

## Risikobasierte Fleischuntersuchung ohne Anschnitte bei Mastschweinen

Stellungnahme Nr. 001/2012 des BfR vom 14. April 2011

Die risikobasierte Fleischuntersuchung ist ein neues Verfahren, mit dem im Rahmen des Lebensmittelketten-orientierten Gesamtkonzeptes in der Fleischgewinnung die klassische veterinärmedizinische Untersuchung des Fleisches auf dem Schlachthof verbessert werden soll. Ziel des Konzeptes ist es, die Sicherheit des Lebensmittels Fleisch durch geeignete Maßnahmen wie Stallhygiene, Überwachung der Tiergesundheit im Stall, hygienische Transport- und Schlachtbedingungen etc. entlang der Produktions- und Vertriebskette sicherzustellen. Verzichtet wird bei der risikobasierten Fleischuntersuchung auf einen Anschnitt von Tonsillen und Kehlkopf des Schlachtkörpers. Denn mit der klassischen anatomisch-pathologischen Methode des Anschnitts lassen sich aktuell bedeutsame Risiken für die menschliche Gesundheit nicht erkennen. Eine Infektion bzw. Besiedelung der Tiere oder Schlachtkörper mit bestimmten für den Menschen relevanten Zoonoseerregern wie *Salmonellen*, *Campylobacter* und anderen Keimen wird mit dem Anschnitt ebenso wenig erkannt wie stoffliche Risiken durch Kontaminanten in Futtermitteln oder Rückstände von Tierarzneimitteln.

Die risikobasierte Untersuchung von Schlachtschweinen ist nur möglich, wenn die Schlacht-tiere unter kontrollierten Bedingungen und in integrierten Produktionssystemen gehalten wurden. Nach Auffassung des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) kann bei dem Konzept der risikobasierten Fleischuntersuchung auf mikrobielle und serologische Verfahren der Diagnose von relevanten Zoonoseerregern in den Beständen und im Schlachthof nicht verzichtet werden. Als relevante Gefahr wurde eine Reihe von Zoonoseerregern identifiziert, zu denen insbesondere *Salmonella* spp., Mykobakterien, Yersinien, *Campylobacter* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* bzw. Koagulase-positive Staphylokokken (einschließlich MRSA), VTEC, Hepatitis-E-Viren, Ascariden, *Echinococcus* spp., Cryptosporidien, *Taenia solium*, Trichinellen, Toxoplasmen sowie die mögliche Antibiotikaresistenz der genannten Erreger gezählt werden.

Vordringlich sollten Mastschweine im Rahmen der vorgeschriebenen Fleischuntersuchung per Sichtkontrolle nach Auffassung des BfR flankierend mit serologischen und/oder mikrobiologischen Untersuchungen der Bestände insbesondere auf *Salmonella* spp., Mykobakterien, Yersinien, *Campylobacter* spp., Trichinellen und Toxoplasmen untersucht werden. Die übrigen oben genannten Mikroorganismen oder Parasiten haben entweder eine geringere Bedeutung oder die Datenlage reicht für eine Bewertung nicht aus. Allerdings liegen derzeit nur für die Untersuchung auf Trichinellen und Salmonellen validierte Methoden vor. Für die anderen relevanten Erreger sind sie zu entwickeln.

### 1. Gegenstand der Bewertung

Das BfR wurde vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) um eine Stellungnahme zur Frage gebeten, welche flankierenden serologischen und mikrobiologischen Untersuchungen zu Zoonoseerregern im Zusammenhang mit der risikobasierten Fleischuntersuchung ohne Anschnitte bei Mastschweinen erforderlich sind. Zusätzlich soll bewertet werden, welche validierten Methoden für die Durchführung dieser Untersuchungen geeignet sind.

## 2. Ergebnis

Als relevante Gefahren im Zusammenhang mit der risikobasierten Fleischuntersuchung ohne Anschnitte bei Mastschweinen wurde eine Reihe von Zoonoseerregern identifiziert, zu denen insbesondere *Salmonella* spp., Mykobakterien, Yersinien, *Campylobacter* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* bzw. Koagulase-positive Staphylokokken (einschließlich MRSA), VTEC, Hepatitis-E-Viren, Ascariden, *Echinococcus* spp., Cryptosporidien, *Taenia solium*, Trichinellen, Toxoplasmen sowie die mögliche Antibiotikaresistenz der genannten Erreger gezählt wurden.

Aus dieser Gruppe erschienen flankierende serologische und mikrobiologischen Untersuchungen insbesondere auf *Salmonella* spp., Mykobakterien, Yersinien, *Campylobacter* spp., Trichinellen und Toxoplasmen sinnvoll. Die übrigen Mikroorganismen oder Parasiten haben entweder eine geringere Bedeutung oder die Datenlage reicht für eine Bewertung nicht aus. Derzeit liegen nur für die Untersuchung auf Trichinellen und Salmonellen validierte Methoden vor.

Nach Angaben der EFSA sind 10–20 % aller humanen ***Salmonella*-Infektionen auf kontaminiertes Schweinefleisch zurückzuführen**. Eine EFSA-Risikobewertung konnte zeigen, dass von einer **Minderung der *Salmonella*-Kontamination in den Lymphknoten auch eine deutliche Reduktion der humanen *Salmonella*-Erkrankungen zu erwarten ist.**

**Die Berechnungen zeigen weiter, dass eine Reduktion des Vorkommens** von Salmonellen als Maß für die Belastung der Schlachttiere in Schweinefleisch/auf Schlachttierkörpern um 2 log-Stufen (99 %) zu einer ca. 60–80 %igen Reduktion humaner *Salmonella*-Fälle im Zusammenhang mit dem Schweinefleischverzehr führen kann. Diese Erkenntnisse machen eine serologische und mikrobiologische *Salmonella*-Kontrolle im Rahmen der Schlachttier- und Fleischuntersuchung unverzichtbar – auch um mögliche Verbesserungen/Änderungen im Salmonellenstatus von Schweinefleisch zu erfassen.

Aufgrund der vorliegenden Daten stellt das Vorkommen des ***Mycobacterium tuberculosis*-Komplexes** beim Mastschwein derzeit in Deutschland ein zu vernachlässigendes Risiko für die Lebensmittelsicherheit dar. Gleichwohl ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine abschließende Bewertung zum Risiko des Vorkommens des *Mycobacterium avium-intracellulare*-Komplexes beim Mastschwein möglich. Die Ergebnisse zum Vorkommen des *Mycobacterium tuberculosis*- sowie des *Mycobacterium avium-intracellulare*-Komplexes aus der Schlachttier- und Fleischuntersuchung von Mastschweinen in Deutschland der vergangenen Jahre rechtfertigen den Verzicht auf den Anschnitt der Lnn. mandibulares im Rahmen einer risikobasierten Fleischuntersuchung ohne Anschnitte unter der Voraussetzung einer integrierten Produktion, wenn eine Kompensation dieser Untersuchung z.B. durch eine andere Untersuchungstechnik erfolgt. Dies können ebenfalls serologische Verfahren sein. Ebenso sind Daten zur praktischen Eignung (einschließlich Validierung) alternativer Verfahren zur Ermittlung des Bestandsstatus und der Intra-Herden-Prävalenz von Mykobakterien-Infektionen erforderlich.

Nach Auffassung des BfR fehlen derzeit ausreichend Daten zur quantitativen Risikobewertung von pathogenen ***Y. enterocolitica*** in verzehrfertigen Lebensmitteln. Da Schweinefleisch zu den Haupteintragsquellen von Yersinien in Lebensmittel tierischen Ursprungs zählt, sollten nach Auffassung des BfR Yersinien in eine serologische bzw. mikrobiologische Untersuchung einbezogen werden.

Da ein Eintrag von ***Campylobacter*** in die Nahrungskette auch über Schweinefleisch erfolgt, bedarf es zur Kontrolle des Eintrags von *Campylobacter* durch geschlachtete Schweine geeigneter kulturell-bakteriologischer und serologischer Testsysteme. Es gibt derzeit kein praxistaugliches serologisches Verfahren für den serologischen Nachweis von *Campylobacter* bei Nutztieren. Die Etablierung neuer Testverfahren, basierend auf definierten Antigenen,

und die Etablierung tierartübergreifender Testsysteme mit kompetitiven ELISA wird daher im Rahmen einer risikobasierten Fleischuntersuchung ohne Anschnitte als hilfreich angesehen.

Auch wenn aus einzelnen Ländern **Trichinellen**-Funde nicht gemeldet worden sind, muss davon ausgegangen werden, dass der Erreger bei Wildtieren und ggf. auch bei Schlachtschweinen deutschlandweit vorkommt. Zur Überprüfung dieser Annahme und besseren Bewertung des Risikos erscheint ein **flächendeckendes serologisches Monitoring** beim Schlachtschwein erforderlich.

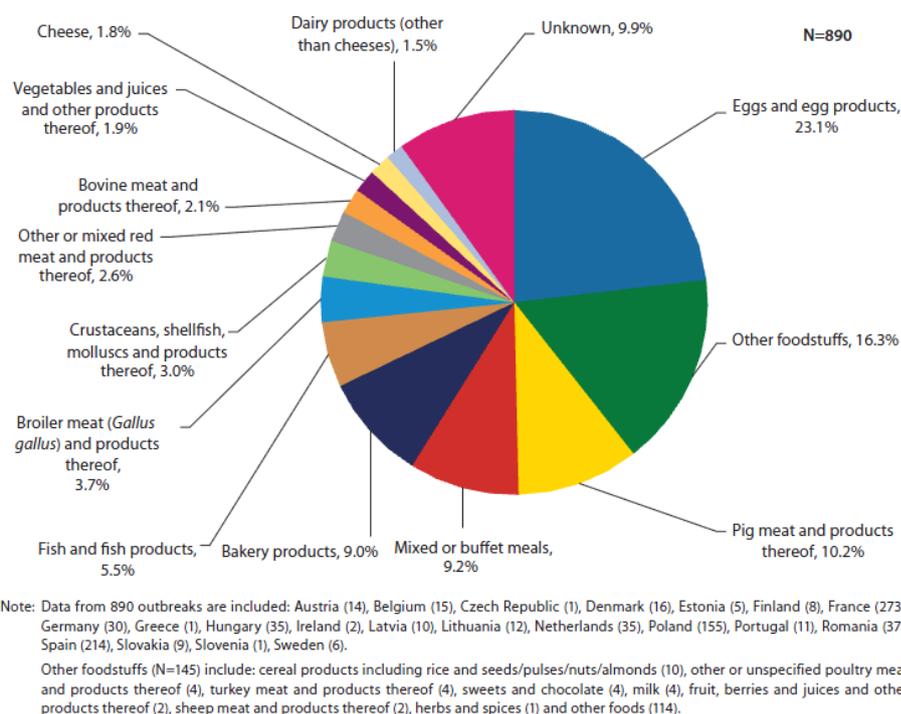
Bislang wurde bei Schweinen aus Intensivhaltung nur selten eine **Toxoplasmeninfektion** nachgewiesen. Allerdings stellt **gerade Schweinefleisch, die in Deutschland am häufigsten roh verzehrte Fleischart, eine bedeutende Infektionsquelle dar.** Ein mikrobiologisches oder serologisches Untersuchungsverfahren erscheint erforderlich.

### 3. Begründung

#### 3.1 Fleischuntersuchung in Deutschland

Seit Jahrzehnten werden in Deutschland Lebensmittel kontrolliert und untersucht, ob sie ohne Schaden für den Menschen verzehrt werden können. Auch Schweinefleisch kann Keime enthalten, die für den Menschen eine Gesundheitsgefahr darstellen. Durch die konsequente Anwendung genormter Fleischuntersuchungsprozeduren konnten die sogenannten „klassischen“ Zoonosen wie Tuberkulose und Brucellose größtenteils getilgt werden. Diese Anstrengungen und verbesserte Haltungsbedingungen haben in den letzten 100 Jahren zu einem deutlich besseren Gesundheitszustand der Schlachttiere geführt. Allerdings wird heutzutage diese pathologisch-anatomisch orientierte Fleischuntersuchung den aktuellen Gefahren für die menschliche Gesundheit nicht mehr gerecht. Auf die heute vorherrschenden, beim Tier subklinisch verlaufenden Zoonosen weisen keine sichtbaren Veränderungen an Tierkörpern und Organen hin. Sie verursachen, ebenso wie mögliche Rückstände, keine sichtbaren Veränderungen an Tierkörpern und Organen. So sind es die bei den Schlachttieren vorkommenden **inapparenten Zoonosen**, die heute im Vordergrund stehen und eine wichtige Ursache humaner Durchfallerkrankungen sind. Im Jahr 2010 erkrankten beispielsweise **25.228 Menschen an Salmonellen**<sup>1</sup>.

Die verschiedenen Gefahren sind nach Angaben des gemeinsamen EFSA/ECDC-Berichts unter dem Titel „*Trends and Sources of Zoonoses and Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in the European Union in 2008*“ in ganz unterschiedlichem Umfang als Ursache von menschlichen Erkrankungen ermittelt worden (EFSA, 2010<sup>2</sup>). So konnte in **ca. 10 % aller lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüche in der EU als Ursache kontaminiertes Schweinefleisch ermittelt werden (Abb. 1).**



**Abbildung 1: Anteil der beteiligten Lebensmittel an Krankheitsausbrüchen des Menschen.**  
**Quelle: Community Summary Report 2008 (EFSA, 2010<sup>3</sup>)**

### 3.2 Diagnose von Zoonosen

Es ist bekannt, dass die bisherigen klassischen, makroskopisch orientierten Fleischuntersuchungsverfahren nur ungenügend zur Diagnose von Zoonosen wie Salmonellen, Mykobakterien und Yersinien geeignet sind. Auch die Präventionsmaßnahmen im Bereich des Schlachthofes zur Kontaminationsminderung von Fleisch mit diesen Zoonoseerregern sind unzureichend. Diese Erkenntnisse sollten bei modernen Verfahren der Schlachtier- und Fleischuntersuchung berücksichtigt werden.

Die EU hat bereits im Frühjahr 2004 mit dem Erlass der Verordnung (EG) Nr. 854/2004 die Grundlagen für die Einführung einer risikoorientierten Fleischuntersuchung ohne Anschnitte geschaffen. Mit der **Verordnung (EG) Nr. 1244/2007** wurden ergänzende Durchführungsvorschriften getroffen, um eine gemeinschaftsweit möglichst einheitliche Anwendung sicherzustellen. Darin ermöglicht sie der zuständigen Behörde, ein Verfahren anzuwenden, in dem die Fleischuntersuchung bei **Mastschweinen auf eine Besichtigung beschränkt werden kann, sofern die Schlachttiere unter kontrollierten Bedingungen und in integrierten Produktionssystemen gehalten wurden. Zur „Kompensation“ des verminderten pathologisch-anatomischen Untersuchungsaufwandes ist der Lebensmittelunternehmer dann allerdings verpflichtet, entsprechende Informationen zur Lebensmittelkette zur Verfügung zu stellen und eine Anzahl an ausgewählten Tieren regelmäßig serologisch und/oder mikrobiologisch zu überwachen.** Denn inapparente Zoonosen und andere mögliche Gefahren für die menschliche Gesundheit können nicht im Rahmen der sogenannten klassischen Schlachtier- und Fleischuntersuchung erkannt werden. Daher sind **weitergehende Informationen nötig, wie sie in der Verordnung (EG) Nr. 854/2004 vorgeschrieben** werden.

Im Rahmen der risikobasierten Fleischuntersuchung ohne Anschnitte bei Mastschweinen geht es insbesondere um die **Unterlassung eines Anschnittes der Lnn. mandibulares**, die aufgrund der Vorschriften der **VO (EG) Nr. 854/2004 im Rahmen der Fleischuntersuchung**

beim Mastschein angeschnitten werden müssen. Mit diesem Anschnitt sollen insbesondere pathologisch-anatomische Hinweise auf das Vorkommen von Tuberkuloseerregern in Fleisch erhoben werden. Diese können sich als granulomatöse Veränderungen (bis hin zu einer käsig-lymphadenitischen Lymphadenitis) darstellen.

Der Anschnitt der Lymphknoten kann jedoch auch Hinweise auf allgemeine entzündliche Vorgänge im Körper des Schlachttieres geben. Aus diesem Grund sind flankierende serologische und mikrobiologische Untersuchungen zu Zoonoseerregern im Zusammenhang mit der risikobasierten Fleischuntersuchung ohne Anschnitte bei Mast Schweinen nicht allein auf ein mögliches Vorkommen von Mykobakterien zu fokussieren. Es sind vielmehr auch andere Zoonoseerreger einzubeziehen.

### 3.3. Risikobewertung

#### 3.3.1 Mögliche Gefahrenquellen

Wesentliche biologische Gefahren (Tab. 1), die mit dem Verzehr von Schweinefleisch für den Menschen von Bedeutung sein können, sind Salmonellen, Yersinia spp., Trichinellen, Campylobacter spp., Listeria monocytogenes, Mykobakterien, Staphylococcus aureus, VTEC, Hepatitis-E-Viren, Ascariden, Echinococcus spp., Cryptosporidien, Taenia solium, Toxoplasmen sowie die mögliche Antibiotikaresistenz der genannten Bakterien.<sup>3</sup>

Tab. 1: Wesentliche biologische Gefahren, die mit dem Verzehr von Schweinefleisch für den Menschen von Bedeutung sein können (Quelle: EFSA, 2007: Food safety aspects of different pig housing and husbandry systems. Scientific Opinion of the Panel on Biological Hazards [Frage Nr. EFSA-Q-2007-197; angenommen am 6. Dezember 2007])

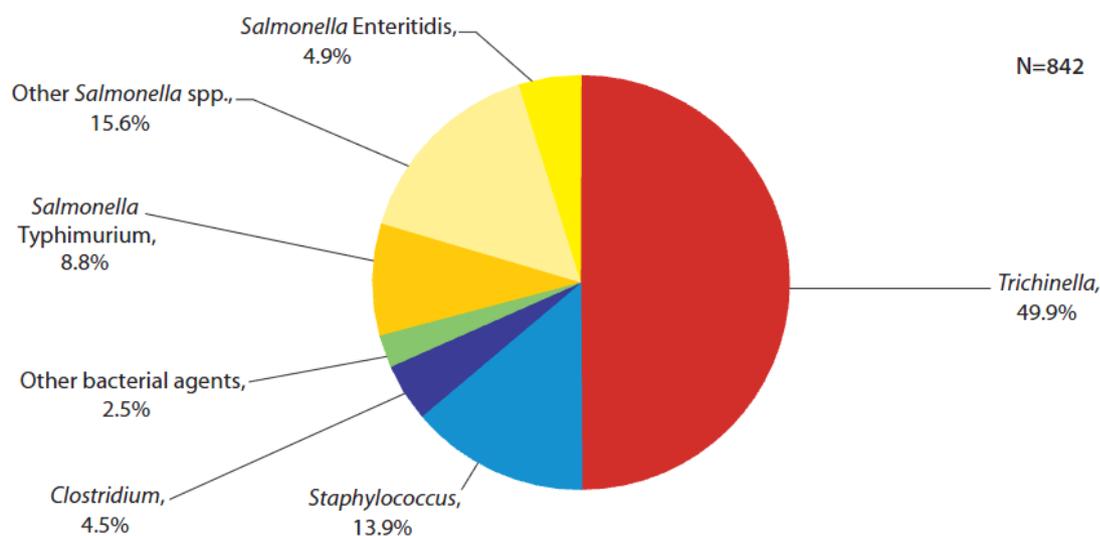
Zoonotic agent and/or foodborne pathogen	Risks associated with handling meat containing these agents	Risks associated with consumption of meat containing, or other food directly or indirectly contaminated with, these agents
<b>Bacteria</b>		
<i>Brucella suis</i>	+	+(very rarely) <sup>a</sup>
<i>Campylobacter spp.</i>	+	+
<i>Erysipelothrix</i>	+	-
<i>Listeria monocytogenes</i>	+	+
<i>Mycobacterium spp.</i>	+	+
<i>Salmonella spp.</i>	+	+
<i>Streptococcus suis</i>	+	+(very rarely) <sup>b</sup>
<i>Staphylococcus aureus</i> <sup>c</sup>	+	+
<i>Yersinia spp.</i>	+	+
Antimicrobial resistance	+	+
<b>Parasites</b>		
<i>Ascaris suum</i>	-	+
<i>Cryptosporidium spp.</i>	-	+
<i>Taenia solium</i>	-	+
<i>Trichinella spp.</i>	-	+
<i>Toxoplasma gondii</i>	+	+
<b>Chemicals</b>		
Residues of medicines and chemical contaminants	-	+

<sup>a</sup> PAHO (2001) Zoonoses and Communicable Diseases Common to Man and Animals. Vol 1, 3<sup>rd</sup> Edition, Pan American Health Organization, Washington, D.C., U.S.A., ISBN 92 75 11580 X, pp. 51.

<sup>b</sup> Srisakandan S., Slater J.D. (2006) Invasive Disease and Toxic Shock due to Zoonotic *Streptococcus suis*: An Emerging Infection in the East?. PLoS Med., 3(5), 187.

<sup>c</sup> Foodborne aspects of emergence of methicillin resistance are being evaluated in BIOHAZ opinion EFSA-Q-2007-089.

Von den genannten Gefahren im Zusammenhang mit dem Verzehr von Schweinefleisch wurden im Jahr 2008 EU-weit am häufigsten Salmonellen und Trichinen nachgewiesen, gefolgt von Staphylokokken- und Clostridien-bedingten Erkrankungen (Abb. 2).



**Abb. 2:** Ursache von menschlichen Erkrankungen durch Zoonoseerreger in Verbindung mit dem Verzehr von Schweinefleisch. Quelle: Angaben des gemeinsamen EFSA/ECDC-Berichts „Trends and Sources of Zoonoses and Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in the European Union in 2008“ (EFSA, 2010)

#### *Campylobacter* spp.

*Campylobacter* (*C.*) spp. stehen in der Bundesrepublik Deutschland, wie in anderen europäischen Ländern auch, vor den Salmonellen an erster Stelle als Erreger von bakteriellen Darminfektionen (Gastroenteritiden) beim Menschen. 2005 überstieg die Zahl der *Campylobacter*-Infektionen erstmals die der Salmonellenerkrankungen, im Jahr 2010 sogar fast um den Faktor drei. *Campylobacter jejuni* und *C. coli* gelten dabei als die dominierenden Spezies. Über die Prävalenz von *Campylobacter* spp. auf den verschiedenen Produktionsstufen der Schweineerzeugung existieren nicht in dem Umfang Informationen, wie dies für *Salmonella* spp. gilt. *Campylobacter* spp. sind in Schweinebeständen weit verbreitet, werden aber auf Schlachttierkörpern und in Fleischproben nur sporadisch nachgewiesen. Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die angewandte Schlachttechnik und das Arbeitsverfahren im Hinblick auf die Kontamination und Rekontamination von Fleischprodukten mit *Campylobacter* spp. effektive Maßnahmen zur Verminderung des Hygienrisikos und zur Gewährleistung des Verbraucherschutzes sind<sup>4</sup>.

#### *Listeria monocytogenes*

Listerien sind aufgrund ihrer äußerst guten Anpassungsfähigkeit an die umgebenden Bedingungen weit verbreitet und kommen im Erdboden, in Oberflächengewässern, Abwasser, auf Pflanzen (Silage) und im Verdauungstrakt von Tieren vor. Sie sind sehr tolerant gegenüber hohen Temperatur- und pH-Wert-Schwankungen, können sich bei Temperaturen zwischen 1 und 45 °C vermehren sowie pH-Werte von 4,5 und 9,0 überleben. Darüber hinaus überdauern Listerien lange Trockenperioden und Gefrierzeiten mit anschließendem Auftauen und sind relativ resistent gegenüber hohen Salzkonzentrationen von bis zu 10 %<sup>5</sup>. Aus diesem Grund können Listerien u. a. viele lebensmittelkonservierende Maßnahmen überstehen.

Die Gattung *Listeria* umfasst zwei pathogene Spezies, *L. monocytogenes*<sup>6,7</sup> und *L. ivanovii*<sup>8</sup>, die in Mensch und Tier (v. a. Wiederkäuer) die mild bis tödlich verlaufende Infektionskrankheit Listeriose auslösen. Der Großteil der Listeriose-Erkrankungen ist auf Infektionen

mit *L. monocytogenes* zurückzuführen. *L. ivanovii* wurde bisher mit wenigen Ausnahmen nur beim Tier als Krankheitserreger nachgewiesen. Weitere vier *Listeria*-Arten werden als a-pathogene Umwelkeime eingestuft. 90 % aller Infektionen des Menschen werden durch die Serotypen 1/2a, 1/2b und 4b hervorgerufen.

Die Infektion des Menschen durch *L. monocytogenes* erfolgt in erster Linie durch den Verzehr von kontaminierten Lebensmitteln tierischer und pflanzlicher Herkunft. Sie ist jedoch grundsätzlich auch durch den direkten Kontakt zu infizierten Tieren oder Menschen möglich.

#### *Salmonella* spp.

Salmonellosen sind durch Bakterien der Gattung *Salmonella* (S.) verursachte Erkrankungen, die vorwiegend den Darm betreffen. Salmonellen kommen weltweit u. a. in Geflügel, Schweinen, Rindern, aber auch in Reptilien vor. Menschen können sich durch den Verzehr von *Salmonella*-kontaminierten Lebensmitteln infizieren. In kontaminierten Lebensmitteln werden hauptsächlich *S. Enteritidis* und *S. Typhimurium* nachgewiesen. Beim Krankheitsbild steht Durchfall im Vordergrund. Daneben sind Bauchschmerzen, Übelkeit, Erbrechen und Fieber möglich. Die Symptome dauern in der Regel nur wenige Stunden oder Tage an. Infektionen mit Salmonellen häufen sich typischerweise in den wärmeren Monaten des Jahres (Spätsommer/Herbst)<sup>9</sup>.

#### Mykobakterien

Mykobakterien sind in der Umwelt weit verbreitet. Sie kommen bei allen Tierarten und in Arthropoden sowie in Insektivoren vor und wurden auch in der Umwelt, so z.B. im Boden, im Staub, Stroh oder in Säge- bzw. Hobelspänen nachgewiesen. Sie sind in der biologisch aktiven Schicht des Bodens und im Sediment von Oberflächen- und Abwasserproben praktisch immer bereits durch bakterioskopische Untersuchung nachzuweisen. Schätzungsweise ist je Gramm Boden von  $10^2$  bis  $10^5$  Mykobakterien auszugehen. Mykobakterien gehören im Boden, im Oberflächenwasser und Abwasser zur normalen Flora<sup>10</sup>.

Mykobakterien wurden aber auch schon in Frischwasserreservoirs, in Wasser aus kommunalen Wassersystemen, in Biofilmen von Trinkwasserleitungen und anderen Wasserreservoirs, Schwimmbädern sowie in Salzwasser nachgewiesen<sup>11,12,13,14</sup>. Mykobakterien sind sehr resistent gegenüber Umwelteinflüssen, wie beispielsweise Austrocknung, und chemischen Desinfektionsmitteln. Sie können im Boden bis zu 9 Jahre, im Wasser länger als 3 Monate überleben<sup>15</sup>.

#### Yersinien

Infektionen mit *Yersinia enterocolitica* gehören zu den Zoonosen, der Erreger findet sich im Darm von Säugetieren, seltener im Darm anderer Tierarten. Eine besonders wichtige Rolle für die menschliche Erkrankung spielen dabei Schweine, bei denen *Y. enterocolitica* häufig in den Tonsillen und im Darm nachgewiesen werden. *Y. enterocolitica* wird weltweit in gemäßigten bis kühleren Klimaregionen gefunden. Als Infektionsquellen für den Menschen werden in der Literatur fäkal kontaminierte Nahrungsmittel tierischer Herkunft, Trinkwasser und infizierte Personen beschrieben. Zum klinischen Bild gehören Durchfallerkrankungen, in deren Folge es zu reaktiven Gelenkentzündungen kommen kann<sup>16</sup>. Für das Jahr 2010 wurden vom Robert Koch-Institut insgesamt 3.350 Erkrankungen gezählt<sup>1</sup>. Die altersspezifische Inzidenz beim Menschen zeigt charakteristischerweise die höchsten Werte bei Kleinkindern zwischen ein und drei Jahren, geht mit zunehmendem Alter zurück und verbleibt im Erwachsenenalter auf niedrigem Niveau.

### *Staphylococcus aureus*, Koagulase-positive Staphylokokken und MRSA

*Staphylococcus (S.) aureus* ist ein fakultativ pathogener Kommensale von Mensch und Tier, der als Besiedler der Haut und Schleimhäute weit verbreitet ist. Insbesondere bei immungeschwächten Personen kann *S. aureus* schwerwiegende Krankheitserscheinungen hervorrufen. So ist *S. aureus* an einer Fülle von Infektionen beim Menschen (u.a. eitrige Wundinfektionen, Entzündungen der Atemwege oder Septikämien) beteiligt und ist einer der Hauptverursacher von Entzündungen der Milchdrüse (Mastitis) beim Rind.

*S. aureus* und andere, sogenannte Koagulase-positive Staphylokokken (wie *S. intermedius*, *S. hyicus*) spielen auch als Erreger von Lebensmittelvergiftungen (Intoxikationen) eine bedeutende Rolle. Wenn sich der Erreger im Lebensmittel stark vermehrt, kann es zur Bildung sogenannter Staphylokokken-Enterotoxine kommen, die dann beim Verzehr zu den typischen Intoxikationserscheinungen wie Erbrechen und Übelkeit führen können. Bereits äußerst geringe Toxinmengen können hierfür ausreichen. Aufgrund der Hitzestabilität der Enterotoxine, die zudem resistent gegenüber im Magen-Darm-Trakt vorkommenden Zersetzungsenzymen sind, können zwar die Staphylokokken durch ausreichende Hitzebehandlung zerstört werden, nicht jedoch die möglicherweise bereits im Lebensmittel enthaltenen Toxine.

Als **MRSA bezeichnet man „Methicillin-resistente *Staphylococcus aureus*“** mit der spezifischen Eigenschaft einer Resistenz gegenüber allen beta-Laktamantibiotika (wie Penicillinen, Cephalosporinen und Carbapenemen) und oftmals weiteren Antibiotikaklassen.

Seit einigen Jahren werden auch bei gesunden Nutztieren hohe Prävalenzen eines bestimmten Typs von MRSA, des MLST- (= Multi-Locus-Sequenz-Typisierung) Typs ST398 nachgewiesen. Untersuchungen auf verschiedenen Stufen der Lebensmittelkette in Deutschland haben ergeben, dass MRSA dieses Typs, die international auch als „livestock associated MRSA“ (laMRSA) bezeichnet werden, auch in Deutschland auf allen Stufen der Lebensmittelkette vorkommen<sup>17, 18</sup>. Das zoonotische Potenzial dieser laMRSA gilt als gesichert<sup>19</sup>.

### Verotoxinbildende *E. coli* (VTEC)

Verotoxinbildende enterohämorrhagische *Escherichia coli* (EHEC) verursachen bei Menschen akute, teilweise blutige Durchfallerkrankungen. Besonders bei Kindern kann es darüber hinaus durch eine EHEC-Infektion zu einer Schädigung der Nieren bis zum Nierenversagen kommen, dem sogenannten **hämolytisch-urämischen Syndrom (HUS)**. Als Quelle von EHEC-Infektionen sind bisher vor allem Rotwild und landwirtschaftliche Nutztiere der Wiederkäuerarten bekannt: **Rinder, Schafe und Ziegen scheiden EHEC mit ihrem Kot aus, ohne dass sie selbst Anzeichen einer Erkrankung zeigen**<sup>20,21</sup>.

### Hepatitis-E-Virus

Das Hepatitis E-Virus (HEV) löst eine in Deutschland relativ seltene Leberentzündung aus, wobei aber die Zahl der gemeldeten Hepatitis-E-Fälle in den letzten Jahren kontinuierlich zunahm. Es existieren vier Genotypen des HEV, die weltweit geografisch unterschiedlich verteilt sind<sup>22, 23</sup>. Erkrankungen mit den Genotypen 1, 2 und 4 können fast ausschließlich auf importierte Infektionen aus den Endemiegebieten Asiens und Afrikas zurückgeführt werden. Etwa zwei Drittel der **Erkrankungen in Deutschland werden aber vom Genotyp 3 ausgelöst**<sup>24</sup>. Dieser Genotyp wird auch in Schweinen und Wildschweinen Mitteleuropas inklusive Deutschland vorgefunden, ohne dass diese Tiere Erkrankungszeichen zeigen<sup>25, 26</sup>. Detaillierte Studien zur Tenazität von HEV liegen aufgrund der **Schwierigkeiten, dieses Virus in Zellkultur zu vermehren**, nicht vor. Da es sich aber um ein **unbehülltes Virus handelt**, wird von einer **hohen Resistenz gegenüber physikalischen und chemischen Faktoren** ausgegangen.

*Trichinella* spp.

Die Trichinellose (Syn. Trichinose) ist eine seltene, aber gefährliche lebensmittelbedingte Infektionserkrankung. Sie wird durch Fadenwürmer der Gattung *Trichinella* verursacht und ist eine weltweit vorkommende, mild bis tödlich verlaufende Zoonose infolge einer lebensmittelbedingten Infektion mit Fadenwürmern der Gattung *Trichinella*. Kennzeichnend für die Trichinellose ist das plötzliche und unerwartete Auftreten von Epidemien mit teilweise mehr als 1000 befallenen Personen. Seit 1937 ist in ganz Deutschland die Trichinenuntersuchung bei den als Infektionsquelle für den Menschen infrage kommenden Haus- und Wildtierarten obligatorisch. Diese Krankheit tritt in Deutschland sehr selten auf und bleibt daher meistens differentialdiagnostisch unberücksichtigt<sup>27</sup>.

Der Erreger der Trichinellose kommt bei fleischverzehrenden Lebewesen weltweit vor. Die aufgenommenen Muskellarven reifen in der Dünndarmschleimhaut des Wirtes zu den adulten Fadenwürmern. Diese produzieren dort die Junglarven, welche dann in das Muskelgewebe einwandern.

In Deutschland wie in anderen europäischen Ländern ist *Trichinella spiralis* die wichtigste Art. Daneben treten auch *T. nativa*, *T. britovi* und *T. pseudospiralis* beim Menschen auf; diese sind nur ökologisch und zoogeografisch, aber weder morphologisch noch serologisch oder in ihrer klinischen Auswirkung von *T. spiralis* zu unterscheiden. In erster Linie werden Fleischfresser und Allesfresser (Schwein, Wildschwein, Bär) sowie der Mensch befallen<sup>28</sup>.

*Ascaris suum*

In Abhängigkeit von der Haltungshygiene liegt die Befallshäufigkeit im Schweinebestand bei bis zu 40 %. Schweinespulwürmer leben im Dünndarm von Schweinen und ernähren sich vom Darminhalt. Die dort abgelegten Eier gelangen mit dem Kot ins Freie und entwickeln sich weiter zu einem Jugend- oder Larvalstadium. Dieses verlässt das Ei erst, nachdem es nach der Aufnahme in den Darm des Wirtes gelangt. Dort durchbricht es das Darmepithel und wandert in das Blutgefäßsystem. In der Leber des Wirtes wächst es innerhalb von zehn Tagen auf zwei Millimeter Länge und wird dann mit dem Blut in die Lunge transportiert, wo es die Kapillaren in den Lungenbläschen durchbricht und das Blutgefäßsystem verlässt. Es häutet sich erneut und wird vom Flimmerepithel der Luftröhre in den Rachen des Wirtes befördert und mit Speichel verschluckt. Es gelangt erneut in den Dünndarm, wo es nach einer weiteren Häutung zum geschlechtsreifen Schweinespulwurm auswächst<sup>29</sup>. Bei der Schlachtung werden die durch die Wanderung der Larven gezeichneten Lebern („Milchflecken“) beanstandet. Der Mensch kann sich durch die Aufnahme der Eier infizieren.

*Echinococcus* spp.

In Europa kommen zwei Arten der Gattung *Echinococcus* vor. Der Hundebandwurm (*Echinococcus granulosus*) führt beim Menschen zur zystischen Echinokokkose und der Fuchsbandwurm (*Echinococcus multilocularis*) zur alveolären Echinokokkose. Im Freiland gehaltene Schweine können sich mit den Eiern des Fuchsbandwurms infizieren und bei der Schlachtung Organveränderungen (z.B. Leber) zeigen.

Der Mensch infiziert sich durch orale Aufnahme der Eier; die Larven befallen vor allem die Leber, seltener auch Lunge, Gehirn oder andere Organe. Das klinische Bild ist sehr variabel und wird durch die Raumforderung der Zysten (bei *E. granulosus*) bzw. das infiltrative Wachstum (bei *E. multilocularis*) bestimmt. Die Erkrankung kann insbesondere bei *E. multilocularis*

lange Zeit ohne Symptome verlaufen, wobei die Prognose bei später Diagnose in der Regel schlecht ist.<sup>29</sup>

#### *Cryptosporidium* spp.

Von den Haustieren sind vor allem Rinder (Kälber) aber auch Schafe, Schweine, Hunde und Katzen betroffen, welche die Oozysten mit dem Kot ausscheiden. Die humane Cryptosporidiose hat sich zu einer bedeutenden gastrointestinalen Infektion entwickelt. Klinische Bedeutung hat eine Kryptosporidien-Infektion insbesondere für immunsupprimierte Personen wie AIDS- und Krebspatienten, die unter einer Chemotherapie stehen. Im Vordergrund der Infektionsquellen steht kontaminiertes Wasser, mit dem der Erreger auf andere Lebensmittel übertragen wird und dann zu einer Infektion des Menschen führt<sup>30,31</sup>.

#### *Taenia solium*

Der Lebenszyklus des **Schweinebandwurmes** umfasst wie bei allen Bandwürmern ein Finnenstadium (*Cysticercus cellulosae*), das in diesem Fall im Schwein zu finden ist. Der Mensch kann die Finnen in Form von infiziertem Fleisch aufnehmen. Im Darm wächst der Bandwurm heran, legt durch Selbstbefruchtung Eier, die vom Schwein aufgenommen werden können. Sie siedeln sich vor allem in der Muskulatur (Zwerchfell, Zunge, Herz) an (Zystizerkose). Die Finnen verbleiben im Schwein und können durch ungenügendes Kochen beim Verzehr des Fleisches auf den Menschen übertragen werden. Anders als beim Rinderbandwurm kann der Mensch beim Schweinebandwurm auch Zwischenwirt sein und nach einer Infektion schwer erkranken (Neurozystizerkose)<sup>32</sup>.

#### *Toxoplasma gondii*

Die Toxoplasmose ist eine weltweit verbreitete Infektionskrankheit, die durch den Erreger *Toxoplasma gondii* hervorgerufen wird<sup>33</sup>. Gefährlich ist Toxoplasmose für das ungeborene Kind, wenn sich die Mutter während der Schwangerschaft erstmals infiziert. Die Krankheit kann Fehlgeburten auslösen oder zu Missbildungen des Kindes führen. Auch für Personen mit geschwächtem Immunsystem ist die Erkrankung bedrohlich. Der Erreger wird vom Tier auf den Menschen oral-alimentär oder durch Schmutzinfektion übertragen. Er kann alle warmblütigen Tiere, einschließlich Vögel, befallen. Ist der Erreger einmal in den Wirtszellorganismus gelangt, bleibt er in der Regel ein Leben lang in Organen und Geweben (z.B. Muskulatur, Nervensystem) infektiös. Toxoplasmen kommen in rohen, vom Tier stammenden Lebensmitteln wie Hackfleisch, Hackepeter und Rohwurstprodukten vor. Die Infektion mit Toxoplasmen (Toxoplasmose) gehört zu den häufigsten parasitären Infektionen weltweit. Sie verläuft jedoch meistens unerkannt<sup>34</sup>.

### 3.3.2. Gefährdungspotential

#### *Campylobacter* spp.

Seitdem die Meldepflicht für *Campylobacter*- (*C.*-) Infektionen beim Menschen in Deutschland aufgrund des Infektionsschutzgesetzes (IfSG) im Jahr 2001 besteht, wurde das Ausmaß der Campylobacteriosen beim Menschen bekannt: Unter den infektiösen meldepflichtigen bakteriellen Darmerkrankungen stellten im Jahr 2009 die humanen *Campylobacter*-Infektionen in Deutschland mit 65527 gemeldeten Fällen die **häufigsten Darmerkrankungen (noch vor den Salmonellosen) dar (RKI, 2011)**<sup>35</sup>. Für alle 27 EU-Staaten schätzt die EFSA (2009, 2010)<sup>36,3</sup> die Zahl der jährlichen Campylobacteriose-Fälle – einschließlich der Dunkelziffer – auf 20 Millionen Erkrankte. Die bedeutendsten Erreger sind hierbei die **thermophilen Spezies *C. jejuni* und *C. coli***. Die meisten lebensmittelbedingten Campylobacteriosen lassen

sich auf **rohes und unzureichend erhitztes Geflügelfleisch** als Hauptinfektionsquelle zurückführen<sup>37,38</sup>. Schweinefleisch stellt offenbar eine weniger bedeutende Infektionsquelle als Geflügelfleisch dar.

### *Listeria monocytogenes*

Mit einigen hundert Erkrankten pro Jahr gehört die Listeriose zu den selteneren Lebensmittelinfektionen. Die Infektion ist für die Betroffenen aber mit einem vergleichsweise schweren gesundheitlichen Schaden verbunden. Die Inkubationszeit der Erkrankung kann mit 3–70 Tagen sehr variabel sein. Die Infektionsdosis hängt stark vom Gesundheitszustand der betroffenen Person ab und auch die Symptome variieren erheblich.

Bei gesunden Menschen ist eine Listerieninfektion meist auf den Darmtrakt beschränkt. Die Erkrankung verläuft oft symptomlos oder mit milden gastrointestinalen Beschwerden wie leichtem Durchfall. Bei immungeschwächten und älteren Menschen hingegen kann die Listeriose einen invasiven Verlauf nehmen, welcher in einer systemischen (z.B. Sepsis) oder lokalen Infektion (z.B. Meningitis, Meningoenzephalitis) münden kann und in ca. 10 % der Fälle tödlich endet (RKI, 2010)<sup>39</sup>. Bei der Listeriose einer Schwangeren bzw. ihres Kindes erfolgt die Infektion im Laufe der Schwangerschaft (transplazentar), während der Geburt beim Durchtritt durch den Geburtskanal oder postnatal durch Kontakt<sup>40</sup>. Während die Mutter keine oder nur grippeähnliche Symptome aufweist, kommt ihr Kind tot oder zu früh und oft mit schweren Schäden zur Welt.

### *Salmonella* spp.

Nach wie vor gehören Salmonellosen zu den wichtigsten Lebensmittelinfektionen des Menschen, obwohl ihre Häufigkeit in **Deutschland 1992 mit über 200000** gemeldeten Fällen einen Höhepunkt erreichte und seitdem die **Fallzahlen auf 25179 Erkrankungsfälle im Jahr 2010** gesunken sind. Dabei ist von einer erheblichen Dunkelziffer auszugehen. So wird geschätzt, dass in Deutschland jährlich etwa eine Million Menschen an Salmonellosen erkranken, wobei der Anteil von *S. Enteritidis* und *S. Typhimurium* an den beim Menschen isolierten Serovaren im Vordergrund standen<sup>41</sup>.

Auch wenn dem Geflügel immer noch eine dominierende Bedeutung als primäre Quelle von Salmonelleninfektionen des Menschen zukommt, ist Schweinefleisch als Infektionsquelle im letzten Jahrzehnt in diesem Zusammenhang eine stärkere Aufmerksamkeit gewidmet worden. Denn inzwischen ist auch salmonellenkontaminiertes Schweinefleisch in vielen Ländern als Ausgangspunkt für Lebensmittelinfektionen des Menschen nachgewiesen. In Deutschland wird davon ausgegangen, dass etwa 20 % aller Salmonellosen des Menschen auf Schweinefleisch zurückgehen. Hier spielt sicherlich die traditionelle Vorliebe der Deutschen für Hackfleisch oder Mett/Hackepeter und andere nicht erhitzte Schweinefleischprodukte wie z.B. frische Mettwurst, Zwiebelmettwurst oder Teewurst eine besondere Bedeutung. Denn bei deren Herstellungsprozess findet keine ausreichende Verminderung der Salmonellen statt. Inzwischen sind Salmonelleninfektionen des Schweins in vielen Ländern als Ausgangspunkt für Lebensmittelinfektionen des Menschen nachgewiesen. **Auch in Deutschland wird davon ausgegangen, dass etwa 20 % aller Salmonellosen des Menschen auf Schweinefleisch zurückgehen**<sup>42,43</sup>.

## Mykobakterien

Es gibt eine Vielzahl pathogener und apathogener Mykobakterienarten. Bei einigen pathogenen Arten handelt es sich um Zoonoseerreger. Nach ihrer Bedeutung als Krankheitserreger in der Pathogenese von Erkrankungen bei Mensch und Tier ist u.a. eine grobe Einteilung der Mykobakterien-Spezies in „tuberkulöse“ und „nichttuberkulöse“ Mykobakterien üblich. Human- und veterinärmedizinisch bedeutsame Mykobakterien sind die Arten, die sehr eng miteinander verwandt, jedoch nicht identisch sind und die sog. klassische Tuberkulose bei Mensch und Tier verursachen können. Das sind Krankheitserreger des *Mycobacterium tuberculosis*-Komplexes mit den Spezies *Mycobacterium (M.) tuberculosis*, *M. bovis*, *M. africanum*, *M. microti* und *M. canettii*,<sup>44</sup> *M. caprae* (auch *M. bovis* ssp. *caprae*) und *M. pinnipedi*<sup>45,46,47</sup>. Mykobakterienarten, die tuberkuloseähnliche Veränderungen hervorrufen können – sog. Mykobakteriosen – werden dem *Mycobacterium avium-intracellulare*-Komplex (MAIC) mit den Spezies *M. avium* ssp. *avium*, *M. avium* ssp. *hominissuis*, *M. avium* ssp. *intracellulare*, *M. avium* ssp. *silvaticum* und *M. avium* ssp. *paratuberculosis* zugeordnet.

Nach Fosse et al. (2008)<sup>48</sup> ist die Inzidenz humaner Mykobakterieninfektionen gegenwärtig gering. Der Schweregrad (Hospitalisation) der durch Mykobakterieninfektionen hervorgerufenen klinischen Symptome kann jedoch beträchtlich sein. Infektionen mit Erregern des MAIC können disseminierte Erkrankungen, pulmonale Erkrankungen sowie lokale Lymphadenitiden verursachen. Isolierte, aerogene Infektionen der Lunge oder Wundinfektionen mit nicht-tuberkulösen Mykobakterieninfektionen sind ebenfalls möglich<sup>11,49</sup>. Bei Kindern sind neben zervikalen Lymphadenopathien auch Fälle von Otomastoiditis und Otitis beschrieben. Auch lokale Haut- und Weichgewebeeinfektionen mit Erregern des MAIC sind beim Mensch bekannt<sup>9</sup>. Bei disseminierten Erkrankungen des Menschen, insbesondere bei Immunsupprimierten, liegt häufig eine orale Infektion mit Erregern des MAIC zugrunde. Danach penetrieren die Organismen die gastrointestinale Mukosa auf bisher ungeklärte Weise, werden von Makrophagen der Propria mucosa phagozytiert, aber nicht abgetötet, breiten sich im submukosalen Gewebe aus und werden über die Lymphdrainage zu abdominalen Lymphknoten transportiert. Von hier aus gelangen sie in den Blutkreislauf und erreichen hämatogen andere Organe/Gewebe. Besonders betroffen von den Infektionen sind Milz, Knochenmark und Leber<sup>50</sup>.

## Yersinien

Yersiniosen, d.h. durch *Y. enterocolitica* und *Y. pseudotuberculosis* hervorgerufene Erkrankungen, können ein weites Spektrum von klinischen Symptomen hervorrufen, die vom Alter und Abwehrzustand der Patienten abhängen. Kleinkinder haben nach einer Infektion in der Regel eine selbstlimitierende akute Gastroenteritis (Fieber, wässriger bis blutiger Durchfall, Erbrechen etc.), während sich bei Schulkindern und Jugendlichen meist eine mesenteriale Lymphadenitis mit Abdominalschmerzen manifestiert. Bei Erwachsenen können „grippale Infekte“ mit Pharyngitis vorkommen. Bei Erwachsenen mit Grunderkrankungen (Diabetes mellitus, Leberzirrhose, Immunsuppression) können extramesenteriale Erkrankungen wie Leberabszesse, Endokarditis, Perikarditis, Pleuritis etc. auftreten. Weitere Spätfolgen ohne den direkten Erregernachweis können reaktive Arthritis, persistente Ileitis (Pseudocrohn) und Erythema nodosum sein<sup>16</sup>. Infektionen mit *Y. enterocolitica* stehen nach *Campylobacter*- und *Salmonella*-Infektionen an dritter Stelle der gemeldeten bakteriell verursachten gastrointestinalen Erkrankungen in Deutschland und Europa<sup>51</sup>. Daten über meldepflichtige Erkrankungen des RKI zeigen auf, dass die höchste altersspezifische Inzidenz für durch *Y. enterocolitica* verursachte Enteritiden bisher bei Kleinkindern im Alter von 1 bis 4 Jahren zu beobachten war, mit einem Gipfel bei den Einjährigen<sup>52</sup>. In der Literatur wird auch über lebensmittelbedingte Krankheitsausbrüche durch pathogene Yersinien berichtet. Allerdings ist es im Rahmen der Ausbruchsuntersuchung nur selten möglich, ein ursächliches Vehikel zu identifizieren.

ren. Dies kann auch darin begründet sein, dass das in der Routinediagnostik angewandte international standardisierte Untersuchungsverfahren zum Nachweis von mutmaßlich pathogenen *Y. enterocolitica* in Lebensmitteln (DIN EN ISO 10273) nicht ausreichend selektiv ist. Als wahrscheinliche Lebensmittelvehikel, welche die Ausbrüche von *Y. enterocolitica* verursacht hatten, wurden Schweinefleisch und Erzeugnisse daraus sowie Milch und Milcherzeugnisse genannt<sup>53,54,55,56</sup>. Eine Quantifizierung der Erreger in verdächtigen Lebensmitteln ist aufgrund des Fehlens geeigneter Untersuchungsverfahren nicht möglich. Es existieren derzeit keine belastbaren Daten zu einer möglichen minimalen Infektionsdosis, welche eine Abschätzung der Dosis-Wirkungsbeziehung erlauben würden. Zwar benennt die kanadische Gesundheitsbehörde als „infectious dose“  $10^6$  Organismen<sup>57</sup>, doch eine derartige Angabe findet sich weder bei anderen Gesundheitsbehörden (z.B. den CDC), noch lässt sie sich durch eine Quellenangabe überprüfen. Darüber hinaus ist zu vermuten, dass die minimale Infektionsdosis, wie bei den Salmonellen, abhängig von der Lebensmittelmatrix und vom Immunstatus der exponierten Verbrauchergruppen ist.

#### *Staphylococcus aureus*, Koagulase-positive Staphylokokken und MRSA

*Staphylococcus aureus* ist beim Menschen an einer Fülle unterschiedlicher eitriger Infektionen beteiligt. Beim Tier spielt *S. aureus* vor allem als Erreger von Entzündungen der Milchdrüse (Mastitis) eine herausragende Rolle<sup>58</sup>.

Aus lebensmittelhygienischer Sicht ist die Bedeutung und Verbreitung der von Koagulase-positiven Staphylokokken im Lebensmittel gebildeten Staphylokokken-Enterotoxine (SE) derzeit unklar. Während in verschiedenen EU-Mitgliedsstaaten hierfür Daten zur Verfügung stehen, liegen für Deutschland bis dato keine flächendeckenden Ergebnisse über die Untersuchung von Lebensmitteln auf bakterielle Enterotoxinbildner und die von diesen Erregern produzierten Toxine vor. So wurden in 2009 in Deutschland lediglich von 8 Ländern Angaben über Untersuchungen auf SE gemacht und kein einziger positiver Nachweis erzielt<sup>59</sup>. Auch die Zahl der in den vergangenen Jahren an die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) gemeldeten lebensmittelbedingten Ausbrüche durch den Verzehr von mit SE kontaminierten Produkten ist niedrig. Allerdings besteht in Deutschland keine Meldepflicht für bakterielle Enterotoxinbildner beim Menschen. Im EU-Durchschnitt wird hingegen ein nicht unerheblicher Anteil (2008: 9,8 %) aller gemeldeten Ausbrüche durch bakterielle Toxine hervorgerufen mit nicht unerheblichen humanen Fallzahlen (2008: 2.994). Das Spektrum der Lebensmittelgruppen war dabei überaus heterogen (Milch- und Milchprodukte, Geflügel-, Rind- bzw. Schweinefleisch und daraus hergestellte Erzeugnisse, Eier, Fisch und Fischereierzeugnisse, Backwaren sowie zusammengesetzte Lebensmittel)<sup>2</sup>.

Infektionen mit MRSA sind aufgrund der vielfach vorliegenden Multiresistenz des Erregers oft nur schwer zu therapieren und können insbesondere in Krankenhäusern beim Menschen schwere Gesundheitsbeschwerden mit Todesfolge auslösen<sup>60</sup>. Bereits die Besiedlung mit MRSA führt beim Menschen zu einer 5- bis 21-fachen Erhöhung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Infektion<sup>61</sup>. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Besiedlung zur Infektion führt, ist besonders hoch bei Patienten auf Intensivstationen, mit chirurgischen Wunden, Dekubitus und Venenkathetern<sup>62</sup>.

Auch sog. livestock associated (la) MRSA wurden im Zusammenhang mit Infektionen beim Menschen beobachtet<sup>63,64</sup>, Einzelfallberichte über eine Wundinfektion und eine Hautinfektion mit laMRSA liegen auch aus Deutschland vor<sup>65</sup>. Personengruppen mit direktem Kontakt zu mit laMRSA besiedelten landwirtschaftlichen Nutztieren (wie Landwirte, Tierärzte, Schlachthofpersonal) sind darüber hinaus einem im Vergleich zur Normalbevölkerung erhöhten Risiko einer Kolonisation mit dem Erreger ausgesetzt<sup>19</sup>.

Verotoxinbildende *E. coli* (VTEC)

Enterohämorrhagische *Escherichia coli*- (EHEC-) Bakterien können bei Menschen schwere Infektionen mit starken, teilweise blutigen Durchfällen bis hin zum Nierenversagen verursachen. Ausgelöst werden die schweren Krankheitssymptome durch starke Zellgifte, die die EHEC-Bakterien bilden, sogenannte Shiga-Toxine. Menschen infizieren sich in der Regel über Fleisch oder Rohmilch oder über den direkten Kontakt mit infizierten Tieren und Menschen. Seit 2001 werden im Rahmen der Meldepflicht in Deutschland pro Jahr circa 1.100 EHEC-Infektionen bei Menschen erfasst, das entspricht 1,4 Erkrankungen pro 100.000 Einwohner. Als wichtigste Infektionsquelle gilt weltweit Rindfleisch.

Schweinefleisch spielt bislang als Infektionsquelle eine untergeordnete Rolle. Humanpathogene VTEC spielen beim Schwein eine ebenfalls untergeordnete Rolle. Der mit Abstand häufigste VTEC-Typ beim Schwein sind Stämme mit der stx2e-Variante, die mit der Ödemkrankheit assoziiert ist. Diese stx2e-Stämme sind nach bisherigen Untersuchungen nicht als humanpathogenetisch bedeutsam einzuordnen. Humanpathogene VTEC kommen zwar beim Schwein und Schweineprodukten bisweilen vor, sind aber im Vergleich zu der Situation bei großen und kleinen Wiederkäuern und deren Produkten als marginal anzusehen<sup>66</sup>.

## Hepatitis-E-Virus

Humane Infektionen mit Hepatitis-E-Virus (HEV) können aufgrund von Erkenntnissen aus Studien mit Freiwilligen nach 4–5 Wochen zu klinischen Erscheinungen führen. Es sind auch kürzere Inkubationsperioden von 2 Wochen und längere bis zu 10 Wochen berichtet worden<sup>67</sup>. Die klinischen Hauptsymptome einer HEV-Infektion sind Anorexie, Gelbsucht und Leberschwellung, die sich allerdings nicht von denen anderer viraler Hepatitiden unterscheiden lassen. Viele Patienten klagen auch über Bauchschmerzen, Antriebslosigkeit, Schwindel und Fieber. Die Erkrankung ist in der Regel selbstlimitierend und nicht chronisch, obwohl es vereinzelte Berichte von chronischen Verläufen bei Immunsupprimierten gibt<sup>68,69,70</sup>. Die Mortalitätsrate liegt zwischen unter 0,5 und 4 %<sup>22,23</sup>; sie kann aber bei Infektionen von Schwangeren mit dem Genotyp 1 bis zu 25 % betragen<sup>23</sup>. Schwere Erkrankungsverläufe werden auch bei Immunsupprimierten und bei Personen mit vorausgehender Leberschädigung beobachtet. In Deutschland stieg die Zahl der gemeldeten Hepatitis-E-Fälle in den letzten Jahren kontinuierlich an; im Jahr 2010 wurden insgesamt 220 Hepatitis-E-Fälle gemeldet<sup>23</sup>. Infizierte Tiere zeigen in der Regel keine klinischen Symptome. Die minimale HEV-Infektionsdosis für den Menschen ist unbekannt. Auch zu Pathogenitätsfaktoren ist fast nichts bekannt. Epidemiologische Studien zeigen, dass einmal infizierte Personen eine lebenslange Immunität aufbauen können<sup>71</sup>.

Die Epidemiologie der HEV-Infektionen ist komplex<sup>23</sup>. In Ländern Asiens und Afrikas mit niedrigem Hygienestandard treten häufig große Hepatitis-E-Epidemien auf, die auf eine Viruskontamination des Trinkwassers zurückzuführen sind. Ein zweiter Übertragungsweg, der weltweit zu sporadisch auftretenden Erkrankungen führt, ist durch zoonotische Übertragung des HEV aus Tierreservoirs gekennzeichnet. Hierbei spielen HEV-infizierte Hausschweine und Wildschweine die wichtigste Rolle. Unklar ist bisher, auf welchem Weg das Virus von diesen Tieren auf den Menschen übertragen wird und welche Voraussetzungen für die nachfolgende Auslösung der Erkrankung nötig sind. Zumindest in Einzelfällen wurde belegt, dass Hepatitis-E-Erkrankungen nach dem Verzehr von ungenügend erhitzter Leber und ungenügend erhitztem Fleisch von Wildschweinen<sup>72,73,74</sup> oder nach dem Verzehr von Wurst mit einem Anteil an roher Schweineleber ausgelöst wurden<sup>75</sup>.

*Trichinella* spp.

Über rohes oder nicht ausreichend erhitztes Fleisch, aber auch über Rohwürste, die aus dem Fleisch befallener Schweine hergestellt wurden, können die im Muskelfleisch enthaltenen Trichinenlarven vom Menschen aufgenommen werden. Die Inkubationszeit für die Trichinellose des Menschen beträgt im Allgemeinen 5 bis 14 Tage. Sie kann aber auch in Abhängigkeit verschiedener Faktoren bis zu 46 Tage dauern. Inkubationszeit und Symptomatik hängen dabei von der Anzahl der mit dem rohen Fleisch aufgenommenen infektiösen Trichinenlarven sowie von der individuellen immunologischen Reaktionslage des Menschen ab. Nach Berichten aus den USA können Infektionen beim Menschen mitunter völlig ohne Symptome bzw. unerkant verlaufen. Eine rechtzeitige Erkennung der für die Trichinellose typischen Krankheitssymptome gestaltet sich erfahrungsgemäß als kompliziert, da im Verlauf der Erkrankung zwei verschiedene Infektionsphasen ablaufen, die mit unterschiedlichen, insbesondere in der ersten Phase unspezifischen Symptomen einhergehen. Pathogenese und Klinik der Trichinellose sind grundsätzlich durch eine Darmphase und eine Wanderphase gekennzeichnet. Während die ersten klinischen Symptome in der Darmphase (Übelkeit, Bauchschmerzen, Erbrechen) unspezifisch sind, kommt es in der Wanderphase (Wanderung der Larven über das Blut- und Lymphgefäßsystem in die quer gestreifte Muskulatur) zu den für Trichinellose typischen Symptomen. Die in der Wanderphase hervorgerufenen klinischen Symptome sind im Vergleich zu denen der Darmphase wesentlich charakteristischer, woraus sich auch erklären lässt, dass die Trichinellose häufig erst relativ spät diagnostiziert wird. Erschwerend für die rechtzeitige Diagnose ist außerdem die Tatsache, dass die Trichinellose in Deutschland sehr selten vorkommt und deshalb bei vielen Ärzten keine Erfahrungen mit dem Krankheitsbild vorliegen. Einzelerkrankungen, wie z.B. sogenannte „importierte“ Fälle aus Ländern, wo Trichinellose endemisch auftritt (z.B. in Osteuropa), werden mitunter erst sehr spät diagnostiziert. Im Vergleich dazu ist bei einem Trichinellose-Ausbruch immer eine Mehrzahl von Personen betroffen, die sich durch eine gemeinsame Quelle infiziert haben, wobei Inkubationszeit, klinische Symptome und Diagnose in einem engen örtlichen und zeitlichen Zusammenhang stehen. Dieses trifft insbesondere dann zu, wenn das einzelne mit Trichinellen befallene Tier (Schwein oder Wildschwein) an Ort und Stelle nach dem Schlachten bzw. Erlegen weiterverarbeitet und in Form eines Rohproduktes wie Hackfleisch oder Rohwurst zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort in die menschliche Nahrungskette gelangt<sup>76,28</sup>.

*Ascaris suum*

Der Schweinespulwurm (*Ascaris suum*) ist weltweit verbreitet. Die Eier des Schweinespulwurms sind auch für den Menschen infektiös. Fünf bis sechs Tage nach der Infektion treten oft Husten, Auswurf und Fieber, in schweren Fällen auch Pneumonie auf, da die Wurmlarven die verschiedenen Gewebe und Organe, insbesondere die Lunge, passieren (Larva migrans visceralis).

*Echinococcus* spp.

In Europa kommen Echinokokken sowohl bei Nutztieren als auch bei Wildtieren vor. Echinokokken gelten als Zoonoseerreger und sind in Südwest- als auch in Osteuropa und in Großbritannien endemisch. Infektionen mit dem *E. granulosus*-Komplex können im Rahmen der Fleischuntersuchung nachgewiesen werden, die Sensitivität ist allerdings gering<sup>77</sup>. Daher werden geringe Befallsraten nicht nachgewiesen.

Der Mensch infiziert sich mit *Echinococcus granulosus* durch die orale Aufnahme der Eier des Parasiten, die vom Endwirt (Hund) mit den Proglottiden im Kot ausgeschieden werden. Die Infektion mit *Echinococcus multilocularis* erfolgt durch mit Fuchskot kontaminierte Wald-

früchte (Beeren, Pilze). Des Weiteren besteht für sogenannte exponierte Personen (Jäger, Tierärzte) die Gefahr der Ansteckung durch den Kontakt mit toten Füchsen (Abbalgen von Füchsen, Sektion) über Proglottiden oder Eier von *E. multilocularis*, die im Fell infizierter Füchse haften. Erörtert wird in diesem Zusammenhang ebenfalls eine Infektion per inhalationem durch kontaminierten Staub sowie durch den Umgang mit infizierten Hunden.

Die nach der oralen Aufnahme im Verdauungstrakt freigesetzten Larven durchbohren die Darmwand und besiedeln über den Blutkreislauf andere Organe. Beim Menschen wird in 98 % der Infektionen die Leber befallen, wo der Parasit, ähnlich wie ein maligner Tumor, infiltrierend wächst<sup>78</sup>.

Da sich die Finnen zwar im Lebergewebe des Menschen weiterentwickeln können, aber eine Übertragung auf den Endwirt unter natürlichen Bedingungen nicht möglich ist, bezeichnet man den Menschen auch als Fehl- oder Irrzwischenwirt, der für die Verbreitung des Parasiten ohne Bedeutung ist<sup>79</sup>.

#### *Cryptosporidium* spp.

Nach einer Infektion mit Cryptosporidien kommt es beim Menschen zu wässrigen Durchfällen mit starken Bauchkrämpfen und Flüssigkeitsverlust, wobei die Inkubationszeit 3–14 Tage beträgt. Unter den verschiedenen Altersgruppen sind Kleinkinder am häufigsten betroffen.

#### *Taenia solium*

Der Mensch infiziert sich durch den Verzehr von rohem oder unzureichend gegartem Schweinefleisch. Eier bzw. Proglottiden erscheinen beim Menschen im Stuhl 10–14 Wochen nach Infektion. Bandwurm-Infektionen verlaufen häufig symptomlos. Gelegentlich werden milde gastrointestinale Symptome wie Appetitlosigkeit, Übelkeit und Erbrechen, Abmagerung, Anämie beobachtet. *Taenia solium* kann im Menschen auch das Finnenstadium durchlaufen (Zystizerkose) indem eine Absiedlung in Organen stattfindet. Unmittelbar lebensgefährlich können Finnenstadien im Gehirn werden und Störungen im ZNS (Neurozystizerkose) auslösen. Auch ein Befall des Auges (okuläre Zystizerkose) und der Haut sowie des Herzens und der Skelettmuskulatur sind möglich<sup>32</sup>.

#### *Toxoplasma gondii*

In Deutschland besitzt etwa die Hälfte der Bevölkerung Antikörper gegen diesen Parasiten. Eine akute Toxoplasmose tritt selten auf und äußert sich in der Regel mit grippeähnlichen Symptomen wie Abgeschlagenheit, Muskelschmerzen und Lymphknotenschwellung vor allem im Halsbereich. Personen mit geschwächtem Immunsystem können aber auch schwere Krankheitsverläufe mit Beteiligung unterschiedlicher Organe, zum Beispiel der Lunge und des Gehirns, zeigen. Ist eine Schwangere nicht gegen Toxoplasmen immun, kann eine Infektion während der Schwangerschaft für Ungeborene zum Teil schwere Missbildungen wie Wasserkopf, geistige Behinderungen oder Blindheit zur Folge haben. Auch Fehl- und Totgeburten kommen vor<sup>80</sup>. Die akute Phase der Toxoplasmose kann mit Antibiotika wirksam behandelt werden. Auf die Dauerstadien in Geweben haben Medikamente jedoch wenig Einfluss<sup>34</sup>.

Während beim gesunden Menschen eine Infektion gutartig verläuft, stellen die pränatale Toxoplasmose sowie die Infektion des immungeschwächten Patienten lebensgefährliche Erkrankungen dar. Vor allem die Primärinfektion während der Schwangerschaft führt unbehandelt bei etwa der Hälfte der Fälle zur Infektion des ungeborenen Kindes<sup>81</sup>. In Deutschland

wird die Zahl der Schädigungen aufgrund pränataler Toxoplasmose auf jährlich rund 1.500 Fälle geschätzt<sup>80</sup>.

### 3.3.3 Expositionsschätzung

Aus der Gruppe der genannten biologische Gefahren, die mit dem Verzehr von Schweinefleisch für den Menschen von Bedeutung sein können, hat die EFSA im Jahre 2007 bereits weitgehende Einschränkungen aufgrund der vorliegenden Daten vorgenommen<sup>3</sup>.

Diese Gefahrenquellen wurden im Rahmen der Gefahren einschätzung und Gefahrencharakterisierung unter den Abschnitten 3.3.1 und 3.3.2 bereits im Hinblick auf ihre Relevanz für das Schweinefleisch erörtert.

#### *Campylobacter* spp.

Nach den Ergebnissen der Zoonosenerhebung aus dem Jahre 2008 stellt die Campylobacteriose, verursacht durch die Erreger *Campylobacter* (*C.*) *jejuni* und *C. coli*, die häufigste Ursache zoonosebedingter Durchfälle des Menschen dar. Das Schwein ist das Hauptreservoir dieses Erregers, wobei die Infektion des Tieres im Allgemeinen symptomlos verläuft<sup>82</sup>.

Die Ergebnisse zahlreicher Untersuchungen zum Vorkommen von *Campylobacter* spp. bei Schweinen beruhen in der Regel auf bakteriologischen Nachweisen des Erregers aus dem Kot. Serologische Untersuchungen zur Ausbildung von Antikörpern beim Schwein sind selten: Die Entwicklung eines ELISA-Test-Systems zur Identifikation von Antikörpern gegen *Campylobacter* spp. in Serum und Fleischsaft beim Schwein wurden im Rahmen einer Dissertation von Kley (2003)<sup>83</sup> und in einer Untersuchung zur Serokonversion bei Ferkeln beschrieben. Dabei bestätigte sich der hohe Verbreitungsgrad von *Campylobacter*-Infektionen in den Schweinebeständen auch serologisch<sup>84</sup>.

Beim Schlachtprozess ist das Schwein selbst Ausgangspunkt der Kontamination mit *Campylobacter* spp., im Gegensatz zu anderen Erregern, wie *Listeria* spp. und *Staphylococcus aureus*<sup>85</sup>. Zahlreiche Untersuchungen konnten belegen, dass aufgrund der Abtrocknung der Schlachtkörperoberfläche der Erreger nach der Kühlung selten auf den untersuchten Schlachtkörperoberflächen nachweisbar ist<sup>86,87,88</sup>.

#### *Listeria monocytogenes*

Die Listeriose ist prinzipiell eine lebensmittelbedingte Infektionskrankheit. Neben einer Vielzahl tierischer Lebensmittel wie Geflügel, Fleisch, Fleischerzeugnissen (z.B. Wurst), Fisch, Fischerzeugnissen (hauptsächlich Räucherfisch), Milch und Milchprodukten (insbesondere Käse) werden Listerien nicht selten auch auf pflanzlichen Lebensmitteln, z.B. vorgeschnittenen Salaten, gefunden. Eine Kontamination dieser Lebensmittel mit Listerien kann dabei auf verschiedenen Stufen der Gewinnung und Bearbeitung erfolgen, wie z.B. beim Melken, beim Schlachten oder durch eine Kontamination über die Umwelt. Zudem führt die Verarbeitung und Behandlung der kontaminierten Rohstoffe nicht immer zu einer vollständigen Abtötung der Bakterien, beispielsweise bei Rohmilchweickäse, Rohwurst oder Hackfleisch. Neben einer Kontamination des Ausgangsmaterials können Listerien aber auch in lebensmittelverarbeitenden Betrieben gefunden werden. Ihre Anwesenheit kann zu einer Rekontamination auch derjenigen Lebensmittel führen, die einem Erhitzungsprozess oder einem anderen Listerien abtötenden Herstellungsverfahren unterzogen wurden.

Das Schwein kann wie viele andere Nutztiere Träger von *Listeria monocytogenes* sein, ohne selbst an Listeriose zu erkranken. In den Tonsillen wurden Nachweisraten bis zu 24 % verzeichnet<sup>89</sup>, in Fäzes und auf Karkassen zeigen sich hingegen nur sehr geringe Prävalen-

zen<sup>90,91</sup>. Der Eintrag von *Listeria monocytogenes* mit Rohfleisch in die Lebensmittelkette ist deshalb grundsätzlich möglich. Jedoch kann der Erreger vom Rohprodukt entlang der Prozesskette hin bis zum verzehrfertigen Produkt an vielen Stellen in ein Lebensmittel eingebracht werden. Ursächlich verantwortlich dafür ist neben unzureichender Schlachthygiene vor allem die Persistenz der Listerien in den Produktionsanlagen des verarbeitenden Betriebes. Diese ist sehr viel stärker an Herstellungsprozesse, Hygienestandards sowie Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen gebunden als an den fortwährenden Eintrag mit dem Rohmaterial<sup>92,93</sup>.

#### *Salmonella* spp.

Die weite Verbreitung von Salmonelleninfektionen in der Schweineproduktion und das von ihnen ausgehende Risiko für die menschliche Gesundheit macht eine Minimierung der Prävalenzen auf Bestandesebene zur Reduzierung des Erregereintrages in die Lebensmittelkette unerlässlich. Einzelmaßnahmen sind aufgrund der hohen Tenazität der Salmonellen und der sich daraus ergebenden vielfältigen Eintrags- und Ausbreitungswege jedoch wenig erfolgreich. Auch wenn eine vollständige Erregerfreiheit der Bestände aufgrund der ubiquitären Verbreitung der Salmonellen nicht erreicht werden kann, erscheinen Bekämpfungsprogramme aufgrund serologischer Nachweise des Erregers im Bestand für die Gewährleistung einer hohen Produktsicherheit für Schweinefleisch erforderlich<sup>42</sup>.

#### Mykobakterien

Tuberkulose ist die Infektionskrankheit, die weltweit bei Menschen zu den meisten Todesfällen führt. Menschen können sich aerogen, oral und perkutan mit Keimen des *Mycobacterium tuberculosis*-Komplexes infizieren. Eine der Hauptinfektionsquellen für humane Infektionen mit Erregern des *Mycobacterium tuberculosis*-Komplexes waren in der Vergangenheit Rinder. 1950 handelte es sich noch bei 10 bis 30 % aller Tuberkulosefälle des Menschen in Deutschland und Europa um Infektionen mit *M. bovis*, wobei Kinder in höherem Maße betroffen waren. Gegenwärtig steht als Infektionsquelle die aerogene Person-zu-Person-Übertragung durch Tröpfchen oder durch Inhalation von Mykobakterien enthaltenem Staub im Vordergrund<sup>94</sup>.

Seit Beginn der 90er-Jahre werden in den Industrieländern bei Menschen vermehrt Infektionen mit Erregern des *Mycobacterium avium-intracellulare*-Komplexes (MAIC) beobachtet. Betroffen sind vor allem AIDS-Kranke, andere Immunsupprimierte und Kinder unter 12 Jahren. Erkrankungen durch Infektionen mit anderen, nicht dem MAIC angehörenden Mykobakterienarten sind ebenfalls beschrieben, z.B. durch *M. ulcerans*, *M. kansasii*, *M. xenopi*, *M. chelonae*, *M. fortuitum*, *M. abscessus* oder *M. marinum*<sup>11,95</sup>.

In Deutschland sind nichttuberkulöse Mykobakterieninfektionen bei Menschen nicht meldepflichtig und werden somit als Erkrankungsfälle statistisch nicht erfasst. Zuverlässige Daten zur Prävalenz bzw. Inzidenz von nichttuberkulöse Mykobakterieninfektionen in der Bevölkerung Deutschlands fehlen daher.

Bei der spontanen Tuberkulose der Haustiere, darunter auch der Tuberkulose der Schweine, stand in der Vergangenheit die Infektion mit *M. bovis* im Vordergrund<sup>96</sup>. In der Regel bleibt bei Schweinen die Ausbildung der tuberkulösen Prozesse nur auf die Erstinfektionsperiode beschränkt, wobei hauptsächlich die Tonsillen und die Darmschleimhaut betroffen sind<sup>97</sup>. In den Daten der nationalen Fleischuntersuchungsstatistik sind in den Jahren 2003 und 2006 (bei jährlich mehr als 40 Millionen in Deutschland geschlachteten Schweinen) 618 bzw. 226 Schlachttierkörper wegen Tuberkulose als untauglich beurteilt wurden. Aus den Daten der Fleischuntersuchungsstatistik geht allerdings nicht hervor, ob es sich in diesen

Fällen tatsächlich um Infektionen mit Erregern des *Mycobacterium tuberculosis*-Komplexes gehandelt hat. Fischer (1999)<sup>98</sup> identifizierte 5,15 % der aus Kehlganglymphknoten von geschlachteten Schweinen angezüchteten Mykobakterium-Isolate als *M. bovis*. Die betroffenen Schweine kamen aus Belgien. Für die Jahre 2005 und 2006 wurde in den Tiergesundheitsjahresberichten des Friedrich-Löffler-Instituts (FLI) über Neuausbrüche von Tuberkulose bei Schweinen aus 9 bzw. 11 Gehöften berichtet<sup>99</sup>.

Aus vereinzelt Untersuchungen lässt sich ablesen, dass bei Schweinen gegenwärtig hauptsächlich MAIC-Infektionen (*M. avium* ssp. *avium*, *M. avium* ssp. *hominissuis* und seltener *M. intracellulare*) nachgewiesen werden<sup>38,96,100,101,102,103</sup>. Schweine können sich oral über Trinkwasser, Futtermittel, Einstreu, aber auch aerogen über Stallstaub mit Organismen des MAIC infizieren. Vergleiche von Ergebnissen molekularbiologischer Untersuchungen zeigten, dass bei Schwein und Mensch vergleichbare Typen von MAIC-Stämmen vorkommen können<sup>104,105,106</sup>. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes<sup>107</sup> wurden in den Jahren 2002 bis 2006 in Deutschland während der Fleischuntersuchung von etwa 0,2–0,3 % der geschlachteten Schweine Fleischteile wegen Infektionen mit Mykobakterien als untauglich beurteilt. Vergleicht man die Angaben des Statistischen Bundesamtes mit Ergebnissen gezielter Untersuchungen, etwa von Fischer (1999)<sup>12</sup> und Lücker et al. (1997)<sup>108</sup>, so wird deutlich, dass tuberkuloseähnliche Veränderungen bei Schlachtschweinen offenbar wesentlich häufiger vorkommen, als in der Statistik des Statistischen Bundesamtes ausgewiesen, und dass bei der amtlichen Fleischuntersuchung offenbar eine nicht unerhebliche Anzahl solcher Veränderungen übersehen oder nicht gemeldet wird. Bei einer gezielten Studie ermittelte Fischer (1999)<sup>12</sup> bei 24.540 (1,85 %) von insgesamt 1.326.274 untersuchten Schweineschlachtkörpern in den Kehlganglymphknoten tuberkuloseähnliche Veränderungen mit einer 10-fach höheren Auffindungsrate, als durchschnittlich vom Statistischen Bundesamt angegeben. Aus 33,2 % der untersuchten Proben wurden Mykobakterien isoliert, wobei von diesen Isolaten 88,1 % als Spezies des MAIC identifiziert wurden.

Bei Untersuchungen von Meyer et al. (2007)<sup>101</sup> lag die anhand der makroskopischen Diagnostik der Kehlgangs- und Darmlymphknoten ermittelte Prävalenz von Infektionen mit Mykobakterien des MAIC bei 0,89 % (bei 126 von 17.513 Schlachtschweinen). Nach Untersuchungen von Lücker et al. (1997)<sup>108</sup> konnten bei 517 (0,58 %) Schlachtschweinen Veränderungen in den Lymphknoten (*Lnn. mandibularis* et *mandibularis accessorius*) festgestellt werden, die auf das Vorkommen von Mykobakterien hindeuten. Kulturell waren bei 31 % der Fälle (159 Proben) Mykobakterien anzüchtbar. Bei einer weiteren Differenzierung ergaben sich in 94 Fällen *M. avium* (18,2 %) und in 65 Fällen atypische Mykobakterien. Dem Prozentsatz von 0,58 Mykobakterium-positiven Befunden im Rahmen dieser Untersuchungen stehen deutliche niedrigere Befundzahlen in der nationalen Fleischuntersuchungsstatistik von 0,2 % im Zeitraum von 1991–1995 gegenüber.

Auch bei pathomorphologisch unauffälligen Schlachtschweinen kommen Mykobakterien vor. So konnten in der Schweiz bei klinisch gesunden Schweinen, bei denen auch bei der Fleischuntersuchung keine Läsionen gefunden wurden, in 10,6 % (54 von 510) der untersuchten Proben Mykobakterien nachweisen. Bei 90,7 % der gefundenen Mykobakterien handelte es sich um *M. avium*, bei zwei Fällen um *M. xenopi* und in je einem Fall um *M. malmoense* und *M. branderi*<sup>101</sup>.

Es ist bisher in der zugänglichen Literatur kein Fall einer Infektion mit Erregern des *Mycobacterium tuberculosis*-Komplexes bei Menschen beschrieben, der zweifelsfrei auf Kontakt mit Schweinen oder auf einen Verzehr von Schweinefleisch oder Schweinefleischprodukten zurückzuführen ist.

In einer Studie aus den Jahren 1999–2001 wurde etwa in 1 % der Fälle bei Tuberkulosepatienten in Deutschland *M. bovis* oder *M. caprae* als Erreger isoliert, wobei *M. caprae* etwa ein Drittel dieser Fälle ausmachte<sup>44</sup>. Mit der konsequenten staatlichen Bekämpfung der Rindertuberkulose – als eine der Hauptinfektionsquellen für Menschen – und der strikten Pasteurisierung der Milch haben in Deutschland Infektionen mit *M. bovis* ihre Bedeutung für den Menschen weitgehend verloren.

Deutschland ist nach der EU-Entscheidung 97/76/EG seit dem 1. Januar 1997 als frei von Rindertuberkulose amtlich anerkannt. Nach der Definition der OIE bedeutet dies, dass mehr als 99,8 % der Rinderbestände seit 10 Jahren amtlich anerkannt frei von Tuberkulose sind und sich über 99,9 % der Rinder in diesen Beständen befinden, d.h., dass nur noch in unter 0,2 % aller Bestände Tuberkulosefälle auftreten dürfen.

In den Jahren 2005 und 2006 wurden laut Tiergesundheitsjahresbericht des Friedrich-Löffler-Instituts (FLI) bei Rindern aus jeweils nur fünf Gehöften Neuausbrüche von Tuberkulose festgestellt.

Die Entwicklung von Mykobakterieninfektionen in deutschen Schweinebeständen war bis in die Nachkriegszeit insbesondere durch *M. bovis*-Infektionen bestimmt. Später überwogen Vertreter des *M. avium-intracellulare-Komplexes* (MAIC). Eine makroskopische Unterscheidung von humanpathogenen und nicht humanpathogenen Mykobakterien ist bei der Fleischuntersuchung nicht möglich.

#### Yersinien

Eine Studie aus Deutschland ergab, dass bei 38,4 % der Schlachtschweine die Tonsillen positiv für pathogene *Y. enterocolitica* waren<sup>109</sup>. In einer ähnlichen Studie aus der Schweiz waren 34 % der Schweinetonsillen positiv<sup>110</sup>. In beiden Untersuchungen waren fast alle Isolate dem Bio-/Serotyp 4/O:3 zuzuordnen. Pathogene *Y. enterocolitica* wurden außerdem in rohem Schweinefleisch (Schweinezeugen und -inneren) nachgewiesen<sup>111,112,113,114,115</sup>. Nachweise von humanpathogenen *Y. enterocolitica* in Schweinefleischprodukten des Einzelhandels gelingen dennoch nur selten<sup>53</sup>. Aufgrund der unzureichenden Selektivität der international standardisierten Methodik zum Nachweis von mutmaßlich pathogenen *Y. enterocolitica* in Lebensmitteln muss allerdings von falsch negativen Befunden und damit von einer unterschätzten Prävalenz des Erregers in Lebensmitteln ausgegangen werden.

#### *Staphylococcus aureus*, Koagulase-positive Staphylokokken und MRSA

Als natürlicher Besiedler der Haut und Schleimhaut für *Staphylococcus aureus* in der Regel nur bei immungeschwächten Personen zu einer Infektion, die dann aber oft schwerwiegend verläuft.

Voraussetzung für eine Intoxikation durch Koagulase-positive Staphylokokken ist hingegen, dass sich der Erreger im Lebensmittel ausreichend vermehrt und hitzestabile Enterotoxine gebildet hat. Da Staphylokokken natürlicherweise auf der Haut und Schleimhaut von Tieren und Menschen (hier besonders im Nasenbereich) vorkommen, können Lebensmittel vor allem sekundär durch Personen beim Umgang mit dem Erzeugnis kontaminiert werden. Fleisch und Fleischerzeugnisse bieten gute Wachstumsbedingungen für Staphylokokken. Weitere, typischerweise bei Staphylokokken-Intoxikationen beteiligte Lebensmittel sind Milch und Milcherzeugnisse (v.a. wenn aus Rohmilch hergestellt), eihaltige Zubereitungen, Salate, Cremes, Kuchenfüllungen, Speiseeis und Teigwaren.

Hinsichtlich der sog. livestock associated (la) MRSA gibt es ausgehend von Nutztieren mehrere mögliche Expositionswege für den Menschen: direkter Kontakt, Exposition über Aerosole und Emissionen aus Tierställen, Exposition über Lebensmittel oder die Mensch-zu-Mensch-Übertragung. Derzeit gilt der unmittelbare Kontakt zu den Tieren als der bedeutendste Übertragungsweg. Weiterhin findet eine Exposition dieses Personenkreises statt über die Umgebung der Tiere, auch Aerosole innerhalb und außerhalb von Stallungen stellen einen möglichen Expositionspfad dar, dessen Ausmaß der Bedeutung derzeit untersucht wird. Personen, die hingegen keinen direkten (beruflichen) Kontakt mit Nutztieren haben, sind aufgrund der weitgehenden Stallhaltung der Tiere in Deutschland gegenüber dem Erreger nur selten exponiert. Hinsichtlich des Expositionsweges über von Tieren stammende Lebensmittel, insbesondere rohes Fleisch, Rohfleischerzeugnisse und Rohmilch, gibt es nach wie vor keinen Beleg für Besiedlungen oder gar Infektionen von Personen nach Kontakt mit oder Verzehr von kontaminierten Lebensmitteln. Denkbare Übertragungswege der MRSA sind sowohl der Kontakt mit dem kontaminierten Lebensmittel im Rahmen der Zubereitung, ggf. nach Kreuzkontamination durch andere Lebensmittel oder Bedarfsgegenstände, als auch der Verzehr kontaminierter roher Lebensmittel, z.B. von Hackfleisch. Die Intensität der Exposition ist aufgrund der im Fleisch bisher festgestellten geringen Erregerkonzentrationen als gering zu betrachten. Der direkten Mensch-zu-Mensch-Übertragung von laMRSA wird derzeit ebenfalls eine untergeordnete Bedeutung beigemessen<sup>116,117</sup>.

#### Verotoxinbildende *E. coli* (VTEC)

Menschen können sich durch Kontakt mit infizierten Tieren oder Menschen anstecken, häufig geschieht dies auch über Lebensmittel (Fleisch und Rohmilcherzeugnisse), die mit EHEC kontaminiert sind. Im Vergleich zu den Wiederkäuern steht das Schwein im Hintergrund, was humanpathogene VTEC betrifft<sup>66,118</sup>.

#### Hepatitis-E-Virus

In einer Studie wurde der Genuss von Innereien und von Fleisch vom Wildschwein unabhängig voneinander als Risikofaktor für eine Hepatitis E in Deutschland identifiziert<sup>119</sup>. Einzelne Fallstudien aus Japan zeigen, dass der Verzehr von ungenügend erhitzter Wildschweinleber und -fleisch zu einer Hepatitis-E-Infektion führen kann<sup>72,73,74</sup>. Eine Fallstudie aus Frankreich zeigt, dass Hepatitis E nach dem Verzehr einer Wurst mit Anteilen roher Schweineleber auftrat<sup>75</sup>. **Der tatsächliche Anteil an humanen Hepatitis-E-Erkrankungen, die durch den Verzehr von Schweinefleisch ausgelöst wurden, ist unbekannt.**

HEV wurde in einer Studie in 4–25 % (durchschnittlich 15 %) der Leberproben von erlegten Wildschweinen in Deutschland nachgewiesen<sup>25</sup>. Eine serologische Studie zeigt, dass etwa **50 % der deutschen Hausschweine Antikörper gegen HEV besitzen<sup>26</sup>. Studien aus den USA und in den Niederlanden konnten das HEV-Genom in 6,6–11 % von Schweinelebern aus dem Handel nachweisen<sup>22</sup>. Darüber hinaus existieren bisher keine systematischen Studien zur Verbreitung von HEV in Schweinefleisch oder -leber.** Auch Daten zur Menge des in Schweinelebern vorhandenen infektiösen HEV, die zur Abschätzung des Infektionsrisikos benötigt werden, sind nicht vorhanden.

#### *Trichinella* spp.

Nach dem Ergebnis der Trichinenuntersuchung wird *Trichinella* beim Hausschwein in Deutschland nur noch sehr selten gefunden. Allerdings ist *Trichinella* im silvatischen Zyklus bei verschiedenen Wildtieren, wie Marderhund, Fuchs und Wildschwein, in Deutschland autochthon. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich Hausschweine aus Freilandhal-

tung über Wildtiere mit diesem Parasiten infizieren und zu einer Infektionsquelle für den Menschen werden.

Die Trichinellose ist eine nach dem Infektionsschutzgesetz (IfSG) meldepflichtige Erkrankung in Deutschland. Nach § 7(1) ist der direkte oder indirekte Erregernachweis meldepflichtig, soweit er auf eine akute Infektion hinweist. Grundlage für die Übermittlung der gemeldeten Fälle ist die gemäß § 4 (2) IfSG festgelegte Falldefinition. Bei klinischen Symptomen wie Zellen oder Muskelschmerzen, Fieber und Ödemen sowie einer Eosinophilie (>1.000 eosinophile Granulozyten/mm<sup>3</sup>) wird die Bestätigungsuntersuchung zum Nachweis spezifischer Antikörper mittels serologischer Methoden (IFAT, ELISA) durchgeführt. Der direkte Erregernachweis, bei dem Bioplate aus dem Musculus deltoideus auf Trichinen (Larve 1) untersucht werden, ist bei schwachen Infektionen nicht immer zuverlässig. In der Tabelle 2 sind die für Deutschland gemeldeten Trichinellose-Fälle beim Menschen für die Jahre von 1997 bis 2010 dargestellt.

**Tab. 2: Gemeldete Trichinellose-Fälle beim Menschen (Deutschland, 1997–2010); Quelle: SurvStat, Robert Koch-Institut<sup>120</sup>**

Jahr	Fälle	Land (Anzahl der Fälle)
1997	9	BW (6), BY (1), RP (1), ST (1)
1998	51	NW (42), BY (6), BW (2), ST (1)
1999	22	NW (11), BY (4), HH (4), BE (1), SH (1), RP (1)
2000	4	HH (2), NW (1), BW (1)
2001	5	BE (1), HH (1), NW (1), NI (2)
2002	10	BW (2), BY (1), BE (2), HE (3), NW (2)
2003	3	BW (3)
2004	5	BE (1), NW (4)
2005	0	-
2006	22	MV (16), BE (2), HE (2), BY (1), S (1)
2007	10	HH(4), NW(1), BY(3), HE (1), NI (1)
2008	1	BY(1)
2009	1	ST (1)
2010	3	HE (1), RP(1), SN(1)

Nach den gemeldeten Fällen ist die Trichinellose des Menschen eine in Deutschland selten auftretende Zoonose, die zumeist unter die Rubrik „importierte Erkrankungen“ fällt. Insbesondere bei Aufenthalten in Risikogebieten, in denen die Trichinellose endemisch ist (z.B. osteuropäische Länder) und die Fleischuntersuchung auf Muskellarven nicht oder nicht ordnungsgemäß erfolgte (insbes. bei Hausschlachtungen), kann es zu einer Infektion kommen. In der Europäischen Union ist die Untersuchung von Schweinen auf Trichinen deshalb vorgeschrieben. Hausschweinbestände in Deutschland sind bis auf ganz seltene Einzelfälle trichinenfrei. In anderen europäischen Ländern (wie z.B. Rumänien, Polen, Kroatien, Serbien, Litauen, Lettland) können dagegen sowohl Haus- als auch Wildschweine mit diesem Parasiten infiziert sein.

*Ascaris suum*

Spulwürmer haben eine hohe Reproduktionsrate im originären Wirt und werden leicht verschleppt, z.B. durch belebte Vektoren (u.a. Insekten), Transportmittel oder Gegenstände. Eine Infektion des Menschen über den Verzehr von Fleisch ist bislang nicht beschrieben. Allerdings zeigen molekularbiologische und epidemiologische Untersuchungen aus Dänemark, dass humane Ascarideninfektionen auf infizierte Hausschweine zurückzuführen sind<sup>121</sup>. Fallzahlen für den Menschen sind nicht bekannt, da die Askaridose nicht meldepflichtig ist.

*Echinococcus* spp.

Die Echinokokkose ist eine meldepflichtige Erkrankung in Deutschland. Trotz der relativ geringen Fallzahlen beim Menschen haben *E. granulosus* und *E. multilocularis* aufgrund des Schweregrades der Erkrankung eine große Bedeutung für die menschliche Gesundheit in Europa. *E. granulosus* kann bei der Untersuchung seiner intermediären Wirte (Schaf, Ziege, Schwein und Rind) am Schlachthof diagnostiziert werden. Allerdings fehlt es bislang an sensitiven serologischen Tests<sup>122</sup>.

*Cryptosporidium* spp.

Cryptosporidien sind insbesondere unter den Kälbern teils sehr stark verbreitet (14–100 %). Bei Rindern kommt der Erreger im Kot bei etwa 8 % vor. Durch den engen Kontakt von Kalb/Rind und Mensch ist eine Übertragung auf oralem Wege durch Schmutz- und Schmierinfektionen sowie durch kontaminiertes Wasser oder Nahrungsmittel möglich. Pro Jahr werden in Deutschland etwa 1.000 Cryptosporidiose-Fälle für den Menschen gemeldet.

*Taenia solium*

Im Gegensatz zu *Taenia saginata* (Rind als Zwischenwirt) ist *Taenia solium* in Deutschland und vielen europäischen Ländern nicht autochthon. Die visuelle Untersuchung beim Schwein am Schlachthof ist nicht sensitiv genug, um alle positiven Tierkörper zu entdecken. Auf der anderen Seite sind auch serologische Methoden noch nicht ausreichend entwickelt und validiert. Aus diesem Grunde ist die vorliegende Datenlage nur beschränkt aussagefähig<sup>32</sup>.

*Toxoplasma gondii*

Im Falle einer Infektion des Menschen ist ein häufiger Übertragungsweg die Aufnahme von *Toxoplasma*-Zysten durch den Verzehr von rohem oder ungenügend erhitztem Fleisch oder Fleischprodukten<sup>34</sup>. Vor allem dem Schweinefleisch wird eine große Bedeutung als Infektionsquelle beigemessen<sup>123</sup>. In einer älteren Studie, bei der Schlachtschweine aus Deutschland untersucht wurden, enthielten 9 % der Proben *Toxoplasma*-Zysten<sup>33</sup>. Infolge veränderter Haltungssysteme ist die Häufigkeit von *Toxoplasma gondii* bei Schlachtschweinen gesunken. Sie liegt derzeit bei schätzungsweise 1 %<sup>124,125</sup>.

### 3.3.4 Risikocharakterisierung

*Salmonella* spp.

Aus der Risikobewertung der EFSA (2010)<sup>126</sup> ist zu entnehmen, dass Schweine und Schweinefleisch für 10 bis 20 % aller Salmonellosefälle bei Menschen in der EU verantwortlich sein können und dass eine wirksamere Bekämpfung von Salmonellen in der Nahrungsmittelkette von Schweinefleisch direkte positive Auswirkungen im Sinne einer Senkung der Anzahl von Erkrankungsfällen bei Menschen hätte. Die Empfehlungen der EFSA gehen dahin, dass Schweine in Zuchtbetrieben salmonellenfrei und dass auch das Futter salmonellenfrei sein sollte. Weitere Maßnahmen sind eine ausreichende Reinigung und Desinfektion von Betrieben, die Vermeidung einer Kontamination während der Schlachtung und die Dekontaminierung von Schlachtkörpern.

Diese Maßnahmen sind nicht ohne eine ausreichende mikrobiologische oder serologische Diagnostik der Schlachtschweine denkbar. Neben den kulturellen Verfahren stehen zum serologischen Nachweis von Salmonellen beim Schwein zahlreiche geeignete ELISA-Systeme zur Verfügung. Dazu gehören z.B. SALMOTYPE® Fleischsaft-ELISA (Labor Diagnostik

GmbH), Enterisol<sup>®</sup>-ELISA (Boehringer Ingelheim) und HerdChek<sup>®</sup>-ELISA (Idexx Laboratories). Nach Kosinc et al. (2010) zeigen alle Verfahren unterschiedliche Reaktionszeiten und methodisch bedingte Unschärfen<sup>127,128</sup>.

Im Rahmen der Fleischuntersuchung ohne Anschnitte bei Mastschweinen erscheint die Entwicklung von validierten Methoden für die Durchführung dieser Untersuchungen auf Salmonellen erforderlich. Dazu bieten PCR-basierte Methoden, wie sie zum Teil in Dänemark validiert wurden, vielversprechende Ansätze.

### Mykobakterien

Wegen unzureichender Daten kann gegenwärtig das Risiko des Vorkommens von Mykobakterien des MAIC bei Mastschweinen für die Lebensmittelsicherheit nicht abschließend eingeschätzt werden. Hervorzuheben ist aber, dass die wenigen vorliegende Daten bzw. Untersuchungen darauf hindeuten, dass in deutschen Schweinebeständen Infektionen mit MAIC vorkommen und in seltenen Fällen, in denen makroskopisch nur einzelne Lymphknoten befallen sind, mit dem Vorkommen von Mykobakterien in der Muskulatur geschlachteter Schweine zu rechnen ist. Gelegentlich von Schweinen und Menschen isolierte Stämme des MAIC (vor allem *M. avium* ssp. *hominissuis*-Isolate) sind genetisch eng miteinander verwandt.

Für die bekannten Testsysteme, wie z.B. Tuberkulintest, Gamma-Interferon-Test und ELISA, gilt, dass

- bisher die Sensitivität und Spezifität intravitaler Tests für die Diagnostik von Tuberkulosen und Mykobakteriosen bei Schweinen nicht systematisch untersucht wurden.
- validierte serologische Testverfahren (z.B. ELISA) für die Untersuchung von Mastschweinen auf Mykobakterien-Infektionen nicht vorhanden sind. Zur Bewertung positiver oder negativer Testergebnisse können somit zurzeit keine gesicherten Aussagen getroffen werden.
- Schweine sich auf vielfältigen Wegen mit sog. nichttuberkulösen Mykobakterien infizieren (kontaminierte Einstreu, wie z.B. Sägespäne, kontaminiertes Trinkwasser, kontaminierte Futtermittel, kontaminierter Nager- oder Vogelkot) können. Eine Neuinfektion ist immer wieder möglich und kann nicht sicher verhindert werden. Ein Bestandsstatus kann sich folglich laufend ändern. Weiterhin ist bei Schweinen die humorale Immunität in den frühen Phasen der Infektion von untergeordneter Bedeutung und diagnostisch kaum verwertbar. Eine systematische Erfassung aller mit Mykobakterien infizierten Tiere erscheint mit serologischen Verfahren fraglich<sup>129,130,131,132,133,134,135</sup>.

Um die bislang unzureichende Datenlage zum Vorkommen von Mykobakterien bei Schlachtschweinen zu verbessern, erscheint es notwendig, im Rahmen einer risikobasierten Fleischuntersuchung ohne Anschnitte labortechnische Testverfahren zum Nachweis von Mykobakterien zu entwickeln und in der Praxis zu erproben.

### *Campylobacter* spp.

Nach Angaben der EFSA (2010) sind 20–30 % aller humanen *Campylobacter*-Erkrankungsfälle auf eine falsche Küchenhygiene zurückzuführen. Obwohl ein großer Teil aller Fälle im Zusammenhang mit dem Geflügelfleisch zu sehen ist, kann ein Eintrag von *Campylobacter* in die Nahrungskette auch über Schweinefleisch erfolgen.

Zur Kontrolle des Eintrags von *Campylobacter* durch geschlachtete Schweine bedarf es geeigneter kulturell-bakteriologischer und serologischer Testsysteme. Es gibt derzeit kein praxistaugliches serologisches Verfahren für den Nachweis von *Campylobacter* bei Nutztieren. Die Etablierung neuer Testverfahren, basierend auf definierten Antigenen, und die Etablierung tierartübergreifender Testsysteme mit kompetitiven ELISA erscheint daher im Rahmen einer risikobasierten Fleischuntersuchung ohne Anschnitte von großer Bedeutung<sup>136</sup>.

#### *Listeria monocytogenes*

Eine Übertragung von *Listeria monocytogenes* über Schweinefleisch erscheint möglich, ist aber im Vergleich zu anderen Kontaminationsquellen des Fleisches als gering einzuschätzen. Eine besondere Maßregelung von Schweinen erscheint daher nicht erforderlich. Wesentlich für eine mögliche Kontamination des Fleisches mit Listerien ist eine hygienische Schlachtung unter besonderer Beachtung der Eviszeration, um eine fäkale Kontamination zu verhindern. Die Qualität der zur Verfügung stehenden Daten ist aufgrund der nicht standardisierten Untersuchungsmethoden mit großen Unsicherheiten verbunden. Deswegen lässt sich das Risiko von gesundheitlichen Beeinträchtigungen für die Bevölkerung oder einzelne Bevölkerungsgruppen nicht quantifizieren. Die Etablierung neuer Testverfahren erscheint nicht erforderlich.

#### *Staphylococcus aureus*, Koagulase-positive Staphylokokken und MRSA

Zur genauen Abschätzung der lebensmittelhygienischen Bedeutung von *Staphylococcus aureus* und anderen Koagulase-positiven Staphylokokken im Zusammenhang mit Lebensmittelintoxikationen beim Menschen in Deutschland bedarf es einer Erhebung von matrixabhängigen Daten zum Vorkommen, zur Persistenz und dem Toxinbildungsvermögens des Erregers. Flankierende mikrobiologische und serologische Untersuchungen im Rahmen der risikobasierten Fleischuntersuchung erscheinen zum jetzigen Zeitpunkt nicht erforderlich.

#### Verotoxinbildende *E. coli* (VTEC)

Da Schweinefleisch bislang als Infektionsquelle des Menschen eine untergeordnete Rolle spielt und die beim Schwein vorkommenden humanpathogenen VTEC im Vergleich zu der Situation bei großen und kleinen Wiederkäuern und deren Produkte als vernachlässigbar anzusehen sind<sup>66</sup>, erscheint ein mikrobiologisches oder serologisches Untersuchungsverfahren nicht erforderlich.

#### Yersinien

Pathogene Yersinien sind in Deutschland und Europa eine der häufigsten bakteriellen Enteritiserreger, die neben einfachen, nicht behandlungsbedürftigen Durchfallerkrankungen auch eine Reihe schwerwiegender Infektionen auslösen können. Daher ist eine gesundheitliche Gefährdung des Menschen, insbesondere von Kindern und Personen mit Grunderkrankungen, durch den Verzehr von mit pathogenen Yersinien kontaminierten Lebensmitteln möglich. Durch die Fähigkeit der Erreger, sich bei Kühltemperaturen zu vermehren, kann das Risiko einer Infektion mit der Lagerdauer weiter zunehmen. Zwar kann die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Gesundheitsschadens beim Verzehr dieser Lebensmittel aufgrund der lückenhaften Datenlage derzeit nicht abgeschätzt werden, dennoch sollten in verzehrfertigen Lebensmitteln weder pathogene *Y. enterocolitica* noch *Y. pseudotuberculosis* nachweisbar sein.

Für die Anzucht aus Lebensmittel- und Umweltproben, die sehr schwierig ist, liegt derzeit kein geeignetes standardisiertes Untersuchungsverfahren vor. Die Entwicklung von PCR-Detektionsverfahren könnte nach Ansicht der EFSA für ein Screening nützlich sein.

Die Etablierung neuer Testverfahren für Yersinien, basierend auf definierten Antigenen, und die Etablierung tierartübergreifender Testsysteme mit kompetitiven ELISA wird daher im Rahmen einer risikobasierten Fleischuntersuchung ohne Anschnitte empfohlen. Allerdings wurde die Eignung von serologischen Untersuchungen auf das Vorkommen von *Y. enterocolitica* für ein Europa-weites Monitoring bei der EFSA kontrovers diskutiert<sup>137</sup>, da eine Serokonversion des untersuchten Tiers keinen Anhaltspunkt über den aktuellen Infektionsstatus des Tieres erlaubt. Die Verfahren sollten aber zunächst sorgfältig validiert und auch für ein mikrobiologisches oder serologisches Untersuchungsverfahren für Schweinefleisch vorgesehen werden<sup>51</sup>.

### Hepatitis-E-Virus

Aus den vorliegenden Daten kann abgeleitet werden, dass Schwangere ein hohes Risiko für eine schwer verlaufende Hepatitis-E-Erkrankung haben. Auch Personen mit einer Vorerkrankung, wie z.B. chronische Lebererkrankung, Leberzirrhose oder langanhaltender erhöhter Alkoholkonsum, haben ein höheres Risiko, an einer HEV-Infektion zu erkranken. Insgesamt steigt die Zahl der gemeldeten Hepatitis-E-Fälle in Deutschland – aus unbekanntem Gründen – in den letzten Jahren kontinuierlich an. Die Übertragung des HEV vom Schwein auf den Menschen basiert aber bisher weitgehend auf Annahmen und vereinzelt Fallberichten. Die vorhandenen Daten erlauben keine quantitative Risikobewertung. Bisher existieren keine standardisierten Nachweissysteme für HEV in Schweinen. Verschiedene PCR-Assays und ELISA-Systeme wurden entwickelt, die allerdings in Sensitivität und Spezifität eine große Schwankungsbreite aufweisen<sup>26</sup>.

Insgesamt existieren aufgrund der vorhandenen Datenlage für HEV noch viele Unklarheiten, die vor allem die Bedeutung des Übertragungsweges über Schweinefleisch und die Voraussetzungen für eine Krankheitsentstehung beim Menschen betreffen. Da die HEV-Infektion bei Schweinen keine klinischen oder pathomorphologischen Veränderungen hervorruft, konnte auch die bisherige Form der Fleischuntersuchung HEV-infizierte Tiere nicht entdecken. Zum jetzigen Zeitpunkt erscheint aus den oben genannten Gründen die Etablierung neuer Testverfahren für HEV im Rahmen einer risikobasierten Fleischuntersuchung ohne Anschnitte als verfrüht.

### *Ascaris suum*

Da eine Infektion des Menschen über den Verzehr von Fleisch bislang nicht beschrieben ist, erscheint ein serologisches Untersuchungsverfahren im Rahmen einer risikobasierten Fleischuntersuchung ohne Anschnitte nicht erforderlich.

### *Echinococcus* spp. (*Echinococcus multilocularis* und *granulosus*)

Die EFSA empfiehlt in ihrem Gutachten 2010<sup>138</sup> ein harmonisiertes Untersuchungs- und Berichtsverfahren zum Vorkommen von *Echinococcus* spp. auf Schlachthofebene bei den Zwischenwirten, zu denen auch das Schwein gehört. Die (serologischen) Methoden sollten auf lebende Tiere angewandt werden.

Die Etablierung eines geeigneten Testverfahrens für *Echinococcus* spp. erscheint allerdings im Rahmen einer risikobasierten Fleischuntersuchung ohne Anschnitte nicht sinnvoll, bevor weitere aussagekräftige Studien und geeignete Tests vorliegen.

#### *Cryptosporidium* spp.

Ein mikrobiologisches oder serologisches Untersuchungsverfahren erscheint nicht erforderlich.

#### *Taenia solium*

Ein mikrobiologisches oder serologisches Untersuchungsverfahren erscheint nicht erforderlich.

#### *Trichinella* spp.

Bei der Trichinellose des Menschen handelt es sich um ein seltenes, aber regelmäßiges Ereignis mit hoher Dunkelziffer. Bislang standen Erkrankungsfälle aufgrund von kontaminiertem Material aus dem Ausland (importierte Trichinellose) im Vordergrund, da der domestische Zyklus (im Gegensatz zum sylvanischen Zyklus) in Deutschland praktisch nicht mehr vorkommt. Auch wenn aus einzelnen Ländern Trichinellen-Funde nicht gemeldet worden sind, muss davon ausgegangen werden, dass der Erreger bei Wildtieren deutschlandweit vorkommt.

Zur Überprüfung dieser Annahme und besseren Bewertung des Risikos erscheint ein flächendeckendes serologisches Monitoring beim Schlachtschwein erforderlich. Weiterhin ist nicht auszuschließen, dass sich im Freiland gehaltene Schweine durch infizierte Wildtiere mit Trichinellen anstecken und somit zu einer Gefahrenquelle für den Menschen werden können.

#### *Toxoplasma gondii*

Ein großer Anteil der Bevölkerung in Deutschland besitzt Antikörper gegen diesen Parasiten. Klinische Symptome werden selten bemerkt und sind unspezifisch. Dennoch kann eine Infektion – insbesondere während der Schwangerschaft – schwerwiegende Folgen haben<sup>80</sup>. Bislang wurde bei Schweinen aus Intensivhaltung nur selten eine Toxoplasmieninfektion nachgewiesen. Allerdings stellt gerade Schweinefleisch, die in Deutschland am häufigsten roh verzehrte Fleischart, eine bedeutende Infektionsquelle dar.

Ein mikrobiologisches oder serologisches Untersuchungsverfahren erscheint erforderlich.

### **4. Handlungsrahmen**

Es ist davon auszugehen, dass aufgrund zukünftiger Bekämpfungsmaßnahmen das Vorkommen salmonellenkontaminierter Schweinefleischprodukte in Zukunft zwar deutlich reduziert, jedoch nicht völlig ausgeschlossen werden kann. Somit besteht insbesondere für Personen, die ein erhöhtes Risiko für schwere Krankheitsverläufe aufweisen (z.B. ältere Menschen, Kinder, Immunsupprimierte), die Gefahr einer Infektion mit Salmonellen und anderen Zoonoseerregern.

Es sollte eine verstärkte und gezielte Verbraucheraufklärung über die Risiken und den korrekten Umgang mit rohem Schweinefleisch und entsprechenden Erzeugnissen erfolgen, die ohne ausreichende Reifung oder Erhitzung in den Verkehr gebracht werden.

Darüber hinaus sind aus epidemiologischer Sicht die Etablierung von bundesweit einheitlichen und europaweit vereinheitlichten Zoonosen-Überwachungssystemen für einzelne Tierarten (Probenahme, Untersuchung) und die Einrichtung von nationalen und europäischen

Datenbanken für diese Systeme notwendig. Voraussetzung dafür ist allerdings eine weitere Vereinheitlichung der Untersuchungsmethoden durch Akkreditierung und Rechtsetzung sowie Normierung, wie sie derzeit z.B. durch Arbeitsgruppen im Rahmen der Methodenstandardisierung nach § 64 LFGB erfolgen.

---

## 5 Referenzen

- 1 RKI, 2011: Epidemiologisches Bulletin, 3/2011
- 2 EFSA, 2010: The Community Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in the European Union in 2008, EFSA Journal 8 (1), 1496
- 3 EFSA, 2007: Food safety aspects of different pig housing and husbandry systems Scientific Opinion of the Panel on Biological Hazards. Question No EFSA-Q-2007-197) Adopted on 6 December 2007
- 4 Alter, T., Gaull, F., Kasimir, F., Gürtler, M., Fehlhaber, K., 2005: Vorkommen und genetische Charakterisierung von porcinen *Campylobacter coli*-Isolaten. Berl Münch Tierärztl Wschr 118, 214–219
- 5 Mc Clure, P. J., Kelly, T. M., Roberts, T. A., 1991: The effects of temperature, pH, sodium chloride and sodium nitrite on the growth of *Listeria monocytogenes*. Int J Food Microbiol 14, 77–91
- 6 Murray, E. G. D., Webb, R. A., Swann, M. B. R., 1926: A disease of rabbits characterized by a large mononuclear leucocytosis, caused by a hitherto undescribed bacillus *Bacterium monocytogenes*. J. Path Bacteriol. 28, 407–439
- 7 Pirie, J. H. H., 1940: *Listeria*: Change of name for a genus of bacteria. Nature 145, 264
- 8 Seeliger, H. P. R., Rocourt, J., Schrettenbrunner, A., Grimont, P. A. D., Jones, D., 1984: *Listeria ivanovii*. Int J Syst Bacteriol 34, 336–337
- 9 RKI, 2005: Epidemiologisches Bulletin 19. August 2005 / Nr. 33 aktuelle Daten und Informationen zu Infektionskrankheiten und Public Health. 295–301
- 10 Beerwerth, W., Kessel, U. 1976: Mykobakterien in der Umwelt von Mensch und Tier. Zbl Bakt Hyg I. Orig. A. 235, 177–183
- 11 Leoni, E., Legnani, P., Pirani, R., 1999: Prevalence of mycobacteria in a swimming pool environment. J Appl Microbiol 87, 683–688
- 12 Fischer, S., Ehrler, M., Rüscher-Gerdes, S., Krüger, M., 2000: Stellen Mykobakterien im Schweinefleisch eine Gefahr für den Verbraucher dar? RFL, 7/2000. 150–154
- 13 Auckenthaler, A. G., 2004: Transport von Mikroorganismen in einem Karstaquifer am Beispiel der Lützelquelle. Diss. Dr. Phil., Basel, 2004
- 14 Matlova, L., Dvorska, L., Ayele, W.A., Bartos, M., Amemoris, T, Pavlik, I., 2005: Distribution of *Mycobacterium avium* complex isolates in tissue samples of pigs fed peat naturally contaminated with Mycobacteria as a supplement. J Clin Microbiol 43, 1261–1268
- 15 Gylstorff, I., 1987: Infektions- und Invasionskrankheiten in : Gylstorff, I., Grimm, F. (Hrsg.): Vogelkrankheiten, aus der Reihe „Erkrankungen der Haustiere“. Verlag Ulmer, Stuttgart: 210–396
- 16 Heesemann, J., 1998: Die Gattung *Yersinia*, Yersiniosen. In: Brandis, Eggers, Köhler (Hrsg.): Lehrbuch der medizinischen Mikrobiologie. Urban & Fischer Verlag, München: 315–329

- 17 Käsbohrer, A., Fetsch A., Guerra B., Hammerl J., Hertwig S., Dürer U., Tenhagen B.-A., 2010: Zoonosen-Stichprobenplan 2008. 29–30 in Erreger von Zoonosen in Deutschland im Jahr 2008. Vol. 6/2010. M. Hartung, Hrgs. Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin
- 18 Tenhagen, B.-A., Alt K., Fetsch A., Kraushaar B., Käsbohrer A., 2011: Methicillin-resistente *Staphylococcus aureus* – Monitoringprogramme. 47–52 in Erreger von Zoonosen in Deutschland im Jahr 2009. M. Hartung und A. Käsbohrer, Hrgs. Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin
- 19 Voss, A., 2005: Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in pig farming. Emerg Infect Dis 11, 1965–1966
- 20 Kosmider, R. D., Nally, P., Simons, R.R.L., Brouwer, A., Cheung, S., Snary, E.L., Wooldridge, M., 2010: Attribution of Human VTEC O157 Infection from Meat Products: A Quantitative Risk Assessment Approach. Risk Analysis 30 (5), 753–763
- 21 Beutin, L., Krueger, U., Krause, G., Miko, A., Martin, A., Strauch, E., 2008. Evaluation of Major Types of Shiga Toxin 2e-Producing *Escherichia coli* Bacteria Present in Food, Pigs, and the Environment as Potential Pathogens for Humans. Appl Environm Microbiol Vol., 4806–4816
- 22 Pavio, N., Meng, X. J., Renou C., 2010: Zoonotic hepatitis E: animal reservoirs and emerging risks. Vet Res 41, 46
- 23 Johne, R., Nöckler, K., Kaci, S., 2008: Hepatitis E – eine über Lebensmittel übertragbare Zoonose in Deutschland? Archiv für Lebensmittelhygiene 59, 41–80
- 24 Wichmann, O., Schimanski, S., Koch, J., Kohler, M., Rothe, C., Plentz, A., 2008: Phylogenetic and case control study on hepatitis E virus infection in Germany. J Infect Dis 198 (12), 1732–1741
- 25 Schielke, A., Sachs, K., Lierz, M., Appel, B., Jansen, A., Johne, R., 2009: Detection of hepatitis E virus in wild boars of rural and urban regions in Germany and whole genome characterization of an endemic strain. Virology Journal 6, 58
- 26 Bächlein, C., Schielke, A., Johne, R., Ulrich, R.G., Baumgärtner, W., Grummer, B., 2010: Prevalence of Hepatitis E virus-specific antibodies in sera of German domestic pigs estimated by using different assays. Veterinary Microbiology 144, 187–191
- 27 BfR, 2007: [http://www.bfr.bund.de/cm/238/trichinellose\\_erkennung\\_behandlung\\_und\\_verhuetung.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/238/trichinellose_erkennung_behandlung_und_verhuetung.pdf)
- 28 Nöckler, K., Reiter-Owona, I., Heidrich, J., 2002: Laboratoriumsdiagnostik der Trichinellose/Laboratory Diagnosis of Trichinellosis. LaboratoriumsMedizin 26, 365–371
- 29 Boch, J., Supperer, R., 1983: Veterinärmedizinische Parasitologie. 3. Auflage. Verlag Paul Parey, Singhofen
- 30 Millar, B.C., Finn, M., Xiao, L., Lowery, C. J., Dooley, J. S. G., Moore, J. E., 2002: *Cryptosporidium* in foodstuffs – an emerging aetiological route of human foodborne illness. Trends in Food Science & Technology 13, 168–187
- 31 Magi, B., Canocchi, V., Tordini, G., Cellesi, C., Barberi, A., 2006: *Cryptosporidium* infection: diagnostic techniques. Parasitol Res 98, 150–152
- 32 EFSA, 2009: Development of harmonised schemes for the monitoring and reporting of *Cysticercus* in animals and foodstuffs in the European Union. Scientific Report submitted to EFSA. Question No EFSA-Q-2009-01073. 10 December 2009

- 33 Boch, J., Rommel, M., Janitschke, K., Sommer, R., 1965: Toxoplasma-Infektionen bei Schlachttieren (Schwein, Rind, Geflügel). Arch Lebensmittelhyg 11, 241–242
- 34 RKI, 2010: RKI-Ratgeber Infektionskrankheiten – Merkblätter für Ärzte.  
[http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber\\_\\_Mbl\\_\\_Masern.html](http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber__Mbl__Masern.html)
- 35 RKI, 2011: Epidemiologisches Bulletin Nr.3, Jan. 2011,  
[http://www.rki.de/clin\\_151/nn\\_196322/DE/Content/Infekt/SurvStat/survstat\\_\\_node.html?\\_nnn=true](http://www.rki.de/clin_151/nn_196322/DE/Content/Infekt/SurvStat/survstat__node.html?_nnn=true)
- 36 EFSA, 2009: The Community Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses and Zoonotic Agents in the European Union in 2007. The EFSA Journal Vol., 223
- 37 Thurm, V., Dinger E., 1998: Lebensmittelbedingte Campylobacterinfektionen – Infektionsepidemiologische Aspekte der Ursachenermittlung, Überwachung und Prävention bei Ausbrüchen durch *Campylobacter jejuni*. RKI-Info II/98, Robert Koch-Institut, Berlin
- 38 RKI, 2007: Epidemiologisches Bulletin. 36/2007. *Campylobacter jejuni*-Infektionen treten 2007 vermehrt auf. Robert Koch-Institut, Berlin
- 39 RKI, 2010: Epidemiologisches Bulletin. 34/2010. Listeriose 2001–2009.  
[http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber\\_\\_Mbl\\_\\_Listeriose.html](http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber__Mbl__Listeriose.html)
- 40 RKI, 2010: Listeriose RKI-Ratgeber Infektionskrankheiten – Merkblätter für Ärzte.  
[http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber\\_\\_Mbl\\_\\_Listeriose.html](http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber__Mbl__Listeriose.html)
- 41 RKI, 2010: Salmonellose RKI-Ratgeber/Merkblätter für Ärzte. <http://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/S/Salmonellose/Salmonellose.html>
- 42 Meyer, C., Große-Beilage, E., Krieter, J., 2004: Salmonellen in der Schweineproduktion – Risikofaktoren und Ansätze zur Bekämpfung. Züchtungskunde 76(5), 354–366
- 43 Steinbach, G., Hartung, M., 1999: Versuch einer Schätzung des Anteils menschlicher Salmonellaerkrankungen, die auf vom Schwein stammende Salmonellen zurückzuführen sind. Berl Münch Tierärztl Wochenschr 112, 296–300
- 44 Kubica, T., Rüscher-Gerdes, S., Niemann, S., 2003: Mycobacterium bovis subsp. caprae caused one-third of human M. bovis-associated tuberculosis cases reported in Germany between 1999 and 2001. J Clin Microbiol 41, 3070–3077
- 45 Cousins, D.V., Bastida, R., 2003: Tuberculosis in seals caused by novel member of Mycobacterium tuberculosis complex: Mycobacterium pinnipedii ssp. nov. Int J Syst Evol Microbiol 53, 1305–1314
- 46 Prodinger, W. M., Brandstätter, A., 2005: Characterization of Mycobacterium caprae isolates from Europe by mycobacterial interspersed repetitive unit genotyping. J Clin Microbiol 43, 4984–4992
- 47 Brodhun, B., Altmann, D., Haas, W., 2009: Bericht zur Epidemiologie der Tuberkulose in Deutschland für 2007. Robert Koch-Institut, Berlin
- 48 Fosse, J., Seegers, H., Magras, C., 2008: Foodborne zoonosis due to meat: a quantitative approach for a comparative risk assessment applied to pig slaughtering in Europe. Vet Res 39, 01
- 49 Salama, C., Policar, M., Venkataraman, M., 2003: Isolated pulmonary Mycobacterium avium complex infection in patients with human immunodeficiency virus infection: Case reports and literature review. Clin Infect Dis 37, e35–40

- 
- 50 Horsburgh, C. R., 1999: The pathophysiology of disseminated *Mycobacterium avium* complex disease in AIDS. *J Infect Dis* 179 (Suppl. 3), 461–465
- 51 EFSA, 2007: Scientific Opinion of the Panel on Biological Hazards and Animal Health Animal Welfare on a request from the European Food Safety Authority (self mandate) to issue a Scientific Opinion on the Review of the Community Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Antimicrobial Resistance in the European Union in 2005. *The EFSA Journal* 600, 1–32
- 52 RKI, 2008: Infektionsepidemiologisches Jahrbuch meldepflichtiger Krankheiten für 2008, Robert Koch-Institut, Berlin
- 53 EFSA, 2007: Scientific Opinion of the Panel on BIOHAZ on a request from EFSA on monitoring and identification of human enteropathogenic *Yersinia* spp. *The EFSA Journal* (2007) 595, 1–30
- 54 EFSA, 2009: The Community Summary Report on Food-borne Outbreaks in the European Union in 2007, *The EFSA Journal* (2009), 271
- 55 Grahek-Ogden, D., Schimmer, B., Cudjoe, K. S., Nygard, K., Kapperud, G., 2007: Outbreak of *Yersinia enterocolitica* Serogroup O:9 Infection and Processed Pork, Norway. *Emerg Infect Dis* 13 (5), 754–756
- 56 Ackers, M. L., Schoenfeld, S., Markman, J., Smith, M. G., Nicholson, M. A., DeWitt, W., Cameron, D. N., Griffin, P. M., Slutsker, L., 2000: An Outbreak of *Yersinia enterocolitica* O:8 Infections Associated with Pasteurized Milk. *J Infect Dis* 181 (5), 1834–1837
- 57 Public Health Agency of Canada, 2011: <http://www.phac-aspc.gc.ca/msds-ftss/msds168eeng.php>
- 58 Tenhagen, B. A., Hansen I., Reinecke, A., 2009: Prevalence of pathogens in milk samples of dairy cows with clinical mastitis and in heifers at first parturition 1. *J Dairy Res* 76 (2), 179–187
- 59 Hartung, M., 2011: Erreger von Zoonosen in Deutschland im Jahr 2009. *BfR Wissenschaft*: 253–257
- 60 RKI, 2007: Zur MRSA-Situation in Deutschland 2005 und 2006. *Epidemiologisches Bulletin* (6), 41–46
- 61 Kluytmans J., van Belkum A., Verbrugh H., 1997: Nasal carriage of *Staphylococcus aureus*: epidemiology, underlying mechanisms, and associated risks. *Clin Microbiol Rev* 10, 505–520
- 62 Coello, R., Glynn, J. R., Gaspar, C., Picazo, J. J., Fereres, J., 1997: Risk factors for developing clinical infection with methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) amongst hospital patients initially only colonized with MRSA. *J Hosp Infect* 37, 39–46
- 63 van Loo, I., Huijsdens, X., Tiemersma, E., de Neeling, A., Sande-Bruinsma, N., Beaujean, D., Voss, A., Kluytmans, J., 2007: Emergence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* of animal origin in humans. *Emerg Infect Dis* 13, 1834–1839
- 64 van Rijen M. M., Van Keulen P. H., Kluytmans J. A., 2008: Increase in a Dutch hospital of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* related to animal farming. *Clin Infect Dis* 46, 261–263
- 65 Witte, W., Strommenger B., Stanek C., 2007: Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* ST398 in humans and animals, Central Europe. *Emerg. Infect Dis* 13 (2), 255–258
- 66 Beutin, L., 2011: pers. Mitteilung

- 
- 67 Aggarwal, R., Naik, S., 2009: Epidemiology of hepatitis E: Current status. *J Gastroenterol Hepatol* 24, 1484–1493
- 68 Gerolami, R., Moal, V., Colson, P., 2008: Chronic hepatitis E with cirrhosis in a kidney-transplant recipient. *N Engl J Med* 358 (8), 859–860
- 69 Haagsma, E. B., van den Berg, A. P., Porte, R. J., Benne, C. A., Vennema, H., Reimerink, J. H., 2008: Chronic hepatitis E virus infection in liver transplant recipients. *Liver Transpl* 14 (4), 547–553
- 70 Kamar, N., Selves, J., Mansuy, J.M., Ouezzani, L., Peron, J.M., Guitard, J., 2008: Hepatitis E virus and chronic hepatitis in organ-transplant recipients. *N Engl J Med* 358 (8), 807- 811
- 71 Aggarwal, R., Jameel, S., 2008: Hepatitis E vaccine. *Hepatol Int* 2, 308–315
- 72 Masuda, J., Yano, K., Tamada, Y., Takii, Y., Ito, M., Omagari, K., Kohno, S., 2005: Acute hepatitis E of a man who consumed wild boar meat prior to the onset of illness in Nagasaki, Japan. *Hepatol Res* 31, 178–183
- 73 Li, T. C., Chijiwa, K., Sera, N., Ishibashi, T., Etoh, Y., Shinohara, Y., 2005: Hepatitis E virus transmission from wild boar meat. *Emerg Infect Dis* 11 (12), 1958–1960
- 74 Matsuda H., Okada, K., Takahashi, K., Mishiro, S., 2003: Severe hepatitis E virus infection after ingestion of uncooked liver from a wild boar. *J Infect Dis* 188, 944
- 75 Colson, P., Borentain, P., Queyriaux, B., Kaba, M., Moal, V., Gallian, P., Heyries, L., Raoult, D., Gerolami, R., 2010: Pig liver sausage as a source of hepatitis E virus transmission to humans. *J Infect Dis* 202, 825–834
- 76 RKI, 2011:Trichinellose. <http://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/T/Trichinellose/Trichinellose.html>
- 77 Richter, J., Orhun. A., Grüner. B., Müller-Stöver, I., Reuter, S., Romig, T., Häussinger, D., Kern, P., 2009: Autochthonous cystic echinococcosis in patients who grew up in Germany. *Eurosurveillance* 14 (22), 1–7
- 78 Seifert, T., Endsberger, G., Stolte, M., 1993: Die Echinokokkose – derzeitiger Stand von Diagnostik und Therapie. *Praxis und Klinik* 23, 161–164
- 79 RKI, 2011: Echinokokkose. [http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber\\_\\_Mbl\\_\\_Echinokokkose.html](http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber__Mbl__Echinokokkose.html)
- 80 Janitschke, K., 1999: Pränatale Übertragung der Toxolasmose von der Mutter auf das Kind. *Bundesgesundheitsbl* 42, 606–609
- 81 Groß, U., 2004: Prävalenz und Public-Health-Aspekte der Toxoplasmose. *Bundesgesundheitsbl* 47, 692–697
- 82 Döhne, S., 2010: Untersuchungen zum Auftreten verschiedener bakterieller Zoonoseerreger und zu den Risikofaktoren in norddeutschen Schweinemastbeständen. *Vet.-Med. Diss., Tierärztliche Hochschule Hannover*. [http://elib.tiho-hannover.de/dissertations/doehnes\\_ws10.pdf](http://elib.tiho-hannover.de/dissertations/doehnes_ws10.pdf)
- 83 Kley, A., 2003: Entwicklung und Anwendung eines Enzyme-Linked-Immunosorbent-Assay (ELISA) für die Erfassung der *Campylobacter*-Situation in Schweinebeständen mittels Blutserum- und Fleischsaftproben. München, Ludwig-Maximilians-Univ., Tierärztliche Fakultät, Diss.

- 
- 84 von Altrock, V.N., 2009: Schlussbericht zum Forschungsauftrag 00 HS 011. Kontrolle von aus der Produktionskette Schweinefleisch hervorgehenden Zoonosen (ZI PP II – Zoonoses in Pork Production) Az. 514-33.24/06HS011. <http://download.ble.de/06HS011.pdf>
- 85 Borch, E., Nesbakken, T., Christensen, H., 1996: Hazard identification in swine slaughter with respect to foodborne bacteria. *Int J Food Microbiol* 30, 9–25
- 86 Pearce, R. A., Wallace, F. M., Call, J. E., Dudley, R. L., Oser, A., Yoder, L., Sheridan, J. J., Luchansky, J. B., 2003: Prevalence of *Campylobacter* within a swine slaughter and processing facility. *J Food Prot* 66, 1550–1556
- 87 Kasimir, S., 2005: Verlaufsuntersuchungen zum Vorkommen potentiell humanpathogener *Yersinia enterocolitica* und *Campylobacter* spp. in Schweinebeständen von der Geburt bis zur Schlachtung sowie Genotypisierung ausgewählter Isolate. Universität Leipzig, Leipzig
- 88 Wehebrink, T., Kemper, N., Grosse Beilage, E., Krieter, J., 2007. *Campylobacter* spp.: Risk factor analysis in fattening pig farms. *Arch Tierzucht* 50, 250–259
- 89 Autio, T., Säteri, T., Fredriksson-Ahomaa, M., Rahkio, M., Lundén, J., Korkeala, H., 2000: *Listeria monocytogenes* contamination pattern in pig slaughterhouses. *J Food Prot* 63 (10), 1438–1442
- 90 Lindblad, M., Lindmark, H., Thisted Lambertz, S., Lindqvist, R., 2007: Microbiological Baseline Study of Swine Carcasses at Swedish Slaughterhouses. *J Food Prot* 79 (8), 1790–1797
- 91 Esteban, J. I., Oporto, B., Aduriz, G., Juste, R. A., Hurtado, A., 2009: Faecal shedding and strain diversity of *Listeria monocytogenes* in healthy ruminants and swine in Northern Spain. *BMC Vet Res* 5, 2
- 92 Thévenot, D., Dernburg, A., Vernozy-Rozand, C., 2006: An updated review of *Listeria monocytogenes* in the pork meat industry and its products. *J Appl Microbiol* 101, 7–17
- 93 Ortiz, S., López, V., Villatoro, D., López, P., Dávila, C. J., Martínez-Suárez, J. V., 2010: A 3-Year Surveillance of the Genetic Diversity and Persistence of *Listeria monocytogenes* in an Iberian Pig Slaughterhouse and Processing Plant. *Foodborne Pathogens and Disease* 7 (10), 1177–1184
- 94 Lack, E. E., Connor, D. H., 1997: Tuberculosis. In: Connor, D. H. et al. (1997): *Pathology of infectious diseases*. Appleton & Lange, 1997, Vol. 1, 857–868
- 95 Park, H. Y., Koh, W.-J., Kwon, O. J., Lee, N. Y., Shim, Y. M. M., Park, Y. K., Bai, G. H., Mun, H.-S., Kim, B.-J., 2007: Pulmonary disease caused by *Mycobacterium xenopi*: First Case in Korea. *Yonsei Med J* 48, 871–875
- 96 Schulz, W., 1976: Die Mykobakteriose des Schweines. *Mh Vet Med* 31, 747–752
- 97 Matthias, D., 1980: Tuberkulose. in Beer, J. (1980): *Infektionskrankheiten der Haustiere*. VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 628–641
- 98 Fischer, S., 1999: Epidemiologische Untersuchungen zur Bedeutung von Mykobakterieninfektionen bei Schlachtschweinen unter besonderer Berücksichtigung des *Mycobacterium avium*-intracellulare-Komplexes. Diss. Med. Vet., Leipzig
- 99 FLI, 2011: Tiergesundheitsjahresberichte. <http://www.fli.bund.de/de/startseite/publikationen/tiergesundheitsjahresberichte.html>
- 100 Komijn, R. E., De Haas, P. E. W., Schneider, M. M. E., Eger, T., Nieuwenhuijs, J. H. M., Van den Hoek, R. J., Bakker, D., Van Zijd Erveld, F. G., Van Soelingen, D., 1999: Preva-

- lence of *Mycobacterium avium* in slaughter pigs in the Netherlands and comparison of IS1245 restriction fragment length polymorphism patterns of porcine and human isolates. J Clin Microbiol 37, 1254–1259
- 101 Offermann, U., Bodmer, T., Audige, L., Jemmi, T., 1999: Verbreitung von Salmonellen, Yersinien und Mykobakterien bei Schlachtschweinen in der Schweiz. Schweiz Arch. Tierheilkd 141, 509–515
- 102 Hartung, M., 2009: Erreger von Zoonosen in Deutschland im Jahre 2007. Bundesinstitut für Risikobewertung, Wissenschaft, 05/2009
- 103 Sirimalaisuwan, A., 2004: Molekularbiologische Untersuchungen über *Mycobacterium avium*-intracelluläre Komplex (MAIC) isoliert aus Schlachtschweinen und Wildtieren in Deutschland. Diss. Vet. Med., FU Berlin
- 104 Ramasoota, P., Chansiripornchai, N., Källenius, G., Hoffner, S. E., Svensson, S. B., 2001: Comparison of *Mycobacterium avium* complex (MAC) strains from pigs and humans in Sweden by random amplified polymorphic DNA (RAPD) using standardized reagents. Vet Microbiol 78, 252–259
- 105 Möbius, P., Lentzsch, P., Moser, I., Naumann, L., Martin, G., Köhler, H., 2006: Comparative macrorestriction and RFLP analysis of *Mycobacterium avium* subsp. *avium* and *Mycobacterium avium* subsp. *hominissuis* isolates from man, pig and cattle. Vet Microbiol 117, 284–291
- 106 Tirkkonen, T., Pakarinen, J., Moisander, A. M., Mäkinen, J., Soini, H., Ali-Vehmas, T., 2007: High genetic relatedness among *Mycobacterium avium* strains isolated from pigs and humans revealed by comparative IS1245 RFLP analysis. Vet Microbiol 125, 175–181
- 107 Statistisches Bundesamt, 2011: Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 4.3, <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen>
- 108 Lücker, E., Thorius-Ehrler, S., Zschöck, M., Bülte, M., 1997: Zur Frage der fleischhygienerechtlichen Beurteilung tuberkulöser Veränderungen. 38. Arbeitstagung des Arbeitsgebietes Lebensmittelhygiene der DVG vom 29.9. – 2.10. 1997 in Garmisch-Partenkirchen, Proceedings I, 502–508
- 109 Gürtler, M., Alter, T., Kasimir, S., Linnebur, M., Fehlhaber, K., 2005. Prevalence of *Yersinia enterocolitica* in fattening pigs. Journal of Food Prot 68, 850–854
- 110 Fredriksson-Ahomaa, M., Stolle, A., Stephan, R., 2007: Prevalence of pathogenic *Yersinia enterocolitica* in pigs slaughtered at a Swiss abattoir. Internat J Food Microbiol 119, 207–212
- 111 Doyle, M. P., Hugdahl, M. B., Taylor, S. L., 1981: Isolation of virulent *Yersinia enterocolitica* from porcine tongues. Appl Environ Microbiol 42, 661–666
- 112 De Boer, E., Nouws, J. F. M., 1991: Slaughter pigs and pork as a source of human pathogenic *Yersinia enterocolitica*. J Food Microbiol 12, 375–378
- 113 De Boer, E., 1995: Isolation of *Yersinia enterocolitica* from foods. Contrib Microbiol Immunol 13, 71–73
- 114 Fredriksson-Ahomaa, M., Autio, T., Korkeala, H., 1999: Efficient subtyping of *Yersinia enterocolitica* bioserotype 4/O:3 with pulse-field gel electrophoresis. Lett Appl Microbiol 29, 308–312

- 
- 115 Fredriksson-Ahomaa, M., Bucher, M., Hank, C., Stolle, A., Korkeala, H., 2001: High prevalence of *Yersinia enterocolitica* 4:O3 on pig offal in Southern Germany: a slaughtering technique problem. *System Appl Microbiol* 24, 457–463
- 116 ECDC, 2009: Joint scientific report of ECDC, EFSA and EMEA on meticillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in livestock, companion animals and food. EFSA-Q-2009-00612
- 117 BfR, 2009: Menschen können sich über den Kontakt mit Nutztieren mit Methicillin-resistenten *Staphylococcus aureus* (MRSA) infizieren. Stellungnahme Nr. 014/2009 des BfR vom 15. März 2009
- 118 Bülte, M., 2004: Prevalence of enterohaemorrhagic *E. coli* (EHEC) in domestic animals [Vorkommen von enterohämorrhagischen *E. coli*-Stämmen (EHEC) bei Nutztieren] *Deutsche Tierärztl Wschrift* 111 (8), 314–317
- 119 Wichmann, O., Schimanski, S., Koch, J., Kohler, M., Rothe, C., Plentz, A., 2008: Phylogenetic and case control study on hepatitis E virus infection in Germany. *J Infect Dis* 198 (12), 1732–1741
- 120 RKI, 2011: SurfStat. [http://www.rki.de/clin\\_151/nn\\_196322/DE/Content/Infekt/Surv-Stat/survstat\\_\\_node.html?\\_\\_nnn=true](http://www.rki.de/clin_151/nn_196322/DE/Content/Infekt/Surv-Stat/survstat__node.html?__nnn=true)
- 121 Nejsum, P., Parker Jr., E. D., Frydenberg, J., Roepstorff, A., Boes, J., Haque, R., Astrup, I., Prag, J., Skov Sørensen, U. B., 2005: Ascariasis is a zoonosis in Denmark. *J Clin Microbiol* 43 (3), 1142–1148
- 122 EFSA, 2009: Development of harmonised schemes for the monitoring and reporting of Echinococcus in animals and foodstuffs in the European Union. EFSA-Q-2009-01071
- 123 Damriyasa, I. M., Bauer, C., Edelhofer, R., Failing, K., Lind, P., Petersen, E., Schares, G., Tenter, A. M., Volmer, R., Zahner, H., 2004: Cross-sectional survey in pig breeding farms in Hessen, Germany: seroprevalence and risk factors of infections with *Toxoplasma gondii*, *Sarcocystis* spp. and *Neospora caninum* in sows. *Vet Parasitol* 126, 271–286
- 124 Tenter, A. M., Fehlhaber, K., 2002: Toxoplasmose: Eine lebensmittelübertragene Parasitose. *Bundesgesundheitsbl* 45, 549–555
- 125 BfR, 2010: Toxoplasmose: unterschätzte Gefahr. BfR-Merkblatt zum Schutz vor Infektionen 02/2010, vom 15.01.2010. <http://www.bfr.bund.de/cd/32526>
- 126 EFSA, 2010: Scientific Opinion on a Quantitative Microbiological Risk Assessment of Salmonella in slaughter and breeder pigs. EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ). European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy. *EFSA Journal* 8 (4), 1547
- 127 Kosinc, A., Schneider, K., Bauerfeind R., Stöpple H., 2009: Verbreitung von Salmonellen und *Campylobacter* in baden-württembergischen Schweinebeständen Staatliches Tierärztliches Untersuchungsamt Aulendorf – Diagnostikzentrum, Postfach 1127, 88321 Aulendorf. Email: [poststelle@stuaau.bwl.de](mailto:poststelle@stuaau.bwl.de); [http://www.bundestieraerztekammer.de/datei.htm?filename=schweine-salmonellen-verordnung\\_anlage.pdf&themen\\_id=5208](http://www.bundestieraerztekammer.de/datei.htm?filename=schweine-salmonellen-verordnung_anlage.pdf&themen_id=5208)
- 128 Kosinc, A., 2010: Vorkommen von *Salmonella* spp. und *Campylobacter* spp. in Schweinemastbeständen in Baden-Württemberg. *Vet. Med. Diss. Justus Liebig Universität, Gießen*

- 
- 129 Schliesser, T., 1970: Epidemiologie der Tuberkulose der Tiere. In: Meissner, G. et al. (Hrsg.) Mykobakterien und Mykobakterielle Infektionen, Bd. 4 Teil VII. VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 65-180
- 130 Schulz, W., 1976: Die Mykobakteriose des Schweines. Mh. Vet. Med. 31, 747-752
- 131 Daborick, C.M., Salman, M.D., Ellis, R.P., Triantis, J., 1996: Evaluation of a five-antigen-ELISA for diagnosis of tuberculosis in cattle and cervidae. JAVMA. 209, 962-966
- 132 Rüscher-Gerdes, S., 1997: Diagnostik der Tuberkulose. Urologe (B), 37, 554-556
- 133 Ljaschenko, K.P., Pollock, J.M., Colangeli, R., Gennaro, M. L., 1998: Diversity of antigen recognition by serum antibodies in experimental bovine tuberculosis. Infect. Immunity, 66, 5344-5349
- 134 Ljaschenko, K.P., Colangeli, R., Houde, M.; Al Jadali, H., Menzies, D., Gennaro, M.L. 1998: Heterogeneous antibody response in tuberculosis. Infect. Immun. 66, 3936-3940
- 135 Fischer, S., 1999: Epidemiologische Untersuchungen zur Bedeutung von Mykobakterieninfektionen bei Schlachtschweinen unter besonderer Berücksichtigung des Mycobacterium avium-intracellulare-Komplexes. Diss. Med. Vet., Leipzig, 1999
- 136 Stratmann-Selke, J., 2008: Ein Blick in die Zukunft, Entwicklung neuer Testverfahren zum Nachweis von Salmonellen und *Campylobacter*. [http://www.ivd-gmbh.de/Salmonellen\\_und\\_Campylobacter\\_JS.pdf](http://www.ivd-gmbh.de/Salmonellen_und_Campylobacter_JS.pdf)
- 137 Strauch, E., 2011: persönl. Mitteilung
- 138 EFSA, 2009: Scientific Report submitted to EFSA. Development of harmonised schemes for the monitoring and reporting of Echinococcus in animals and foodstuffs in the European Union. Question No EFSA-Q-2009-01071. Accepted for publication on 10 December 2009