Resistenzüberwachung von Zoonoseerregern und kommensalen Bakterien aus der Lebensmittelkette – neue Regeln, neue Erkenntnisse

Monitoring of antimicrobial resistance in zoonotic and commensal bacteria in the food chain – new rules, new insights

BERND-ALOIS TENHAGEN, MIRJAM GROBBEL, JENS-ANDRE HAMMERL, ANNEMARIE KÄSBOHRER

ZUSAMMENFASSUNG

Das Monitoring von Resistenzen bei Zoonoseerregern und kommensalen Bakterien in der Lebensmittelkette wird durch einen Durchführungsbeschluss der Europäischen Kommission geregelt. Dieser Beschluss sieht vor, dass neben den Zoonoseerregern *Salmonella enterica* und *Campylobacter* spp. auch kommensale *Escherichia coli* sowie Enterokokken untersucht werden. In Deutschland wird die Umsetzung der Vorgaben weitgehend in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) Zoonosen Lebensmittelkette geregelt. Im vorliegenden Beitrag werden die Grundprinzipien des Systems dargestellt. Es wird dabei spezifisch auf die besondere Bedeutung des selektiven Nachweises von Keimen, die gegen Cephalosporine der dritten Generation resistent sind, eingegangen. Es zeigt sich, dass die Ergebnisse des selektiven Nachweises sich grundsätzlich von der Untersuchung zufällig ausgewählter Isolate von *E. coli* unterscheiden. Die Nachweisrate für solche resistenten Keime ist bedingt durch die darauf gezielt ausgerichtete Untersuchungsmethode in den meisten Tierarten und Lebensmittelgruppen deutlich höher. Bei der Kommunikation und Interpretation der Ergebnisse müssen diese Spezifika berücksichtigt werden.

ABSTRACT

The monitoring of antimicrobial resistance in zoonotic and commensal bacteria in the food chain is regulated in a Commission Implementing Decision. The decision foresees that besides the zoonotic pathogens Salmonella enterica *and* Campylobacter *spp. commensal* E. coli *and enterococci are to be examined. In Germany this regulation is mostly covered by the "Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) Zoonosen Lebensmittelkette". This paper explains the general principles behind the system. It specifically addresses the importance of the selective isolation of bacteria that are resistant to 3rd generation cephalosporins. The results of this investigation differ substantially from AMR-testing of randomly chosen isolates of* E. coli. *The detection rate of these resistant bacteria is substantially higher in most food and animal samples because of the different methodological approach. These differences need to be considered when communicating and discussing the results.*

EINLEITUNG UND HINTERGRUND

Die Resistenz von Bakterien gegenüber antimikrobiellen Substanzen wird von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) als eines der gravierendsten Probleme für die öffentliche Gesundheit eingestuft (WHO 2015). Es besteht weitgehend Konsens, dass der Einsatz von Antibiotika einer der wesentlichen Treiber für die Entwicklung und Verbreitung von bakteriellen Resistenzen ist. Durch die häufige Kopplung verschiedener Resistenzgene in den bakteriellen Genomen und/oder auf mobilen genetischen Elementen entsteht der Selektionsdruck beim Einsatz eines Antibioti-

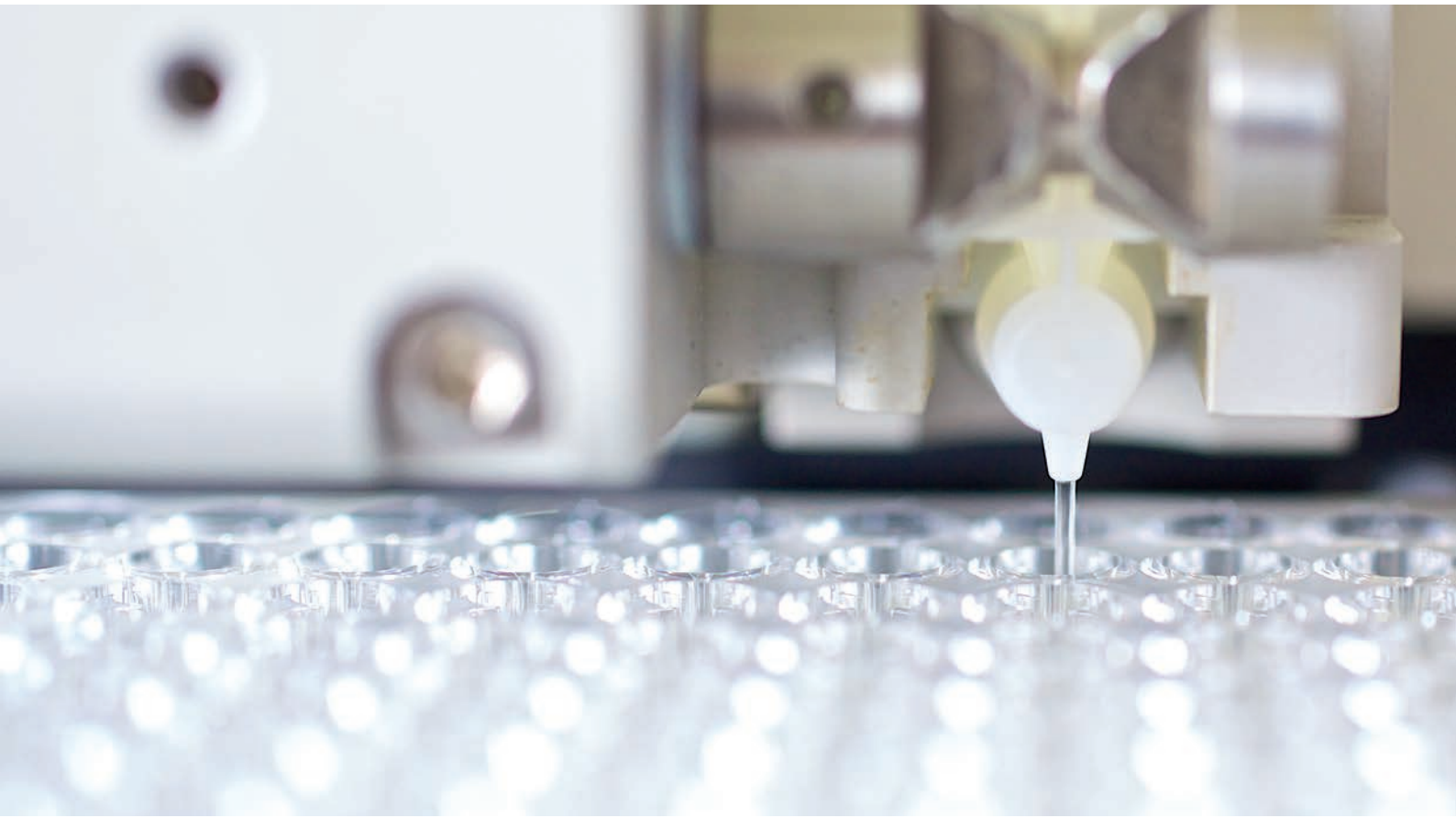

FOTO
Bundesinstitut für Risikobewertung

kums nicht nur im Hinblick auf die Resistenz gegen dieses Antibiotikum, sondern fördert auch die Resistenz gegen andere Substanzen.

Erschwerend kommt hinzu, dass der Selektionsdruck nicht nur gegenüber den pathogenen Bakterien entsteht, die das Ziel der Therapie sind, sondern auch gegenüber allen anderen Bakterien, die im Rahmen der Therapie gegenüber den Wirkstoffen exponiert sind. Dazu gehören nicht zuletzt die Bakterien der Darmflora, aber auch die Hautflora und die bakterielle Flora im Umfeld behandelter Tiere sowie in Gülle oder Abwasser.

Das Monitoring der Resistenz von Bakterien in der Lebensmittelkette muss daher neben den für den Menschen pathogenen zoonotischen Spezies, zum Beispiel *Salmonella enterica* oder *Campylobacter jejuni* und *Campylobacter coli* auch solche Keime umfassen, die als kommensale Mikroorganismen Tiere besiedeln und Lebensmittel potenziell kontaminieren, weil diese Keime als Vehikel von Resistenzmechanismen und den ihnen zugrunde liegenden Genen dienen können.

Für das Monitoring im Dienste einer Risikobewertung für den gesundheitlichen Verbraucherschutz ergeben sich dabei immer zwei Fragen: Einerseits die qualitative Frage: Kommt die Resistenz gegen diesen Wirkstoff bei jenem Bakterium von Tieren vor und zum anderen die Frage, wie häufig das der Fall ist. Die Frage der Häufigkeit lässt sich dabei auf unterschiedlichen Ebenen stellen: Auf der Ebene der Bestände oder Herden (d.h. in welchem Anteil der Herden kommen Bakterien mit dieser Eigenschaft vor), der Ebene des Tieres (welcher Anteil der Tiere dieser Herde trägt solche Bakterien) und innerhalb der Gesamtpopulation der Bakterien: Welcher Anteil der Bakterien der Spezies oder des Subtyps xy dieser Spezies bei dieser Population zeigt diese Resistenz oder trägt das

Gen. Die Beantwortung jeder dieser Fragen bedingt geeignete, sich voneinander unterscheidende Stichprobenverfahren und Untersuchungsmethoden. In der Regel ist die Beantwortung mehrerer Fragestellungen nur mit erheblichem Aufwand gleichzeitig durchführbar, sodass es einer Priorisierung bedarf.

Für den Bereich der Lebensmittelkette hat die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) eine solche Priorisierung vorgeschlagen (EFSA 2012a, b), die dann in der Europäischen Union Grundlage eines Durchführungsbeschlusses der Europäischen Kommission geworden ist (European Commission 2014). In diesem Beschluss wurde festgelegt, welche Bakterienspezies mit welchen Methoden aus welcher Tierpopulation zu welchem Zeitpunkt im Hinblick auf ihre Resistenz gegen welche Substanz untersucht werden sollen und wie die Messergebnisse zu bewerten sind. Im Ergebnis ist die EFSA in der Lage, jährlich einen Bericht mit in hohem Maße vergleichbaren Daten zum Vorkommen von Resistenzen bei Nutztieren sowie aus Nutztieren stammenden Lebensmitteln zu veröffentlichen (EFSA, ECDC 2017). Der Durchführungsbeschluss geht über die vorher gültige und von ihm abgelöste Entscheidung 2007/407/EG hinaus, in der lediglich das Resistenzmonitoring von *Salmonella* und *Campylobacter* geregelt war (European Commission 2007; Käsbohrer et al. 2011).

In Deutschland wird die Umsetzung der sich aus dem Durchführungsbeschluss der Kommission ergebenden Aufgaben weitgehend in der AVV Zoonosen Lebensmittelkette geregelt. Die Durchführung erfolgt entsprechend der Zuständigkeiten durch die Landesbehörden und ihre Untersuchungseinrichtungen, das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) sowie das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR). Dem BfR kommt unter anderem die Aufgabe zu, jährlich den Entwurf für den Zoonosen-Stichprobenplan zu erstellen und im Ausschuss Zoonosen mit den Ländern abzustimmen. Der Zoonosen-Stichprobenplan umfasst die Auswahl der zu untersuchenden Populationen, Art und Umfang der zu entnehmenden Proben und die Bakterienspezies, auf die untersucht werden soll. Auch die anzuwendenden Labormethoden werden im Stichprobenplan festgelegt und – soweit nicht öffentlich zugänglich – bereitgestellt. Ein erster Entwurf wird zunächst seitens des BfR mit einem Expertengremium der Länder diskutiert und anschließend den zuständigen obersten Landesbehörden zur Kommentierung übermittelt. Nach Überarbeitung auf Grundlage der Kommentare der Landesbehörden wird der überarbeitete Plan im Herbst dem Ausschuss Zoonosen zur Zustimmung vorgelegt. Wird der Plan vom Ausschuss Zoonosen beschlossen, wird er für alle Länder verbindlich. Der jährliche Plan umfasst neben den von der EU verbindlich festgelegten Programmen eine Reihe weiterer Programme, in deren Rahmen Untersuchungen durchgeführt werden, die jeweils von den Ländern und dem Bund für relevant befunden werden. Hierbei erfolgt jährlich eine Schwerpunktsetzung auf einige Lebensmittelketten, wobei jeweils einzelne Tierarten und die Produkte hiervon auf verschiedenen Stufen der Produktionskette beprobt werden. Es handelt sich überwiegend um Programme zu den verschiedenen Lebensmittelketten Fleisch. Es werden aber auch Programme zu pflanzlichen Lebensmitteln oder etwa zu Muscheln durchgeführt.

Bei der Durchführung der Programme im Folgejahr ist es die Aufgabe der Nationalen Referenzlaboratorien im BfR, die von den Landesuntersuchungsbehörden eingesandten Bakterienisolate gegebenenfalls zu bestätigen, zu typisieren und auf ihre Resistenz gegen antimikrobielle Substanzen zu testen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen gehen in den vom BVL koordinierten Bericht ein, ebenso wie die Bewertung der Ergebnisse des Zoonosen-Monitorings durch das BfR. Die Ergebnisse des Zoonosen-Monitorings werden gegen Ende des Folgejahres vom BVL in einem Bericht im Internet veröffentlicht (https://www.bvl.bund.de/DE/08_PresseInfothek/presseInfothek_node.html).

Im Hinblick auf Antibiotikaresistenz werden die Untersuchungen, die im Rahmen des nationalen Zoonosen-Monitorings ge-

mäß der AVV Zoonosen Lebensmittelkette durchgeführt werden, ergänzt durch die Testung von Isolaten von Salmonellen, die im Rahmen der Bekämpfungsprogramme für Salmonellen bei Hühnern und Puten sowie im Rahmen der Eigenkontrollen der Lebensmittelunternehmer im Rahmen der Schlachtung gewonnen werden.

Durch den Durchführungsbeschluss 2013/652/EU haben sich bei der Überwachung von Antibiotikaresistenzen wichtige Neuerungen ergeben, deren Bedeutung im vorliegenden Beitrag anhand des Nachweises von Cephalosporin-resistenten *E. coli* beispielhaft erläutert werden soll.

METHODIK

Der Stichprobenumfang in den Zoonosen-Stichprobenplänen richtet sich einerseits nach der Prävalenz der zu testenden Erreger, andererseits nach der gewünschten Genauigkeit der geschätzten Prävalenz. Er ist dabei immer ein Kompromiss zwischen dem Wunsch nach einer möglichst hohen Genauigkeit und Beschränkungen, die aus logistischen und finanziellen Aspekten bestehen. Die Verteilung der Stichproben auf die 16 Länder richtet sich nach deren Anteil an der jeweiligen Zielpopulation.

Für Proben auf Ebene der Tierhaltung richtet sich der Plan nach der Verteilung der Ziel-Tierpopulation (Anzahl Tiere) auf die jeweiligen Länder, die beim Statistischen Bundesamt dokumentiert ist (www.destatis.de). Bei Probenahme am Schlachthof (entweder von den Schlachttieren oder von den gewonnenen Schlachtkörpern) richtet sich der Plan nach der jeweiligen Schlachtkapazität für die Ziel-Tierpopulation (in Deutschland gemästete Schlachttiere) in den Ländern. Diese wird anhand der letzten verfügbaren Schlachtzahlen ebenfalls beim Statistischen Bundesamt abgefragt. Eventuelle Änderungen, die sich bei der Schließung einzelner Schlachthöfe kurzfristig ergeben, werden im Einvernehmen mit den Landesbehörden berücksichtigt.

Bei Probenahme im Einzelhandel wiederum wird die Stichprobe gemäß dem Anteil der Länder an der Bevölkerung verteilt. Der Plan ist in den meisten Fällen so ausgelegt, dass bei einer Prävalenz von 50 Prozent diese mit einer Genauigkeit von +/- 5 Prozent geschätzt werden kann. Bei einer großen Population bedingt dies einen angestrebten Stichprobenumfang von 384 Proben. Abweichend davon werden mehr Proben benötigt, wenn für die Resistenzuntersuchung eine bestimmte Anzahl von Isolaten benötigt wird. Bei einer geringen Prävalenz der Erreger wird deshalb innerhalb eines bestimmten Rahmens der Stichprobenumfang entsprechend erhöht.

Bei der Untersuchung auf Antibiotikaresistenz werden zwei unterschiedliche Ansätze verfolgt. Einerseits werden Proben auf die interessierenden Bakterienspezies untersucht. Von den aus einer Probe isolierten Bakterien wird ein zufällig ausgewähltes Isolat an das Nationale Referenzlabor für Antibiotikaresistenz (NRL-AR) eingesandt. Dabei werden im Rahmen des Monitorings die Spezies *Salmonella enterica*, *Campylobacter jejuni* und *Campylobacter coli*, *Escherichia coli* und *Enterococcus faecalis* und *Enterococcus faecium* berücksichtigt. Das eingesandte Isolat wird dann im NRL-AR auf seine Resistenz gegen ein definiertes Panel von Antibiotika getestet.

Beim zweiten Ansatz werden die Proben gezielt auf Bakterien mit bestimmten Resistenzeigenschaften untersucht. Dies erfolgt durch den Einsatz von Selektivmedien, die definierte Konzentrationen antimikrobieller Substanzen enthalten. Durch diesen Ansatz werden alle Keime im Wachstum unterdrückt, die gegen das Antibiotikum in dieser Konzentration empfindlich sind. Insbesondere dann, wenn in der Probe Bakterien derselben Spezies enthalten sind, die unterschiedlich empfindlich gegenüber der Substanz sind, wird so sichergestellt, dass die resistente Subpopulation auch entdeckt wird. Dies ist schematisch in ABBILDUNG 1 dargestellt.

Die vom Durchführungsbeschluss 2013/652/EU vorgegebenen spezifischen Programme betreffen einerseits *E. coli* mit einer Resistenz gegen Cephalosporine

der 3. Generation als verpflichtende Programme, andererseits *E. coli* mit einer Resistenz gegen Carbapeneme als freiwillige Programme. Diese spezifisch resistenten Keime wurden ausgewählt, weil die Resistenz von Enterobacteriaceae gegen diese Substanzen aus Sicht des gesundheitlichen Verbraucherschutzes als besonders problematisch gilt und bekannt ist, dass sie in Nutztierbeständen vorkommen (Irrgang et al. 2017; Käsbohrer et al. 2012). In Deutschland (und einigen anderen EU-Mitgliedstaaten) wird darüber hinaus freiwillig auch selektiv auf Methicillin-resistente *Staphylococcus aureus* (MRSA) untersucht. Bei diesen Keimen ist die Untersuchung in ihrer besonderen Bedeutung als Erreger von Krankenhausinfektionen begründet. Auch bei ihnen ist bekannt, dass ein bestimmter Typ dieser Keime in der Tierhaltung weit verbreitet ist: der sogenannte livestock associated MRSA (laMRSA) (Köck et al. 2014).

Die „zufällig" ausgewählten Isolate der Bakterienspezies werden gegen ein im Durchführungsbeschluss definiertes Panel von antimikrobiellen Substanzen getestet. In dem Panel für *E. coli* und Salmonellen sind unter anderem die Substanzen Cefotaxim und Ceftazidim als Cephalosporine der 3. Generation und das Carbapenem Meropenem enthalten. Cefotaxim ist auch in den Selektivmedien enthalten, die für den spezifischen Nachweis gegen diese Substanz resistenter Bakterien verwandt werden.

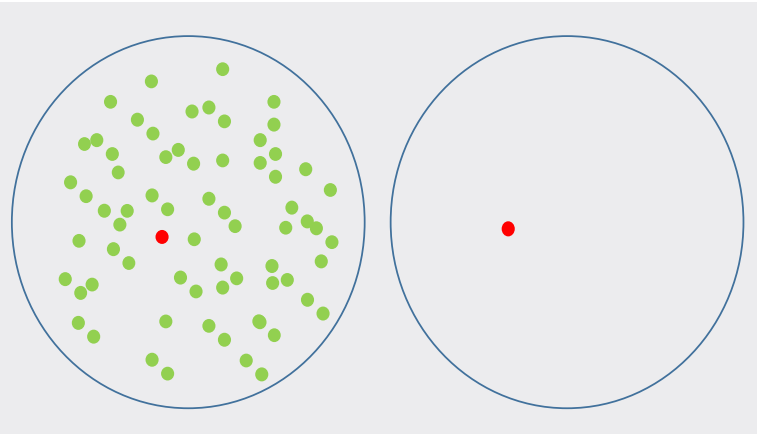

ABBILDUNG 1
Effekt des selektiven Nachweises resistenter *E. coli*. Durch den Einsatz des Selektivmediums wird die sensible Subpopulation (grün) unterdrückt, sodass die resistente Subpopulation (rot) identifiziert werden kann.

ERGEBNISSE

TIERE

In den Jahren 2013 bis 2016 wurden zumindest in einem Jahr Masthühner, Mastputen, Legehennen, Mastschweine sowie Mastkälber selektiv auf das Vorkommen Cephalosporin-resistenter *E. coli* untersucht. Gleichzeitig wurden aus denselben Probenmaterialien auch *E. coli* untersucht, die ohne den Einsatz der Selektivmedien mit Cefotaxim gewonnen worden waren. ABBILDUNG 2 zeigt den Unterschied in den Ergebnissen zwischen diesen beiden Untersuchungsverfahren. Während nur ein geringer Anteil der zufällig ausgewählten Isolate von *E. coli* resistent gegen Cefotaxim und/oder Ceftazidim war, wurde in einem erheblichen Anteil der Proben mit dem selektiven Nachweisverfahren Cephalosporin-resistente *E. coli* nachgewiesen.

LEBENSMITTEL

Auch das Fleisch unterschiedlicher Tierarten wurde im Einzelhandel beprobt und mit den beiden Verfahren auf das Vorkommen von *E. coli* untersucht. Auch hier zeigte sich die erhebliche Differenz im Ergebnis zwischen der Untersuchung der zufällig ausgewählten Isolate von *E. coli* und dem selektiven Nachweis von Cephalosporin-resistenten *E. coli* (ABBILDUNG 3).

DISKUSSION

Zwischen den verschiedenen Lebensmittelketten wurden in den Monitoringuntersuchungen erhebliche Differenzen in der Prävalenz Cefotaxim-resistenter *E. coli* festgestellt. Die höchste Nachweisrate Cephalosporin-resistenter *E. coli* erfolgte in Hähnchenbeständen im Jahr 2013 (64,9 %). Die geringste Nachweisrate ergab sich im selben Jahr in Mastrinderbeständen (17,7 %). Bis auf die Mastrinder wiesen alle Tierpopulationen eine Nachweisrate zwischen 35 und 70 Prozent

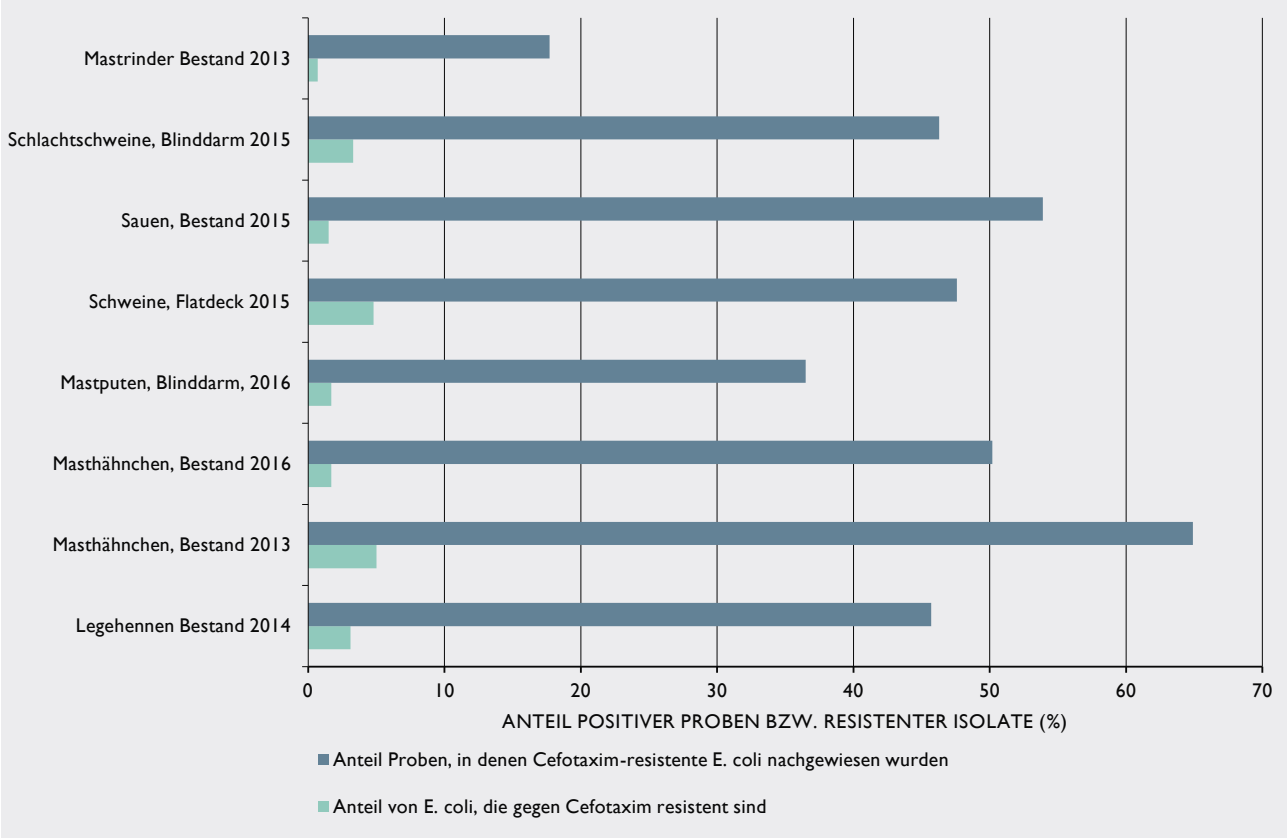

ABBILDUNG 2
Anteil für Cefotaxim-resistente *E. coli* positiver Proben und Anteil Cefotaxim-resistenter zufällig ausgewählter *E. coli* in Proben aus unterschiedlichen Tierarten und Nutzungsgruppen.

auf. Im Gegensatz dazu wiesen zufällig ausgewählt Isolate von *E. coli* aus denselben Proben nur zu 0,7 bis 5,8 Prozent eine Resistenz gegenüber Cefotaxim auf. Dies deutet darauf hin, dass der Anteil Cefotaxim-resistenter *E. coli* an allen *E. coli* in den Proben gering ist, sodass sie nur selten bei der zufälligen Auswahl von Isolaten erfasst werden. Die mikrobielle Flora der Tiere zum Zeitpunkt der Schlachtung bestimmt wesentlich die Charakteristika der bei der Schlachtung auf den Tierkörper übertragbaren Bakterien. Die Resistenzsituation der Keime auf den Schlachtkörpern und auf dem Fleisch entspricht weitgehend der Resistenzsituation der Keimflora der geschlachteten Tierpopulation (Tenhagen et al. 2014; Vossenkuhl et al. 2014).

In den Proben aus Lebensmitteln im Einzelhandel zeigten sich jedoch weitere Unterschiede (ABBILDUNG 3). Hier waren beim Fleisch von Masthähnchen und Mastputen ähnliche Differenzen zu beobachten wie in den Beständen. Der Anteil Cefotaxim-resistenter Isolate an allen untersuchten *E. coli* war relativ gering (4,9 % bzw. 5,3 %). Der Anteil positiver Proben bei der Untersuchung mit dem selektiven Verfahren ist im Fleisch ähnlich hoch wie in den Tierpopulationen.

Im Gegensatz dazu unterschieden sich die Verhältnisse in Proben von Rind- und Schweinefleisch deutlich von denen in den Proben aus den Tierbeständen. Zwar war auch hier der Anteil der zufällig ausgewählten *E. coli* mit einer Cephalosporin-Resistenz gering (zwischen 0 und 4,0 %). Allerdings waren die Proben auch mit dem selektiven Nachweisverfahren nur selten positiv für Cefotaxim-resistente *E. coli*. Eine mögliche Erklärung dieser geringeren Nachweisrate ist in der geringeren Keimbelastung dieser Lebensmittel im Vergleich zu Geflügelfleisch zu sehen, der auch für den Nachweis von *Campylobacter* spp. im Rahmen des Monitorings zu beobachten ist (BVL 2016a, b).

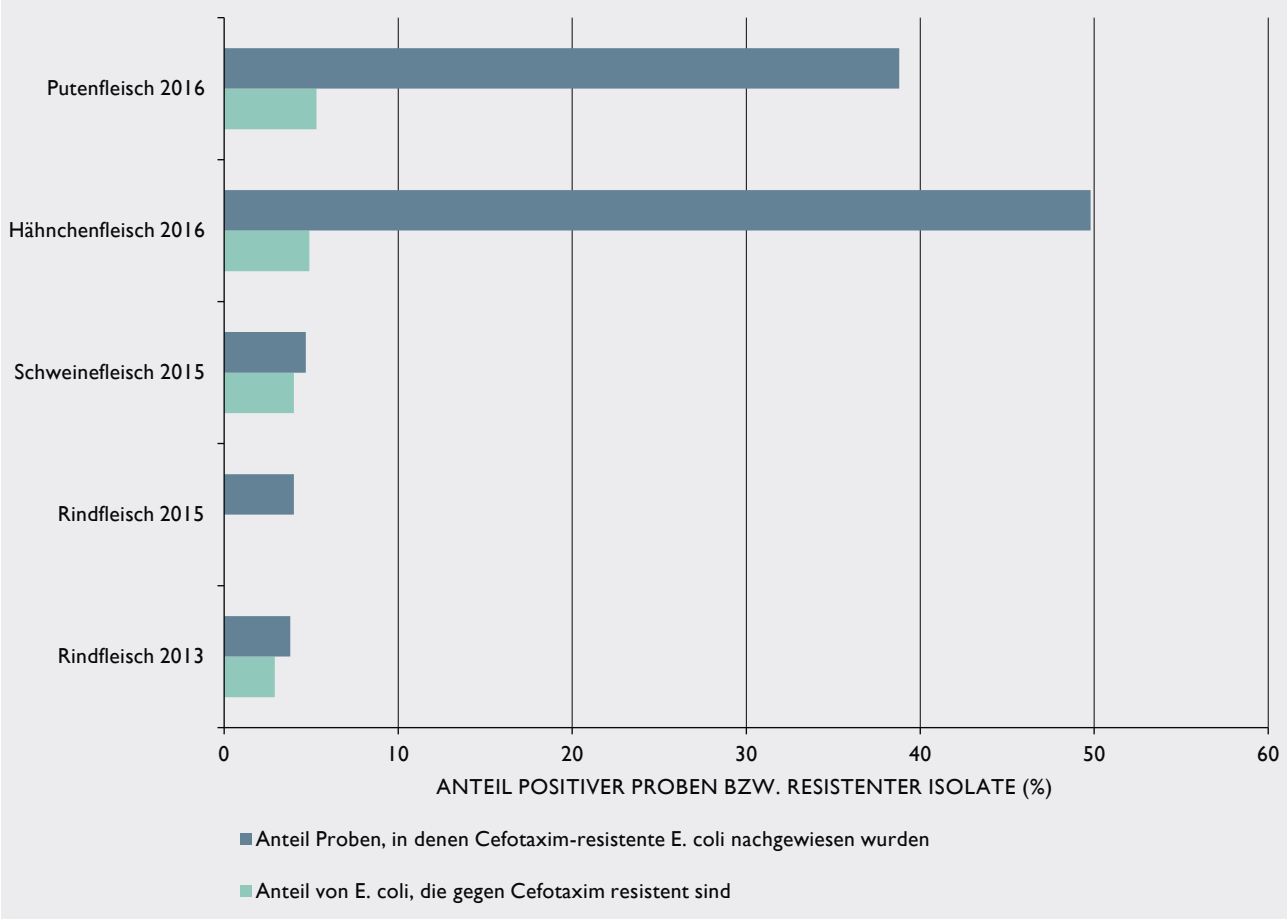

ABBILDUNG 3
Anteil für Cefotaxim-resistente *E. coli* positiver Proben und Anteil Cefotaxim-resistenter zufällig ausgewählter *E. coli* in Fleisch unterschiedlicher Tierarten 2013–2016.

Während in den Proben aus den Beständen und aus dem Blinddarm mit sehr hohen Keimzahlen zu rechnen ist, sodass auch bei einem geringen Anteil der resistenten an der Gesamtpopulation noch die resistenten Keime im selektiven Nachweisverfahren nachzuweisen sind, ist die Keimbelastung auf Schweine- und Rindfleisch insgesamt geringer. Bei einem geringen Anteil der resistenten Keime an der Gesamtpopulation steigt die Wahrscheinlichkeit, dass diese auch mit dem selektiven Nachweisverfahren nicht zu isolieren sind.

Bei der Expositionsschätzung für den Menschen geht es sowohl um das Vorhandensein eines spezifischen Hazards (hier also pathogener oder resistenter Bakterien) in einem bestimmten Lebensmittel, als auch um die Menge dieses Erregers und damit die Wahrscheinlichkeit, dass es tatsächlich zur Besiedlung oder gar Infektion des Menschen kommt. Werden Erreger mit hochsensiblen Nachweisverfahren in einem Lebensmittel nachgewiesen, das vor dem Verzehr durchgebraten wird (z.B. Geflügelfleisch), ist das Risiko ganz anders einzuschätzen, als wenn der Erreger mit hohen Keimzahlen in einem Lebensmittel nachgewiesen wird, das häufig nicht durcherhitzt wird (z.B. Mett).

Die Erregerkonzentration auf dem Lebensmittel im Einzelhandel stellt den Ausgangspunkt für die letzten Verarbeitungsschritte vor dem Verzehr dar, den Transport des Lebensmittels in den Haushalt und seine Zubereitung. Hier gibt es, wie in einer Studie kürzlich gezeigt wurde, verschiedene Wege für Kreuzkontaminationen, das heißt der Übertragung der Keime vom Fleisch auf andere Lebensmittel und Arbeitsmaterialien in der Küche (Fetsch et al. 2017).

Die Unterschiede im Vorkommen resistenter Mikroorganismen im Lebensmittel, die mit den selektiven Nachweisverfahren ermittelt wurden, bestätigen die Ergebnisse beim Nachweis von Zoonoseerregern (z.B. *Campylobacter* spp.). Die deutlich höhere Prävalenz beim Geflügelfleisch ist weitgehend auf Unterschiede in der Lebensmittelgewinnung zurückzuführen. Der Nachweis von *Campylobacter* spp. in Dickdarmproben von Rind und Schwein war ähnlich häufig wie in den Proben aus Geflügeldärmen am Schlachthof. Das heißt, der Eintrag der Erreger in die Lebensmittelkette unterscheidet sich nicht grundsätzlich (BVL 2016b). Während der Schlachtprozess bei Rind und Schwein eine Kontamination des Schlachtkörpers stark begrenzt, werden auf Geflügelschlachtkörpern regelmäßig deutlich höhere Nachweisraten von Zoonoseerregern beobachtet (BVL 2016a, b). Dies gilt ähnlich für die Keime, die spezifische Resistenzen tragen. Gelangen die Keime auf diese Weise auf das Fleisch, können sie in der Küche erheblich verbreitet werden, wenn die Regeln der Küchenhygiene nicht beachtet werden (BfR 2015).

LITERATUR

BfR – Bundesinsstitut für Risikobewertung (2015): Schutz vor Lebensmittelinfektionen im Privathaushalt. Berlin.

BVL – Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2016a): Berichte zur Lebensmittelsicherheit - Zoonosen-Monitoring 2014.

BVL – Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2016b): Berichte zur Lebensmittelsicherheit - Zoonosen-Monitoring 2015.

EFSA – Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (2012a): Technical specifications on the harmonised monitoring and reporting of antimicrobial resistance in methicillin-resistant Staphylococcus aureus in foodproducing animals and food. EFSA Journal 10: 2897.

EFSA – Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (2012b): Technical specifications on the harmonised monitoring and reporting of antimicrobial resistance in Salmonella, Campylobacter and indicator Escherichia coli and Enterococcus spp. bacteria transmitted through food. EFSA Journal 10: 2742.

EFSA, ECDC – Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit, Europäisches Zentrum für die Prävention und die Kontrolle von Krankheiten (2017): The European Union summary report on antimicrobial resistance in zoonotic and indicator bacteria from humans, animals and food in 2015. EFSA Journal 15: 4694.

European Commission (2014). DURCHFÜHRUNGSBESCHLUSS DER KOMMISSION vom 12. November 2013 zur Überwachung und Meldung von Antibiotikaresistenzen bei zoonotischen und kommensalen Bakterien, 2013/652/EU (Amtsblatt der Europäischen Union): 26–39.

European Commission (2007): Entscheidung der Kommission vom 12. Juni 2007 zu einer harmonisierten Überwachung von Antibiotikaresistenz von Salmonellen bei Geflügel und Schweinen, 2007/407/EG: (Bekannt gegeben unter Aktenzeichen K(2007) 2421) (Amtsblatt der Europäischen Union): 26–29.

Fetsch A, Ballhausen B, Kraushaar B et al. (2017): How big is the risk? Update on MRSA in the food chain. In: RESET & MedVetStaph - Final Scientific Symposium. Berlin, 14.04.–26.04.2017: 23–24.

Irrgang A, Fischer J, Grobbel M et al. (2017): Recurrent detection of VIM-1-producing Escherichia coli clone in German pig production. The Journal of antimicrobial chemotherapy 72: 944–946.

Käsbohrer A, Schroeter A, Tenhagen B A et al. (2012): Emerging antimicrobial resistance in commensal Escherichia coli with public health relevance. Zoonoses. Public Health 59 Suppl 2: 158–165.

Käsbohrer A, Tenhagen B A, Heckenbach K et al. (2011): Verbesserte Resistenzüberwachung von Salmonellen und Kommensalen durch die AVV Zoonosen Lebensmittelkette und die Bekämpfungsprogramme für Salmonellen beim Geflügel. UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst 1: 42–48.

Köck R, Ballhausen B, Bischoff M et al. (2014): The impact of zoonotic MRSA colonization and infection in Germany. Berliner und Münchener Tierarztliche Wochenschrift 127: 384–398.

Tenhagen B A, Vossenkuhl B, Kasbohrer A et al. (2014): Methicillinresistant Staphylococcus aureus in cattle food chains - prevalence, diversity, and antimicrobial resistance in Germany. Journal of Animal Science 92: 2741–2751.

Vossenkuhl B, Brandt J, Fetsch A et al. (2014): Comparison of spa Types, SCCmec Types and Antimicrobial Resistance Profiles of MRSA Isolated from Turkeys at Farm, Slaughter and from Retail Meat Indicates Transmission along the Production Chain. Plos One 9, e96308.

WHO – World Health Organization (2015): Global Action Plan on Antimicrobial Resistance. Genova.

KONTAKT

Bernd-Alois Tenhagen
Bundesinstitut für Risikobewertung
Abteilung Biologische Sicherheit
Fachgruppe Epidemiologie, Zoonosen und Antibiotikaresistenz
Nationales Referenzlabor für Antibiotikaresistenz
Max-Dohrn-Str. 8-10
10589 Berlin
E-Mail: bernd-alois.tenhagen[at]bfr.bund.de

[BfR]