

DOI 10.17590/20180511-093846-0

## Hygiene fürs Hühnerei - Schutz vor *Campylobacter*

Stellungnahme Nr. 011/2018 des BfR vom 11. Mai 2018

*Campylobacter* ist der Name einer Gattung schraubenförmig gewundener Bakterien. Sie sind im Darm von warmblütigen Tieren – vor allem in Geflügeldärmen – weit verbreitet. Das Problem: Während Nutztieren der Keim in der Regel nichts ausmacht, kann er bei Menschen zu einer ansteckenden Darmentzündung führen. Es kommt zu Bauchschmerzen, Durchfall und Fieber, in Ausnahmefällen auch zu Autoimmunerkrankungen wie einer rheumatischen Gelenkentzündung.

Jedes Jahr werden ungefähr 70 000 Fälle von Darmentzündung durch *Campylobacter* gemeldet. Sie ist damit die am häufigsten registrierte bakterielle Erkrankung mit Lebensmittelbezug in Deutschland, mit leicht zunehmender Tendenz. Schätzungen zufolge können 50 bis 80 % der Fälle auf das Huhn als Keim-Reservoir von *Campylobacter* zurückgeführt werden.

Frisches Geflügelfleisch ist die bedeutendste Quelle von humanen *Campylobacter*-Infektionen. Aber auch Hühnereier können *Campylobacter* auf den Menschen übertragen, insbesondere, wenn sie sichtbar mit Hühnerkot verunreinigt sind. Doch das Ansteckungsrisiko durch Eier lässt sich durch nachfolgende Maßnahmen minimieren.

Bei der Produktion und dem Verpacken von Hühnereiern kann Hühnerkot auf die Eischalen gelangen. Die Wahrscheinlichkeit sollte durch geeignete Maßnahmen, wie zum Beispiel eine gute Stallhygiene, verringert werden, rät das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) in seiner Stellungnahme zum Thema „*Campylobacter* auf Hühnereiern“. Es empfiehlt Verbraucherinnen und Verbrauchern, rohe Hühnereier separat von anderen Lebensmitteln zu lagern, nach Kontakt mit Eierschalen und rohem Ei die Küchenutensilien gründlich zu reinigen und sich nach dem Berühren von Hühnereiern die Hände gründlich zu waschen.

Für die Herstellung von Roheispeisen sollten ausschließlich saubere Hühnereier verwendet werden. Und für besonders empfindliche Personengruppen, deren Abwehrkräfte noch nicht vollständig entwickelt (Kleinkinder) oder durch hohes Alter oder Vorerkrankungen geschwächt sind, gilt ganz allgemein: Eier und Eierspeisen zum Schutz vor Lebensmittelinfektionen nur gut durcherhitzt verzehren!

### 1 Gegenstand der Bewertung

Das BfR hat eine Bewertung des gesundheitlichen Risikos von Hühnereiern mit Nachweis von thermophilen *Campylobacter* (insbesondere *C. jejuni* und *C. coli*) auf der Eischale und einer möglichen Übertragung von *Campylobacter* auf den Menschen vorgenommen. Es handelt sich um Hühnereier der Güteklasse A, die im Handel verfügbar sind. Diese werden nachfolgend als Hühnereier bezeichnet.

		<b>BfR-Risikoprofil:</b> <b>Campylobacter auf Hühnereiern (Stellungnahme Nr. 011/2018)</b>			
<b>A</b> Betroffen sind	Allgemeinbevölkerung sowie Personen mit geschwächter Abwehr (Kleinkinder, sehr alte Menschen, chronisch Kranke) 				
<b>B</b> Wahrscheinlichkeit einer gesundheitlichen Beeinträchtigung bei Kontakt mit Campylobacter auf Eierschalen	Praktisch ausgeschlossen	Unwahrscheinlich	<b>Möglich</b>	Wahrscheinlich	Gesichert
<b>C</b> Schwere der gesundheitlichen Beeinträchtigung bei Campylobacter-Enteritis	Keine Beeinträchtigung	Leichte Beeinträchtigung	<b>Mittelschwere Beeinträchtigung</b>	Schwere Beeinträchtigung	
<b>D</b> Aussagekraft der vorliegenden Daten	Hoch: Die wichtigsten Daten liegen vor und sind widerspruchsfrei		<b>Mittel: Wichtige Daten fehlen oder sind widersprüchlich</b>	Gering: Zahlreiche wichtige Daten fehlen oder sind widersprüchlich	
<b>E</b> Kontrollierbarkeit durch Verbraucher	Kontrolle nicht notwendig	Kontrollierbar durch Vorsichtsmaßnahmen	Kontrollierbar durch Verzicht	Nicht kontrollierbar	

Erläuterung: 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.

## 2 Ergebnis

*Campylobacter* können durch Kontakt mit Fäkalien von der Legehennen beim oder nach dem Legen auf die Schale von Hühnereiern gelangen. Durch Abtrocknen des Geflügelkots auf der Schale ist von einer Keimzahlreduktion auszugehen, allerdings werden in Deutschland immer wieder lebende *Campylobacter* auf Schalen von Hühnereiern nachgewiesen, nicht aber im Eiinhalt. Die Nachweisrate auf der Eischale ist deutlich geringer als bei frischem Geflügelfleisch, welches als bedeutendste Quelle der humanen Campylobacteriose gilt.

Rohe Eier bzw. Lebensmittel mit rohen Eiern gehören zu den eher selten verzehrten Lebensmitteln und werden von den meisten Befragten über alle Altersgruppen weniger als einmal im Monat verzehrt.

Aus den oben genannten Gründen besteht in Deutschland ein geringes Risiko, durch Verzehr von Roheispeisen oder durch Kreuzkontamination bei der Verarbeitung von rohen Eiern und Übertragung der Keime von der Schale auf andere verzehrsfertige Speisen an einer Campylobacteriose zu erkranken.

Das Risiko einer Übertragung von *Campylobacter* von Hühnereiern auf den Menschen lässt sich durch folgende Maßnahmen reduzieren:

- 1) Bei der Produktion und Verpackung von Hühnereiern sollte eine fäkale Verunreinigung der Eischalen unbedingt vermieden werden.
- 2) Rohe Hühnereier sollten immer separat von anderen Lebensmitteln gelagert und verarbeitet werden.
- 3) Nach Kontakt mit rohen Hühnereiern sollten Küchenutensilien immer gründlich mit heißem Wasser und Spülmittel gereinigt werden.
- 4) Nach dem Berühren von Hühnereiern sollten die Hände gründlich gewaschen werden.
- 5) Für die Herstellung von Roheispeisen sollten ausschließlich saubere Hühnereier verwendet und besonders vorsichtig aufgeschlagen werden, damit der Eiinhalt möglichst wenig Kontakt mit der Eischale bekommt.
- 6) Durch Erhitzen der unter Verwendung von Hühnereiern hergestellten Speisen lassen sich *Campylobacter* und andere Krankheitserreger abtöten. Deshalb sollten insbesondere Personen, deren Abwehrkräfte beeinträchtigt oder noch nicht vollständig ausgebildet sind (vor allem Kleinkinder, kranke und sehr alte Menschen), Hühnereier zum Schutz vor Lebensmittelinfektionen nur nach vollständiger Durcherhitzung verzehren, d. h. wenn Eiweiß und Eigelb fest sind.
- 7) Wer das Risiko, an einer Campylobacteriose zu erkranken minimieren will, sollte auf das Auspusten von rohen Hühnereiern mit dem Mund verzichten.

### 3 Begründung

#### 3.1 Risikobewertung

##### 3.1.1 Mögliche Gefahrenquelle

*Campylobacter* sind gramnegative, mikroaerobe, nicht sporenbildende spiralförmig gebogene Bakterien. Sie wachsen unter mikroaeroben Bedingungen (erhöhter CO<sub>2</sub>-Bedarf sowie höhere O<sub>2</sub>-Empfindlichkeit). Sie sind im Darm warmblütiger Tiere weit verbreitet, vor allem im Geflügel. Während Nutztiere in aller Regel ohne klinische Symptome besiedelt sind, können Menschen an einer Campylobacteriose oder *Campylobacter*-Enteritis erkranken. 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 (Doyle and Roman 1981). Diese physiologischen Ansprüche resultieren darin, dass sich *Campylobacter* (*C.*) 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 sowie Kälte- und Austrocknungsstress ausgesetzt. In Hühnerkot waren *Campylobacter* über 5-6 Tage mit abnehmender Anzahl kulturell nachweisbar (Ahmed et al. 2013; Bui et al. 2012). Unter diesen Bedingungen verlieren die Bakterien einen Teil ihrer Vitalität, können jedoch auch einen Zustand erreichen, indem sie nicht mehr mit den klassischen Methoden kultivierbar sind, aber möglicherweise noch eine Infektiosität aufweisen (Viable But Not Culturable - VBNC) (Baffone et al. 2006; Bovill and Mackey 1997; Cappelier et al. 1999; Krüger et al. 2014; Stern et al. 1994).

Durch das Tiefgefrieren von Lebensmitteln werden *Campylobacter* zwar in der Anzahl reduziert, aber nicht ausreichend abgetötet. Sie können allerdings durch Hitze inaktiviert werden. Die D-Werte<sup>1</sup> variieren je nach Matrix und Bakterienstamm. Für *C. jejuni* werden in Darminhalt von Hühnern D-Werte von 1,96-10,82 Minuten bei 52 °C und 0,18-0,39 Minuten bei 60 °C angegeben (Oosterom et al. 1983). In Hühnerhackfleisch wurden bei 57 °C D-Werte von 0,79-0,98 Minuten ermittelt (Blankenship and Craven 1982) und auf ganzen Hühnerbrustfilets in kochendem Wasser (Oberflächentemperatur innerhalb 30 s auf 70 °C und innerhalb 1 min auf 85 °C) ein D-Wert von 1,90 Minuten (de Jong et al. 2012). Das pH-Optimum für *Campylobacter* befindet sich zwischen 6,5 und 7,5; pH-Werte unter 4,9 oder über 9 führen zum Wachstumsstopp oder sogar einer Abnahme der Keimzahl (Doyle and Roman 1981). *Campylobacter* haben keine hohe Toleranz gegenüber Austrocknung (Oosterom et al. 1983) und osmotischem Stress. Bei Kochsalz-Gehalten von mehr als 2 % w/v konnte kein Wachstum beobachtet werden (Doyle and Roman 1982). Der optimale  $a_w$ -Wert liegt bei 0,997 (ca. 0,5 % w/v NaCl) (Silva et al. 2011).

### 3.1.2 Gefährdungspotenzial – Campylobacteriose-Fälle in Deutschland

Die Campylobacteriose des Menschen ist eine Darminfektion mit Bauchschmerzen und wässrigem, gelegentlich blutigem Durchfall und Fieber (Dasti et al. 2010). Im Selbstversuch und in einer weiteren Studie mit freiwilligen Probanden wurde gezeigt, dass die Infektionsdosis sehr niedrig ist und bei nur 500-800 KbE (Kolonie bildenden Einheiten) von *C. jejuni* liegt (Black et al. 1988; Robinson 1981). Die *Campylobacter*-Enteritis ist nach dem Infektionsschutzgesetz meldepflichtig. In den Jahren 2014-2016 wurden jährlich über 70.000 humane Campylobacteriose-Fälle an das Robert Koch-Institut (RKI) übermittelt. Von den im Jahr 2016 berichteten humanen Campylobacteriose-Fällen waren über 99 % klinisch und labordi-

<sup>1</sup> Der D-Wert entspricht der Zeit, in der die Keimzahl auf ein Zehntel reduziert wird.

agnostisch bestätigt (73712 Fälle, <https://survstat.rki.de/>; Abfrage mit Referenzdefinition und ausschließlich Kategorie C (klinisch-labor diagnostisch) am 15.12.2017). Damit ist die Campylobacteriose die am häufigsten gemeldete bakterielle Erkrankung mit Lebensmittelbezug in Deutschland. Es ist in den letzten Jahren ein leichter Anstieg der Fallzahlen zu verzeichnen.

Die Campylobacteriose kann aber auch zu Autoimmunerkrankungen führen, die mehrere Wochen nach Abklingen der akuten Symptome auftreten. Dabei können Spätfolgen wie Reizdarmsyndrom (in ca. 4 % der Fälle), reaktive Arthritis (akute Entzündung von Gelenken, in ca. 2,9 % der Fälle), aber auch das Guillain-Barré-Syndrom (in ca. 0,07 % der Fälle) (Keithlin et al. 2014), bei dem es zu Lähmungserscheinungen der peripheren Nerven kommt, auftreten. Die meisten dieser Autoimmunerkrankungen sind reversibel, es können aber auch in seltenen Fällen irreversible Schäden und auch Todesfälle vorkommen. Bei der Campylobacteriose sind alle Verbrauchergruppen betroffen. Besonders häufig kommt die Campylobacteriose bei Kindern unter 5 Jahren und bei jungen Erwachsenen im Alter von 20-29 Jahren vor (Schielke et al. 2014). Das größte Risiko, an einer Campylobacteriose zu erkranken, geht vom Umgang und dem Verzehr von frischem Hühnerfleisch aus.

In den Jahren 2014-2016 wurden 71 % der mit Angabe einer Spezies übermittelten Fälle durch *C. jejuni*, 9 % durch *C. coli* und 20 % durch *C. coli/jejuni* (nicht differenziert) ausgelöst. Dem RKI wurden in den Jahren 2014 und 2015 insgesamt zehn Fälle von *Campylobacter*-Enteritis übermittelt, bei denen die Patienten krankheitsbedingt verstorben waren. Dabei handelte es sich um sechs Männer im Alter zwischen 69 und 86 Jahren und um vier Frauen im Alter zwischen 87 und 97 Jahren.

Daten der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) zeigen, dass schätzungsweise 20-30 % aller humanen Campylobacteriosen durch den Verzehr von nicht ausreichend durchgegartem Hühnerfleisch sowie durch Kreuzkontaminationen zwischen Hühnerfleisch und anderen Lebensmitteln ausgelöst werden. 50-80 % der Fälle können insgesamt mit teilweise unbekannter Übertragungsweise auf das Reservoir Huhn zurückgeführt werden (EFSA 2011). Weitere Ursachen einer Infektion mit *Campylobacter* können kontaminierte Oberflächengewässer, Rohmilch, Schweine- oder Rindfleisch sein. Auch der Kontakt zu Haustieren kann eine Infektion auslösen.

Es gibt nur wenige Daten, die eine Übertragung von *Campylobacter* durch Hühnereier belegen. Die Autoren einer Studie zur Analyse von internationalen Ausbruchsgeschehen zwischen 1988 und 2007 schlussfolgern, dass 1,6 % der durch *Campylobacter* verursachten Ausbrüche (n = 191) mit Hühnereiern assoziiert waren. Als Vergleich wurde Hühnerfleisch zu 29,3 % und Rohmilch zu 34,6 % als Auslöser von *Campylobacter*-Ausbrüchen zugeordnet

(Greig and Ravel 2009). Im Gegensatz dazu wurden in derselben Studie 43,4 % der durch *Salmonella* Enteritidis ausgelösten Ausbrüche der Lebensmittelquelle Ei zugeordnet. Auch die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) kommt in einer Stellungnahme zu dem Schluss, dass 1,3 % der *Campylobacter*-Ausbrüche auf Eier zurückzuführen sind (EFSA 2014). Allerdings sind diese Daten vorsichtig zu interpretieren, da die meisten humanen *Campylobacter*-Fälle sporadisch auftreten und damit nicht im Zusammenhang mit einem Ausbruch stehen.

### 3.1.3 Exposition

#### 3.1.3.1 *Campylobacter* auf Hühnereierschalen

Die Kontamination der Eischale mit *Campylobacter* erfolgt über fäkale Ausscheidungen von Legehennen und Übertragung des Kots auf die Hühnereischale. In Deutschland sind Legehennen sehr häufig mit *Campylobacter* besiedelt. So konnten im Jahr 2009 in 41,8 % der Kotproben aus Legehennenbetrieben *Campylobacter* nachgewiesen werden (BVL 2010). Es gibt nur wenige experimentelle Daten zur Überlebensfähigkeit von *Campylobacter* auf Eierschalen. Diese bestätigen die relativ geringe Stresstoleranz dieser Bakterien gegenüber Austrocknung (Allen and Griffiths 2001; Clark and Bueschkens 1985). Dennoch wurde der Infektionsstamm bei ca. 10 % der geschlüpften gesunden Hühner im Darmtrakt nachgewiesen, nachdem die mit *C. jejuni* infizierten Bruteier kulturell „*Campylobacter*-frei“ waren (Clark and Bueschkens 1985). Eine vertikale Transmission, d. h. der Übergang der Bakterien von der Legehenne direkt in das Eiinnere, ist bei *Campylobacter* nicht nachgewiesen (Sahin et al. 2003). In den seltenen Fällen, in denen eine Übertragung von der Legehenne auf das schlüpfende Küken erfolgt ist, wird von einer Fäkalkontamination der Eischale, der Schalenmembran sowie des Albumins von frisch gelegten befruchteten Eiern und der nachträglichen oralen Aufnahme durch das schlüpfende Küken ausgegangen (Cox et al. 2012).

Im Gegensatz zu Salmonellen sind *C. jejuni* nicht in der Lage, im Eiinneren lange zu überleben oder sich dort zu vermehren (Fonseca et al. 2014; Paula et al. 2009). Eine Penetration von *Campylobacter* durch die Eischale wurde vereinzelt in Studien beobachtet (Allen and Griffiths 2001; Fonseca et al. 2014). So konnte *C. jejuni* beispielsweise nach Beimpfung über 24 h in mit *Campylobacter* kontaminierter Nährbouillon in 4,2 % von 48 frischen Eiern die Schale penetrieren und auf der Schalenmembran nachgewiesen werden (Allen and Griffiths 2001). In einer anderen Studie, in der die Eier zur Beimpfung in mit *C. jejuni* kontaminierte Holzspäne gelegt wurden, konnte der Keim die Schale von 20 % der befruchteten Eier, nicht aber von Konsumeiern penetrieren (Fonseca et al. 2014). Obwohl *Campylobacter* mit einer

Häufigkeit von 0,28-4 % auf der Schale von Hühnereiern in mehreren Studien detektiert wurden, konnte kein Nachweis des Keims im Eiinneren geführt werden (Bahobail et al. 2012; Doyle 1984; Messelhäuser et al. 2011; Sulonen et al. 2007; Zhao et al. 2016). Lediglich eine iranische Studie gab an, *Campylobacter* in 2 % Eiweiß, 4 % Eigelb und 7 % Eischalen von insgesamt 100 untersuchten Hühnereiern detektiert zu haben (Jonaidi-Jafari et al. 2016). Eine Studie aus Japan, die in 27,9 % unpasteurisierter Flüssig-Volleipproben und 36 % unpasteurisierter Flüssig-Eigelbproben *Campylobacter* nachgewiesen hat, zeigte, dass *Campylobacter* beim industriellen Aufschlagen der Eier häufig von der Eischale in den flüssigen Eiinhalt gelangen können (Sato and Sashihara 2010).

Es gibt nur wenige Daten zur Prävalenz von *Campylobacter* auf Hühnereiern in Deutschland. In einer Studie wurden 271 Poolproben von je 10 Hühnereiern auf das Vorkommen von *Campylobacter* untersucht. *Campylobacter* wurde in 4,1 % der Proben von Eierschalen gefunden (Messelhäuser et al. 2011). Trotz geringer Gesamtprobenzahl wurden in den Jahren 2009-2015 regelmäßig *C. jejuni* und *C. coli* auf Eierschalen nachgewiesen (Tab. 1). Im Jahr 2014 wurden in Deutschland im Rahmen des Zoonosen-Monitorings Schalen von Hühnereiern auf das Vorkommen von *Campylobacter* untersucht und eine Prävalenz von 0,4 % ermittelt (BfR 2016). Die Prävalenzen, die vom BfR auf der Grundlage der Mitteilungen der Länder über durchgeführte Untersuchungen von Planproben errechnet wurden, lagen zwischen 0 und 8,1 % (Tab. 1), wobei die Probenahme nicht ausschließlich im Einzelhandel sondern auch beim Produzenten erfolgte.

Jahr	Probenahme- grund	Matrix	Probenzahl	% positiv	Referenz
2009	Überwachung	Konsum-Ei Huhn gesamt	151	3,31	(BfR 2011)
2010	Überwachung	Konsum-Ei Huhn gesamt	46	6,52	(BfR 2012)
2011	Überwachung	Konsum-Ei Huhn gesamt	68	0	(BfR 2013)
2012	Überwachung	Konsum-Ei Huhn gesamt	101	0,99	(BfR 2014)
2013	Überwachung	Konsum-Ei Huhn gesamt	39	5,13	(BfR 2015)
2014	Zoonosen- Monitoring	Schalen von Konsum-Ei Huhn, gepoolt	471	0,4	(BfR 2016)
2014	Überwachung	Konsum-Ei Huhn gesamt	265	2,26	(BfR 2016 und BVL 2016)
2015	Überwachung	Konsum-Ei Huhn gesamt	148	8,11	(Hartung and Käsbohrer 2017)

**Tabelle 1.** Prävalenzdaten von thermophilen *Campylobacter* auf Hühnereiern in Deutschland. Nachweismethode ISO 10272-1:2006.

Dem BfR von einem Bundesland zur Verfügung gestellte Daten zum Nachweis von *Campylobacter* auf Hühnereiern (insgesamt 558 Poolproben à 10-40 Eier über die Jahre 2012-2016) und zum Verschmutzungsgrad der Eioberflächen geben einen Hinweis auf eine positive Korrelation. Die Auswertung dieser Daten ergab, dass ein kultureller Nachweis von *Campylobacter* bei mit Hühnerkot verschmutzten Eiern 2,87-fach wahrscheinlicher war als bei sauberen Eiern. Dies ist konsistent hinsichtlich des Übertragungsweges von *Campylobacter* aus den Hühnerfäkalien auf die Oberfläche des Eis.

Durch Abtrocknen des Geflügelkots auf der Eischale ist von einer Reduktion der austrocknungssensiblen *Campylobacter* auszugehen (Cox et al. 2001), wobei aber einige Bakterien möglicherweise einen sogenannten VBNC-Zustand einnehmen können, in dem die Bakterien noch lebensfähig und damit auch infektiös, aber kulturell nicht mehr im Labor anzüchtbar sind. Daraus ergibt sich, dass vor allem frische Eier ein höheres Risiko bergen, mit lebensfähigen *Campylobacter* kontaminiert zu sein als ältere Eier mit abgetrockneter Eischale. Dies steht im Gegensatz zum Risiko ausgehend von anderen Bakterien (z.B. Salmonellen), die sich nach Penetration der Eischale im Eiinneren vermehren können, wenn die Dottermembran gealtert ist und die Bakterien in das Dotter gelangen und/oder sich von Dotterbestandteilen im Eiklar ernähren können (Groß et al. 2015).

### 3.1.3.2 Verzehr von Hühnereiern

Hühnereier werden in Deutschland relativ häufig konsumiert. Gemäß einer im Jahr 2008 vom Max Rubner-Institut veröffentlichten nationalen Verzehrsstudie verzehrten Männer durchschnittlich 97 und Frauen 73 Eier pro Jahr. Beide Gruppen konsumierten zusätzlich 30 Eier pro Jahr in Gerichten auf Basis von Eiern, wie z. B. in Eiersalaten oder als Eierpfannkuchen (MRI 2008).

Die Daten zum Verzehr von Rohei für Kleinkinder stammen aus der Kinder-Ernährungsstudie zur Erfassung des Lebensmittelverzehr (KiESEL), bei der zwischen 2014 und 2017 deutschlandweit der Lebensmittelverzehr von Säuglingen, Kleinkindern und Kindern im Alter von sechs Monaten bis einschließlich fünf Jahren erfasst wird. Die KiESEL-Studie umfasst eine Teilstichprobe der Stichprobe der KiGGS Welle 2, dem bundesweit repräsentativen Kinder- und Jugendgesundheitsurvey des Robert Koch-Institutes ([www.kiggs-studie.de](http://www.kiggs-studie.de)). Die

KiESEL-Studie wird vom Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) finanziert und durchgeführt, sie ist zum vorliegenden Zeitpunkt jedoch noch nicht beendet. Die Angaben zu Verzehrshäufigkeiten von Rohei beruhen auf vorläufigen Auswertungen der Fragebögen von 1.068 Kindern.

Für Informationen zum Verzehr von Rohei bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 6-17 Jahren wurde die EsKiMo-Studie verwendet (Mensink et al. 2007). Die Eltern und Jugendlichen füllten unter anderem einen Verzehrshäufigkeitsfragebogen aus, dessen Daten in der vorliegenden Fragestellung zum Roheiverzehr verwendet werden.

Bei Erwachsenen liegen Informationen zu Verzehrshäufigkeiten sowohl für Rohei als auch für Lebensmittel, die Rohei enthalten können aus den Verzehrdaten der Nationalen Verzehrsstudie II (NVS II) vor. Hier haben 14.189 Personen Angaben zum Verzehr von rohen Eiern gemacht. Die Auswertungen zu dieser Fragestellung wurden dem BfR durch das MRI zur Verfügung gestellt (MRI 2017).

Rohe Eier bzw. Lebensmittel mit rohen Eiern gehören zu den eher selten verzehrten Lebensmitteln und werden über alle Altersgruppen vor allem 1-2mal im Vierteljahr (Kinder/Jugendliche/Erwachsene) oder seltener bzw. weniger als einmal im Monat (Säuglinge/Kleinkinder) verzehrt.

Die Verzehrshäufigkeiten aus der KiESEL-Studie beziehen sich dabei auf die Fragestellung: „Wie häufig hat Ihr Kind seit Einführung der Beikost (bei Kindern  $\leq$  18 Monate) / in den letzten 12 Monaten (bei Kindern  $>$  18 Monate) folgende Lebensmittel verzehrt? Speisen mit rohen Bestandteilen von Hühnereiern (z.B. Teig naschen, Tiramisu, selbstgemachte Mayonnaise oder Mousse au chocolat)“. Bei der EsKiMo-Studie für Kinder und Jugendliche von 6 bis 17 Jahren sowie in der NVS II bei Erwachsenen von 14-80 Jahren ergeben sich die Verzehrshäufigkeiten anhand der Frage: „Wie oft isst/essen oder trinkst Du/ trinken Sie die folgenden rohen, nicht erhitzten Lebensmittel? Rohe Eier (z.B. in Tiramisu, selbstgemachtem Speiseeis, selbstgemachter Mayonnaise)“.

	<b>KiESEL</b> <b>(0,5 – 6 Jahre)</b> n = 1.068	<b>EsKiMo</b> <b>(6 – 11 Jahre)</b> n = 1.234	<b>EsKiMo</b> <b>(12 – 17 Jahre)</b> n = 1.272	<b>NVS II</b> <b>(14 – 80 Jahre)</b> Häufigkeitsfragebogen n = 14.189
<b>Verzehrshäufigkeit von rohen Eiern</b>	<b>Anteil Verzehrer (%)</b>			
gesamt	55,1	21,3	22,6	51,7
6 mal/Jahr	31,1	16,5	15,2	30,5
24 mal/Jahr	21,0	3,7	6,8	15,5
>24 mal/Jahr	3,1	1,1	0,7	5,6

**Tabelle 2:** Verzehrshäufigkeiten von rohen Eiern bzw. Roheispeisen in KiESEL (Golsong et al. 2017), EsKiMo (Mensink et al. 2007) und NVS II (MRI 2017) aus den Fragebögen im Vergleich. Die angegebenen Verzehrshäufigkeiten, die sich auf unterschiedliche Zeiträume beziehen, wurden wegen der Vergleichbarkeit auf Verzehrshäufigkeiten pro Jahr umgerechnet. So wurde bei „< 1 mal/Monat sowie „1 - 2 mal/Quartal“ mit „6 mal/Jahr“ und bei „1 – 3 mal/Monat“ mit „24 mal/Jahr“ gerechnet. Die Kategorie „> 24 mal/Jahr“ stellt eine Zusammenfassung der Nennungen „1 mal/Woche“ und häufiger dar, die einzeln unter 5 % ausmachen.

Tabelle 2 zeigt die Verzehrshäufigkeiten für rohe Eier bzw. Roheispeisen über alle Altersgruppen im Vergleich. Dabei zeigen die jüngsten Kinder bei einer Verzehrshäufigkeit von 24 mal/Jahr bzw. 2 mal/Monat mit 21 % den höchsten Anteil an Verzehrer, gefolgt von den Erwachsenen mit 16 %. Die 6-11jährigen Kinder sind hier mit dem geringsten Verzehreranteil von 4 % vertreten. Bei einer Häufigkeit des Verzehr von 6 mal/Jahr liegt der Verzehreranteil sowohl bei den KiESEL-Kindern als auch den Erwachsenen bei 31 %. Den niedrigsten Anteil an Verzehrer weisen die Jugendlichen mit 15 % auf.

Es bleibt zu berücksichtigen, dass die Fragestellungen zum Verzehr von rohen Eiern in den einzelnen Fragebögen voneinander abweichen. So berücksichtigt lediglich der Fragenbogen aus der KiESEL-Studie den Verzehr von „rohem Teig“, was eine Unterschätzung des Verzehreranteils sowie der Verzehrshäufigkeiten bei allen anderen Studien vermuten lässt.

### 3.1.4 Risikocharakterisierung – Szenarien zur Charakterisierung des Verbraucherrisikos

Hühnereier der Güteklasse A müssen nach Verordnung (EG) Nr. 589/2008 der Kommission zu Vermarktungsnormen von Eiern eine saubere, unbeschädigte Schale und Kutikula aufweisen (Artikel 2, Absatz 1a). Bei sichtbarer Verschmutzung gehören die Eier der Güteklasse B an und gelangen in Verarbeitungsprozesse mit Erhitzungsschritt. In der Praxis werden aber vereinzelt Hühnereier im Einzelhandel mit geringer bis mittelgradiger Kotverschmutzung, manchmal auch mit verklebten Federresten gefunden. Da *Campylobacter* über fäkale

Ausscheidungen der Legehennen auf die Eierschale gelangt, ist die Wahrscheinlichkeit, dass bei diesen Hühnereiern die Eierschale mit *Campylobacter* kontaminiert ist, höher als bei sauberen Eiern. Die kulturellen Nachweise von *Campylobacter* auf Hühnereiern lassen den Schluss zu, dass nicht alle *Campylobacter* auf der Eischale absterben, sondern dort teilweise überleben können und auch im Labor anzüchtbar sind. Ein Grund für das Überleben könnte sein, dass der Geflügelkot von der Oberfläche beginnend austrocknet und im Inneren Schutz gegenüber Sauerstoff bietet. Deshalb ist eine Übertragung von *Campylobacter* bei der Verarbeitung von Hühnereiern mit sichtbarer Verschmutzung der Eierschale in den Eiinhalt sowie über Kreuzkontamination in andere Lebensmittel möglich. Humane *Campylobacteriose*-Fälle und Spätfolgen sind möglich, wenn die kontaminierten Lebensmittel vor dem Verzehr nicht mehr erhitzt werden. Todesfälle sind sehr selten.

Da *Campylobacter* nur auf der Schale von Hühnereiern vorkommen und in Deutschland nur selten Roheispeisen verzehrt werden, besteht ein geringes Risiko, durch Verzehr von Roheispeisen an einer *Campylobacteriose* zu erkranken.

Das Risiko, welches von Hühnereiern ausgeht ist abhängig vom Verschmutzungsgrad, vom Umgang mit Hühnereiern im Privathaushalt und der Gastronomie sowie von der Art der Zubereitung.

Anhand verschiedener Szenarien wird nachfolgend das Verbraucherrisiko charakterisiert, das in Deutschland von Hühnereiern ausgeht, die mit *Campylobacter* kontaminiert sind.

#### **Szenario 1: Mit *Campylobacter* kontaminierte Hühnereier können Kreuzkontamination erzeugen**

Über kontaminierte Hühnereier können *Campylobacter* durch direkten Kontakt oder indirekt (z.B. über Hände, Küchengeräte oder Reinigungsutensilien) in andere Speisen gelangen, die vor dem Verzehr nicht mehr erhitzt werden. Humane *Campylobacteriose*-Fälle sind möglich. Das Risiko lässt sich durch Produktion sauberer Eier und durch Einhaltung von Hygieneregeln zum Schutz vor Kreuzkontaminationen minimieren.

**Szenario 2:** Mit *Campylobacter* kontaminierte Hühnereier werden vor dem Verzehr mit unversehrter Eischale zubereitet

Werden die intakten Eischalen bei der Zubereitung der kontaminierten Hühnereier für mindestens 2 min auf mehr als 70 °C erhitzt, z. B. bei der Zubereitung eines weichen Frühstücks, besteht kein Risiko, sich beim Verzehr der zubereiteten Eier mit *Campylobacter* zu infizieren, da *Campylobacter* auf der Eischale inaktiviert werden und im Eiinhalt intakter Hühnereier nicht zu finden sind.

**Szenario 3:** Mit *Campylobacter* kontaminierte Hühnereier werden aufgeschlagen und der Eiinhalt vor dem Verzehr erhitzt

Werden mit *Campylobacter* kontaminierte Hühnereier aufgeschlagen, können *Campylobacter* in den Eiinhalt gelangen. Wird der mit der Schale in Kontakt gekommene Eiinhalt (das Eiweiß und ggf. zusätzlich das auslaufende Eigelb) anschließend für mindestens 2 min auf mehr als 70 °C erhitzt, besteht kein Risiko, durch dessen Verzehr an einer *Campylobacteriose* zu erkranken, da in den Eiinhalt gelangte *Campylobacter* durch das Erhitzen inaktiviert werden. Das Vorkommen von *Campylobacter* im unversehrten Eigelb ist auch nach dem Aufschlagen der Hühnereier unwahrscheinlich.

**Szenario 4:** Mit *Campylobacter* kontaminierte Hühnereier werden aufgeschlagen und der Eiinhalt wird roh verzehrt

Werden mit *Campylobacter* kontaminierte Hühnereier aufgeschlagen, können *Campylobacter* in den Eiinhalt gelangen. *Campylobacter* können sich zwar bei Temperaturen unter 30 °C nicht vermehren, allerdings ist die Infektionsdosis mit 500-800 Keimen relativ gering. Wird der Eiinhalt roh oder nicht ausreichend erhitzt verzehrt, sind humane *Campylobacteriose*-Fälle möglich. Das Risiko durch den Verzehr von Roheispeisen an einer *Campylobacteriose* zu erkranken, lässt sich geringfügig minimieren, indem für die Zubereitung von Roheispeisen nur saubere Eier verwendet und diese besonders vorsichtig aufgeschlagen werden.

**Szenario 5:** Mit *Campylobacter* kontaminierte Hühnereier werden ausgepustet

Werden Hühnereier, insbesondere zur Osterzeit, mit dem Mund ausgepustet, können *Campylobacter* aufgenommen werden und zu einer *Campylobacteriose* führen. Das Risiko lässt sich geringfügig minimieren, indem nur saubere Hühnereier ausgepustet werden.

### 3.2 Weitere Aspekte – Bewertung der Qualität der Daten

*Campylobacter*, insbesondere nach Stresseinwirkung, wie z. B. Austrocknen, Sauerstoffstress und suboptimale Temperaturen, benötigen aufwendige Laborbedingungen, um sicher quantitativ nachgewiesen zu werden. Weitere Forschungsarbeiten zur verbesserten kultivierungsunabhängigen Detektion von lebenden *Campylobacter* und eine verstärkte amtliche Untersuchung von Hühnereiern auf das Vorkommen von *Campylobacter* sind notwendig, um die Datenlage zu verbessern.

## 4 Handlungsrahmen / Maßnahmen

Das Risiko einer Übertragung von *Campylobacter* von Hühnereiern auf den Menschen lässt sich durch folgende Maßnahmen reduzieren:

- 1) Bei der Produktion und Verpackung von Hühnereiern sollte eine fäkale Verunreinigung der Eischalen unbedingt vermieden werden.
- 2) Rohe Hühnereier sollten immer separat von anderen Lebensmitteln gelagert und verarbeitet werden.
- 3) Nach Kontakt mit rohen Hühnereiern sollten Küchenutensilien immer gründlich mit heißem Wasser und Spülmittel gereinigt werden.
- 4) Nach dem Berühren von Hühnereiern sollten die Hände gründlich gewaschen werden.
- 5) Für die Herstellung von Roheispeisen sollten ausschließlich saubere Hühnereier verwendet und besonders vorsichtig aufgeschlagen werden, damit der Eiinhalt möglichst wenig Kontakt mit der Eischale bekommt.
- 6) Durch Erhitzen der unter Verwendung von Hühnereiern hergestellten Speisen lassen sich *Campylobacter* und andere Krankheitserreger abtöten. Deshalb sollten insbesondere Personen, deren Abwehrkräfte beeinträchtigt oder noch nicht vollständig ausgebildet sind (vor allem Kleinkinder, kranke und sehr alte Menschen), Hühnereier zum Schutz vor Lebensmittelinfektionen nur nach vollständiger Durcherhitzung verzehren, d. h. wenn Eiweiß und Eigelb fest sind.
- 7) Wer das Risiko, an einer Campylobacteriose zu erkranken minimieren will, sollte auf das Auspusten von rohen Hühnereiern mit dem Mund verzichten.

## 5 Referenzen

- Ahmed MF, Schulz J, Hartung J (2013) Survival of *Campylobacter jejuni* in naturally and artificially contaminated laying hen feces. *Poultry science* 92 (2):364-369. doi:10.3382/ps.2012-02496
- Allen KJ, Griffiths MW (2001) Use of luminescent *Campylobacter jejuni* ATCC 33291 to assess eggshell colonization and penetration in fresh and retail eggs. *J Food Prot* 64 (12):2058-2062
- Baffone W, Casaroli A, Citterio B, Pierfelici L, Campana R, Vittoria E, Guaglianone E, Donelli G (2006) *Campylobacter jejuni* loss of culturability in aqueous microcosms and ability to resuscitate in a mouse model. *Int J Food Microbiol* 107 (1):83-91. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2005.08.015
- Bahobail AAS, Hassan SA, El-Deeb BA (2012) Microbial quality and content aflatoxins of commercially available eggs in Taif, Saudi Arabia. *Afr J Microbiol Res* 6 (13):3337-3342. doi:10.5897/Ajmr12.229
- BfR (2011) Erreger und Zoonosen in Deutschland in 2009; Herausgeber M. Hartung, A. Käsbohrer, ISBN: 3-938163-77-1, BfR Wissenschaft 01/2011
- BfR (2012) Erreger und Zoonosen in Deutschland in 2010; Herausgeber M. Hartung, A. Käsbohrer, ISBN: 3-938163-95-X, BfR Wissenschaft 06/2012
- BfR (2013) Erreger und Zoonosen in Deutschland in 2011; Herausgeber M. Hartung, A. Käsbohrer, ISBN: 3-938163-01-4, BfR Wissenschaft 05/2013
- BfR (2014) Erreger und Zoonosen in Deutschland in 2012; Herausgeber M. Hartung, B.-A. Tenhagen, A. Käsbohrer, ISBN: 3-943963-14-4, BfR Wissenschaft 02/2014
- BfR (2015) Erreger und Zoonosen in Deutschland in 2013; Herausgeber M. Hartung, B.-A. Tenhagen, A. Käsbohrer, ISBN: 978-3-943963-27-4, BfR Wissenschaft 02/2015
- BfR (2016) Erreger und Zoonosen in Deutschland in 2014; Herausgeber M. Hartung, B.-A. Tenhagen, K. Alt, A. Käsbohrer, ISBN: 978-3-943963-47-2, BfR Wissenschaft 06/2016
- Black RE, Levine MM, Clements ML, Hughes TP, Blaser MJ (1988) Experimental *Campylobacter jejuni* infection in humans. *J Infect Dis* 157 (3):472-479
- Blankenship LC, Craven SE (1982) *Campylobacter jejuni* survival in chicken meat as a function of temperature. *Appl Environ Microbiol* 44 (1):88-92
- Bovill RA, Mackey BM (1997) Resuscitation of 'non-culturable' cells from aged cultures of *Campylobacter jejuni*. *Microbiology* 143 ( Pt 5):1575-1581. doi:10.1099/00221287-143-5-1575
- Bui XT, Wolff A, Madsen M, Bang DD (2012) Reverse transcriptase real-time PCR for detection and quantification of viable *Campylobacter jejuni* directly from poultry faecal samples. *Res Microbiol* 163 (1):64-72. doi:10.1016/j.resmic.2011.10.007
- BVL (2010) Berichte zur Lebensmittelsicherheit 2009 - Zoonosen-Monitoring 2009. Gemeinsamer Bericht des Bundes und der Länder, ISBN 978-3-0348-0384-7, Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit.
- BVL (2016) Berichte zur Lebensmittelsicherheit - Zoonosen-Monitoring 2014, Gemeinsamer Bericht des Bundes und der Länder, BVL-Report 10.4, ISBN 978-3-319-30150-1, Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit.
- Cappelletti JM, Minet J, Magras C, Colwell RR, Federighi M (1999) Recovery in embryonated eggs of viable but nonculturable *Campylobacter jejuni* cells and maintenance of ability to adhere to HeLa cells after resuscitation. *Appl Environ Microbiol* 65 (11):5154-5157
- Clark AG, Bueschkens DH (1985) Laboratory infection of chicken eggs with *Campylobacter jejuni* by using temperature or pressure differentials. *Appl Environ Microbiol* 49 (6):1467-1471
- Cox NA, Berrang ME, Stern NJ, Musgrove MT (2001) Difficulty in recovering inoculated *Campylobacter jejuni* from dry poultry-associated samples. *J Food Prot* 64 (2):252-254
- Cox NA, Richardson LJ, Maurer JJ, Berrang ME, Fedorka-Cray PJ, Buhr RJ, Byrd JA, Lee MD, Hofacre CL, O'Kane PM, Lammerding AM, Clark AG, Thayer SG, Doyle MP (2012) Evidence for horizontal and vertical transmission in *Campylobacter* passage from hen to her progeny. *J Food Prot* 75 (10):1896-1902. doi:10.4315/0362-028.JFP-11-322
- Dasti JI, Tareen AM, Lugert R, Zautner AE, Gross U (2010) *Campylobacter jejuni*: a brief overview on pathogenicity-associated factors and disease-mediating mechanisms. *Int J Med Microbiol* 300 (4):205-211. doi:10.1016/j.ijmm.2009.07.002
- de Jong AE, van Asselt ED, Zwietering MH, Nauta MJ, de Jonge R (2012) Extreme Heat Resistance of Food Borne Pathogens *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, and *Salmonella typhimurium* on Chicken Breast Fillet during Cooking. *Int J Microbiol* 2012:196841. doi:10.1155/2012/196841

- Doyle MP (1984) Association of *Campylobacter jejuni* with laying hens and eggs. *Appl Environ Microb* 47 (3):533-536
- Doyle MP, Roman DJ (1981) Growth and survival of *Campylobacter fetus* subsp *jejuni* as a function of temperature and pH. *J Food Protect* 44 (8):596-601
- Doyle MP, Roman DJ (1982) Response of *Campylobacter jejuni* to sodium chloride. *Appl Environ Microbiol* 43 (3):561-565
- 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 (4):2105
- EFSA (2014) Scientific opinion on the public health risks of table eggs due to deterioration and development of pathogens. *EFSA Journal* 12:3782
- Fonseca BB, Beletti ME, de Melo RT, Mendonca EP, Coelho LR, Nalevaiko PC, Rossi DA (2014) *Campylobacter jejuni* in commercial eggs. *Braz J Microbiol* 45 (1):76-79
- Golsong N, Nowak N, Schweter A, Lindtner O (2017) KiESEL – die Kinder-Ernährungsstudie zur Erfassung des Lebensmittelverzehr als Modul in KiGGS Welle 2. *Journal of Health Monitoring* 2 (S3). doi:10.17886/RKI-GBE-2017-100
- Greig JD, Ravel A (2009) Analysis of foodborne outbreak data reported internationally for source attribution. *Int J Food Microbiol* 130 (2):77-87. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2008.12.031
- Groß S, Johne A, Adolphs J, Schlichting D, Stingl K, Müller-Graf C, Bräunig J, Greiner M, Appel B, Käsbohrer A (2015) Salmonella in table eggs from farm to retail – When is cooling required? *Food Control* 47:254–263
- Hartung M, Käsbohrer A (2017) Ergebnisse der Zoonosenerhebung 2015 bei Lebensmitteln in Deutschland *Fleischwirtschaft* 10:106-116
- Jonaidi-Jafari N, Khamesipour F, Ranjbar R, Kheiri R (2016) Prevalence and antimicrobial resistance of *Campylobacter* species isolated from the avian eggs. *Food Control* 70:35-40. doi:10.1016/j.foodcont.2016.05.018
- Keithlin J, Sargeant J, Thomas MK, Fazil A (2014) Systematic review and meta-analysis of the proportion of *Campylobacter* cases that develop chronic sequelae. *BMC Public Health* 14:1203. doi:10.1186/1471-2458-14-1203
- Krüger N-J, Buhler C, Iwobi AN, Huber I, Ellerbroek L, Appel B, Stingl K (2014) "Limits of control"--crucial parameters for a reliable quantification of viable *Campylobacter* by real-time PCR. *PloS one* 9 (2):e88108. doi:10.1371/journal.pone.0088108
- Mensink G, Hesecker H, Richter A, Stahl A, Vohmann C (2007) Forschungsbericht Ernährungsstudie als KIGGS-Modul (Eskimo). Universität Paderborn und Robert-Koch Institut; [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ernaehrung/EsKiMoStudie.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ernaehrung/EsKiMoStudie.pdf?__blob=publicationFile)
- Messelhäußer U, Thaerigen D, Elmer-Englhard D, Bauer H, Schreiner H, Holler C (2011) Occurrence of thermotolerant *Campylobacter* spp. on eggshells: a missing link for food-borne infections? *Appl Environ Microbiol* 77 (11):3896-3897. doi:10.1128/AEM.00145-11
- MRI (2008) Nationale Verzehrsstudie II - Ergebnisbericht Teil 2: Die bundesweite Befragung zur Ernährung von Jugendlichen und Erwachsenen; Max-Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel. [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ernaehrung/NVS\\_ErgebnisberichtTeil2pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ernaehrung/NVS_ErgebnisberichtTeil2pdf?__blob=publicationFile)
- MRI (2017) Häufigkeit des Verzehr von rohen Eiern in der Nationalen Verzehrsstudie II (NVS II). Persönliche Mitteilung vom 24.11.2017; Max-Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Karlsruhe.
- Oosterom J, Dewilde GJA, Deboer E, Deblaauw LH, Karman H (1983) Survival of *Campylobacter jejuni* during poultry-processing and pig slaughtering. *J Food Protect* 46 (8):702-706
- Paula AT, Fonseca BB, Silva MS, Rossi DA (2009) Viability of *Campylobacter jejuni* in commercial eggs. *Biosci J* 25 (6):143-148
- Robinson DA (1981) Infective dose of *Campylobacter jejuni* in milk. *Br Med J (Clin Res Ed)* 282 (6276):1584
- Sahin O, Kobalka P, Zhang Q (2003) Detection and survival of *Campylobacter* in chicken eggs. *J Appl Microbiol* 95 (5):1070-1079
- Sato M, Sashihara N (2010) Occurrence of *Campylobacter* in commercially broken liquid egg in Japan. *J Food Prot* 73 (3):412-417

- Schielke A, Rosner BM, Stark K (2014) Epidemiology of campylobacteriosis in Germany - insights from 10 years of surveillance. *BMC Infect Dis* 14:30. doi:10.1186/1471-2334-14-30
- Silva J, Leite D, Fernandes M, Mena C, Gibbs PA, Teixeira P (2011) *Campylobacter* spp. as a Foodborne Pathogen: A Review. *Front Microbiol* 2:200. doi:10.3389/fmicb.2011.00200
- Stern NJ, Jones DM, Wesley IV, Rollins DM (1994) Colonization of chicks by non-culturable *Campylobacter* spp. *Lett Appl Microbiol* 18 (6):333-336
- Sulonen J, Karenlampi R, Holma U, Hanninen ML (2007) *Campylobacter* in Finnish organic laying hens in autumn 2003 and spring 2004. *Poultry science* 86 (6):1223-1228
- Zhao G, Song X, Zhao JM, Li YH, Wang J, Huang XM, Qu Z, Wang YD, Yan SG, Wang JW (2016) Isolation, Identification, and Characterization of Foodborne Pathogens Isolated from Egg Internal Contents in China. *J Food Protect* 79 (12):2107-2112. doi:10.4315/0362-028x.Jfp-16-168

## Über das BfR

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) ist eine wissenschaftlich unabhängige Einrichtung im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Es berät die Bundesregierung und die Bundesländer zu Fragen der Lebensmittel-, Chemikalien- und Produktsicherheit. Das BfR betreibt eigene Forschung zu Themen, die in engem Zusammenhang mit seinen Bewertungsaufgaben stehen.