hierarchischen Struktur geht die Zielgröße aus der Vorstufe als erste Einflussgröße in die nachfolgende Stufe ein. Zur Bewertung der Gefahren auf den verschiedenen Hierarchiestufen dienen zwei Formen von Wahrscheinlichkeiten: Die absoluten Wahrscheinlichkeiten der negativen Einflüsse (Zustandskombinationen von Einflussgrößen) ergeben sich aus der Multiplikation der Wahrscheinlichkeiten der Gefahrenquellen. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich eine Kontamination fortpflanzt, wenn ein negativer Einfluss eintritt, wird mittels bedingten Wahrscheinlichkeiten ermittelt. Nach dem Satz der totalen Wahrscheinlichkeit lassen sich damit die Wahrscheinlichkeiten von Kontaminationen auf den einzelnen Stufenzielgrößen berechnen.

Kontaminationen können selten und auf sehr tiefem Niveau vorkommen

Ein praktisches, hierarchisches und kausales Modellsystem zur Beurteilung der Fortpflanzung von Gefahren unter bestimmten negativen Einflüssen entlang des Veredelungsprozesses von Emmentaler-Käse konnte erstellt werden (Abb. 1).

Die Herkunft des inländischen Tafelkäses aus den verschiedenen Veredelungsstufen und die Wahrscheinlichkeiten der Kontaminationen u, n und v DL entlang der Produktionskette von Emmentaler Käse konnten eingekreist werden.

Der Gesamtmarkt (Inland und Export) wird ab der Modellstufe Handelslager und Affinage beliefert. Diese Stufe ist am besten kontrolliert und besitzt für Teig die tiefste Kontaminationswahrscheinlichkeit: u DL 99.999 %, n DL 0.001 % und v DL 0.000 %, wobei die Größenordnung der Kontamination auf 0-1, 2-10 und 11-100 *L. monocytogenes* pro Gramm Teig oder pro Quadratzentimeter Teigoberfläche respektive Rinde geschätzt wird.

Das Kontaminationsprofil (Abb. 2) für Teig von Schweizer Emmentaler-Käse aus Rohmilch veranschaulicht die Entwicklung der Kontamination von der Rohmilch auf Stufe Bauernhof bis zum Tafelkäse. Über Milchgewinnung, Fabrikation und Lagerung der Emmentaler-Käse wird die Kontamination durch *L. monocytogenes* wirksam zu Null hin reduziert. Wir folgern, dass die Fabrikation von Schweizer Emmentaler-Käse aus Rohmilch in Verbindung mit der langen Reifungszeit sicher ist bezüglich *L. monocytogenes*-Kontamination im Teig des Käses.

Teigkontaminationen in handelsüblichem Emmentaler-Käse sind Schnittflächenkontaminationen, die von Kreuzkontaminationen aus Verpackung, Vertrieb, Vermarktung und Verkauf herrühren. So finden wir für die Wahrscheinlichkeiten der Kontamination von Teig des inländischen Tafelkäses u DL 97.68 %, n DL 2.01 % und v DL 0.31 %. Diese Werte repräsentieren unsere Beurteilung der Exposition. Sie bilden den Abschluss des Kontaminations-

Tab. 1. Einflussgrößen in der Expositionsbeurteilung

Hierarchiestufe	Einflussgrößen
Offenverkauf	<ul style="list-style-type: none"> asymptomatische Träger Gerätehygiene Separierung Käsesorten in Vitrine Je Teig & Rinde Offenverkaufskäse
Inlandgrossoist, schlechte hygienische Situation	<ul style="list-style-type: none"> asymptomatische Träger Schneideplatzhygiene Abtrennung von anderen Käse LKW-Transport-Kontamination Je Teig & Rinde Lagerkäse
Inlandgrossoist, gute hygienische Situation:	<ul style="list-style-type: none"> Zulieferung zum Einbeuteln Bandreinigung/Rollenreinigung Je Teig & Rinde Lagerkäse
Grossverteiler	<ul style="list-style-type: none"> Zulieferung zum Einbeuteln Rinde entfernen Bandreinigung/Rollenreinigung Je Teig & Rinde Lagerkäse
Vorverpackung/Versand	<ul style="list-style-type: none"> Rinde entfernen Bandreinigung/Rollenreinigung Je Teig & Rinde Lagerkäse
Handelslager/Affinage	<ul style="list-style-type: none"> zielgerichtete Verwertung Kreuzkontaminationen über: Reifungsart, Käsepflege, mangelhafte Desinfektion mikrobiologische Eingangskontrolle Je Teig & Rinde Käse
Käse-Reifung	<ul style="list-style-type: none"> Pflegeprozess Schweinestall Hygiene (Arbeit & Einrichtung) Schweinestall 24h-Käse (homogene Masse)
Käse-Fabrikation	<ul style="list-style-type: none"> Abtötung durch Hürdenparameter hygienische Praxis Einrichtung hygienische Praxis Wasser Wachstum Erreger Kontamination der Rohmilch
Bauernhof	<ul style="list-style-type: none"> Tier, Stall- und Melkhygiene <i>L. monocytogenes</i>-Mastitis

Teig und Rinde wurden jeweils separat auf die Zustände der Einflussgrößen und, wo möglich, auf deren Beeinflussung des Risikos bewertet.

u DL: Kontamination unter der Detektionslimite

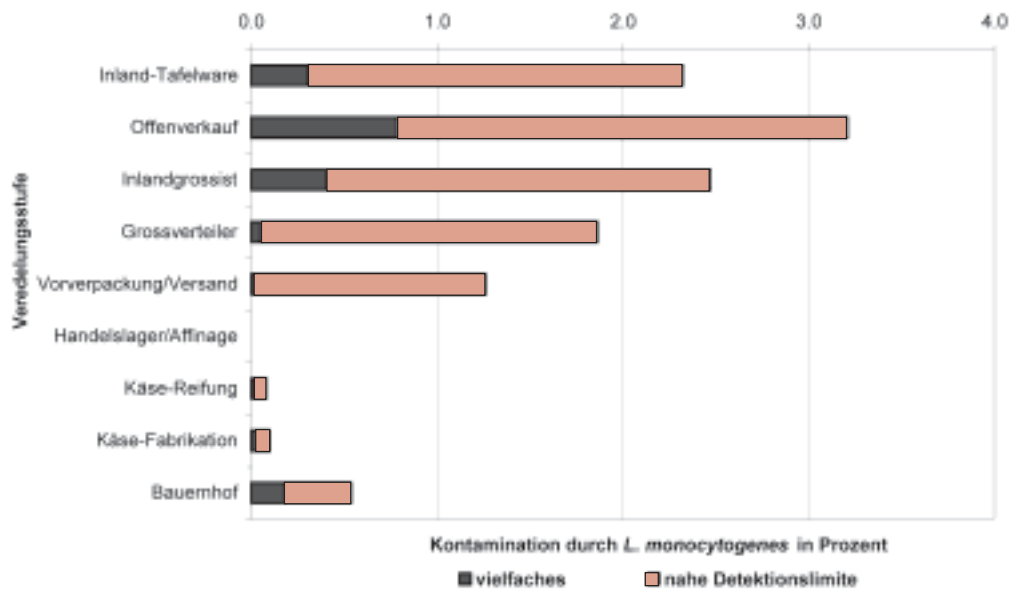
n DL: Kontamination nahe der Detektionslimite

v DL: Kontamination um ein Vielfaches der Detektionslimite

profils auf der Stufe Inland-Tafelkäse. Die Werte beziehen sich auf Emmentaler-Käse zum Zeitpunkt des Einpackens für den Verkauf (Konsumentenpackung oder Einschlagen in Käsepapier im Offenverkauf). Es wird festgestellt, dass Kontaminationen vorhanden sein können, die sich jedoch auf sehr tiefem Niveau im einstelligen oder gebrochenen prozentualen Bereich bewegen. Kontaminationswahrscheinlichkeiten von v DI (schwarz) und n DI (farbig) zusammen können entsprechend der Hierarchiestufe in 0.001 % bis 4.73 % der Fälle erwartet werden. Die Wahrscheinlichkeit keiner detektierbaren Kontamination liegt bei allen Stufen zwischen 95.27 % und 99.99 %.

Senkung von Kontaminationen dank traditioneller Emmentaler-Fabrikation und Kontrolle

Das vermehrte Auftreten von Teigkontaminationen scheint an das Aufschneiden der Käselaihe und an mangelnde hygienische Praxis gebunden zu sein. Je mehr Vermarktungsschritte der Käse durchläuft und je kleiner die geschnittenen Stücke sind, desto häufiger sind Kreuzkontaminationen zu erwarten. Zu beachten ist, dass das Kontaminationsprofil Wahrscheinlichkeiten darstellt. Diese Wahrscheinlichkeiten sind gleichzeitig spezifisch für die betrachtete Gefahr (*L.monocytogenes*), die Art der Fabrikation (traditionell mit langer Reifungszeit) und das Produkt (Schweizer Emmentaler-Käse aus Rohmilch). Das vorliegende Kontaminationsprofil gibt erste Hinweise auf kritische Modellstufen. Dort müssen durch vertiefte mikrobiologische Analysen und statistische Auswertungen diejenigen Einflussgrößen untersucht werden, die sich im Modell als besonders bedeutsam erweisen. Die geeignete Kontrolle und Abstimmung des Modells wird möglich durch



mikrobiologische Analysen des Nationalen Probennameplanes, der risikobasierte Endprodukt-Kontrollen für Milchprodukte beim Inverkehrbringen der Produkte zwecks Vermarktung vorschreibt.

Die bedeutendste Reduktion von Teigkontamination wird durch die traditionelle Käsefabrikation selbst erreicht. Dieser Befund konnte durch Computer-Simulationen an Modellen der vorhergesagenden Mikrobiologie (exponentielles Wachstums von Mikroorganismen unter Berücksichtigung der Lag-Phasen, das kardinale Wachstumsmodell sowie ein Logarithmisch-lineares Modell der thermalen Deaktivierung von Mikroorganismen) bestätigt und verfeinert werden. Die Resultate der Simulation zeigen, dass die Milchkontamination auf dem Bauernhof ein seltenes Ereignis mit der Wahrscheinlichkeit 0.0036 ist, die Milchlösung in der Käserei jedoch zu höheren Wahrscheinlichkeiten der Kontamination von 0.07 führt. Hierbei beträgt die durchschnittliche Konzentration noch 4.46 *Listeria monocytogenes* /ml Milch. Die Simulationen erfolgten über kontaminierte und saubere Milch, wobei

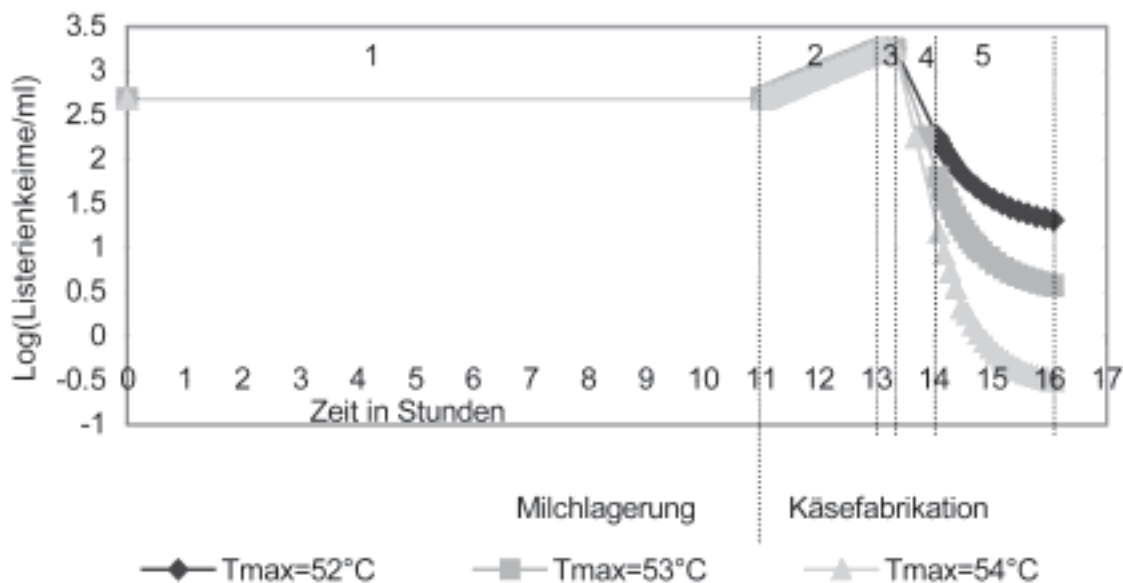
die überwiegende Mehrheit der Milch (99,64 %) keine Kontamination aufwies. Der Simulation entsprechen Messungen in der Schweiz, die 0-3 *L. monocytogenes*/ml Rohmilch zeigen. Die Reduktion der Kontamination während der Käsefabrikation wird durch die Brenntemperatur (52-54 °C) verursacht und liegt zwischen 1.5 und 3.2 Log (*Listerienkeime*/ml, Abb. 3). Aus kontaminierter Milch hergestellter Emmentaler Käse dürfte unter der Presse nur noch durchschnittlich 4.6 hitzegeschädigte *L. monocytogenes* pro kg Käsemasse enthalten.

Die wichtigste Reduktion von Rindenkontamination wird auf Stufe Handelslager/Affinage erreicht: Sowohl die mikrobiologische Eingangskontrolle mit Quarantänemassnahmen als auch die zielgerichtete Verwertung kontaminierter Chargen (Analysen durch das Listerien Monitoring Programm der Schweizerischen Käsewirtschaft) wirken sich stark Gefahr-neutralisierend aus. Milde, trocken und feucht gelagerte Emmentaler-Käse werden zu 52-99 % auf *L. monocytogenes* untersucht und durch Schaben der Rinde, Verarbeitung zu Schmelzkäse oder

Abb. 2. Kontaminationsprofil für Teig von Emmentaler-Käse.

Abb. 3. Abnahme einer Listerienkontamination in Milch durch den Emmentaler-Fabrikationsprozess.

- 1 Lagertemperatur 14 °C
- 2,3 Milcherhitzung auf 45.5 °C
- 4 Brenntemperatur bis: Tmax = 52 °C (schwarz)
Tmax = 53 °C (dunkelgrau)
Tmax = 54 °C (hellgrau)
- 5 Temperaturabfall auf 45.5 °C in frisch hergestelltem Emmentaler-Käse unter der Presse.



Entkeimung der Käseoberfläche zum Beispiel mit Ethanol zielgerichtet verwendet.

Sind Listeriose-Wahrscheinlichkeiten in der Grössenordnung von 10^{-10} beeinflussbar?

Der Mensch, neugierig und praktisch veranlagt, interessiert sich kaum für den Kontaminationszustand eines Produktes, bevor er es genussvoll verzehrt. Er will die Produkthygiene zum Zeitpunkt des Verzehrs kennen. Ihn interessieren Fragen wie: «Wie viele Listerien würde ich verzehren?» und «Könnte ich daran erkranken?»

Auf der Suche nach Antworten folgen wir der *L. monocytogenes*-Kontamination von Emmentaler unter der Presse bis zum Konsumenten auch qualitativ. Die beiden Modellen gemäss selten und tief auftretenden Kontaminationen werden erhärtet durch Resultate einer Studie zum Überleben von potentiell humanpathogenen Bakterien in Rohmilch-Hartkäse. Künstlich eingebrachte *L. monocytogenes* konnten weder im 24h-Käse noch während der Lagerzeit von 120 Tagen nachgewiesen werden. Weil diese Resultate aus Experimenten mit bis zu 40000 Bakterien/ml Milch stammen,

kann angenommen werden, dass sie auch für natürlich vorkommende *L. monocytogenes*-Kontaminationen gelten. Daraus folgern wir, dass der Teig von Emmentaler-Rohmilchkäse dank der traditionellen Fabrikation und der langen Reifungszeit frei von *L. monocytogenes* ist.

Allfällige Kontaminationen der Käse sind während der Reifungszeit immer möglich, betreffen jedoch die Rinde der Käse. Theoretisch wäre trotz Vorsichtsmassnahmen eine Verschleppung auf die Schnittfläche der Käse möglich. In der Praxis konnte diese Verschleppung selbst bei einer hohen Rindenkontamination von 3000 Listerienkeimen/100 cm² nicht beobachtet werden. Darüber hinaus zeigten Untersuchungen unserer Forschungsanstalt zum Verhalten von *L. monocytogenes* auf der Teigoberfläche von Halbhartkäse, dass sich künstlich eingebrachte *L. monocytogenes* nicht vermehren konnten. Die Anzahl Mikroorganismen reduzierte sich um 30%-80 % innerhalb Tages- bis Wochenfrist. Eine solche Kreuzkontamination sollte für Konsumenten nicht spürbar werden, da sie sich, dank der mikrobiologischen Analysen und der Behandlung von Käseoberflächen, in einem ex-

trem niedrigen Bereich abspielt.

Aufgrund der vorhandenen Daten wird klar, dass die Anzahl durch Emmentalerkonsum möglicherweise verzehrter *L. monocytogenes* sehr klein sein muss und weit unter dem Kontaminationsniveau liegt, das üblicherweise mit sporadischen oder epidemischen Listeriosen in Verbindung gebracht wird (10^4 – 10^9 Bakterien/g oder ml). Die qualitativen Abschätzungen ergeben, dass Kreuzkontaminationen zum Verzehr von 1-10 Listerien pro Portion Emmentaler Käse führen könnten. Somit ist die Chance, durch den Verzehr einer Portion Schweizer Emmentaler Hartkäse aus Rohmilch an Listeriose zu erkranken, extrem klein. Praktisch dürfte dieses Ereignis nur durch den Verzehr von Rinde oder als Folge schwerwiegender hygienischer Mängel in den Kühlschränken der Konsumenten eintreten. Schätzungen der Gesundheitsbehörden der Vereinigten Staaten von Amerika belaufen sich auf 2.9×10^{-10} bis 3.2×10^{-13} und beziehen verschiedene gereifte Käsetypen (harte und halbharte) mit ein. Für Schweizer Hartkäse aus Rohmilch mit ihrer traditionellen Fabrikation und langen Reifungszeit liegen diese Schätzungen jedoch zu hoch.

Literatur

- Aebi, R., Mühlemann, M., Bühlmann, G., Schällibaum, M. & Spahr, U.: Profil der Listerienkontamination von Schweizer Emmentaler-Käse aus Rohmilch. *Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchung und Hygiene* **94**, 105-126 (2003)
- Bachmann, H.P., Spahr, U.: The fate of potentially pathogenic bacteria in Swiss hard and semihard cheeses made from raw milk. *J.dairy sci.* **78**, 476 – 483 (1995)
- Codex Committee On Food Hygiene, Thirty-third Session. Proposed Draft Principles And Guidelines For The Conduct Of Microbiological Risk Management. At Step Three Of The Procedure Joint FAO/WHO Food Standards Programme.
- Codex Committee On Food Hygiene, Thirty-third Session. (Agenda Item 6, CX/FH 00/6) CAC, 1 - 18 (2000)
- 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)
- Kaufmann, U.: Verhalten von *Listeria monocytogenes* während der Hartkäsefabrikation. *Landwirtschaft Schweiz* **2**, 10, 573 – 577, (1989)
- Lou, Y., Yousef, A.E.: Characteristics of *Listeria monocytogenes* Important to Food Processors. In: *Ryser E., Marth E.: Listeria, Listeriosis and Food Safety*. 2nd edition. Marcel Dekker, Inc., New York (1999)
- Schaffner, E., Mühlemann, M., Spahr, U. & Schällibaum, M.: Quantification of the probability of milk contamination by *Listeria monocytogenes* and modeling of the bacterial development during manufacture of Swiss Emmental hard cheese made from raw milk. *Epidemiology and Public Health*; (in Press 2003)

RÉSUMÉ

Evaluation des risques de *L. monocytogenes* dans le fromage suisse à pâte dure de type Emmental

Environ 33 % du revenu agricole suisse proviennent de la production de lait, qui est un secteur très important dans l'agriculture suisse. Notre approche a consisté à étudier l'origine et à suivre la propagation de la contamination d'Emmentals suisses au lait cru par *Listeria monocytogenes*. A cet effet, nous avons utilisé les données et les connaissances d'experts à tous les niveaux de production et de tous les domaines scientifiques impliqués. Finalement, nous avons établi un profil retraçant la contamination tout au long de la chaîne de production des Emmentals.

La diminution du nombre de bactéries pendant la fabrication de fromage dépend largement de la température de chauffage. Quant à la réduction de *L. monocytogenes* sur la croûte des fromages, elle est le résultat des traitements spécifiques appliqués aux charges contaminées et qui consistent soit à supprimer la croûte contaminée, soit à produire du fromage fondu soit à désinfecter la croûte. Ces traitements peuvent être appliqués dans 52 % à 99 % des cas de contamination. En fonction du développement de *Listeria monocytogenes* - de la presse à la consommation du produit - la contamination du fromage s'élève probablement de 1 à 10 *Listeria monocytogenes* par portion de fromage. On peut expliquer la présence de ces bactéries par une recontamination qui survient lors de l'emballage, de la distribution ou de la préparation du fromage par les consommateurs. Toutefois, la consommation d'Emmental suisse traditionnel représente un risque extrêmement faible pour la santé de l'ensemble des consommateurs, y compris pour les groupes à risque.

SUMMARY

Risk assessment of *L. monocytogenes* in Swiss Emmental raw milk cheese

About 33% of the total Swiss agricultural earnings are from the milk production which is important to the Swiss agricultural industry. Our approach follows the origin and propagation of *Listeria monocytogenes*-contamination using data and expert-knowledge at all involved production levels and competence areas. The result is shown in a contamination profile along the food production chain of Swiss Emmental cheese made from raw milk.

The decline in bacterial counts during cheese manufacture mainly depends on the cooking temperature. The reduction of *L. monocytogenes* on the rind of cheese is mainly due to the specific treatment of contaminated batches consisting in removal of contaminated rind, production of processed cheese or disinfecting. Specific treatments apply to 52-99% of totally manufactured Swiss Emmental cheese. Depending on listeria evolution from press to product consumption, consumer exposure might result in 1 to 10 *Listeria monocytogenes* /cheese-portion. Bacterial presence is explained with recontamination during packaging, distribution and cheese preparation by consumers. The consumption of traditional manufactured Swiss Emmental cheese represents an extremely low risk to all consumers, including consumer subgroups "at risk".

Key words: exposure assessment, contamination profile, *L. monocytogenes*, Swiss Emmental, raw milk cheese