

Rohmilch: Abkochen schützt vor Infektion mit *Campylobacter*

Stellungnahme Nr. 008/2016 des BfR vom 13. April 2016

Von Rohmilch ist bekannt, dass sie gesundheitsschädliche Mikroorganismen enthalten kann. Vor dem Hintergrund, dass die Zahl der Anlagen zunimmt, bei denen Rohmilch über Rohmilchautomaten abgegeben wird, hat das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) das Risiko für Lebensmittelinfektionen mit dem Bakterium *Campylobacter* bewertet, das von Milch aus solchen Rohmilchtankstellen ausgehen kann. Es geht dabei auch um die Frage, ob das häufigere Auftreten von Ausbrüchen von Erkrankungen durch *Campylobacter*-Infektionen (*Campylobacter*-Enteritis oder *Campylobacteriose*) mit der Zunahme von Abgabestellen von Rohmilch und insbesondere Rohmilchabgabeautomaten zusammenhängen könnte. Da es keine gesicherten empirischen Daten gibt, geht das BfR in seiner vorläufigen Bewertung von der Arbeitshypothese aus, dass ein geändertes Verbraucherverhalten mit vermehrtem Konsum von Rohmilch aus den sogenannten Tankstellen dazu führt, dass häufiger Ausbrüche mit *Campylobacter* zu verzeichnen sind. Als Kontaminationsquelle für die Rohmilch kommen vor allem fäkale Verunreinigungen beim Melkprozess in Frage. Der Keim kann sich im Gegensatz zu den meisten bekannten Lebensmittel-assoziierten Pathogenen in der Rohmilch nicht vermehren. Allerdings reichen schon wenige Keime aus, um eine Infektion auszulösen. Das BfR rät deshalb Verbraucherinnen und Verbrauchern, unbedingt den an Rohmilchabgabestellen angebrachten Hinweis „Rohmilch, vor dem Verzehr abkochen“ zu befolgen. Auch von der Zubereitung und dem Verzehr von nichterhitzten („kalten“) Kakaotränken oder anderen Milchmischgetränken (Milchshakes) aus Rohmilch direkt vor Ort oder zu Hause rät das BfR ab (siehe auch die BfR-FAQ zum Verzehr von Rohmilch <http://www.bfr.bund.de/cm/343/fragen-und-antworten-zum-verzehr-von-rohmilch.pdf>).

		BfR-Risikoprofil: Rohmilch: Abkochen schützt vor Infektionen mit <i>Campylobacter</i> (Stellungnahme Nr. 008/2016)				
A	Betroffen sind	Allgemeinbevölkerung				
B	Wahrscheinlichkeit einer gesundheitlichen Beeinträchtigung bei Verzehr von Rohmilch	Praktisch ausgeschlossen	Unwahrscheinlich	Möglich	Wahrscheinlich	Gesichert
C	Schwere der gesundheitlichen Beeinträchtigung bei Verzehr von Rohmilch	Keine Beeinträchtigung	Leichte Beeinträchtigung [reversibel/irreversibel]	Mittelschwere Beeinträchtigung [reversibel]	Schwere Beeinträchtigung [reversibel/irreversibel]	
D	Aussagekraft der vorliegenden Daten	Hoch: Die wichtigsten Daten liegen vor und sind widerspruchsfrei		Mittel: Einige wichtige Daten fehlen oder sind widersprüchlich	Gering: Zahlreiche wichtige Daten fehlen oder sind widersprüchlich	
E	Kontrollierbarkeit durch Verbraucherinnen und Verbraucher [1]	Kontrolle nicht notwendig	Kontrollierbar durch Vorsichtsmaßnahmen	Kontrollierbar durch Verzicht	Nicht kontrollierbar	

Dunkelblau hinterlegte Felder kennzeichnen die Eigenschaften des in dieser Stellungnahme bewerteten Risikos (nähere Angaben dazu im Text der Stellungnahme Nr. 008/2016 des BfR vom 13. April 2016).

Erläuterungen

Das Risikoprofil soll das in der BfR-Stellungnahme beschriebene Risiko visualisieren. Es ist nicht dazu gedacht, Risikovergleiche anzustellen. Das Risikoprofil sollte nur im Zusammenhang mit der Stellungnahme gelesen werden.

Zeile E: Das Risiko einer *Campylobacter*-Infektion kann durch das Abkochen der Rohmilch vor dem Verzehr minimiert werden.

[1] – Zeile E - Kontrollierbarkeit durch Verbraucher

Die Angaben in der Zeile „Kontrollierbarkeit durch Verbraucher“ sollen keine Empfehlung des BfR sein, sondern haben beschreibenden Charakter.

1 Gegenstand der Bewertung

Das BfR hat eine Bewertung des gesundheitlichen Risikos zu Melkanlagen mit angeschlossenen Rohmilchabgabeautomaten sowie der Kontaminationsquellen und einer möglichen Übertragung von *Campylobacter* über die Rohmilch auf den Menschen vorgenommen. Ein zentraler Punkt ist dabei die Frage, ob die Zunahme von gemeldeten Fällen von Campylobacteriose beim Menschen mit der steigenden Zahl von Rohmilchtankstellen und dem vermehrten Konsum von Rohmilch zusammenhängen.

2 Ergebnis

Da empirische Erhebungen fehlen, geht das BfR von der Hypothese aus, dass ein geändertes Verbraucherverhalten mit vermehrtem Konsum von Rohmilch aus den sogenannten Tankstellen dazu führt, dass häufiger Ausbrüche mit *Campylobacter* zu verzeichnen sind.¹ Als Kontaminationsursache kommen vor allem fäkale Verunreinigungen beim Melkprozess in Frage. In jedoch nur in einer Studie ist beschrieben, dass der Keim gegebenenfalls auch über die Milchdrüse ausgeschieden werden kann. Im Gegensatz zu den meisten bekannten Lebensmittel-assoziierten Pathogenen kann sich *Campylobacter* in der Rohmilch nicht vermehren.

3 Begründung

3.1 *Campylobacter* spp.

Campylobacter (C.) sind gramnegative, vibrio- oder spiralförmige mikroaerophile Bakterien. Sie sind im Darm warmblütiger Tiere weit verbreitet. Die Hauptverursacher der humanen Campylobacteriose sind thermophil. Das bedeutet, dass sie sich unterhalb von Temperaturen von 30 °C nicht vermehren können und ein Wachstumsoptimum bei 42 °C aufweisen. Diese physiologischen Ansprüche resultieren darin, dass sich *Campylobacter* spp. in oder auf Lebensmitteln in der Regel nicht vermehren können. Die wichtigsten Spezies, die humane Erkrankungen auslösen können, sind *C. jejuni* und *C. coli*.

Wenn die Bakterien in einem für sie ungünstigen Umfeld vorkommen (außerhalb des Darmtraktes der Wirtstiere), sind sie oxidativem Stress und Kältestress ausgesetzt. Unter diesen Bedingungen verlieren die Bakterien einen Teil ihrer Vitalität, können jedoch auch einen Status einnehmen, in dem sie nicht mehr mit den klassischen Methoden kultivierbar sind, aber möglicherweise noch eine Infektiosität aufweisen. In diesem Stadium (viable but not culturable – VBNC) sind sie mit Hilfe von Nährmedien nicht mehr nachweisbar.

3.2 Campylobacteriose des Menschen

Während Nutztiere in aller Regel ohne klinische Symptome besiedelt sind, können Menschen an einer Campylobacteriose oder *Campylobacter*-Enteritis erkranken.

Die Campylobacteriose ist eine Darminfektion mit Bauchschmerzen und wässrigem, gelegentlich blutigem Durchfall. In seltenen Fällen kann es zu Komplikationen mit Gelenkentzündungen und dem Guillain-Barré-Syndrom, einer mit Lähmungserscheinungen einhergehenden Nervenerkrankung, kommen. Im Selbstversuch und in einer weiteren Studie mit freiwilli-

¹ Nach Mitteilungen aus einigen Bundesländern wird eine starke Zunahme von „Rohmilchtankstellen“ beobachtet. Es gibt Hinweise, dass im Umfeld solcher Stellen zur Abgabe von Rohmilch vermehrt Ausbrüche von Campylobacteriosen auftreten.

gen Probanden wurde gezeigt, dass die Infektionsdosis sehr niedrig ist und bei nur 500-800 KbE² *Campylobacter jejuni* liegt (Black et al., 1988; Robinson, 1981).

Die *Campylobacter*-Enteritis ist nach dem Infektionsschutzgesetz meldepflichtig und seit einigen Jahren die am häufigsten gemeldete bakterielle Erkrankung mit Lebensmittelbezug in Deutschland. Die Tabelle zeigt Meldedaten aus den Infektionsepidemiologischen Jahrbüchern meldepflichtiger Krankheiten der Jahre 2006 bis 2014 des Robert Koch-Instituts.

2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014*	2015*
52.050	66.107	64.742	62.789	65.741	71.307	62.926	63.636	71.015	69.308

*Epidemiologisches Bulletin des RKI, 02/2016

Tabelle 1: Gemeldete Fälle von Campylobacteriose von 2007 bis 2015

Hier ist erkennbar, dass sich die Erkrankung seit vielen Jahren auf einem hohen Niveau hält. Die Übertragung auf den Menschen erfolgt über Lebensmittel tierischer Herkunft oder Wasser. Auch der Kontakt zu Haustieren kann eine Infektion auslösen. Eine genaue Aufschlüsselung, wie viele Fälle über welche Lebensmittel oder durch Kontakt übertragen wurden, ist nicht möglich, weil häufig die Ursachen für eine Erkrankung nicht ermittelt werden können. Über molekularbiologische Typisierungsmethoden in Kombination mit epidemiologischen Daten kann jedoch abgeschätzt werden, dass der Verzehr von nicht ausreichend durchgegartem Geflügelfleisch und Geflügelfleischprodukten sowie eine Kreuzkontamination zwischen Geflügelfleisch und anderen Lebensmitteln im Küchenbereich die Hauptursachen für den Erwerb der Erkrankung ist. Schätzungsweise 20 bis 30 % aller Campylobacteriosen werden darauf zurückgeführt, wobei sogar 50 bis 80 % mit teilweise unbekannter Übertragungsweise auf das Reservoir Huhn zurückgeführt werden (EFSA, 2011).

Während diese Fälle jedoch häufig eher als Einzelfälle auftreten, gab es schon in der Vergangenheit vereinzelt Hinweise auf Infektionsausbrüche nach dem Verzehr von Rohmilch. Im letzten Jahr haben diese Hinweise zugenommen. Berichte in den Medien über Besuche von Schulklassen in landwirtschaftlichen Betrieben, bei denen Rohmilch verzehrt wurde, haben die Behörden des Risikomanagements darauf aufmerksam gemacht, dass hier eine mögliche Quelle für Ausbrüche von Lebensmittelinfektionen mit dem Risiko schwerwiegender gesundheitlicher Beeinträchtigungen vorliegt. 1997 wurde die damalige Milchverordnung geändert. Die Abgabe von Rohmilch inklusive Vorzugsmilch ist seit dieser Änderung in Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung verboten. Allerdings waren damals Erkrankungen mit enterohämorrhagischen *Escherichia coli* (EHEC) durch Vorzugsmilch Anlass für das Verbot.

Im Herbst 2015 kam es zu einem größeren *Campylobacter*-Ausbruch in Niedersachsen mit etwa 100 erkrankten Personen. Dieser Ausbruch konnte epidemiologisch auf den Verzehr von Rohmilch zurückgeführt werden. Während genügend Humanisolate vorlagen, konnte nach Reinigung des Abgabeautomaten kein Isolat aus der Rohmilch gewonnen werden und somit der Fall nicht weiter molekularbiologisch aufgeklärt werden. Die Rohmilch stammte aus einem landwirtschaftlichen Betrieb, der die Milch über einen Abgabeautomaten angeboten hatte. Zu weiteren vier *Campylobacter*-Ausbrüchen im Zusammenhang mit Rohmilch (Niedersachsen, Hessen, zwei in NRW) sind im Jahr 2015 Isolate an das NRL für *Campylobacter* eingesandt worden. Das NRL *Campylobacter* konnte in Zusammenarbeit mit dem RKI in drei Fällen den Ausbruchsstamm molekularbiologisch ermitteln. Beim vierten Fall lagen nur Isolate aus Rohmilch vor, während die Humanisolate zum Abgleich fehlten.

² KbE = Kolonie-bildende Einheiten, das Maß für den Gehalt von Keimen in oder auf einem Lebensmittel

Seit 2004 ist auch in Italien der Vertrieb von Rohmilch-ab-Hof erlaubt (Giacometti et al., 2012b). Eine quantitative Risikoanalyse ergab, dass Rohmilchkonsum aus Milchtankstellen je nach prozentualem Verbraucherverhalten, Rohmilch nicht abzukochen (13 % bis 43 %) bzw. nach der Altersverteilung der Konsumenten (Kinder unter 5-6 Jahren bis zu 7,9 % anteilig an Gesamtkonsumenten) ein erhebliches Risiko mit maximalen Infektionsraten von 0,1-8 % der Konsumenten pro Jahr darstellen kann (Giacometti et al., 2015).

3.3 Überleben von *Campylobacter* spp. in Rohmilch

Eine direkte Ausscheidung von *Campylobacter* über die Milchdrüse wurde nur in einer Studie berichtet (Orr et al., 1995). Der Hauptübertragungsweg sind fäkale Verunreinigungen während des Melkvorgangs, was auch durch molekularbiologische Ganzgenomdaten bestätigt wurde (Revez et al., 2014). Das bedeutet, dass der Status der Kühe in der Milchkuhherde in Bezug auf die intestinale Besiedelung mit *Campylobacter* (Beumer et al., 1988), die Stallhygiene (Wahrscheinlichkeit einer fäkalen Kontamination am Euter), die Melkhygiene, aber auch die Einstellungen an der Melkmaschine entscheidend für eine mögliche Kontamination der Milch mit pathogenen Keimen sind. Daten, die im Rahmen des Zoonosen-Stichprobenplans in 2014 gewonnen wurden, lassen auf eine Prävalenz von *Campylobacter* in 1,6 % (n = 668) der Rohmilchproben schließen. Die gewonnenen Isolate wurden durchweg als *C. jejuni* speziesdifferenziert. Für zukünftige Stichprobenanalysen ist zu empfehlen, die an der Melkanlage vorhandenen Milchfilter anstelle der Milch als Proben zu analysieren. Eine jüngste Studie der Food Safety Authority aus Irland hat gezeigt, dass bei einer Beprobung von Milchfiltern im Vergleich zu Milch eine signifikant höhere Detektionsrate für *Campylobacter* beobachtet wurde. Hier waren 22 % (n= 190) der Proben von Milchfiltern *Campylobacter*-positiv, während dies nur bei 3 % der Milchproben (n=200) der Fall war (FSAI, 2015). Milchfilter wurden auch zur Risikoanalyse des Eintrages von *Campylobacter* und anderen pathogenen Keimen in Rohmilch analysiert (Giacometti et al., 2012a). In dieser Studie wurden Hygienemängel bei der Milchanlage, aber auch die allgemeine Stallhygiene (frische Einstreu, Tränkwasser) sowie nicht durchgeführtes Vormelken als Risikofaktoren identifiziert.

Eine weitere Studie bestätigte, dass sich *Campylobacter* im Gegensatz zu Listerien, *Escherichia coli* und Salmonellen in Milchtankautomaten nicht vermehren kann (Giacometti et al., 2012b). Ein Überleben der Keime war bei Kühltemperaturen im Vergleich zu variablen Temperaturbedingungen sogar etwas erhöht, was aufgrund weiterer Daten aus den unten stehenden Tenazitätsstudien zu erwarten ist.

Als thermophiler Keim kann sich *Campylobacter* in Lebensmitteln nicht vermehren. Auch ist die Überlebensfähigkeit in Rohmilch begrenzt. Es gibt nur wenige Studien, die das Überleben von *C. jejuni* in Rohmilch untersucht haben. Die Daten signalisieren eine hohe Variabilität der Tenazität innerhalb verschiedener *C. jejuni* Stämme, aber auch aufgrund unterschiedlicher Aktivitäten des Milch-eigenen Lactoperoxidase-Schutzsystems, dessen Aktivität vor allem vom pH-Wert und der Temperatur abhängt (Beumer et al., 1985). Einige Daten weisen darauf hin, dass Stämme in Rohmilch bei 4 °C über Tage und sogar Wochen kulturell nachweisbar waren (Doyle and Roman, 1982). Auch eine hohe Überlebensfähigkeit von *Campylobacter* ($\leq \log 1$ Reduktion bei Inkubation für 1 Tag) wurde bei Inkubation unter Wachstumsbedingungen (37 °C, mikroaerob) in Rohmilch nachgewiesen (Louwen and van Neerven, 2015). In anderen Studien wurde eine wesentlich geringere Tenazität beobachtet, so dass die nachweisbare Lebensfähigkeit innerhalb von Stunden stark abnahm (Beumer et al., 1985; Stiller, 1998). Es wurde bisher noch nicht geprüft, ob die Kontamination von *Campylobacter* in Rohmilch zur Ausbildung von VBNC in der Milch führt, die dort überleben.

3.4 Rechtlicher Rahmen für die Abgabe von Rohmilch

Nach §17 der Tierischen Lebensmittel-Hygieneverordnung (LMHV) ist es verboten, Rohmilch oder Rohrahm an Verbraucherinnen und Verbraucher abzugeben. Eine Ausnahme besteht für Rohmilch in Fertigpackungen, wenn sie als Vorzugsmilch, ausgenommen in Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung, abgegeben wird. Dabei müssen folgende Anforderungen erfüllt sein:

- Die Milch muss den Anforderungen an die Beschaffenheit nach Anlage 9 Kapitel I Nr. 3 entsprechen.
- In der Zeit von der Abfüllung bis zur Abgabe darf eine Temperatur von +8 °C nicht überschritten werden.
- Auf der Fertigpackung muss die Milch mit dem Verbrauchsdatum vorangestellten Wort „Rohmilch“ sowie dem nachgestellten Hinweis „Aufbewahren bei höchstens +8 °C“ gekennzeichnet sein, wobei das Verbrauchsdatum eine Frist von 96 Stunden nach der Gewinnung nicht überschreiten darf.

Darüber hinaus darf Rohmilch ausschließlich von Milcherzeugungsbetrieben unmittelbar an Verbraucherinnen und Verbraucher abgegeben werden, wenn

- Die Abgabe von Rohmilch zuvor der zuständigen Behörde angezeigt worden ist.
- Die Abgabe im Milcherzeugungsbetrieb erfolgt.
- Die Rohmilch im eigenen Betrieb gewonnen und behandelt worden ist.
- Die Rohmilch am Tag der Abgabe oder am Tag zuvor gewonnen worden ist.
- An der Abgabestelle gut sichtbar und lesbar der Hinweis „Rohmilch, vor dem Verzehr abkochen“ angebracht ist.

3.5 Rohmilchabgabeautomaten

Die Entwicklung hin zur Abgabe von Rohmilch aus Automaten an Endverbraucherinnen und -verbrauchern hat sich offensichtlich erst in den vergangenen Jahren ergeben. Dem BfR liegen keine Statistiken über Bauernhöfe vor, die diese Abgabeautomaten betreiben.

Im Internet wird damit geworben, dass die Milch 24 Stunden an 7 Tagen in der Woche immer frisch verfügbar ist. Es wird in Einzelfällen berichtet, dass an den Abgabestellen gelegentlich auch Plastikbecher angeboten werden und zum Teil auch Kakaopulver zum Einrühren bereitgestellt wird. Abgabestellen sollen teilweise mit Sitzgelegenheiten eingerichtet sein, so dass sie Ausflügler zur Rast einladen, die die Milch dann unmittelbar ohne Erhitzungsschritt verzehren. Ein Hinweis, dass es sich um Rohmilch handelt, die abgekocht werden sollte, wird damit ad absurdum geführt.

Das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) hat im Oktober 2015 eine „Recherche zu einem möglichen Zusammenhang zwischen Campylobacteriosen und Rohmilchtankstellen“ durchgeführt. Das BVL kommt zu dem Fazit, dass es in Städten und Landkreisen mit Rohmilchtankstellen erste Hinweise auf einen Anstieg von humanen Krankheitsfällen mit *Campylobacter*-Infektionen gibt.

Nach Einschätzung aus dem Niedersächsischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz soll die technische Ausstattung der Abgabeautomaten gut sein. Die Geräte kühlen die Milch ausreichend auf Temperaturen um die 4 °C herunter. Es findet eine regelmäßige Durchspülung des Auslasses statt.

4 Empfehlung von Maßnahmen

Es ist zu erwarten, dass es mit der häufigeren Abgabe von Rohmilch aus Automaten zu einem geänderten Verbraucherverhalten kommt. Das BfR weist Verbraucherinnen und Verbraucher in seinen „Fragen und Antworten zum Verzehr von Rohmilch“ (<http://www.bfr.bund.de/cm/343/fragen-und-antworten-zum-verzehr-von-rohmilch.pdf>) auf die möglichen gesundheitlichen Risiken beim Konsum von Rohmilch und daraus hergestellten Getränken (z.B. Kakao) hin. Von der Zubereitung und vom Verzehr von nichterhitzten („kalten“) Kakaotränken oder anderen Milchmischgetränken (Milchshakes) aus Rohmilch direkt vor Ort oder zu Hause rät das BfR ab.

Es sollte Landwirten gegenwärtig sein, dass die Milch-ab-Hof-Abgabe mikrobiologische Gefahren bergen kann. In dieser Stellungnahme wird detailliert nur auf eine Kontamination mit *Campylobacter* eingegangen, jedoch können auch andere pathogene Mikroorganismen, wie enterohämorrhagische *Escherichia coli* oder Salmonellen vorkommen. Landwirtschaftlichen Betriebe sollten insbesondere die folgenden Punkte beachten:

- Optimierung der Stallhygiene (Einstreu, Tränkwasser)
- Einhaltung der Melkhygiene
- Regelmäßige Kontrolle der Einstellungen der Melkmaschine

Bei mikrobiologischen Kontrollen empfiehlt das BfR eine Beprobung von Milchfiltern anstelle der Milch für eine verbesserte Detektion von *Campylobacter*. Eine Überwachung der milchgebenden Kühe durch Untersuchung von Kotproben auf *Campylobacter* und ggf. die Selektion von nicht-besiedelten Milchkuhen für Rohmilchchargen, die im Rahmen der neuen Vermarktungsstrategie mit Automaten vertrieben werden, können ein Kontaminations-Risiko senken.

5 Referenzen

Beumer, R.R., Cruysen, J.J., Birtantie, I.R., 1988. The occurrence of *Campylobacter jejuni* in raw cows' milk. J Appl Bacteriol 65, 93-96.

Beumer, R.R., Noomen, A., Kampelmacher, E.H., 1985. The effect of the lactoperoxidase system on reduction of *Campylobacter jejuni* in raw milk. Antonie van Leeuwenhoek 51, 501-503.

Black, R.E., Levine, M.M., Clements, M.L., Hughes, T.P., Blaser, M.J., 1988. Experimental *Campylobacter jejuni* infection in humans. J Infect Dis 157, 472-479.

Doyle, M.P., Roman, D.J., 1982. Prevalence and survival of *Campylobacter jejuni* in unpasteurized milk. Appl Environ Microbiol 44, 1154-1158.

EFSA, 2011. Scientific Opinion on *Campylobacter* in broiler meat production: control options and performance objectives and/or targets at different stages of the food chain. EFSA Journal 9, 2105.

Epidemiologisches Bulletin des RKI, 02/2016.

FSAI, 2015. Raw Milk and Raw Milk Filter Microbiological Surveillance Programme. Monitoring and Surveillance Series: Microbiology; 12NS2.

Giacometti, F., Bonilauri, P., Amatiste, S., Arrigoni, N., Bianchi, M., Losio, M.N., Bilei, S., Cascone, G., Comin, D., Daminelli, P., Decastelli, L., Merialdi, G., Mioni, R., Peli, A., Petruzzelli, A., Tonucci, F., Piva, S., Serraino, A., 2015. Human campylobacteriosis related to the consumption of raw milk sold by vending machines in Italy: Quantitative risk assessment based on official controls over four years. *Prev Vet Med* 121, 151-158.

Giacometti, F., Serraino, A., Finazzi, G., Daminelli, P., Losio, M.N., Bonilauri, P., Arrigoni, N., Garigliani, A., Mattioli, R., Alonso, S., Piva, S., Florio, D., Riu, R., Zanoni, R.G., 2012a. Foodborne pathogens in in-line milk filters and associated on-farm risk factors in dairy farms authorized to produce and sell raw milk in northern Italy. *J Food Prot* 75, 1263-1269.

Giacometti, F., Serraino, A., Finazzi, G., Daminelli, P., Losio, M.N., Tamba, M., Garigliani, A., Mattioli, R., Riu, R., Zanoni, R.G., 2012b. Field handling conditions of raw milk sold in vending machines: experimental evaluation of the behaviour of *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium and *Campylobacter jejuni*. *Italian Journal of Animal Science* 11, e24.

Infektionsepidemiologisches Jahrbuch für meldepflichtige Krankheiten des Robert Koch-Instituts aus den Jahren 2006 bis 20014.

Louwen, R., van Neerven, R.J., 2015. Milk Modulates *Campylobacter* Invasion into Caco-2 Intestinal Epithelial Cells. *Eur J Microbiol Immunol (Bp)* 5, 181-187.

Orr, K.E., Lightfoot, N.F., Sisson, P.R., Harkis, B.A., Tweddle, J.L., Boyd, P., Carroll, A., Jackson, C.J., Wareing, D.R., Freeman, R., 1995. Direct milk excretion of *Campylobacter jejuni* in a dairy cow causing cases of human enteritis. *Epidemiology and infection* 114, 15-24.

Revez, J., Zhang, J., Schott, T., Kivisto, R., Rossi, M., Hanninen, M.L., 2014. Genomic variation between *Campylobacter jejuni* isolates associated with milk-borne-disease outbreaks. *J Clin Microbiol* 52, 2782-2786.

Robinson, D.A., 1981. Infective dose of *Campylobacter jejuni* in milk. *Br Med J (Clin Res Ed)* 282, 1584.

Stiller, C., 1998. Zum Vorkommen von *Campylobacter jejuni* und *Campylobacter coli* in Rohmilch von Erzeugerbetrieben in Nordbayern mit Versuchen zur Überlebensfähigkeit von *Campylobacter jejuni* in Milch. Dissertation, Freie Universität Berlin.