

Aus dem Institut für Lebensmittelsicherheit und -hygiene

des Fachbereichs Veterinärmedizin

der Freien Universität Berlin

**Lebensmittelketteninformationen und  
harmonisierte epidemiologische Indikatoren**

Status quo und Optimierungspotentiale am Beispiel von Schlachtschweinen in  
Europa sowie ein europaweiter Vergleich der Erfassung und Dokumentation von  
Lebensmittelketteninformationen bei Schweinen, Rindern und Masthähnchen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades einer

Doktorin der Veterinärmedizin

an der

Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Ting-Ting Li

Tierärztin

aus Berlin

Berlin 2024

Journal-Nr.: 4464

Gedruckt mit Genehmigung

des Fachbereichs Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Uwe Rösler  
Erste Gutachterin: Univ.-Prof. Dr. Diana Meemken  
Zweite/r Gutachter/in: PD Dr. Roswitha Merle  
Dritte/r Gutachter/in: Univ.-Prof. Dr. Isabelle Ruhnke

Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus): pigs, salmonella, meat hygiene, microbial contamination, foodborne diseases, food chains, meat inspection, risk analysis, monitoring, food safety

Tag der Promotion: 24.05.2024

M.



## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	V
Abkürzungsverzeichnis .....	VI
1. Einleitung .....	1
2. Literatur.....	3
2.1. Von traditionell zu risikobasiert: Paradigmenwechsel in der Schlachttier- und Fleischuntersuchung.....	3
2.1.1. Lebensmittelketteninformationen.....	5
2.2. Die Weiterentwicklung der risikobasierten Ansätze in der Schlachttier- und Fleischuntersuchung.....	7
2.2.1. Harmonisierte epidemiologische Indikatoren.....	8
3. Publikationen.....	13
3.1. Implementation of harmonised epidemiological indicators (HEIs) for pigs – A Europe-wide online survey .....	13
3.1.1. Supplementary data .....	29
3.1. Food chain information for broilers, pigs and bovines in Europe: Comparison of report forms and definitions of the relevant period for reporting treatments with veterinary medicinal products with withdrawal periods.....	45
3.2. Food chain information for pigs in Europe: a study on the status quo, the applicability and suggestions for improvements .....	55
4. Diskussion.....	67
4.1. Die Anwendung von harmonisierten epidemiologischen Indikatoren zur Risikokategorisierung von Herkunfts- und Schlachtbetrieben .....	67
4.2. Der Informationsgehalt von Lebensmittelketteninformationen und ihre Bedeutung für risikobasierte Fleischsicherheitssysteme .....	69
4.2.1. Identifizierung aussagekräftiger und spezifischer Informationen.....	71
4.3. Die Förderung von Vertrauen und Zusammenarbeit für die erfolgreiche Umsetzung risikobasierter Fleischsicherheitssysteme .....	73

4.4. Stärken und Schwächen der Studien .....	74
5. Zusammenfassung.....	77
6. Summary.....	79
7. Literaturverzeichnis .....	81
Publikationsverzeichnis .....	VII
Danksagung .....	X
Finanzierungsquellen .....	XI
Interessenkonflikte .....	XII
Selbständigkeitserklärung .....	XIII

## Abbildungsverzeichnis

### Literatur

Abb. 1. Vorgeschlagene HEIs für Salmonellen in Schweinen, modifiziert nach Li et al. (2023), basierend auf EFSA (2011b).....	9
Abb. 2. Vorgeschlagene HEIs für <i>Yersinia enterocolitica</i> in Schweinen, modifiziert nach Li et al. (2023), basierend auf EFSA (2011b).....	10
Abb. 3. Vorgeschlagene HEIs für <i>Toxoplasma gondii</i> in Schweinen, modifiziert nach Li et al. (2023), basierend auf EFSA (2011b). ....	10
Abb. 4. Vorgeschlagene HEIs für Trichinen in Schweinen, modifiziert nach Li et al. (2023), basierend auf EFSA (2011b).....	10
Abb. 5. Vorgeschlagener HEI für <i>Cysticercus cellulosae</i> in Schweinen, modifiziert nach Li et al. (2023), basierend auf EFSA (2011b).....	10
Abb. 6. Vorgeschlagener HEI für Mykobakterien in Schweinen, basierend auf EFSA (2011b). ....	10

### Publikation I

Fig. 1. Proposed HEIs for <i>Salmonella</i> in pigs according to EFSA (2011). ....	15
Fig. 2. Proposed HEIs for <i>Yersinia enterocolitica</i> in pigs according to EFSA (2011).....	16
Fig. 3. Proposed HEIs for <i>Toxoplasma gondii</i> in pigs according to EFSA (2011).....	16
Fig. 4. Proposed HEIs for <i>Trichinella</i> in pigs according to EFSA (2011).....	16
Fig. 5. Proposed HEI for <i>Cysticercus cellulosae</i> in pigs according to EFSA (2011). ....	16
Fig. 6. Consequent measures to MoSSs for <i>Salmonella</i> (n = 45; multiple answers possible). ....	20
Fig. 7. Consequent measures to MoSSs for <i>Yersinia enterocolitica</i> (n = 5; multiple answers possible).....	21
Fig. 8. Consequent measures to MoSSs for <i>Trichinella</i> (n = 46; multiple answers possible).23	
Fig. 9. Consequent measures to MoSSs for <i>Cysticercus cellulosae</i> (n = 16; multiple answers possible). ....	24

**Publikation III**

Fig. 1. Distribution of access to data received via FCI among all respondents (n = 93) and by respondents' role (official veterinarians (OVs), n = 56; food business operators (FBOs), n = 28; other respondents (Other), n = 9) and abattoir size (Small (< 1000 pigs slaughtered per week), n = 41; Medium (1000 to 10,000 pigs slaughtered per week), n = 23; Medium-large (10,001 to 100,000 pigs slaughtered per week), n = 27; Large (> 100,000 pigs slaughtered per week), n = 2). ..... 59

Fig. 2. Proposed time frame for obligatory documentation of the relevant period before slaughter for veterinary medicinal products with a withdrawal period (n = 93)..... 61

Fig. 3. Consequent measures at abattoir-level in response to specific information transmitted via FCI (n = 93, multiple answers possible), ranked by their impact on the slaughter process, ranging from dark red (high impact in terms of time and effort) to green (low impact in terms of time and effort). ..... 63



## Tabellenverzeichnis

### Publikation I

Table 1 Overview of the respondents' backgrounds monitoring for <i>Salmonella</i> , the MoSSs in place, the diagnostic tests, including diagnostic methods and sample materials, and the implemented HEIs.....	18
Table 2 Overview of the respondents' backgrounds monitoring for <i>Yersinia enterocolitica</i> , the MoSSs in place, the diagnostic tests, including diagnostic methods and sample materials, and the implemented HEIs.....	20
Table 3 Overview of the respondents' backgrounds monitoring for <i>Trichinella</i> , the MoSSs in place, the diagnostic tests, including diagnostic methods and sample materials, and the implemented HEIs.....	22
Table 4 Overview of the respondents' backgrounds monitoring for <i>Cysticercus cellulosae</i> , the MoSSs in place, the diagnostic tests, including diagnostic methods and sample materials, and the implemented HEIs.....	24

### Publikation II

Table 1 Relevant periods for veterinary medicinal products or other treatments administered to broilers, pigs or bovines before slaughter with a withdrawal period greater than 0 days in Europe.....	48
Table 2 Overview of the countries and species for which individual FCI forms exist in Europe.....	49

### Publikation III

Table 1 Distribution of respondents' professional roles, country status and abattoir sizes (n = 93).....	58
Table 2 Summary of significant results (chi-square test; n = 93; degrees of freedom = 1) for dichotomous variables A and B.....	60

## Abkürzungsverzeichnis

aTÄs	amtliche Tierärzt*innen
EFSA	European Food Safety Authority (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit)
EU	Europäische Union
HEI / HEIs	harmonisierter epidemiologischer Indikator / harmonisierte epidemiologische Indikatoren
LMKI	Lebensmittelketteninformationen
LMUs	Lebensmittelunternehmer*innen
PHK / PHKs	Prozesshygienekriterium / Prozesshygienekriterien
RB-MSAS	Risk-Based Meat Safety Assurance Systems (risikobasierte Fleischsicherheitssysteme)
SFU / SFUs	Schlacht tier- und Fleischuntersuchung / Schlacht tier- und Fleischuntersuchungen

## 1. Einleitung

Die amtliche Schlachtier- und Fleischuntersuchung (SFU) ist ein wichtiger Bestandteil der umfassenden Kontrollstrategien, die auf Schlachtbetriebsebene zur Gewährleistung der Fleischsicherheit eingesetzt werden. Die SFU umfasst i) die Prüfung der Lebensmittelketteninformationen (LMKI), ii) die Lebetier- oder Schlachtieruntersuchung und iii) die Schlachtierkörper- oder Fleischuntersuchung. Ein Element ist die Identifizierung von biologischen Gefahren, die klinische Symptome bei Schlachtieren oder Läsionen am Schlachtierkörper verursachen. Diese Kontrollstrategie hat im 20. Jahrhundert wesentlich zum Schutz vor apparenten Zoonosen beigetragen. Heutzutage wird sie in Fachkreisen dennoch nicht mehr als die optimale Vorgehensweise angesehen. Die traditionelle SFU ist geeignet, bestimmte Gefahren zu erkennen, die mit eindeutigen Veränderungen am Schlachtierkörper einhergehen, wie zum Beispiel bei einer Mykobakterieninfektion. Bei anderen Gefahren wie Salmonellen oder Yersinien ist die traditionelle SFU jedoch weniger effektiv, da diese keine oder nur unspezifische Symptome bei Schlachtieren und keine eindeutigen, makroskopisch erkennbaren Läsionen am Schlachtierkörper hervorrufen. Darüber hinaus besteht im Rahmen der traditionellen Fleischuntersuchung durch die obligatorisch bei jedem Tier anzuwendende Palpation und Inzision bestimmter Organe während des Untersuchungsgangs das Risiko einer Kreuzkontamination. Aufgrund der Mängel traditioneller SFU-Verfahren bedurfte es einer Modernisierung der Sicherheitssysteme für Fleisch. Bereits 2002 wurde in der Verordnung (EG) Nr. 178/2002 festgelegt, dass Maßnahmen im Lebensmittelbereich auf Risikoanalysen basieren müssen. Im Jahr 2010 beauftragte die Europäische Kommission die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) mit der Überarbeitung der bestehenden SFU-Verfahren und der Entwicklung neuer, risikobasierter Fleischsicherheitssysteme. Diese Entwicklung stand im Kontext der Modernisierung des Rechtsrahmens für Lebensmittelhygiene der Europäischen Union (EU), die im Januar 2006 in Kraft trat und die Hauptverantwortung für die Lebensmittelsicherheit auf die Lebensmittelunternehmer\*innen (LMUs) verlagerte. Im November 2009 forderten die EU-Mitgliedstaaten neue Vorschriften zur Modernisierung der SFU, was schließlich zur Entwicklung eines risikobasierten Ansatzes durch die Europäische Kommission führte. Eine zentrale Rolle spielten dabei die wissenschaftlichen Gutachten der EFSA. Das Hauptmerkmal dieser risikobasierten Fleischsicherheitssysteme, welche international als *risk-based meat safety assurance systems* (RB-MSAS) bezeichnet werden, ist die enge Verzahnung der verschiedenen Stufen der Lebensmittelkette mit der amtlichen Überwachung. Durch die longitudinale Integration und den Informationsaustausch entlang der Lebensmittelkette lassen sich gemeinsame Ziele in den Bereichen Tierschutz, Tierwohl,

Tiergesundheit sowie Lebensmittelsicherheit erreichen. Die erste Studie dieser Dissertation beleuchtet die Implementierung und Nutzung von zwei wichtigen Säulen der RB-MSAS: LMKI und harmonisierte epidemiologische Indikatoren (HEIs). Ziel der Studie war es, den aktuellen Stand der Anwendung von LMKI und HEIs bei Schlachtschweinen in europäischen Ländern zehn Jahre nach Veröffentlichung der Empfehlungen der EFSA zur Anpassung der SFU zu erfassen und Herausforderungen sowie Verbesserungspotentiale zu identifizieren (Publikationen 1 und 3). Darüber hinaus wurde eine zweite Studie zum europaweiten Vergleich der LMKI-Erfassung und -Dokumentation sowie der nationalen Regularien zum sicherheitserheblichen Zeitraum vor der Schlachtung für Dokumentationspflichten von Tierarzneimitteln mit Wartezeiten bei den drei häufigsten Schlachttieren Schwein, Rind und Masthähnchen durchgeführt (Publikation 2). Im Zentrum der beiden Studien standen dabei folgende Fragen: i) Welche spezifischen Daten werden durch LMKI und HEIs erhoben? ii) Welche Vorschläge und Wünsche gibt es zur Verbesserung der Daten und ihrer Nutzung? iii) Wie werden die LMKI erfasst und übermittelt? Gibt es speziesspezifische oder speziessübergreifende Dokumente? iv) Wie ist der sicherheitserhebliche Zeitraum national definiert? Die Ergebnisse der Studien bieten wertvolle Erkenntnisse zum aktuellen Stand der Implementierung von LMKI und HEIs bei Schlachtschweinen in Europa. Sie ermöglichen die Identifizierung sowohl bewährter Praktiken als auch von Herausforderungen und Schwachstellen. Auf Grundlage dieser umfassenden Datenbasis lassen sich Empfehlungen zur Weiterentwicklung und Nutzung von LMKI und HEIs ableiten. Dadurch könnten der Informationsgehalt von LMKI und HEIs, die Bereitschaft zur konsequenten Datenerfassung und letztendlich die Effektivität der RB-MSAS in Europa gesteigert werden.

## 2. Literatur

### 2.1. Von traditionell zu risikobasiert: Paradigmenwechsel in der Schlachttier- und Fleischuntersuchung

Die SFU ist eines der am weitesten verbreiteten und längsten bestehenden Systeme im Bereich der amtlichen Lebensmittelüberwachung (Stärk et al. 2014). Sie dient der Überprüfung von Schlachttieren hinsichtlich der Einhaltung von Gesundheitsanforderungen und des Wohlbefindens der Tiere (Europäische Kommission 2019). Zu den Hauptzielen der SFU gehören gemäß Durchführungsverordnung (EU) 2019/627 und Verordnung (EU) 2017/625 i) die Überprüfung der Einhaltung von Tierwohlstandards, ii) die Beurteilung des Gesundheitszustandes der Tiere, iii) die Identifizierung von Tieren, die nicht für den menschlichen Verzehr geeignet sind und iv) die Entfernung untauglicher Schlachttierkörper sowie deren tierische Nebenprodukte aus der Lebensmittelkette (Europäische Kommission 2019; Europäisches Parlament und Rat der EU 2017). Ursprünglich wurde die traditionelle Fleischuntersuchung mit den Methoden der Adspektion, Palpation und Inzision für alle Schlachttiere obligatorisch eingeführt, um apparente Zoonosen wie Tuberkulose, Trichinellose und Zystizerkose zu identifizieren (Hill et al. 2013; Edwards et al. 1997). Die makroskopisch erkennbaren pathologischen Veränderungen bei infizierten Tieren ermöglichten es den Untersuchenden, die Gefahren mithilfe von Palpation und Inzision zu erkennen (Ostertag 1899). Die Eradikation dieser klassischen Zoonosen mithilfe traditioneller Untersuchungsverfahren führte zu Verbesserungen in der Gesundheit von Tieren und Menschen und infolgedessen traten relevante Läsionen bei der Fleischuntersuchung deutlich seltener auf (Grossklaus 1987). Die Intensivierung der Tierhaltung in den zurückliegenden Jahrzehnten mit höheren Besatzdichten und kürzeren Produktionszyklen hat zu neuen Gefahren für die öffentliche Gesundheit durch Fleisch in Industrieländern geführt (Blagojevic et al. 2021; Edwards et al. 1997). Als die neuen Gefahren wurden zum einen Zoonoseerreger, die subklinische Infektionen ohne erkennbare klinische Symptome beim lebenden Tier hervorrufen und zum anderen chemische Rückstände wie zum Beispiel von Antibiotika, Pestiziden und anderen Chemikalien identifiziert (EFSA 2011a). Diese Gefahren sind makroskopisch unsichtbar, da sie keine pathologisch-anatomische Läsionen in Organen oder Geweben der Schlachttierkörper verursachen und sind somit durch die traditionelle Fleischuntersuchung nicht nachweisbar (EFSA 2011a). Die neuen lebensmittelassoziierten Gefahren stellten ein Risiko für die öffentliche Gesundheit dar und es waren neue Ansätze in der Lebensmittelüberwachung und -kontrolle zu ihrer Erkennung und Bekämpfung erforderlich. Im Januar 2000 wurde eine legislative Neuausrichtung des europäischen

Rechtsrahmens für Lebensmittelhygiene angestoßen. Herzstück war die Etablierung eines Systems zur Gewährleistung der Lebensmittelsicherheit entlang der gesamten Lebensmittelkette – von der Erzeugung bis zum Verbrauch. Die Umsetzung erfolgte durch den Erlass der sogenannten Basisverordnung, der Verordnung (EG) Nr. 178/2002 (Europäisches Parlament und Rat der EU 2002). Als zentrale Punkte beinhaltete die Basisverordnung die Definition von Anforderungen an die Lebensmittelsicherheit sowie die klare Zuweisung der Verantwortung für die Lebensmittelsicherheit an die LMUs. Zusätzlich wurde die EFSA als Einrichtung mit der maßgeblichen Aufgabe der wissenschaftlichen Risikobewertung etabliert, um künftige Entscheidungen im Bereich der Lebensmittelsicherheit auf den wissenschaftlichen Erkenntnissen der Risikoanalyse zu fundieren (Europäisches Parlament und Rat der EU 2002). Im Jahr 2004 verabschiedeten das Europäische Parlament und der Rat der EU das sogenannte EU-Hygienepaket, welches vier Verordnungen umfasst: Verordnung (EG) Nr. 852/2004, Verordnung (EG) Nr. 853/2004, Verordnung (EG) Nr. 854/2004 und Verordnung (EG) Nr. 882/2004 (Europäisches Parlament und Rat der EU 2004a; Europäisches Parlament und Rat der EU 2004b; Europäisches Parlament und Rat der EU 2004c; Europäisches Parlament und Rat der EU 2004d). Diese Verordnungen legten gemeinsame Hygienevorschriften für Lebensmittel fest, die seit 2006 in der gesamten EU verbindlich sind; die Verordnungen (EG) Nr. 854/2004 und (EG) Nr. 882/2004 wurden zwischenzeitlich durch neuere Verordnungen ersetzt. Ziel des EU-Hygienepakets war die Verbesserung der Lebensmittelsicherheit durch die Einführung der risikobasierten SFU, die Anwendung der Prinzipien der Guten Hygiene Praxis und der Hazard Analysis and Critical Control Points sowie die Regelung der Aufgaben und Organisation amtlicher Kontrollen. Im Rahmen der Guten Hygiene Praxis und der Hazard Analysis and Critical Control Points wurden Lebensmittelbetriebe dazu verpflichtet, sowohl allgemeine Hygienevorschriften einzuhalten, um Lebensmittel vor Verunreinigungen und Kontaminationen zu schützen, als auch kritische Prozesspunkte in ihren Produktionsprozessen zu identifizieren und Maßnahmen zur Kontrolle dieser Punkte festzulegen (Europäisches Parlament und Rat der EU 2004a). Die zuständigen Behörden führen seither amtliche Kontrollen in Lebensmittelbetrieben durch, um die Einhaltung der Hygienevorschriften zu überprüfen (Europäisches Parlament und Rat der EU 2004c; Europäisches Parlament und Rat der EU 2004d). Die enge Verzahnung aller Produktionsstufen legte den Grundstein für einen Informationsaustausch entlang der Lebensmittelkette. Dieser Informationsaustausch ermöglichte es, gemeinsame Ziele in den Bereichen Tierschutz, Tierwohl, Tiergesundheit sowie Lebensmittelsicherheit zu erreichen. Mit der 2004 eingeführten risikobasierten SFU wurde die Möglichkeit geschaffen, unter bestimmten Kriterien und nach einer fundierten Risikobewertung von der traditionellen Fleischuntersuchung abzuweichen (Europäisches Parlament und Rat der EU 2004c). Die

Risikobewertung musste aufzeigen, dass die Änderungen in der Fleischuntersuchung die Lebensmittelsicherheit, die Tiergesundheit und das Tierwohl nicht gefährden würden. So war es möglich, Mastschweine, die seit dem Absetzen unter kontrollierten Haltungsbedingungen gehalten wurden, ausschließlich einer visuellen Fleischuntersuchung, ohne die obligatorische Palpation und Inzision am Herzen und an den Lymphknoten, zu unterziehen (Europäisches Parlament und Rat der EU 2004c). Neben der rein visuellen Fleischuntersuchung wurden weitere alternative Untersuchungsverfahren, unter anderem serologische Untersuchungen, zugelassen, wenn sie einen Schutz bieten konnten, der mindestens dem der traditionellen Verfahren entsprach (Europäisches Parlament und Rat der EU 2004c). Dieser Schritt basierte auf der Erkenntnis, dass die vorherigen Methoden der Fleischuntersuchung durch Palpation und Inzision das Risiko von Kreuzkontaminationen erhöhen könnten und die häufigsten Zoonoseerreger in asymptomatischen oder subklinisch infizierten Tieren sowie chemische Kontaminanten mithilfe dieser Inspektionstechniken nicht nachgewiesen werden konnten (Mousing et al. 1997). In den Jahren nach Verabschiedung des EU-Hygienepakets wurden auf Grundlage des Paketes eine Vielzahl von Verordnungen erlassen, darunter auch die Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 über mikrobiologische Kriterien für Lebensmittel (Europäische Kommission 2005). Diese Verordnung schreibt LMUs vor, eine Teststrategie (Selbstüberwachung) zu implementieren, um die strikte Einhaltung von definierten mikrobiologischen Kriterien sicherzustellen. Die Kriterien beziehen sich einerseits auf das Endprodukt und stärken so die Sicherheit der Verbraucher\*innen. Andererseits sind auch sogenannte Prozesshygienekriterien (PHKs) festgelegt. Diese dienen der Überwachung der akzeptablen Funktionsweise des Produktionsprozesses. Bei Nichteinhaltung der vorgeschriebenen Grenzwerte müssen Kontrollmaßnahmen ergriffen werden (Europäische Kommission 2005).

### **2.1.1. Lebensmittelketteninformationen**

Die Vorschriften zu den LMKI sind Bestandteil der Verordnung (EG) Nr. 853/2004 (Europäisches Parlament und Rat der EU 2004b). Lebensmittelketteninformationen werden entlang der Lebensmittelkette für Schlachttiere erhoben und in einem bidirektionalen Informationsfluss zwischen Herkunfts- und Schlachtbetrieb ausgetauscht. Im Rahmen der risikobasierten SFU können LMKI die Intensität und das Verfahren der SFUs für eintreffende Herden oder individuelle Tiere bestimmen. Der Austausch von LMKI ermöglicht nicht nur die Risikokategorisierung von Herkunfts- und Schlachtbetrieben, sondern auch Optimierungen im Herkunftsbetrieb durch Rückmeldungen der Ergebnisse aus der SFU im Rahmen des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses. Anhang II, Abschnitt III der Verordnung (EG) Nr. 853/2004 definiert die zu erhebenden Daten der LMKI, darunter:

- a) Status des Herkunftsbetriebs oder der Region in Bezug auf die Tiergesundheit;
- b) Gesundheitszustand der Tiere;
- c) innerhalb eines sicherheitserheblichen Zeitraums verabreichte Tierarzneimittel mit einer Wartezeit größer Null sowie sonstige Behandlungen, denen die Tiere während der Zeit unterzogen wurden, mit Angabe von Verabreichungs- und Wartezeitdaten;
- d) Auftreten von Krankheiten, die die Sicherheit des Fleisches beeinträchtigen können;
- e) Ergebnisse der Analysen von Proben, die Tieren entnommen wurden, sowie anderer zur Diagnose von Krankheiten, die die Sicherheit des Fleisches beeinträchtigen können, entnommener Proben, einschließlich Proben, die im Rahmen der Zoonosen- und Rückstandsüberwachung und -bekämpfung entnommen werden, soweit diese Ergebnisse für den Schutz der öffentlichen Gesundheit von Bedeutung sind;
- f) einschlägige Berichte über die Ergebnisse früherer Schlachtier- und Schlachtkörperuntersuchungen von Tieren aus demselben Herkunftsbetrieb, einschließlich insbesondere der Berichte des amtlichen Tierarztes;
- g) Produktionsdaten, wenn dies das Auftreten einer Krankheit anzeigen könnte;
- h) Name und Anschrift des privaten Tierarztes, den der Betreiber des Herkunftsbetriebs normalerweise hinzuzieht.

Landwirt\*innen als LMUs auf der Stufe der Primärproduktion tragen die Verantwortung für ihre Nutztiere (Rat der EU 1998) und sind für die Vollständigkeit und Richtigkeit der LMKI verantwortlich. Die Schlachtbetriebsinhaber\*innen auf Stufe der Sekundärproduktion sind dafür verantwortlich, die LMKI einzuholen, entgegenzunehmen und zu prüfen sowie diesen Informationen entsprechend zu handeln (Europäisches Parlament und Rat der EU 2004b). Anschließend müssen die LMKI oder die aufbereiteten Informationen daraus den amtlichen Tierärzt\*innen (aTÄs) zur Verfügung gestellt werden (Europäisches Parlament und Rat der EU 2004b), die auf Basis dieser Informationen die (risikobasierte) SFU durchführen. Im Rahmen dieser Dissertation wurde in einer europaweiten Umfrage die Umsetzung der LMKI als Bestandteil der Verordnung (EG) Nr. 853/2004 untersucht. Die Verordnung legt zwar die zu erhebenden Daten fest, konkretisiert diese jedoch nicht und lässt die Festlegung einer Zeitspanne für den sicherheitserheblichen Zeitraum vor der Schlachtung für Dokumentationspflichten von Tierarzneimitteln mit Wartezeiten offen. Dies kann, wie bei anderen EU-Verordnungen (Versluis 2007), zu einer heterogenen Implementierung in Europa führen. Um diesen Aspekt näher zu beleuchten, wurde die Datenlage der LMKI detailliert untersucht, wobei der Fokus dieser Dissertation auf der Tierart Schwein liegt. Zusätzlich wurden die nationalen Verfahren zur Erfassung und Dokumentation der LMKI sowie die nationalen Regularien zum sicherheitserheblichen Zeitraum von Schweinen, Rindern und Masthähnchen verglichen.



## **2.2. Die Weiterentwicklung der risikobasierten Ansätze in der Schlachttier- und Fleischuntersuchung**

Im Jahr 2010 beauftragte die Europäische Kommission die EFSA mit der Bewertung der Hauptgefahren, die durch die SFU beim Schwein identifiziert werden können. Ziel war es, die wissenschaftliche Grundlage für die Modernisierung der SFU zu schaffen und die wichtigsten biologischen und chemischen Gefahren für die öffentliche Gesundheit im Kontext der SFU zu identifizieren und zu priorisieren. Die EFSA veröffentlichte 2011 ein Gutachten, das die wichtigsten Gefahren im Schweinefleisch identifizierte (EFSA 2011a). In den folgenden Jahren folgten weitere Gutachten zu anderen fleischproduzierenden Tieren (EFSA 2013a; EFSA 2013b; EFSA 2013c; EFSA 2013d; EFSA 2012). Die EFSA bewertete auch die traditionellen SFU-Methoden und präsentierte Verbesserungsvorschläge, um die Lebensmittelsicherheit zu erhöhen, die Tiergesundheit zu verbessern und das Tierwohl zu fördern. Diese Gutachten der EFSA bildeten die Grundlage für die Modernisierung der SFU und für neue Rechtsvorschriften. Die Priorisierung der Gefahren erfolgte nach ihrem Risiko für die öffentliche Gesundheit. Biologische Gefahren wurden nach Krankheitsinzidenz, Schwere der Krankheit beim Menschen und dem Verzehr von Fleisch als Risikofaktor bewertet (EFSA 2011a). Chemische Risiken wurden nach Rückstandskontrollplänen, toxikologischem Profil und Wahrscheinlichkeit von Rückständen im Schlachttierkörper bewertet (EFSA 2011a). Die EFSA schlug im gleichen Zuge, ebenfalls beginnend für Schweine, HEIs für relevante lebensmittelbedingte biologische Gefahren vor (EFSA 2011b). Diese Indikatoren helfen bei der Kategorisierung von Herkunftsbetrieben, inklusive Tierbeständen, und Schlachtbetrieben nach potenziellen Risiken und bei der Festlegung mikrobiologischer Zielwerte für Schlachtkörper (EFSA 2011b). Die Empfehlungen der EFSA umfassten Verbesserungen der bestehenden Praktiken oder alternative SFU-Methoden. Neben der Priorisierung von Gefahren und der Bewertung des traditionellen SFU-Systems schlug die EFSA einen generischen Rahmen für neue RB-MSAS vor (Blagojevic et al. 2021; Blagojevic 2019). Dieser Rahmen vereint die amtliche SFU mit den schlachtbetriebseigenen Lebensmittelsicherheitssystemen und ermöglicht so eine effizientere Kontrolle der Lebensmittelkette. Die Umsetzung der neuen Systeme begann im Jahr 2014 mit Inkrafttreten der Verordnung (EU) Nr. 219/2014 (Europäische Kommission 2014b). Die visuelle Fleischuntersuchung wurde für alle Schweine, unabhängig von Alter, Produktionsweise und Haltungsbedingungen, als Standarduntersuchung eingeführt. Wies die Bewertung der LMKI oder die SFU auf ein Risiko hin, wurden die Tiere weiterhin der traditionellen SFU, einschließlich Palpation und Inzision relevanter Organe, unterzogen (Europäische Kommission 2014b). Eine weitere Anpassung der SFU erfolgte im Jahr 2017 durch die Verordnung (EU) 2017/625, wodurch für verschiedene Nutztierarten dynamischere und

flexiblere Optionen in Bezug auf die SFU-Verfahren ermöglicht wurden (Europäisches Parlament und Rat der EU 2017). Im Dezember 2019 traten die korrespondierenden Durchführungsbestimmungen in Kraft, wobei die Verordnung (EU) 2019/627 hervorzuheben ist, da sie einheitliche praktische Regelungen für die Durchführung amtlicher Kontrollen von Erzeugnissen tierischen Ursprungs, die für den menschlichen Verzehr bestimmt sind, vorsieht (Europäische Kommission 2019). Die Verordnung stützt sich dabei auf die EFSA-Gutachten (EFSA 2013a; EFSA 2013b; EFSA 2013c; EFSA 2013d; EFSA 2012; EFSA 2011a). Die stetige Weiterentwicklung und kontinuierliche Umsetzung der RB-MSAS in Europa ist ein komplexer und langsamer Prozess (Ferri et al. 2023; Antunović et al. 2021; Blagojevic et al. 2021). RB-MSAS bestehen aus fünf Hauptelementen: i) Risikokategorisierung von Herkunfts- und Schlachtbetrieben, ii) Analyse von LMKI, iii) risikobasierte Fleischuntersuchung auf der Grundlage der LMKI, iv) Überwachungssysteme zur Gewährleistung der Prozesshygiene von Schlachtbetrieben sowie v) koordinierende Risikomanager\*innen (Ferri et al. 2023; Blagojevic et al. 2021; Blagojevic 2019). Es handelt sich um flexible und dynamische Systeme, die alle Kontrollmaßnahmen während der Primär- und Sekundärproduktion umfassen und zu den festgelegten Zielen für gekühlte Schlachttierkörper beitragen.

### **2.2.1. Harmonisierte epidemiologische Indikatoren**

Bei einem HEI handelt es sich um die Prävalenz oder Inzidenz einer Gefahr zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Lebensmittelkette und um eine indirekte Messgröße für die Gefahren (wie zum Beispiel Bestandsaudits), die mit einem durch die Gefahr verursachten Gesundheitsrisiko für den Menschen korreliert (EFSA 2011b). Die Indikatoren dienen als Messgröße zur Risikoeinschätzung und können dazu beitragen, das Risiko von durch Lebensmittel übertragenen Gefahren im Zusammenhang mit Schlachttieren auf allen Stufen der Lebensmittelkette zu verringern, indem sie die Auswahl geeigneter Interventionen, wie zum Beispiel eine Intensivierung der SFU-Verfahren, unterstützen (EFSA 2011b). Sie ermöglichen ebenfalls die Risikokategorisierung von Tierbeständen und Herkunftsbetrieben entsprechend ihrer Risikoexposition sowie von Schlachtbetrieben im Hinblick auf ihre Fähigkeit, das Risiko zu kontrollieren und zu verringern (EFSA 2011b). Darüber hinaus können HEIs genutzt werden, um Zielwerte für gekühlte Schlachtkörper festzulegen (EFSA 2011b). Der Einsatz der HEIs soll durch nationale Risikomanager\*innen abhängig vom Zweck und der epidemiologischen Situation entschieden werden (EFSA 2011b). Die Indikatoren können sowohl individuell als auch kombiniert auf nationaler, regionaler oder Schlachtbetriebsebene eingesetzt werden (EFSA 2011b). Das Gutachten der EFSA zu durch

Lebensmittel übertragene biologische Gefahren für die öffentliche Gesundheit im Zusammenhang mit Schweinefleisch benennt die folgenden Erreger als die relevantesten:

- i) Salmonellen;
- ii) *Yersinia enterocolitica*;
- iii) *Toxoplasma gondii*;
- iv) Trichinen;
- v) *Cysticercus cellulosae* (die Larvenstufe von *Taenia solium*);
- vi) Mykobakterien.

Die qualitative Risikobewertung der biologischen Gefahren basierte auf Daten zur Prävalenz dieser Gefahren im gekühlten Schlachtkörper, zur Inzidenz und zum Schweregrad humaner Erkrankungen sowie auf dem Zusammenhang zwischen Schweinefleischkonsum und Krankheitsrisiko (EFSA 2011a). Für jeden der Erreger wird mindestens ein HEI vorgeschlagen, um die jeweiligen Risiken durch die Gefahren entlang der Lebensmittelkette bewerten zu können (EFSA 2011b). Die Überwachungsanforderungen werden durch die Spezifikationen der diagnostischen Methode und des Probenmaterials definiert (Abb. 1–6). Da die Überwachungs- und Diagnosekriterien vordefiniert sind, können HEIs vergleichbare epidemiologische Daten zu diesen Erregern aus den Mitgliedstaaten der EU liefern (EFSA 2011b).

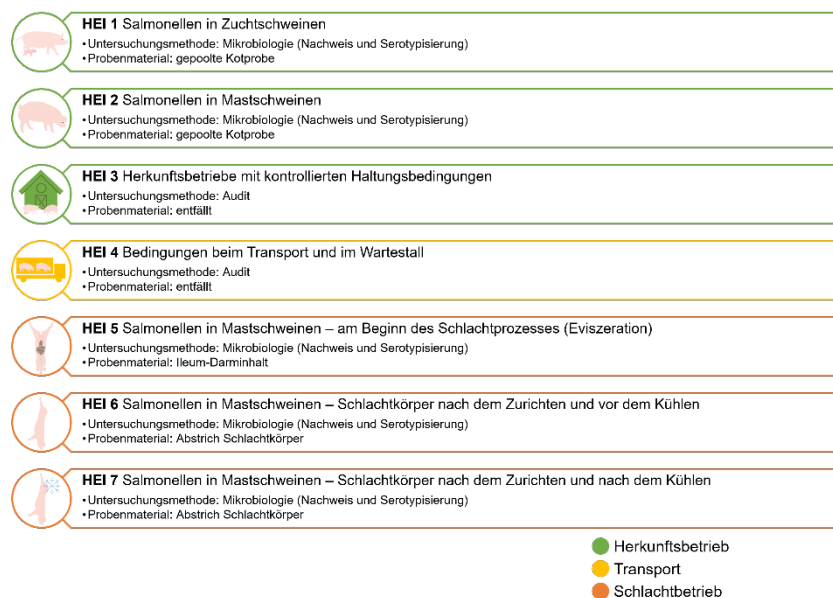


Abb. 1. Vorgeschlagene HEIs für Salmonellen in Schweinen, modifiziert nach Li et al. (2023), basierend auf EFSA (2011b).

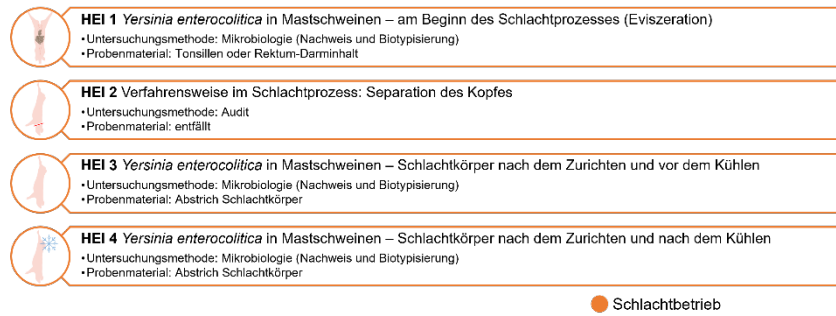


Abb. 2. Vorgeschlagene HEIs für *Yersinia enterocolitica* in Schweinen, modifiziert nach Li et al. (2023), basierend auf EFSA (2011b).

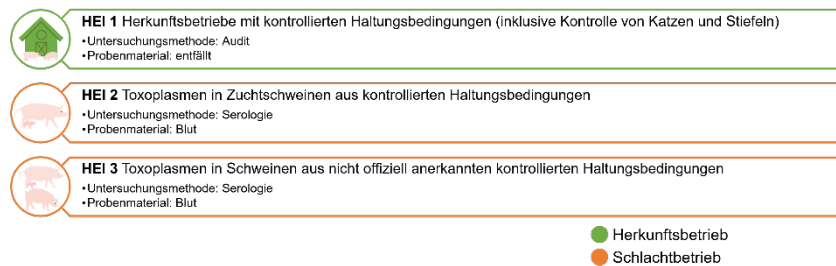


Abb. 3. Vorgeschlagene HEIs für *Toxoplasma gondii* in Schweinen, modifiziert nach Li et al. (2023), basierend auf EFSA (2011b).

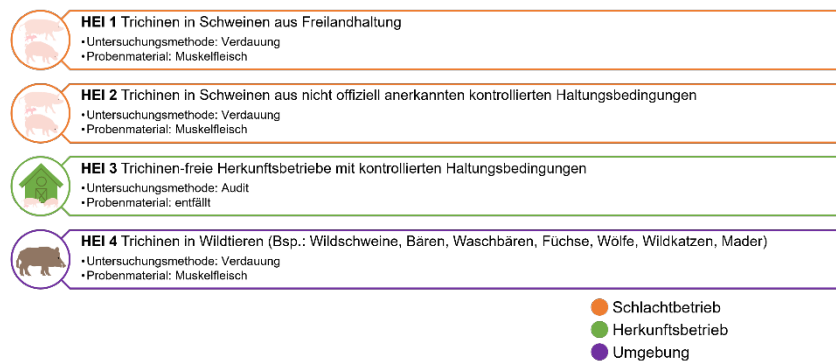


Abb. 4. Vorgeschlagene HEIs für Trichinen in Schweinen, modifiziert nach Li et al. (2023), basierend auf EFSA (2011b).



Abb. 5. Vorgeschlagener HEI für *Cysticercus cellulosae* in Schweinen, modifiziert nach Li et al. (2023), basierend auf EFSA (2011b).



Abb. 6. Vorgeschlagener HEI für Mykobakterien in Schweinen, basierend auf EFSA (2011b).

In der EU besteht keine gesetzliche Verpflichtung zur Umsetzung der HEIs, obwohl für bestimmte Erreger vergleichbare Vorgaben wie für die HEIs in verschiedenen EU-Verordnungen existieren. Gemäß der Zoonosen-Überwachungsrichtlinie 2003/99/EG sind die EU-Mitgliedstaaten verpflichtet, relevante und vergleichbare Daten zu bestimmten Zoonoseerregern, einschließlich Salmonellen und Trichinen sowie *Yersinia enterocolitica* und *Toxoplasma gondii* bei epidemiologischer Notwendigkeit, zu sammeln (Europäisches Parlament und Rat der EU 2003). Die Überwachung basiert auf den bestehenden nationalen Systemen. Die Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 schreibt LMUs vor, eine Teststrategie im Rahmen der Eigenkontrolle umzusetzen, um mikrobiologische Kriterien einzuhalten (Europäische Kommission 2005). Für Salmonellen bei Schweinen ist ein PHK für Schlachtkörper definiert, das mit dem HEI 6 für Salmonellen übereinstimmt (Abb. 1). Darüber hinaus schreibt die Durchführungsverordnung (EU) 2019/627 amtliche Kontrollen und Laboruntersuchungen für *Cysticercus cellulosae* und Trichinen vor, wobei letztere gesondert in der Durchführungsverordnung (EU) 2015/1375 geregelt sind (Europäische Kommission 2019; Europäische Kommission 2015). Für Trichinen muss, sofern keine Ausnahmeregelung gilt, eine obligatorische Untersuchung von Schweineschlachtkörpern durchgeführt werden, die mit dem HEI 1, 2 oder 4 für Trichinen übereinstimmt (Abb. 4). Für *Cysticercus cellulosae* stellt die reguläre SFU die Mindestanforderung für die Untersuchung auf Zystizerkose bei Schweinen dar, die teilweise mit dem HEI für *Cysticercus cellulosae* übereinstimmt (Abb. 5). Derzeit existieren keine EU-Verordnungen hinsichtlich einer systematischen Überwachung oder anderer Kontrollanforderungen für *Yersinia enterocolitica*, *Toxoplasma gondii* oder Mykobakterien beim Schwein. Amtliche Kontrollpläne für Schlachtschweine werden in der EU ausschließlich auf Schlachtbetriebsebene umgesetzt und betreffen Salmonellen, Trichinen und *Cysticercus cellulosae*. In einigen EU-Mitgliedstaaten, etwa in Deutschland, existieren bereits nationale Kontrollprogramme auf Herkunftsbetriebsebene für Salmonellen (Bonardi et al. 2021). Die EFSA betont, dass eine wirksame Kontrolle der Gefahren sowohl auf Herkunftsbetriebs- als auch auf Schlachtbetriebsebene durch präventive Maßnahmen und Kontrollen sichergestellt werden muss (EFSA 2011a). In jüngster Zeit mehren sich Forderungen aus der Wissenschaft, die von der EFSA vorgeschlagenen HEIs beziehungsweise die daraus gewonnenen Informationen in die LMKI zu integrieren (Ferri et al. 2023; Blagojevic et al. 2021; Bonardi et al. 2021; Nastasijević et al. 2020; Blagojevic 2019; Buncic et al. 2019). Zehn Jahre nach Veröffentlichung der Empfehlungen der EFSA ist die Umsetzung der HEIs noch nicht flächendeckend erfolgt (Bonardi et al. 2021). Hinzu kommt, dass es derzeit wenige wissenschaftliche Publikationen zu HEIs gibt. Vor diesem Hintergrund wurden in der im Rahmen dieser Dissertation verfassten Publikation 1 erstmals die aktuelle Umsetzung der HEIs für Schlachtschweine in Europa untersucht und potenzielle Forschungslücken identifiziert.



### 3. Publikationen

#### 3.1. Implementation of harmonised epidemiological indicators (HEIs) for pigs – A Europe-wide online survey

Autor\*innen: Ting-Ting Li, Susann Langforth, Nina Langkabel, Smaragda Sotiraki, Sofia Anastasiadou, Truls Nesbakken, Diana Meemken

Journal: Food Control

Impact Factor: 6 (2024)

Datum der Veröffentlichung: 27. Juni 2023

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109954>

Lizenz: [Creative Commons Attribution 4.0](#)

Anteilsklärung an der Publikation:

TTL übernahm eigenverantwortlich die Auswertung und Interpretation der Daten, einschließlich sämtlicher statistischer Analysen. Des Weiteren verfasste TTL den Erstentwurf des Manuskripts und überarbeitete ihn in Zusammenarbeit mit den Co-Autor\*innen mehrfach. Abschließend reichte TTL das finale Manuskript beim Journal ein und war für die Überarbeitungen während des Review-Prozesses sowie die Kommunikation mit den Reviewern hauptverantwortlich. TTL hat alle in der Publikation verwendeten Abbildungen und Tabellen erstellt.



Contents lists available at ScienceDirect

Food Control

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/foodcont](http://www.elsevier.com/locate/foodcont)

## Implementation of harmonised epidemiological indicators (HEIs) for pigs – A Europe-wide online survey

Ting-Ting Li<sup>a,\*</sup>, Susann Langforth<sup>a</sup>, Nina Langkabel<sup>a</sup>, Smaragda Sotiraki<sup>b</sup>, Sofia Anastasiadou<sup>b</sup>, Truls Nesbakken<sup>c</sup>, Diana Meemken<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Institute of Food Safety and Food Hygiene, School of Veterinary Medicine, Freie Universität Berlin, Königsweh 67, 14163, Berlin, Germany

<sup>b</sup> Veterinary Research Institute, Hellenic Agricultural Organization (ELGO-DIMITRA), Campus of Thessaloniki, 57001, Thessaloniki, Greece

<sup>c</sup> Department of Production Animal Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Norwegian University of Life Sciences, P.O. Box 5003, 1432 Ås, Norway

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

Risk-based meat inspection  
Food chain information  
Meat safety  
Salmonella  
Monitoring  
Foodborne disease

### ABSTRACT

In 2011, the European Food Safety Authority (EFSA) introduced harmonised epidemiological indicators (HEIs) for pigs to be utilised as part of the risk-based meat inspection within the meat safety assurance framework. However, the application of HEIs is not regulated by law. HEIs enable risk categorisation of farms regarding the main foodborne biological hazards associated with pigs and pork in Europe: *Salmonella*, *Yersinia enterocolitica*, *Toxoplasma gondii*, *Trichinella* and *Cysticercus cellulosae*. A questionnaire was developed to evaluate the current implementation of HEIs for pigs in Europe and was targeted at official veterinarians and food business operators experienced or involved in the official monitoring and surveillance at abattoirs. The study examined which of the HEIs for pigs were applied by asking for i) the corresponding private and/or official monitoring and surveillance systems (MoSSs) in place, ii) the stages at which the testing was conducted, iii) the diagnostic methods and iv) the sample materials used. In general, 88% of the respondents stated monitoring for *Salmonella*, 10% for *Yersinia enterocolitica*, 2% for *Toxoplasma gondii*, 90% for *Trichinella* and 31% for *Cysticercus cellulosae* was in place. In most cases, MoSSs for *Salmonella*, *Trichinella* and *Cysticercus cellulosae* were in place at abattoir level. Monitoring for these pathogens at abattoir level is already regulated by EU legislation. When corresponding HEIs for a regulated pathogen existed, they largely overlapped with the testing regime of the MoSSs. HEIs for the same pathogens that focus on a different stage of the food chain were mostly declared by respondents to not have been implemented; the same situation was found with HEIs for the other pig-associated hazards, *Yersinia enterocolitica* and *Toxoplasma gondii*. The results also revealed some alarming inconsistencies in the mandatory monitoring prescribed by EU regulations. Some respondents demonstrated a lack of understanding regarding diagnostic procedures, failing to correctly match diagnostic methods with the appropriate sample materials or vice versa. While HEIs provide valuable data, especially in terms of a novel risk-based meat safety assurance system, this survey showed that they are currently underutilised for pigs in Europe.

### 1. Introduction

In 2005, the principles of risk-based meat inspection were outlined in the European Union (EU) in line with Regulation (EC) No 854/2004 (European Commission, 2004), and today, visual meat inspection of pig carcasses is performed as the standard practice (Regulation (EU) 2017/625, 2019/627) (European Commission, 2017, 2019). Previously required palpations and incisions are now only performed if a specific risk is apparent from food chain information (FCI) or from results of ante- or post-mortem inspections or both (Regulation (EU) 2019/627

(European Commission, 2019). The objective of this paradigm shift was to reduce the risk of cross-contamination, which is higher when carrying out compulsory palpation and incision (EFSA Panel on Biological Hazards, 2011). In addition, the most common pig-associated zoonotic pathogens in Europe cannot be detected by these techniques, as pigs are usually asymptomatic or sub-clinically infected (Fredriksson-Ahomaa, 2014). The European Food Safety Authority (EFSA) proposed a general framework regarding the risk of biological hazards to be covered by meat inspection of pigs (EFSA Panel on Biological Hazards, 2011). At the same time, EFSA proposed “technical specifications on harmonised

\* Corresponding author.

E-mail address: [ting-ting.li@fu-berlin.de](mailto:ting-ting.li@fu-berlin.de) (T.-T. Li).

<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109954>

Received 10 April 2023; Received in revised form 17 June 2023; Accepted 24 June 2023

Available online 27 June 2023

0956-7135/© 2023 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



epidemiological indicators for public health hazards to be covered by meat inspection of swine" (EFSA, 2011) to be utilised as part of the risk-based meat inspection within the meat safety assurance framework. A harmonised epidemiological indicator (HEI) is defined by EFSA as the "prevalence or incidence of the hazard at a certain stage of the food chain or an indirect measure of the hazards (such as audits of farms) that correlates to a human health risk caused by the hazard" (EFSA, 2011). HEIs can contribute to mitigate the risk of foodborne hazards associated with pigs through supporting the choice of appropriate interventions, especially in adapting ante- and post-mortem inspections (EFSA, 2011). HEIs allow risk categorisation of farms according to their risk exposure and of abattoirs according to their ability to control and reduce the risk. Additionally, HEIs can be used to set targets for final chilled pig carcasses (EFSA, 2011). Depending on the purpose and epidemiological situation, national risk managers should decide on the most appropriate indicator(s) to be used, either individually or in combination, at national, regional, abattoir or farm level (EFSA, 2011).

### 1.1. Harmonised epidemiological indicators for hazards in pigs

The EFSA opinion on swine meat inspection identified six foodborne biological hazards to public health associated with pigs and pork: *Salmonella*, *Yersinia (Y.) enterocolitica*, *Toxoplasma (T.) gondii*, *Trichinella*, *Cysticercus (C.) cellulosae* (the larval stage of *Taenia (T.) solium*) and mycobacteria (EFSA, 2011). For each of the pathogens, at least one HEI is proposed to detect and address the respective hazard. There are specifications regarding the diagnostic method and sample material, both of which define monitoring and inspection requirements (Figs. 1–5). Since the monitoring and diagnostic criteria are predefined (harmonised), HEIs provide comparable epidemiological data on these pathogens from the EU member states (MSs). Hence, when possible, the criteria for the HEIs were based on monitoring activities already legally regulated in the EU (EFSA, 2011).

### 1.2. Relevant EU legislation and implementation of HEIs

In Europe, there is no legal obligation to implement HEIs. However, for some of them, corresponding EU regulations exist. According to the Zoonoses Directive 2003/99/EC, EU MSs are obligated to collect relevant and comparable data on the zoonotic agents listed in Annex I, Part A, including *Salmonella* and *Trichinella*, and on foodborne outbreaks caused by these hazards (European Commission, 2003). The monitoring is based on the systems that are in place in the MSs. All MSs submit annual reports to the European Commission (EC) that contain results of examinations for the abovementioned hazards. Annex I, Part B concerns pathogens, including *Y. enterocolitica* and *T. gondii*, that only have to be monitored if necessitated by the epidemiological situation (European Commission, 2003). Regulation (EC) No 2073/2005 requires food business operators (FBOs) to implement a testing strategy (self-monitoring) to ensure strict accordance of foodstuffs with the predefined microbiological criteria (European Commission, 2005b). For *Salmonella* in pigs, a process hygiene criterion (PHC) is defined for carcasses after dressing and before chilling at the abattoir and which is consistent with *Salmonella* HEI 6 (Fig. 1). The PHC indicates "the acceptable functioning of the production process" (European Commission, 2005b) which the competent authorities (CAs) verify (European Commission, 2019). In addition, Regulation (EU) 2019/627 prescribes official controls and laboratory testing for *C. cellulosae* and *Trichinella* (European Commission, 2019), the latter being specifically regulated in Regulation (EU) 2015/1375 (European Commission, 2015). For *Trichinella*, compulsory testing of pig carcasses must be conducted, which is consistent with *Trichinella* HEI 1, 2 or 4 (Fig. 4), unless a derogation applies. For *C. cellulosae*, the regular meat inspection embodies the minimum requirement for the examination for cysticercosis in pigs, which partly coincides with *C. cellulosae* HEI 1 (Fig. 5) (European Commission, 2019). At present, no EU regulations concerning systematic monitoring or other control requirements for *Y. enterocolitica* or *T. gondii* exist. Official

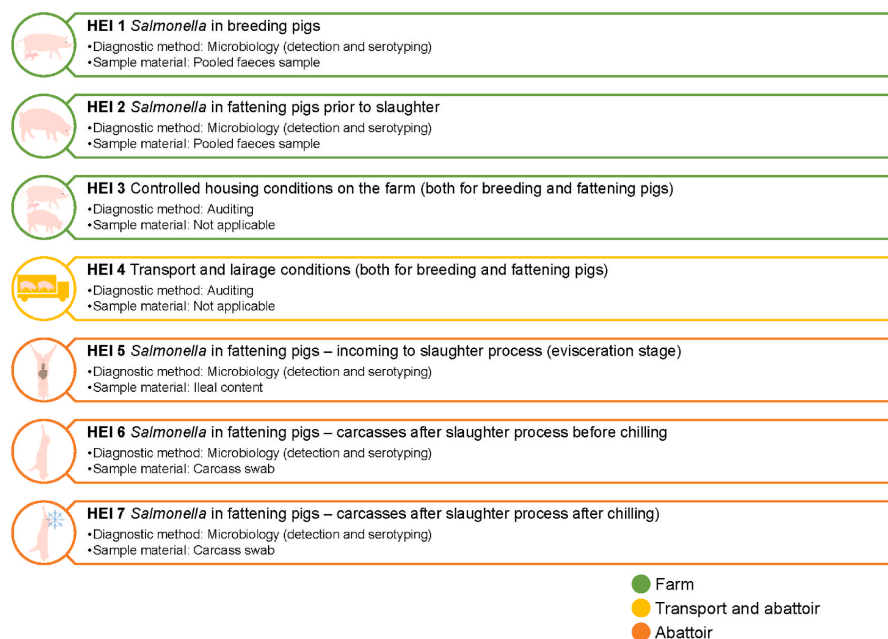


Fig. 1. Proposed HEIs for *Salmonella* in pigs according to EFSA (2011).

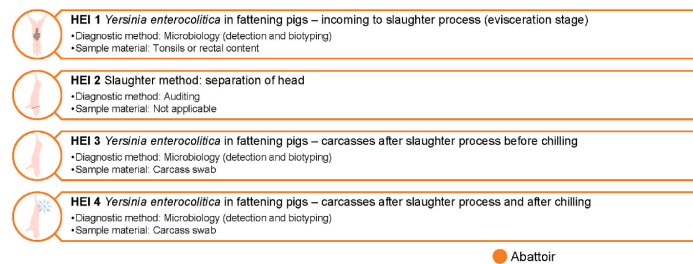


Fig. 2. Proposed HEIs for *Yersinia enterocolitica* in pigs according to EFSA (2011).

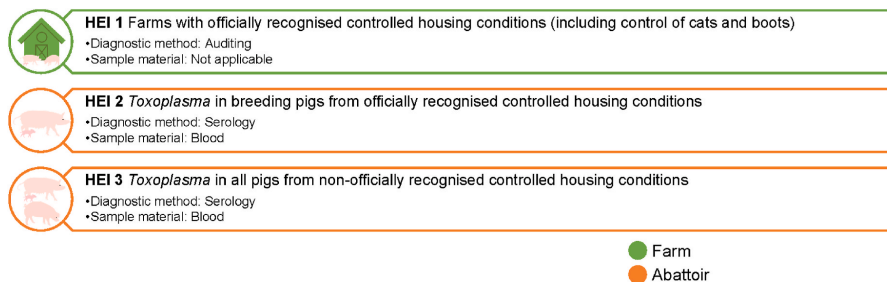


Fig. 3. Proposed HEIs for *Toxoplasma gondii* in pigs according to EFSA (2011).

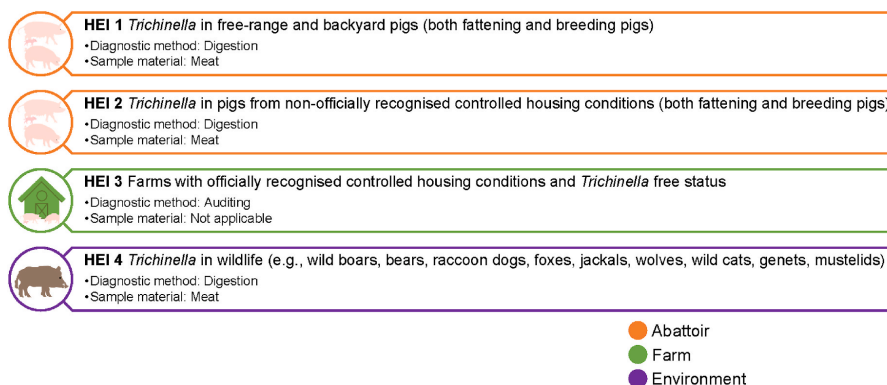


Fig. 4. Proposed HEIs for *Trichinella* in pigs according to EFSA (2011).

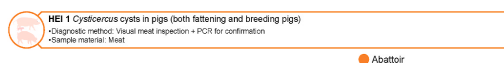


Fig. 5. Proposed HEI for *Cysticercus cellulosae* in pigs according to EFSA (2011).

control plans for pigs are implemented exclusively at abattoir level in the EU and only for *Salmonella*, *Trichinella* and *C. cellulosae*. Some EU MSs have control programmes for *Salmonella* in pigs in place that focus mainly on farm level control, but they were implemented long before the introduction of HEIs and are not mutually harmonised (Bonardi et al., 2021). The existence of HEIs and their purpose seem to be rather

unknown among national risk managers, which might be why their implementation is lacking (Bonardi et al., 2021; Ferri et al., 2023; Salines et al., 2023). This hypothesis is also reinforced by the fact that there are few publications on this topic. This study was conducted to evaluate the current implementation of HEIs for pigs in Europe.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Questionnaire development and design

A questionnaire on the implementation of HEIs for pigs was designed by members of Working Group 2 from the risk-based meat inspection

and integrated meat safety assurance (RIBMINS) COST Action (CA18105). The questionnaire was created and distributed in English. After positive feedback and validation by two social scientists from the Agriculture Economics Research Institute (AGRERI) ELGO-DIMITRA in Greece, the questionnaire was entered into SurveyHero®, a cloud-based software and questionnaire tool (enuvoGmbH, Zurich, Switzerland). The questionnaire was approved by the Central Ethics Committee of Freie Universität Berlin, Germany (ZEA-Nr. 2022-008). Anonymity was guaranteed to all respondents. The questionnaire included single-choice, multiple-choice (multiple answers possible), and open-ended questions. In total, the questionnaire consisted of 61 questions, divided into two sections: three questions on general information, and 58 questions on HEIs including six higher-level questions that each revealed multiple sub-questions on the answer “yes” being chosen and one open-ended question to enter free text (Supplement S1). The three questions on general information were about the respondent’s professional role and the country and size of the abattoir (average estimated pigs slaughtered per week) in which the respondent worked. The main section was composed as follows: five out of the six higher-level questions asked if testing for a specific pathogen was conducted. When “yes” was chosen, three sub-questions appeared which asked for the type of monitoring and surveillance system (MoSS) in place for the pathogen, the stage at which testing was conducted, and the subsequent measures taken following positive findings of the pathogen. Instead of “MoSS”, the term “monitoring” was used, since language barriers were expected and some languages do not differentiate between the terms “monitoring” and “surveillance”. The second sub-question about the stage at which testing was conducted was a multiple-choice question with “on farm”, “slaughterhouse before chilling”, “slaughterhouse after chilling”, and “other” as possible answers. When one or more of the first three answers were chosen, two more sub-questions on the diagnostic methods and sample materials for each option appeared. The final higher-level question asked about additional monitoring. In addition to the five hazards, respondents were also asked to communicate their suggestions regarding hepatitis E virus monitoring, as this pathogen was not included in the EFSA report.

## 2.2. Questionnaire distribution and data collection

The distribution of the weblink to the online survey was carried out by the RIBMINS science communication manager who instructed the (at the time) 33 RIBMINS national contact points (NCPs), located in the EU, the European Economic Area (EEA), and European non-EU countries, to recruit suitable respondents. Each NCP could decide independently on the number of respondents they would invite to answer the questionnaire. The communicated aim was to create a representative picture of the participating countries in terms of structural aspects of each individual country. Therefore, each NCP was asked to ensure the participation of respondents from small, medium, and large abattoirs, representing the specific pig abattoir structure in their country. Furthermore, each NCP was asked to ensure the participation of at least one meat inspection officer, including official veterinarians (further referred to as OVs), and at least one FBO/quality assurance manager (further referred to as FBOs). The target group for this questionnaire, apart from the abovementioned, was industry professionals involved in meat safety assurance systems at farm or abattoir level. Since the questionnaire was in English, the NCPs were asked to translate the questionnaire into their language and the answers back into English if language barriers were expected. The period for answering was between 6 November and December 16, 2020.

## 2.3. Data analysis

The data were analysed using Microsoft Excel® (Version 2211) for descriptive statistics. IBM® SPSS Statistics (Version 29) was used for chi-square tests, calculation of phi coefficient and determination of the

correlation between the variables. To ensure anonymity for all respondents, data evaluation was not conducted by individual country but by grouping them into four regions according to EuroVoc (2023). The countries participating in the survey were grouped as follows: Northern Europe included Denmark, Iceland, Norway and Sweden. Central and Eastern Europe (further referred to as Eastern Europe) included Bosnia and Herzegovina, Croatia, Latvia, Poland, Romania, Serbia and Slovakia. Italy and Portugal were categorised in the region Southern Europe. Western Europe contained France, Germany, Ireland and the United Kingdom (UK). To ensure further anonymity, the countries were only divided into EU MSs and non-EU MSs. Countries from the EEA were categorised as non-EU MSs, and the UK was included in EU MSs since the Brexit transition phase was still ongoing and the UK continued to be subject to EU rules at the time the survey was performed. When respondents chose more than one diagnostic method or sample material for one pathogen, the survey design did not allow us to discern whether they had linked the two accurately. As almost every question had the answer option “other”, all of these answers were examined, and when compatible, each was classified and counted with one of the existing answer options. In total, 65 respondents replied to the survey, but only the 51 questionnaires that were completely answered were analysed.

## 3. Results and discussion

### 3.1. General questions

The 51 respondents worked in 17 European countries, 42 of them in 13 EU MSs. Most respondents worked in Western Europe (45%; 23/51), followed by Eastern Europe (35%; 18/51). Looking at the top three countries across both groups, the most answers were received from Germany, France and Poland. This ranking correlates with the 2020 and 2021 statistics on pigs slaughtered by country in the EU (European Commission, 2022), which reported Germany, France and Poland being in second to fourth place after Spain, indicating that this part of the results reflects a representative picture in terms of structural aspects for the EU. Most of the respondents were OVs (61%; 31/51), while FBOs made up 27% (14/51) of respondents. The six respondents (12%) who fell into the category “other” worked in the meat safety sector either as academics or advisors. In total, 24% (12/51) of the respondents assigned themselves to a small-sized abattoir with < 1000 pigs slaughtered per week, 31% (16/51) of the respondents assigned themselves to a medium-sized abattoir with 1000–10,000 pigs slaughtered per week, and 41% (21/51) to a medium-to large-sized abattoir with 10,001–100,000 pigs slaughtered per week. Two respondents (4%) worked in large-sized abattoirs with > 100,000 pigs slaughtered per week.

### 3.2. Monitoring and surveillance for *Salmonella*

In total, 88% (45/51) of the respondents tested for *Salmonella* (Table 1). Among these respondents, most (84%; 38/45) worked in EU MSs. Out of the remaining six respondents (12%; 6/51) who said they did not test for *Salmonella*, 8% (4/51) worked in EU MSs and 4% (2/51) did not. All six respondents were OVs. An explanation for these six OVs stating they did not test for *Salmonella* could be related to the practical arrangements outlined in Article 35 of Regulation (EU) 2019/627 (European Commission, 2019). According to this Article, CAs verify the implementation of *Salmonella* control measures by FBOs through various measures, including official sampling and the collection of information on *Salmonella* testing. OVs, as part of their role, focus on collecting and verifying information on tests conducted by or for the FBOs. Therefore, it is plausible that the six OVs in our study primarily relied on this approach rather than official controls through official sampling, which is more common.

In terms of the MoSSs in place for *Salmonella*, 33% (15/45) of the respondents had an official system and 18% (8/45) a private system (Table 1). An official and private MoSS was stated to be in place by 49%

**Table 1**  
Overview of the respondents' backgrounds monitoring for *Salmonella*, the MoSSs in place, the diagnostic tests, including diagnostic methods and sample materials, and the implemented HEIs.

Respondent	Region	Role	Abattoir size <sup>a</sup>	MoSS	Stage <sup>c</sup> : Farm	Stage <sup>c</sup> : Abattoir before chilling	Stage <sup>c</sup> : Abattoir after chilling	HEI(s)
1	Eastern EU MS	OV	Small	Official	N/A	N/A	M: MB MT: CS, TS	7
2	Eastern EU MS	OV	Medium	Official	N/A	M: MB MT: CS	M: MB	6, 7
3	Eastern EU MS	OV	Medium	Official	N/A	N/A	M: MB MT: CS	7
4	Eastern EU MS	OV	Medium	Official	N/A	N/A	M: MB MT: CS	7
5	Eastern non-EU MS	OV	Small	Official	N/A	N/A	M: MB MT: CS	7
6	Northern non-EU MS	OV	Small	Official	N/A	M: MB MT: CS	M: MB MT: CS	6, 7
7	Southern EU MS	OV	Medium	Official	N/A	M: MB, PCR MT: CS, IC	N/A	5, 6
8	Southern EU MS	OV	Large	Official	N/A	M: MB MT: CS	N/A	6
9	Western EU MS	OV	Medium-Large	Official	N/A	M: MB MT: CS	N/A	6
10	Northern non-EU MS	FBO	Small	Official	N/A	M: MB MT: CS	N/A	6
11	Western EU MS	FBO	Medium	Official	N/A	N/A	M: MB MT: CS	7
12	Western EU MS	FBO	Medium-Large	Official	N/A	M: PCR MT: CS, MJ, TS	N/A	n/a
13	Northern EU MS	Other	Medium-Large	Official	M: MB, PCR MT: CaS, MJ	N/A	M: MB, PCR MT: CS	7
14	Northern non-EU MS	Other	Medium	Official	N/A	M: MB, PCR MT: CS, LN	N/A	6
15	Western EU MS	Other	Medium-Large	Official	N/A	M: MB MT: CS	N/A	6
16	Eastern non-EU MS	OV	Small	Private	N/A	M: MB MT: CS	N/A	6
17	Western EU MS	OV	Medium-Large	Private	N/A	N/A	M: MB MT: CS	7
18	Western EU MS	OV	Medium-Large	Private	N/A	N/A	M: MB MT: CS	7
19	Western EU MS	FBO	Medium	Private	N/A	M: MB MT: MJ	N/A	n/a
20	Western EU MS	FBO	Medium-Large	Private	N/A	N/A	M: MB MT: CS	7
21	Western EU MS	FBO	Medium-Large	Private	N/A	M: MB MT: CS	M: MB MT: CS	6, 7
22	Western EU MS	FBO	Medium-Large	Private	N/A	N/A	M: MB MT: CS	7
23	Western EU MS	FBO	Medium-Large	Private	N/A	N/A	M: MB MT: CS	7
24	Eastern EU MS	OV	Medium	Both <sup>b</sup>	N/A	M: MB MT: CS	N/A	6
25	Eastern EU MS	OV	Medium	Both <sup>b</sup>	N/A	M: MB MT: CS	N/A	6
26	Eastern EU MS	OV	Medium	Both <sup>b</sup>	N/A	M: MB MT: CS	N/A	6
27	Eastern EU MS	OV	Medium-Large	Both <sup>b</sup>	N/A	M: MB MT: CS	N/A	6
28	Eastern EU MS	OV	Medium-Large	Both <sup>b</sup>	M: MB MT: Fae	M: MB MT: CS	N/A	1 or 2, 6
29	Eastern non-EU MS	OV	Medium	Both <sup>b</sup>	N/A	M: MB MT: CS	N/A	6
30	Northern EU MS	OV	Mmedium	Both <sup>b</sup>	N/A	M: MB MT: CS, LN	N/A	6
31	Northern non-EU MS	OV	Small	Both <sup>b</sup>	N/A	N/A	M: MB MT: CS, MJ	7
32	Southern EU MS	OV	Medium	Both <sup>b</sup>	N/A	M: MB MT: CS	N/A	6
33	Western EU MS	OV	Medium	Both <sup>b</sup>	N/A	M: MB, SL MT: CS, MJ	N/A	6
34	Western EU MS	OV	Medium-Large	Both <sup>b</sup>	M: MB MT: Fae	M: MB MT: CS	M: MB MT: TS	1 or 2, 6
35	Western EU MS	OV	Medium-Large	Both <sup>b</sup>	N/A	M: MB, PCR, SL MT: CS, IC, MJ	N/A	5, 6
36	Western EU MS	OV	Medium-Large	Both <sup>b</sup>	N/A	M: MB, SL MT: CS, MJ	N/A	6

(continued on next page)

Table 1 (continued)

Respondent	Region	Role	Abattoir size <sup>a</sup>	MoSS	Stage <sup>c</sup> : Farm	Stage <sup>c</sup> : Abattoir before chilling	Stage <sup>c</sup> : Abattoir after chilling	HEI(s)
37	Western EU MS	OV	Medium-Large	Both <sup>b</sup>	N/A	M: MB, PCR MT: CS	M: MB, PCR MT: CS	6, 7
38	Western EU MS	OV	Medium-Large	Both <sup>b</sup>	N/A	M: MB, PCR, SL MT: CS, IC, MJ	M: MB, PCR MT: CS, TS	5, 6, 7
39	Eastern EU MS	FBO	Medium-Large	Both <sup>b</sup>	M: Audit, MB MT: Fae, Fee	M: MB, PCR MT: CS	N/A	1 or 2, 3, 6
40	Western EU MS	FBO	Medium-Large	Both <sup>b</sup>	N/A	M: MB, PCR MT: CS, MJ	M: MB MT: TS	6
41	Western EU MS	FBO	Medium-Large	Both <sup>b</sup>	M: SL MT: BL	M: MB, SL MT: CS, MJ	M: MB MT: TS	6
42	Western EU MS	FBO	Large	Both <sup>b</sup>	N/A	M: MB MT: CS, TS	M: MB MT: CS, TS	6, 7
43	Eastern EU MS	Other	Small	Both <sup>b</sup>	N/A	M: MB MT: CS	N/A	6
44	Eastern EU MS	Other	Medium	Both <sup>b</sup>	N/A	M: MB, SL MT: CS, TS	N/A	6
45	Western EU MS	Other	Medium-Large	Both <sup>b</sup>	M: SL MT: BL	M: MB, PCR, SL MT: CS, MJ	N/A	6

EU MS = member state of the European Union.

OV = official veterinarian; FBO = food business operator.

<sup>a</sup> based on pigs slaughtered per week MoSS = monitoring and surveillance system;

<sup>b</sup> official and private MoSS.

<sup>c</sup> stage at which testing was performed; N/A = not available/no answer; M = method(s); MB = microbiology; MT = material(s); CaS = caecum sample; MJ = meat juice; Fae = faeces; Fee = feed; SL = serology; BL = blood CS = carcass swab; IC = ileal content; TS = tissue sample; LN = lymph nodes HEI(s) = harmonised epidemiological indicator(s) as proposed by EFSA; n/a = not applicable.

(22/45) of these respondents. Out of the eight respondents who only had a private system in place, seven (16%; 7/45) worked in Western EU MSs, and more specifically, six of them in the same country (4x FBOs, 2x OVs). The results showed that five FBOs (11%; 5/45) who worked in EU MSs did not comply with the official testing regime for *Salmonella* according to Regulation (EC) No 2073/2005 (European Commission, 2005b). The regulation specifies sampling with an abrasive sponge method for carcasses after dressing but before chilling, and it requires analysis using the reference method EN ISO 6579-1 (International Organization for Standardization, 2017). It is possible that the FBOs misinterpreted the term private monitoring, confusing it with self-monitoring. However, even if this was the case, four out of the five FBOs answered that they perform the microbiological testing of the pig carcasses after chilling only (Table 1). Additionally, two OVs answered that only a private system was in place, and they also did not test according to Regulation (EC) No 2073/2005 (see first paragraph of this section). Furthermore, the results showed that eight respondents (18%; 8/45), six working in EU MSs, had an official MoSS in place that did not comply with the legislated controls.

Regardless of a private or an official system, 32% (12/38) of the respondents who worked in EU MSs and carried out examinations for *Salmonella* did not comply with the PHC (6x FBOs, 5x OVs, 1x "other"). Adding the four OVs who did not test at all, a majority of OVs (56%; 9/16) either did not perform testing for *Salmonella* at all or did not perform it according to EU regulation. It is likely that the OVs fulfilled their obligations within the framework of official controls for *Salmonella* by collecting information on *Salmonella* testing. The testing they reported conducting should be regarded as additional, non-officially mandated examinations, as official sampling should be carried out using the same method and sampling location on the carcasses as the FBOs use (European Commission, 2019). While OVs operated within their monitoring capabilities, the absence of official samplings raises concerns regarding food safety. OVs who have tasks within CAs have not only advisory roles, but also advisory roles. A previous survey among FBOs showed that they considered the influence of official controls beneficial for food safety, partly because they consider the CAs to be an important source of information (Mari et al., 2013). Furthermore, Mari et al. (2013) showed the more frequent the visits of official inspectors, the better the FBOs understood their non-compliance being a hazard to food safety. Another

aspect about the disbalance that is concerning to food safety is that since 2017, EFSA has continuously stated in its zoonosis reports that the self-monitoring through FBOs results in significantly fewer positive *Salmonella* findings than does official samplings by CAs (EFSA & ECDC, 2018; 2019; 2021a; 2021b, 2022). Several studies have investigated the impact of the behaviour of FBOs on food safety and their intentional or unintentional non-compliance (Arendt et al., 2015; Manning & Soon, 2019; Moyer et al., 2017; Spink et al., 2019; van Asselt et al., 2012, 2021; van Ruth et al., 2018). Underlying their behaviour, however, is predominantly a lack of understanding of the measures required. If FBOs, e.g., do not understand the substance of an audit by a CA or the outcome of it, the probability that subsequent improvements will be accomplished is reduced (Rotterud et al., 2020).

When comparing the results to the proposed *Salmonella* HEIs 1–7 (Figs. 1), 7% (3/45) of the answers matched with HEI 1 or HEI 2, 2% (1/45) matched with HEI 3, 7% (3/45) matched with HEI 5, 69% (31/45) matched with HEI 6, and 40% (18/45) with HEI 7 in all parameters (Table 1). As the questionnaire did not include transport as a food chain stage, there were no results that could be compared with HEI 4.

The monitoring of slaughter hygiene was by far the most commonly mentioned consequence (80%; 36/45) resulting from positive *Salmonella* findings (Fig. 6). Interestingly, out of the ten respondents who did not comply with the PHC, nine chose this consequence. Bonardi et al. (2021) already pointed out that when there is no complementary control programme for *Salmonella* and no risk categorisation at farm level, reducing the carcass contamination depends solely on the hygiene standards of the abattoir and the slaughter process. This, in turn, depends mainly on the FBOs and, again, their willingness to comply.

In total, 49% (22/45) of the respondents considered "feedback to the farm" and 44% (20/45) "categorisation of farms" as important consequences of *Salmonella*-positive findings (Fig. 6). Overall, 80% (16/20) of the respondents were exclusively testing at abattoir level, complying mainly with HEI 6 or HEI 7 (Fig. 1). The information gained from these HEIs is limited to the slaughter process as such, and more precisely, to the process hygiene and its ability to reduce the occurrence of *Salmonella* (EFSA, 2011). Although the respondents were expected to be experts with knowledge about all stages at which testing was performed within the MoSS, it is possible that they answered only for the tests they themselves performed. Also, there could be a lack of understanding of

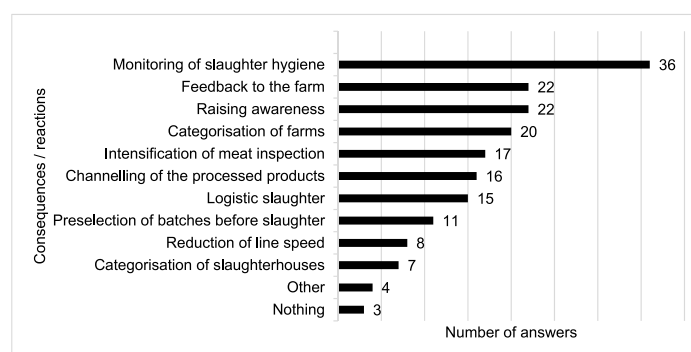


Fig. 6. Consequent measures to MoSSs for *Salmonella* (n = 45; multiple answers possible).

specific procedures and their outcomes, which would also lead to an inability to apply the right consequences, or, due to misinterpretation of the question, the respondents did not categorise the farms, but expressed their wish for this to be a consequence and be practised and implemented in the future.

Furthermore, the data showed that 47% (21/45) of respondents applied a destructive testing method by collecting meat juice or tissue samples, including lymph nodes (Table 1). Five respondents (11%; 5/45) did not link meat juice with serology as the corresponding diagnostic method; three of them were FBOs who worked in the same EU MS where a control programme for *Salmonella* is in place. One respondent mentioned serology as the diagnostic method for tissue samples. The tissue samples could be diaphragm muscles from which meat juice is extracted. The answer was given as a free text response, and it was possible to select meat juice as an answer option in the questionnaire, which is why we classified the answer as a wrong pairing of diagnostic method and sample material. These results show that six respondents (13%; 6/45) did not know how diagnostic tests for *Salmonella* should be performed or which sample materials should be collected.

### 3.3. Monitoring and surveillance for *Yersinia enterocolitica*

Five respondents (10%; 5/51) answered that they performed testing for *Y. enterocolitica* on pig carcasses (Table 2).

As shown in Table 2, only one respondent who performed official testing before chilling corresponded with the proposed *Y. enterocolitica* HEI 1, and one respondent who said that official monitoring after

chilling was performed conformed to HEI 4. The proposed HEIs for *Y. enterocolitica* solely focus on abattoir level since there was no useful indicator to apply at farm level in 2011 (EFSA, 2011). Still today, the scientific opinion on the serological monitoring at farm level is very ambiguous. Some studies indicate that serological monitoring of blood or meat juice could be utilised to categorise farms according to their risk factor for *Y. enterocolitica* (Felin et al., 2015, 2019; Meemken et al., 2014). Others raise concern about the low specificity of the ELISA tests (Van Damme et al., 2014), due to the non-harmonised standards applied to sampling and testing (Wallander et al., 2015), or about the value of the results for fattening pigs at the time of slaughter (Buncic et al., 2019; Nesbakken et al., 2006). One OV who worked in a Western EU MS also stated that serologic tests could be used at abattoir level but noted that such testing at farm level would be even better.

In total, 60% (3/5) of the respondents who tested for *Y. enterocolitica* regarded "monitoring of slaughter hygiene" as the most important consequence of positive findings (Fig. 7). Adequate slaughter process hygiene is of utmost importance to reduce the prevalence of and the (cross-)contamination with *Y. enterocolitica*. Since the bacterium is predominantly found in the pigs' oral cavity, particularly in the tonsils, and in intestines and faeces (Moreira et al., 2019), splitting the carcass with the head on is one of the most relevant risk factors for contamination (Van Damme et al., 2015; Zdolec et al., 2015). Removing the head before evisceration as proposed in HEI 2 (Fig. 2) is a highly effective measure to reduce the probability of contamination (Vilar et al., 2015). If an abattoir does not perform head removal, or for other reasons cannot ensure the necessary hygienic measures to reduce the

Table 2

Overview of the respondents' backgrounds monitoring for *Yersinia enterocolitica*, the MoSSs in place, the diagnostic tests, including diagnostic methods and sample materials, and the implemented HEIs.

Respondent	Region	Role	Abattoir size <sup>a</sup>	MoSS	Stage <sup>b</sup> : Abattoir before chilling	Stage <sup>b</sup> : Abattoir after chilling	HEI
1	Southern EU MS	OV	Large	Official	M: MB MT: BL, IC, TO	N/A	1
2	Western EU MS	OV	Medium-Large	Official	M: MB MT: N/A	N/A	n/a
3	Eastern non-EU MS	OV	Small	Official	N/A	M: MB MT: CS	4
4	Western EU MS	FBO	Medium-Large	Private	N/A	M: MB MT: TS	n/a
5	Western EU MS	FBO	Large	Private	N/A	M: MB MT: TS	n/a

EU MS = member state of the European Union OV = official veterinarian; FBO = food business operator.

<sup>a</sup> based on pigs slaughtered per week MoSS = monitoring and surveillance system.

<sup>b</sup> stage at which testing was performed; M = method(s); MB = microbiology; MT = material(s); BL = blood; IC = ileal content; TO = tonsils; N/A = not available/no answer CS = carcass swab; TS = tissue sample HEI = harmonised epidemiological indicator as proposed by EFSA; n/a = not applicable.

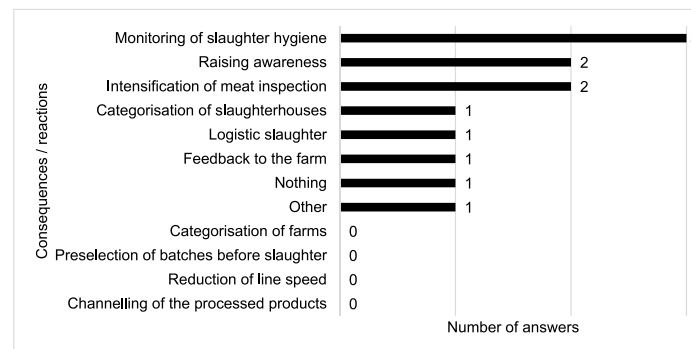


Fig. 7. Consequent measures to MoSSs for *Yersinia enterocolitica* (n = 5; multiple answers possible).

*Y. enterocolitica* prevalence on carcasses in the routine process, additional risk-reducing measures like decontamination should be considered (Buncic et al., 2019). This is an example on how the interaction of the bidirectional information flow between farm and abattoir, and the accompanying risk categorisation of both, would advance a future risk-based meat safety assurance system (RB-MSAS). Risk categorisation will help to identify *Y. enterocolitica*-low-risk farms from which pigs could be slaughtered using the company-specific standard procedures in low-risk abattoirs with proven good hygiene practice, whereas pigs from high-risk farms would need additional processing following the slaughter process to reduce the risk (Blagojevic & Antic, 2014; Blagojevic et al., 2021; Buncic et al., 2019; Ferri et al., 2023; Nastasijevic et al., 2020). This could involve enhancing process hygiene or implementing additional risk-reducing measures, such as chemical decontamination or thermal treatment, to eliminate hazards.

#### 3.4. Monitoring and surveillance for *Toxoplasma gondii*

Only one respondent (2%; 1/51) stated that testing for *T. gondii* was performed. The respondent was an OV who worked in a Western EU MS in a medium-to large-sized abattoir. The testing of pigs within a private monitoring system by blood analysis corresponds with *Toxoplasma* HEI 2 or HEI 3, depending on the category of pigs and the housing system (Fig. 3). The monitoring at this facility did not result in any operational measures being taken. However, the OV expressed the wish to feed back any result to farms, particularly farms for fattening pigs.

*T. gondii* is considered an important foodborne parasite that causes human health problems (Bouwknegt et al., 2018) and was classified as medium-risk by EFSA (EFSA Panel on Biological Hazards, 2011). The estimated seroprevalence of *T. gondii* in pigs in Europe is 13% (Foroutan et al., 2019). The correlation of seropositivity with *T. gondii*-contaminated pork (Foroutan et al., 2019; Opsteegh et al., 2016) speaks in favour of implementing MoSSs. Serological testing has been suggested to be the most practical method for monitoring (Basso et al., 2013; Felin et al., 2015; Steinparzer et al., 2015), if it is targeted specifically at smaller or outdoor farms or uncontrolled housing conditions (EFSA, 2011; Felin et al., 2019). Loreck et al. (2020) have shown that serological testing as a multi-serology analysis of meat juice through protein microarray could be the way forward since it provides a cost-efficient way to test for multiple hazards. For both *T. gondii* and *Y. enterocolitica*, high test accuracies were achieved (Loreck et al., 2020). Multi-serology analysis could also improve the monitoring situation for *Y. enterocolitica* and could replace ELISA testing (Subsection 3.3).

Prevention and control strategies that focus on farm level (Aguirre et al., 2019) substantially contribute to preventing *T. gondii* infections (Kuruca et al., 2023; Stelzer et al., 2019). In addition to categorising

farms in order to subject carcasses from high-risk farms to decontamination by freezing, heating or curing (Buncic et al., 2019; Felin et al., 2019; Kijlstra & Jongert, 2008), testing for *T. gondii* could also be used to optimise farm management.

#### 3.5. Monitoring and surveillance for *Trichinella*

Overall, 90% (46/51) of respondents stated that they tested for *Trichinella* (Table 3). Most respondents (96%; 44/46) answered “slaughterhouse before chilling” for the stage at which testing was conducted. Two OVs, who worked in one Eastern EU MS and did not have an official MoSS, stated that they tested after chilling only. Regardless of the stage at which testing was conducted, unless a freezing treatment of the meat is conducted, having only a private MoSS in place is not sufficient to comply with EU regulation, as this country was not listed as being able to apply for derogation (European Commission, 2023). In 96% (44/46) of cases, the digestion method using tissue samples was applied for *Trichinella* testing (Table 3), which corresponds with the suggested HEIs 1 or 2 or 4 (Fig. 4). Only two FBOs (4%) who worked in the same Western EU MS specified meat juice as the sample material. Either the FBOs did not know about the correct test procedure and performed it wrongly, or they confused the sample material, since meat juice is most commonly obtained from diaphragm muscles, which is the correct sample material. A single OV who worked in a Western EU MS additionally stated they perform an audit of farms, which corresponds with HEI 3 (Fig. 4) if the farms are “[...] with officially recognised controlled housing conditions and *Trichinella* free status”. As proposed for the *Trichinella* HEIs, for pigs raised under controlled conditions, auditing of the farms is sufficient, while carcass testing is only relevant for pigs from non-officially controlled housing conditions. This was also assessed in a recent study by Gamble (2022), which evaluated the current *Trichinella* control and monitoring. The study highlighted the importance of HEIs for a risk-based approach to pork production systems, and at the same time, it showed that the existence of HEIs is, unfortunately, not widely known, as they were not mentioned or referred to at all in the publication by Gamble (2022).

The two most frequently mentioned consequences in the case of *Trichinella*-positive results were both at farm level: 67% (31/46) of the respondents gave feedback to the farms and 57% (26/46) categorised the farms (Fig. 8), while 40% (17/46) did both.

In total, five respondents (10%; 5/51), all working as FBO in the same Western EU MS, did not test for *Trichinella* (1x medium-sized, 4x medium-to large-sized). While some EU MSs are allowed to apply for derogation from *Trichinella* testing, the country in question was not included on the corresponding list published by the EC (European Commission, 2023). In accordance with Annex II of Regulation (EU)

**Table 3**  
Overview of the respondents' backgrounds monitoring for *Trichinella*, the MoSSs in place, the diagnostic tests, including diagnostic methods and sample materials, and the implemented HELs.

Respondent	Region	Role	Abattoir size <sup>a</sup>	MoSS	Stage <sup>b</sup> : Farm	Stage <sup>b</sup> : Abattoir before chilling	Stage <sup>b</sup> : Abattoir after chilling	HEI(s)
1	Eastern EU MS	OV	Small	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
2	Eastern EU MS	OV	Small	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
3	Eastern EU MS	OV	Medium	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
4	Eastern EU MS	OV	Medium	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
5	Eastern EU MS	OV	Medium	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
6	Eastern EU MS	OV	Medium-Large	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
7	Eastern EU MS	OV	Medium-Large	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
8	Eastern non-EU MS	OV	Small	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
9	Eastern non-EU MS	OV	Small	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
10	Northern EU MS	OV	Medium	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
11	Northern non-EU MS	OV	Small	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
12	Northern non-EU MS	OV	Small	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
13	Southern EU MS	OV	Medium	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
14	Southern EU MS	OV	Medium	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
15	Southern EU MS	OV	Medium	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
16	Southern EU MS	OV	Large	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
17	Western EU MS	OV	Small	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
18	Western EU MS	OV	Small	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
19	Western EU MS	OV	Medium	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
20	Western EU MS	OV	Medium	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
21	Western EU MS	OV	Medium	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
22	Western EU MS	OV	Medium	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
23	Western EU MS	OV	Medium	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
24	Western EU MS	OV	Medium	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
25	Western EU MS	OV	Medium	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
26	Western EU MS	OV	Medium	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
27	Western EU MS	OV	Medium	Official	M: Audit	M: Digestion MT: TS	N/A	3, 1 or 2 or 4
28	Eastern EU MS	FBO	Medium	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
29	Northern non-EU MS	FBO	Small	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
30	Western EU MS	FBO	Large	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
31	Western EU MS	FBO	Medium-Large	Official	N/A	M: Digestion MT: MJ	N/A	n/a
32	Western EU MS	FBO	Medium	Official	N/A	M: Digestion MT: MJ	N/A	n/a
33	Western EU MS	FBO	Medium-Large	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
34	Western EU MS	FBO	Medium-Large	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
35	Eastern EU MS	Other	Small	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
36	Eastern EU MS	Other	Medium	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4

(continued on next page)



Table 3 (continued)

Respondent	Region	Role	Abattoir size <sup>a</sup>	MoSS	Stage <sup>c</sup> : Farm	Stage <sup>c</sup> : Abattoir before chilling	Stage <sup>c</sup> : Abattoir after chilling	HEI(s)
37	Northern EU MS	Other	Medium-Large	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
38	Northern non-EU MS	Other	Medium	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
39	Western EU MS	Other	Medium-Large	Official	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
40	Eastern EU MS	OV	Medium	Private	N/A	N/A	M: Digestion MT: TS	1 or 2 or 4
41	Eastern EU MS	OV	Medium	Private	N/A	N/A	M: Digestion MT: TS	1 or 2 or 4
42	Eastern non-EU MS	FBO	Small	Private	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
43	Eastern non-EU MS	OV	Medium	Private	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
44	Eastern EU MS	OV	Medium	Both <sup>b</sup>	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
45	Eastern non-EU MS	FBO	Small	Both <sup>b</sup>	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4
46	Western EU MS	Other	Medium-Large	Both <sup>b</sup>	N/A	M: Digestion MT: TS	N/A	1 or 2 or 4

EU MS = member state of the European Union OV = official veterinarian; FBO = food business operator.

<sup>a</sup> based on pigs slaughtered per week MoSS = monitoring and surveillance system;

<sup>b</sup> official and private MoSS.

<sup>c</sup> stage at which testing was performed; N/A = not available/no answer; M = method MT = material; TS = tissue sample; MJ = meat juice HEI(s) = harmonised epidemiological indicator(s) as proposed by EFSA; n/a = not applicable.

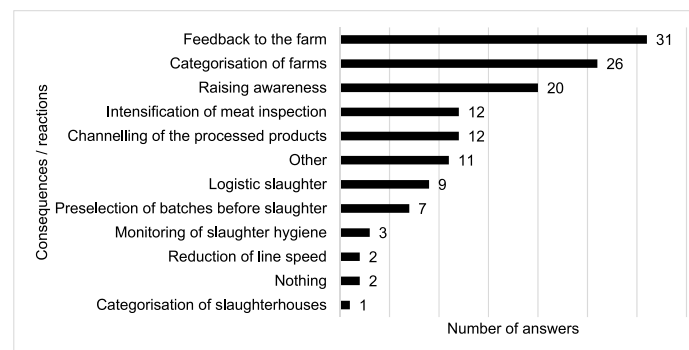


Fig. 8. Consequent measures to MoSSs for *Trichinella* (n = 46; multiple answers possible).

2015/1375 (European Commission, 2015), derogation from testing is also allowed if the meat is frozen. Therefore, either the meat underwent a freezing treatment or the FBOs did not comply with EU regulation – be it out of ignorance or from a lack of awareness that the testing in their facilities was indeed performed, but by the CAs and not by themselves. Notably, the four FBOs from the medium-sized abattoir who did not test for *Trichinella* also did not perform any official monitoring for *Salmonella*. Interestingly, the other respondents who worked in the same Western EU MS and did perform testing were all OVs and from a medium-sized abattoir. To help explore and understand the rationality of compliant or non-compliant behaviour, social science provides several tools (Garforth, 2015). Gaining a deeper understanding of the underlying processes and motivations behind these decisions for non-compliance could greatly aid in the development of effective advisory and policy interventions (Garforth, 2015).

### 3.6. Monitoring and surveillance for *Cysticercus cellulosae*

During visual meat inspection of pig carcasses, examination for cysticercosis must be performed (European Commission, 2019). In total,

31% (16/51) of the respondents stated that they tested for *C. cellulosae* (Table 4). All of them, except for one OV who worked in an Eastern non-EU MS, had an official MoSS in place. The official systems and the private system did not differ from each other in terms of diagnostics. The only difference was the stage at which testing was conducted: for the official MoSSs, it was before, and for the private MoSS, it was after carcass chilling. Since the meat inspection is performed before carcass chilling, the private MoSS did not correspond with the HEI for *C. cellulosae*. In terms of the diagnostic method, visual meat inspection was stated every time. One OV who worked in a Southern EU MS additionally opened 10% of the hearts from each batch to inspect the muscle.

Considering that the respondents who tested for *C. cellulosae* just performed the regular meat inspection and assuming all other respondents performed it as well, it is interesting to see which countries considered visual meat inspection as a form of active testing for *C. cellulosae*. As shown in Table 4, respondents who stated they tested for *C. cellulosae* were predominantly from Eastern Europe (69%; 11/16). A significant correlation between region and testing was found ( $r(49) = 0.473$ ,  $p = <.001$ ). There are limited data on the *C. cellulosae* prevalence

**Table 4**

Overview of the respondents' backgrounds monitoring for *Cysticercus cellulosae*, the MoSSs in place, the diagnostic tests, including diagnostic methods and sample materials, and the implemented HEIs.

Respondent	Region	Role	Abattoir size <sup>a</sup>	MoSS	Stage <sup>c</sup> : Abattoir before chilling	Stage <sup>c</sup> : Abattoir after chilling	HEI
1	Eastern EU MS	OV	Small	Official	M: VMI MT: Heart, TS	N/A	n/a
2	Eastern EU MS	OV	Medium	Official	M: VMI MT: TS	N/A	n/a
3	Eastern EU MS	OV	Medium	Official	M: VMI MT: TS	N/A	n/a
4	Eastern EU MS	Other	Medium	Official	M: VMI MT: TS	N/A	n/a
5	Eastern EU MS	OV	Medium	Official	M: VMI MT: TS	N/A	n/a
6	Eastern EU MS	OV	Medium-Large	Official	M: VMI MT: TS	N/A	n/a
7	Eastern EU MS	OV	Medium-Large	Official	M: VMI MT: TS	N/A	n/a
8	Southern EU MS	OV	Medium	Official	M: VMI MT: N/A	N/A	n/a
9	Southern EU MS	OV	Medium	Official	M: VMI MT: TS	N/A	n/a
10	Western EU MS	OV	Small	Official	M: VMI MT: N/A	N/A	n/a
11	Western EU MS	OV	Medium-Large	Official	M: VMI MT: TS	N/A	n/a
12	Western EU MS	OV	Medium-Large	Official	M: VMI MT: N/A	N/A	n/a
13	Eastern non-EU MS	OV	Small	Official	M: VMI MT: N/A	N/A	n/a
14	Eastern EU MS	FBO	Medium-Large	Official	M: VMI MT: TS	N/A	n/a
15	Eastern non-EU MS	OV	Small	Private	N/A	M: VMI MT: TS	n/a
16	Eastern EU MS	OV	Medium	Both <sup>b</sup>	M: VMI MT: Heart	N/A	n/a

EU MS = member state of the European Union OV = official veterinarian; FBO = food business operator.

HEI = harmonised epidemiological indicator as proposed by EFSA; n/a = not applicable.

<sup>a</sup> based on pigs slaughtered per week MoSS = monitoring and surveillance system;

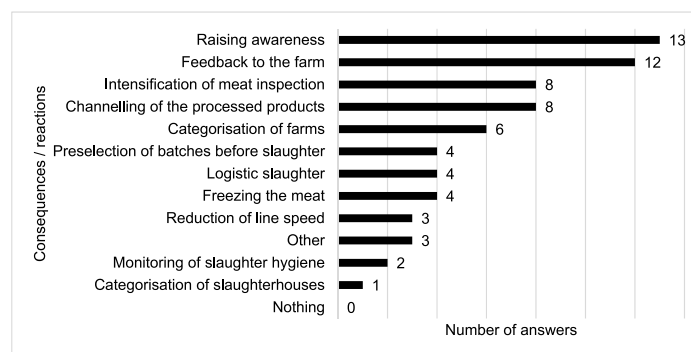
<sup>b</sup> official and private MoSS.

<sup>c</sup> stage at which testing was performed; M = method; VMI = visual meat inspection; MT = material(s); TS = tissue sample; N/A = not available/no answer.

in Europe in general, and in particular they are lacking for Eastern European countries, where it is presumed that cysticercosis exists (Devleeschauwer et al., 2017; EFSA & ECDC, 2022; Trevisan et al., 2018). For the most part, if countries did report data, species identification was missing or the findings were not confirmed (Devleeschauwer et al., 2017; Laranjo-González et al., 2017; Trevisan et al., 2018). For *C. cellulosae*, only one HEI is suggested (Fig. 5). It proposes the visual meat inspection, as performed in all cases, but additionally, PCR for

confirmation is expected. None of the respondents performed the PCR confirmation as suggested (Table 4).

When asked for consequences in the case of *C. cellulosae*-positive findings (Fig. 9), the reaction “raising awareness” was ranked first, with 81% (13/16) of respondents choosing this option. Considering the low data availability on the occurrence of *C. cellulosae* or *T. solium*, the endemicity across Europe and the assertion that *T. solium* “has been eradicated in most countries in Europe” (EFSA, 2011) should be



**Fig. 9.** Consequent measures to MoSSs for *Cysticercus cellulosae* (n = 16; multiple answers possible).

questioned. Data collection needs to be improved. In terms of consequences for farms, 75% (12/16) of the respondents stated feedback of a positive finding to the farm occurs, and 38% (6/16) of respondents declared that they categorise the farms (Fig. 9); 25% (4/16) did both. For each of the consequences, “intensification of meat inspection” and “channelling of the processed products”, 50% (8/16) of the respondents considered these consequences to be appropriate. All six respondents who categorised farms were among the eight respondents who processed the meat. Based on the risk categorisation of farms and the post-mortem findings, decontamination of carcasses using procedures like freezing, heating or salting (Aminjanov et al., 2005) could be used for processing.

### 3.7. Additional monitoring and surveillance

Altogether, 24% (12/51) of respondents answered affirmatively to the final question, expressing their desire for additional MoSSs to address either previously mentioned pathogens or additional ones. Out of the ten respondents who wanted additional MoSSs for *Salmonella*, seven (70%; 7/10) were in favour of implementing or improving monitoring on farms to allow risk categorisation and, consequently, adapting measures at abattoir level. With regard to additional MoSSs for *Y. enterocolitica*, two respondents (29%; 2/7) wanted the monitoring to be implemented at abattoir level. One respondent wanted to have monitoring of farms and according risk categorisation of farms. Another respondent wanted *Y. enterocolitica* to be added into the regular zoonoses monitoring, with sampling on a random basis. For additional MoSSs for *T. gondii*, three respondents (50%; 3/6) wanted to have serological testing at farm or abattoir level or both, to support risk categorisation of farms. Furthermore, one respondent wished for international (consumer) acceptance of the use of controlled housing conditions. The same respondent (25%; 1/4) expressed this aspiration for *Trichinella* as well. Another respondent (25%; 1/4) wanted to improve monitoring in terms of *Trichinella*-free farms. An OV voiced concern about the conflict between the significance and importance of *Trichinella* for public health and the cost of MoSSs. For additional MoSSs for *C. cellulosa*, two respondents (29%; 2/7) from Eastern Europe answered that they would like to have (additional) on-farm testing. Three respondents (43%; 3/7) from Northern, Southern and Western Europe stated that there were currently no cases of cysticercosis in their countries, but they still presented their opinions regarding additional MoSSs. One of them elaborated that there was a need for increased awareness of *C. cellulosa* since the possibility of infection had increased with the diversification of husbandry systems over recent years. Lastly, as an additional pathogen, wishes to monitor for hepatitis E virus were expressed. Seven respondents endorsed the monitoring of hepatitis E virus, mostly through sampling at farm and/or abattoir levels in blood and/or faeces (57%; 4/7), or through PCR testing of liver tissue (14%; 1/7). Finally, one OV from a Western EU MS indicated their preference for regular sampling on a random basis and examination by a national laboratory for all the pathogens included in the survey.

### 3.8. Overall discussion

The results from this study show that for *Salmonella* and *Y. enterocolitica* the most frequent actions were focused at abattoir level, while they aimed at farm level for *Trichinella* and *C. cellulosa*. However, regarding *Salmonella*, Finland, Norway and Sweden have demonstrated the possibility of successful farm level interventions that have been in place since 1995. These include heat-treatment of feed and breeding with *Salmonella*-free pigs, starting from the top of the breeding pyramid (Nesbakken et al., 2019). The *Salmonella* HEIs 1–4 as proposed by EFSA (Fig. 1) are implemented in these three Nordic countries. All these precautions contributed to the effective control of *Salmonella*, which led to Regulation (EC) No 1688/2005 (European Commission, 2005a), to prevent the import of contaminated meat and to maintain a low prevalence of *Salmonella*. Another factor essential for the success of measures

in these countries is the interaction between both levels, farm and abattoir. In Norway, there is traditional cooperation between farmers, FBOs at abattoirs and CAs (Nesbakken et al., 2019).

A future RB-MSAS is designed specifically to utilise this kind of longitudinal integration along the food chain (Ferri et al., 2023). RB-MSAS is a flexible and dynamic management system informed by risk assessment, and encompasses all actions applied at pre-harvest and harvest phases of the meat chain that contribute to chilled carcass and organ safety (Blagojevic et al., 2021). It is characterised by the following key components: i) food chain information, ii) harmonised epidemiological indicators enabling risk categorisation of farms and abattoirs, iii) risk-based meat inspection, iv) additional diagnostics (e.g., computer-based vision systems, meat juice serology, etc.) and v) additional reactive interventions (chemical decontamination, freezing etc.). Current studies on the RB-MSAS describe the integration of more harmonised and advanced FCI, including HEIs or the information gained from them, as the way forward to continuously improve public health (Blagojevic, 2019; Blagojevic et al., 2021; Bonardi et al., 2021; Buncic et al., 2019; Ferri et al., 2023; Nastasijević et al., 2020). On the path to establishing a RB-MSAS, all parties, their knowledge, needs and requirements should be incorporated in building an effective system (Alban et al., 2020; Blagojevic et al., 2021). The motivation and willingness of FBOs to participate are crucial for its success (Garforth, 2015). However, it will take more training, support and trust on both sides to successfully implement the RB-MSAS (Alban et al., 2020; Garforth, 2015). Considering cost effectiveness, but also for a more appropriate future RB-MSAS, it makes sense to rely on combined systems, e.g., farm categorisation for more than one pathogen, or testing for multiple pathogens, if possible, at the same stage and with the same diagnostic method or sample material (Alban et al., 2020; Loreck et al., 2020). Finally, the monitoring and diagnostic criteria should be harmonised to improve RB-MSAS's applicability and to enable better comparisons of the information this system provides. HEIs are a pivotal component of the RB-MSAS, as they enable the categorisation of farms and abattoirs based on their associated risk levels. Through the utilisation of predefined HEIs, it becomes feasible to determine the risk level of animal batches. However, to achieve the intended purpose of risk categorisation, the implementation of combined HEIs is of paramount importance. Exclusively considering individual HEIs would limit the assessment to a single aspect, e.g., HEI 6 *Salmonella* for pigs, which solely focuses on process hygiene.

In our study, we found that raising awareness, farm categorisation and providing feedback to the farms were the most commonly implemented measures in response to identified risks. However, it is interesting to note that abattoir categorisation was significantly less frequently adopted as a risk mitigation measure, despite it being one of the main reasons for using HEIs as proposed by EFSA (2011). Notably, Salines et al. (2023) discovered that none of the examined European countries has implemented HEIs in abattoir categorisation. Moreover, the methods used for abattoir categorisation often deviate from EFSA's recommendations and lack a clear scientific and risk-based basis (Salines et al., 2023).

Regarding farm categorisation, our findings showed that it primarily involved retrospective categorisation of herds, frequently conducted through serological examinations of meat juice samples. On-farm monitoring, which enables the categorisation of the current herd and facilitates the exchange of information from farm to abattoir, was reported to be rarely performed by the respondents. In order to accurately assess the risk associated with biological hazards, it is crucial to consider their prevalence at critical points in the food chain (EFSA, 2011). One significant area of focus is on-farm, as it can be a pivotal stage where the risk is initially generated (EFSA, 2011). The prevalence of the hazard within the animal population serves as a fundamental epidemiological indicator for evaluating the associated risk (EFSA, 2011). However, the retrospective risk categorisation of farms, predominantly conducted at abattoir level, as commonly observed for *Salmonella* in Germany, for

example, (QS-Salmonellenmonitoring, 2023), reveals certain limitations. A closer examination of the German approach highlights a notable emphasis on category III farms, where mandatory improvement measures must be implemented (Anonymous, 2007). Conversely, category I and II farms are often led to believe that no additional measures are necessary, potentially fostering a laissez-faire attitude (Blaha, 2017). Consequently, such farms are at an increased risk of rapidly descending into category III, perpetuating the prevalence of *Salmonella* instead of reducing it (Blaha, 2017). In order to efficiently manage and reduce the occurrence of food-borne biological hazards, it is crucial to implement a comprehensive system, such as MoSSs, along with appropriate risk-reducing measures at all stages of the food chain, starting at farm level. Moving forward, it is necessary to re-evaluate the suitability of EFSA's HEIs to ensure their effectiveness and to identify if any adjustments are required.

#### 4. Conclusion

In general, 88% of the respondents stated that monitoring for *Salmonella* takes place, as did 10% for *Y. enterocolitica*, 2% for *T. gondii*, 90% for *Trichinella* and 31% for *C. cellulosa*. According to our analysis of respondents' answers, the monitoring and sampling conducted to perform examinations for *Salmonella*, *Trichinella* and *C. cellulosa* are based on statutory diagnostics required within meat inspection. For *Salmonella*, this is testing carcasses before chilling as a PHC according to Regulation (EC) No 2073/2005, which corresponds to *Salmonella* HEI 6. In the case of *Trichinella*, it is testing by the tissue digestion method according to Regulation (EU) 2015/1375, which corresponds to *Trichinella* HEIs 1, 2 or 4. *C. cellulosa* is determined within the regular meat inspection according to Regulation (EU) 2019/627, which almost corresponds to the *C. cellulosa* HEI, but requires the addition of PCR confirmation. Most of the other HEIs are either not implemented at all or are implemented by less than 10% of the respondents, with the exception of *Salmonella* HEI 7 (40%). The results not only show a lack of implementation of HEIs for pigs, but also reveal some concerning irregularities within the obligatory monitoring required by EU regulations. Several respondents show a lack of understanding with regard to diagnostic procedures, particularly for *Salmonella*. These respondents do not match the sample materials to the right diagnostic methods or vice versa. Overall, 32% of the respondents who work in EU MSs test for *Salmonella* but do not comply with the PHC (which is legally required), while another 10% of respondents who work in EU MSs do not test at all.

A major tool of the RB-MSAS is risk categorisation of farms. Although this is often mentioned by respondents as a consequence of positive findings, when asked about on-farm monitoring, respondents state that these are not implemented. We conclude that HEIs for pigs are underutilised throughout Europe. HEIs provide valuable data and they should be integrated into FCL. Successful establishment of a RB-MSAS, including the implementation of HEIs, requires the exchange of information between actors at different production stages in both directions, as well as the integration, training and acknowledgement of the professionals tasked with implementing HEIs within a RB-MSAS.

#### CRedit authorship contribution statement

**Ting-Ting Li:** Data curation, Formal analysis, Visualization, Writing – original draft, Writing – review & editing. **Susann Langforth:** Investigation, Writing – review & editing. **Nina Langkabel:** Investigation, Writing – review & editing. **Smaragda Sotiraki:** Conceptualization, Methodology, Writing – review & editing. **Sofia Anastasiadou:** Methodology, Writing – review & editing. **Truls Nesbakken:** Conceptualization, Methodology, Writing – review & editing. **Diana Meemken:** Conceptualization, Methodology, Project administration, Supervision, Writing – review & editing. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

#### Declaration of competing interest

All authors declare that they do not have any conflict of competing interest.

#### Data availability

The data that has been used is confidential.

#### Acknowledgement

This publication is based upon work from COST Action 18105 (Risk-based Meat Inspection and Integrated Meat Safety Assurance; [www.rimins.com](http://www.rimins.com)), supported by COST (European Cooperation in Science and Technology; [www.cost.eu](http://www.cost.eu)).

#### Appendix A. Supplementary data

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109954>.

#### References

- Aguirre, A. A., Longcore, T., Barbieri, M., Dabritz, H., Hill, D., Klein, P. N., Lepczyk, C., Lilly, E. L., McLeod, R., Milearsky, J., Murphy, C. E., Su, C., VanWormer, E., Yolken, R., & Sizemore, G. C. (2019). The one health approach to toxoplasmosis: Epidemiology, control, and prevention strategies. *EcoHealth*, 16(2), 378–390. <https://doi.org/10.1007/s10393-019-01405-7>
- Alban, L., Häslér, B., van Schaik, G., & Ruegg, S. (2020). Risk-based surveillance for meat-borne parasites. *Experimental Parasitology*, 208, Article 107808. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2019.107808>
- Aminjanov, M., Israilov, M., & Qaxxarov, A. (2005). The usage of pork that is infected by cystercosis without frigid decontamination. *International Conference on the Epidemiology and Control of Biological, Chemical and Physical Hazards in Pigs and Pork*, 239. <https://doi.org/10.31274/safepork-180809-766>
- Anonymous. (2007). Verordnung zur Verminderung der Salmonellenverbreitung durch Schlachtschweine (Schweine-Salmonellen-Verordnung). *BGBI, I*, 626 <https://www.gesetze-im-internet.de/schwsalmov/BJNR032200007.html>.
- Arendt, S., Strohbehn, C., & Jun, J. (2015). Motivators and barriers to safe food practices: Observation and interview. *Food Protection Trends*, 35(5), 365–376. <https://www.foodprotection.org/files/food-protection-trends/Sep-Oct-15-arendt.pdf>.
- van Asselt, E. D., Hoffmans, Y., Hoek-van den Hil, E. F., & van der Fels-Klerx, H. J. (2021). Methods to perform risk-based inspections of food companies. *Journal of Food Science*, 86(12), 5078–5086. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15978>
- van Asselt, E. D., Sterrenburg, P., Noordam, M. Y., & van der Fels-Klerx, H. J. (2012). Overview of available methods for risk based control within the European union. *Trends in Food Science & Technology*, 23(1), 51–58. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.08.009>
- Basso, W., Hartnack, S., Pardini, L., Maksimov, P., Koudela, B., Venturini, M. C., Schares, G., Sidler, X., Lewis, F. I., & Deplazes, P. (2013). Assessment of diagnostic accuracy of a commercial ELISA for the detection of *Toxoplasma gondii* infection in pigs compared with IFAT, TgSAG1-ELISA and Western blot, using a Bayesian latent class approach. *International Journal for Parasitology*, 43(7), 565–570. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2013.02.003>
- Blagojevic, B. (2019). A path towards modernisation of meat safety assurance in European abattoirs. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 333(1), Article 012013. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/333/1/012013>
- Blagojevic, B., & Antic, D. (2014). Assessment of potential contribution of official meat inspection and abattoir process hygiene to biological safety assurance of final beef and pork carcasses. *Food Control*, 36(1), 174–182. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.08.018>
- Blagojevic, B., Nesbakken, T., Alvsøe, O., Vågsholm, I., Antic, D., Jöhler, S., Houf, K., Meemken, D., Nastasijevic, I., Vieira Pinto, M., Antunovic, B., Georgiev, M., & Alban, L. (2021). Drivers, opportunities, and challenges of the European risk-based meat safety assurance system. *Food Control*, 124, Article 107870. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107870>
- Blaha, T. (2017). *The German Salmonella serological monitoring programme*. [https://www.pig333.com/articles/th-e-german-salmonella-serological-monitoring-programme\\_12395/#comments](https://www.pig333.com/articles/th-e-german-salmonella-serological-monitoring-programme_12395/#comments).
- Bonardi, S., Blagojevic, B., Belluco, S., Roasto, M., Gomes-Neves, E., & Vågsholm, I. (2021). Food chain information in the European pork industry: Where are we? *Trends in Food Science & Technology*, 118, 833–839. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.030>
- Bouwknegt, M., Devleeschauwer, B., Graham, H., Robertson, L. J., van der Giessen, J. W., & Euro-FBP workshop participants. (2018). Prioritisation of food-borne parasites in Europe, 2016. *Euro Surveillance*, 23(9), 17–161. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2018.23.9.17-00161>
- Buncic, S., Alban, L., & Blagojevic, B. (2019). From traditional meat inspection to development of meat safety assurance programs in pig abattoirs – the European

- situation. *Food Control*, 106, Article 106705. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.06.031>
- Develeeschauwer, B., Allepuz, A., Dermauw, V., Johansen, M. V., Laranjo-González, M., Smit, G. S. A., Sotiraki, S., Trevisan, C., Wardrop, N. A., Dorny, P., & Gabriël, S. (2017). *Taenia solium* in Europe: Still endemic? *Acta Tropica*, 165, 96–99. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2015.08.006>
- EFSA & ECDC. (2018). The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2017. *EFSA Journal*, 16(12). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5500>
- EFSA & ECDC. (2019). The European union one health 2018 zoonoses report. *EFSA Journal*, 17(12). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5926>
- EFSA & ECDC. (2021a). The European union one health 2019 zoonoses report. *EFSA Journal*, 19(2). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6406>
- EFSA & ECDC. (2021b). The European union one health 2020 zoonoses report. *EFSA Journal*, 19(12). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6971>
- EFSA & ECDC. (2022). The European union one health 2021 zoonoses report. *EFSA Journal*, 20(12). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7666>
- EFSA. (2011). Technical specifications on harmonised epidemiological indicators for public health hazards to be covered by meat inspection of swine. *EFSA Journal*, 9(10), 2371. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2371>
- EFSA Panel on Biological Hazards. (2011). Scientific Opinion on the public health hazards to be covered by inspection of meat (swine). *EFSA Journal*, 9(10), 2351. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2351>
- European Commission. (2003). *Directive 2003/99/EC of the European Parliament and of the Council of 17 November 2003 on the monitoring of zoonoses and zoonotic agents*. amending Council Decision 90/424/EEC and repealing Council Directive 92/117/EEC OJ, L 325, 31 <http://data.europa.eu/eli/dir/2003/99/2013-07-01>.
- European Commission. (2004). Regulation (EC) No 854/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 laying down specific rules for the organisation of official controls on products of animal origin intended for human consumption. *OJ, L*, 139, 206. <http://data.europa.eu/eli/reg/2004/854/2019-01-01>.
- European Commission. (2005a). 2005 of 14 October 2005 implementing Regulation (EC) No 853/2004 of the European Parliament and of the Council as regards special guarantees concerning *Salmonella* for consignments to Finland and Sweden of certain meat and eggs. *OJ, L*, 271, 17. Commission Regulation (EC) No 1688/2005. <http://data.europa.eu/eli/reg/2005/1688/2011-12-19>.
- European Commission. (2005b). Commission Regulation (EC) No 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. *OJ, L*, 338, 1. <http://data.europa.eu/eli/reg/2005/2073/2020-03-08>.
- European Commission. (2015). Commission Implementing Regulation (EU) 2015/1375 of 10 August 2015 laying down specific rules on official controls for *Trichinella* in meat. *OJ, L*, 212, 7. [http://data.europa.eu/eli/reg\\_impl/2015/1375/2022-09-12](http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2015/1375/2022-09-12).
- European Commission. (2017). *Regulation (EU) 2017/625 of the European Parliament and of the Council of 15 March 2017 on official controls and other official activities performed to ensure the application of food and feed law, rules on animal health and welfare, plant health and plant protection products, amending Regulations (EC) No 999/2001 (EC) No 396/2005, (EC) No 1069/2009, (EC) No 1107/2009, (EU) No 1151/2012, (EU) No 652/2014, (EU) 2016/429 and (EU) 2016/2031 of the European Parliament and of the Council, Council Regulations (EC) No 1/2005 and (EC) No 1099/2009 and Council Directives 98/58/EC, 1999/74/EC, 2007/43/EC, 2008/119/EC and 2008/120/EC, and repealing Regulations (EC) No 854/2004 and (EC) No 882/2004 of the European Parliament and of the Council, Council Directives 89/608/EEC, 89/662/EEC, 90/425/EEC, 91/496/EEC, 96/23/EC, 96/93/EC, 96/93/EC and 97/78/EC and Council Decision 92/438/EEC (Official Controls Regulation). *OJ, L* 095, 1 <http://data.europa.eu/eli/reg/2017/625/2022-01-28>.*
- European Commission. (2019). *Commission Implementing Regulation (EU) 2019/627 of 15 March 2019 laying down uniform practical arrangements for the performance of official controls on products of animal origin intended for human consumption in accordance with Regulation (EU) 2017/625 of the European Parliament and of the Council and amending Commission Regulation (EC) No 2074/2005 as regards official controls*. *OJ, L* 131, 51 [http://data.europa.eu/eli/reg\\_impl/2019/627/2021-10-14](http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2019/627/2021-10-14).
- European Commission. (2022). *Slaughtering in slaughterhouses - annual data*. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/APRO\\_MT\\_PANN\\_custom\\_4263558/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/APRO_MT_PANN_custom_4263558/default/table?lang=en).
- European Commission. (2023). *Control of Trichinella*. [https://food.ec.europa.eu/safety/biological-safety/food-borne-diseases-zoonoses/control-trichinella\\_en](https://food.ec.europa.eu/safety/biological-safety/food-borne-diseases-zoonoses/control-trichinella_en).
- EuroVoc. (2023). <https://eur-lex.europa.eu/browse/eurovoc.html?params=72,7206#a#r7206>.
- Felin, E., Hälli, O., Heinonen, M., Jukola, E., & Fredriksson-Ahomaa, M. (2019). Assessment of the feasibility of serological monitoring and on-farm information about health status for the future meat inspection of fattening pigs. *Preventive Veterinary Medicine*, 162, 76–82. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.11.009>
- Felin, E., Jukola, E., Raulo, S., & Fredriksson-Ahomaa, M. (2015). Meat juice serology and improved food chain information as control tools for pork-related public health hazards. *Zoonoses and Public Health*, 62(6), 456–464. <https://doi.org/10.1111/zph.12174>
- Ferri, M., Blagojevic, B., Maurer, P., Hengl, B., Guldimann, C., Mojsova, S., Sakaridis, I., Antunovic, B., Gomes-Neves, E., Zdolec, N., Vieira-Pinto, M., & Jöhler, S. (2023). Risk based meat safety assurance system – an introduction to key concepts for future training of official veterinarians. *Food Control*, 146, Article 109552. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109552>
- Foroutan, M., Fakhri, Y., Riahi, S. M., Ebrahimpour, S., Namroodi, S., Taghipour, A., Spotin, A., Gamble, H. R., & Rostami, A. (2019). The global seroprevalence of *Toxoplasma gondii* in pigs: A systematic review and meta-analysis. *Veterinary Parasitology*, 269, 42–52. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2019.04.012>
- Fredriksson-Ahomaa, M. (2014). Risk-based meat inspection. In *Meat inspection and control in the slaughterhouse* (pp. 157–161). <https://doi.org/10.1002/9781118525821.ch7>
- Gamble, H. R. (2022). *Trichinella* spp. control in modern pork production systems. *Food and Waterborne Parasitology*, 28, Article e00172. <https://doi.org/10.1016/j.fawpar.2022.e00172>
- Garforth, C. (2015). Livestock keepers' reasons for doing and not doing things which governments, vets and scientists would like them to do. *Zoonoses and Public Health*, 62(s1), 29–38. <https://doi.org/10.1111/zph.12189>
- International Organization for Standardization. (2017). *Microbiology of the food chain — horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of Salmonella — Part 1: Detection of Salmonella spp (ISO 6579-1)* <https://www.iso.org/standard/56712.html>
- Kijlstra, A., & Jongert, E. (2008). Control of the risk of human toxoplasmosis transmitted by meat. *International Journal for Parasitology*, 38(12), 1359–1370. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2008.06.002>
- Kuruca, L., Belluco, S., Vieira-Pinto, M., Antic, D., & Blagojevic, B. (2023). Current control options and a way towards risk-based control of *Toxoplasma gondii* in the meat chain. *Food Control*, 146, Article 109556. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109556>
- Laranjo-González, M., Develeeschauwer, B., Trevisan, C., Allepuz, A., Sotiraki, S., Abraham, A., Afonso, M. B., Blocher, J., Cardoso, L., Correia da Costa, J. M., Dorny, P., Gabriël, S., Gomes, J., Gómez-Morales, M. A., Jokelainen, P., Kaminski, M., Krt, B., Magnussen, P., Robertson, L. J., & Dermauw, V. (2017). Epidemiology of taeniosis/cysticercosis in Europe, a systematic review. *Western European Parasites & Vectors*, 10(1), 349. <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2280-8>
- Loreck, K., Mitrenga, S., Heinze, R., Ehrlich, R., Engemann, C., Lueken, C., Ploetz, M., Greiner, M., & Meemken, D. (2020). Use of meat juice and blood serum with a miniaturised protein microarray assay to develop a multi-parameter IgG screening test with high sample throughput potential for slaughtering pigs. *BMC Veterinary Research*, 16(1), 106. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02308-4>
- Manning, L., & Soon, J. M. (2019). Food fraud vulnerability assessment: Reliable data sources and effective assessment approaches. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 159–168. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.007>
- Mari, N., Saija, K., & Janne, L. (2013). Significance of official food control in food safety: Food business operators' perceptions. *Food Control*, 31(1), 59–64. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.09.041>
- Meemken, D., Tangemann, A. H., Meermeier, D., Gundlach, S., Mischok, D., Greiner, M., Klein, G., & Blaha, T. (2014). Establishment of serological herd profiles for zoonoses and production diseases in pigs by “meat juice multi-serology”. *Preventive Veterinary Medicine*, 113(4), 589–598. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.12.006>
- Moreira, L. M., Milan, C., Gonçalves, T. G., Ebersol, C. N., Lima, H. G. d., & Timm, C. D. (2019). Contamination of pigs by *Yersinia enterocolitica* in the abattoir flowchart and its relation to the farm. *Ciência Rural*, 49(8). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20181040>
- Moyer, D. C., DeVries, J. W., & Spink, J. (2017). The economics of a food fraud incident – case studies and examples including Melamine in Wheat Gluten. *Food Control*, 71, 358–364. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.07.015>
- Nastasićević, L., Veskočić, S., & Milijasević, M. (2020). Meat safety: Risk based assurance systems and novel technologies. *Meat Technology*, 61(2), 97–119. <https://doi.org/10.14845/meattech.2020.61.2.1>
- Nesbakken, T., Iversen, T., Eckner, K., & Lüum, B. (2006). Testing of pathogenic *Yersinia enterocolitica* in pig herds based on the natural dynamic of infection. *International Journal of Food Microbiology*, 111(2), 99–104. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.04.019>
- Nesbakken, T., Sljerve, E., & Lüum, B. (2019). The successful control of *Salmonella* in Norway. *Safe Pork*, 13(1), 91–92.
- Opsteegh, M., Maas, M., Schares, G., & van der Giessen, J. (2016). Relationship between seroprevalence in the main livestock species and presence of *Toxoplasma gondii* in meat (GP/EFSA/BIOHAZ/2013/01) an extensive literature review. *Final report. EFSA Supporting Publications*, 13(2), 996E. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2016.EN-996>
- Qs-Salmonellenmonitoring. (2023). <https://www.qs.de/monitoring-programme/monitoringprogramme-salmonellen.html>
- Rotterud, O. J., Gravning, G. E. N., Hauge, S. J., & Alvsøe, O. (2020). Hygiene performance rating—an auditing scheme for evaluation of slaughter hygiene. *MethodsX*, 7, Article 100829. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2020.100829>
- van Ruth, S. M., Luning, P. A., Silvis, I. C. J., Yang, Y., & Huisman, W. (2018). Differences in fraud vulnerability in various food supply chains and their tiers. *Food Control*, 84, 375–381. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.08.020>
- Salines, M., Lazou, T., Gomez-Luengo, J., Holthe, J., Nastasićević, I., Bouwknegt, M., Dadios, N., Houf, K., Blagojevic, B., & Antic, D. (2023). Risk categorisation of abattoirs in Europe: Current state of play. *Food Control*, 152, Article 109863. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109863>
- Spink, J., Chen, W., Zhang, G., & Speier-Perro, C. (2019). Introducing the food fraud prevention cycle (FFPC): A dynamic information management and strategic road map. *Food Control*, 105, 233–241. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.06.002>
- Steinparzer, R., Reisp, K., Grünberger, B., Köfer, J., Schmolz, F., & Sattler, T. (2015). Comparison of different commercial serological tests for the detection of *Toxoplasma gondii* antibodies in serum of naturally exposed pigs. *Zoonoses and Public Health*, 62(2), 119–124. <https://doi.org/10.1111/zph.12122>
- Stelzer, S., Basso, W., Benavides Silván, J., Ortega-Mora, L. M., Maksimov, P., Gethmann, J., Conraths, F. J., & Schares, G. (2019). *Toxoplasma gondii* infection and toxoplasmosis in farm animals: Risk factors and economic impact. *Food and Waterborne Parasitology*, 15, Article e00037. <https://doi.org/10.1016/j.fawpar.2019.e00037>

T.-T. Li et al.

Food Control 153 (2023) 109954

- Trevisan, C., Sotiraki, S., Laranjo-González, M., Dermauw, V., Wang, Z., Kärssin, A., Cvetković, A., Winkler, A. S., Abraham, A., Bobić, B., Lassen, B., Cretu, C. M., Vasile, C., Arvanitis, D., Dekse, G., Boro, I., Kucsera, L., Karamon, J., Stefanovska, J., & Devleeschauwer, B. (2018). Epidemiology of taeniosis/cysticercosis in Europe, a systematic review: Eastern Europe. *Parasites & Vectors*, *11*(1), 569. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-3153-5>
- Van Damme, I., Berkvens, D., Vanantwerpen, G., Baré, J., Houf, K., Wauters, G., & De Zutter, L. (2015). Contamination of freshly slaughtered pig carcasses with enteropathogenic *Yersinia* spp.: Distribution, quantification and identification of risk factors. *International Journal of Food Microbiology*, *204*, 33–40. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.03.016>
- Van Damme, I., Vanantwerpen, G., Berkvens, D., & De Zutter, L. (2014). Relation between serology of meat juice and bacteriology of tonsils and feces for the detection of enteropathogenic *Yersinia* spp. in pigs at slaughter. *Foodborne Pathogens and Disease*, *11*(8), 596–601. <https://doi.org/10.1089/fpd.2014.1743>
- Villar, M. J., Virtanen, S., Laukkanen-Ninios, R., & Korkeala, H. (2015). Bayesian modelling to identify the risk factors for *Yersinia enterocolitica* contamination of pork carcasses and pluck sets in slaughterhouses. *International Journal of Food Microbiology*, *197*, 53–57. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.12.020>
- Wallander, C., Frössling, J., Vågsholm, I., Burrells, A., & Lundén, A. (2015). "Meat juice" is not a homogeneous serological matrix. *Foodborne Pathogens and Disease*, *12*(4), 280–288. <https://doi.org/10.1089/fpd.2014.1863>
- Zdolec, N., Dobranić, V., & Filipović, I. (2015). Prevalence of *Salmonella* spp. and *Yersinia enterocolitica* in/on tonsils and mandibular lymph nodes of slaughtered pigs. *Folia Microbiologica*, *60*(2), 131–135. <https://doi.org/10.1007/s12223-014-0356-9>

### 3.1.1. Supplementary data

#### WG2\_Pig

##### Questionnaire Swine

The present questionnaire is made under the activities of the Working Group 2 of the **EU COST Action Network [CA18105]** entitled "**Risk-based meat inspection and integrated meat safety assurance – RIBMINS**".

The aim of the RIBMINS network is to combine and strengthen European-wide research efforts regarding development of modern meat safety control systems on different animal species. For more information see our webpage: <https://ribmins.com/>

---

##### **Introduction and instructions**

The aim of the questionnaire is to collect information with regards to Food Chain Information (FCI) and Harmonized Epidemiological Indicators (HEIs) for **Swine** (see EFSA Journal 2011; 9(10): 2371).

*An epidemiological indicator is defined as the prevalence or concentration of the hazard at a certain stage of the food chain or an indirect measure of the hazard that correlates to human health risk caused by the hazard.*

The focus lies on facts regarding the status-quo of the content and the application in your direct scope of influence as well as on your proposals for optimization.

The questionnaire is composed of:

- A) General information
- B) Food chain information
- C) Harmonized epidemiological indicators (HEIs) on *Salmonella spp.*, *Yersinia enterocolitica*, *Toxoplasma gondii*, *Trichinella spp.* and *Cysticercus cellulosae*.

When filling in the questionnaire, you can save changes, exit, and resume at any time.

**A. General information**

**A.1 In which country are you working? \***

**A.2 What is your role? \***

Meat inspection officer

Food business operator / Quality assurance manager

Other

**A.3 What is the number of average estimated pig slaughterings in your slaughterhouse? \***

< 1,000/week

1,001 – 10,000/week

10,001 – 100,000/week

> 100,000/week



**C. Harmonized Epidemiological Indicators (HEIs)**

***Salmonella* spp.**

**C.1 Are you testing for *Salmonella* spp.?**

Yes
  No

**C.1.1 What type of monitoring/surveillance system is in place for *Salmonella* spp.? \***

You can select multiple options.

Official monitoring
  Official surveillance (monitoring plus pre-defined reactions)

Private monitoring
  Private surveillance (monitoring plus pre-defined reactions)

**C.1.2 Where are you testing for *Salmonella* spp.? \***

You can select multiple options.

on farm

slaughterhouse before chilling

slaughterhouse after chilling

Other

**C.1.2.1 *Salmonella* spp. - Sampling point: on farm \***

**Which samples will be taken or used?**  
(You can select multiple options.)

Sample: faeces
  Sample: blood
  Sample: oral fluids

Sample: feed raw material (only microbiology relevant)
  Sample: commercial feed (only microbiology relevant)
  Sample: perform an audit

Other

**C.1.2.2 *Salmonella* spp. - Sampling point: on farm \***

**Which methods will be used?**

(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Method: microbiology	<input type="checkbox"/> Method: PCR	<input type="checkbox"/> Method: serology
<input type="checkbox"/> Method: auditing	<input type="checkbox"/> Other	

**C.1.2.3 *Salmonella* spp. - Sampling point: Slaughterhouse *before* chilling \***

**Which samples will be taken or used?**

(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Sample: meat juice	<input type="checkbox"/> Sample: blood	<input type="checkbox"/> Sample: ileal content
<input type="checkbox"/> Sample: carcass swab	<input type="checkbox"/> Other	

**C.1.2.4 *Salmonella* spp. - Sampling point: Slaughterhouse *before* chilling \***

**Which methods will be used?**

(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Method: microbiology	<input type="checkbox"/> Method: PCR	<input type="checkbox"/> Method: serology
<input type="checkbox"/> Other		

**C.1.2.5 *Salmonella* spp. - Sampling point: Slaughterhouse *after* chilling \***

**Which samples will be taken or used?**

(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Sample: meat juice	<input type="checkbox"/> Sample: carcass swab	<input type="checkbox"/> Sample: tissue sample
<input type="checkbox"/> Other		

**C.1.2.6 *Salmonella* spp. - Sampling point: Slaughterhouse *after* chilling \***

**Which methods will be used?**

(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Method: microbiology	<input type="checkbox"/> Method: PCR	<input type="checkbox"/> Other
---	--------------------------------------	--------------------------------

**C.1.3 *Salmonella* spp. \***

**Which reactions / consequences on the monitoring are applied for this or for future deliveries of batches?**

(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Reaction: categorisation of farms	<input type="checkbox"/> Reaction: categorisation of slaughterhouses	<input type="checkbox"/> Reaction: Raising awareness
<input type="checkbox"/> Reaction: logistic slaughter	<input type="checkbox"/> Reaction: Reduction of line speed	<input type="checkbox"/> Reaction: preselection of batches before slaughter
<input type="checkbox"/> Reaction: channeling of the processed products	<input type="checkbox"/> Reaction: feedback to the farm	<input type="checkbox"/> Reaction: intensification of meat inspection
	<input type="checkbox"/> Reaction: surveillance of slaughter hygiene	<input type="checkbox"/> Other

***Yersinia enterocolitica***

**C.2 Are you testing for *Yersinia enterocolitica*? \***

<input type="radio"/> Yes	<input type="radio"/> No
---------------------------	--------------------------

**C.2.1 What type of monitoring system is in place for *Yersinia enterocolitica*? \***

You can select multiple options.

<input type="checkbox"/> Official monitoring	<input type="checkbox"/> Official surveillance (monitoring plus pre-defined reactions)
<input type="checkbox"/> Private monitoring	<input type="checkbox"/> Private surveillance (monitoring plus pre-defined reactions)

**C.2.2 Where are you testing for *Yersinia enterocolitica*? \***

You can select multiple options.

<input type="checkbox"/> on farm
<input type="checkbox"/> slaughterhouse before chilling
<input type="checkbox"/> slaughterhouse after chilling
<input type="checkbox"/> Other

**C.2.2.1 *Yersinia enterocolitica* - Sampling point: on farm \***

**Which samples will be taken or used?**  
(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Sample: Faeces	<input type="checkbox"/> Sample: blood	<input type="checkbox"/> Sample: oral fluids
<input type="checkbox"/> Sample: perform an audit	<input type="checkbox"/> Sample: other	<input type="checkbox"/> Other

**C.2.2.2 *Yersinia enterocolitica* - Sampling point: on farm \***

**Which methods will be used?**

<input type="checkbox"/> Method: microbiology	<input type="checkbox"/> Method: PCR	<input type="checkbox"/> Method: serology
<input type="checkbox"/> Method: auditing	<input type="checkbox"/> Other	

**C.2.2.3 *Yersinia enterocolitica* - Sampling point: slaughterhouse before chilling \***

**Which samples will be taken or used?**  
(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Sample: meat juice	<input type="checkbox"/> Sample: blood	<input type="checkbox"/> Sample: tonsil
<input type="checkbox"/> Sample: ileal content	<input type="checkbox"/> Sample: carcass swab	<input type="checkbox"/> Sample: other
<input type="checkbox"/> Other		

**C.2.2.4 *Yersinia enterocolitica* - Sampling point: slaughterhouse before chilling \***

**Which methods will be used?**  
(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Method: microbiology	<input type="checkbox"/> Method: PCR	<input type="checkbox"/> Method: serology
<input type="checkbox"/> Other		

**C.2.2.5 *Yersinia enterocolitica* - Sampling point: slaughterhouse after chilling \***

**Which samples will be taken or used?**  
(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Sample: carcass swab	<input type="checkbox"/> Sample: tissue sample	<input type="checkbox"/> Other
---	--	--------------------------------

**C.2.2.6 *Yersinia enterocolitica* - Sampling point: slaughterhouse after chilling \***

**Which methods will be used?**  
(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Method: microbiology	<input type="checkbox"/> Method: PCR	<input type="checkbox"/> Other
---	--------------------------------------	--------------------------------

**C.2.3 *Yersinia enterocolitica* - Reactions on the monitoring**

**Which reactions / consequences on the monitoring are applied for this or for future deliveries of batches?**  
(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Reaction: categorisation of farms	<input type="checkbox"/> Reaction: categorisation of slaughterhouses	<input type="checkbox"/> Reaction: raising awareness
<input type="checkbox"/> Reaction: logistic slaughter	<input type="checkbox"/> Reaction: reduction of line speed	<input type="checkbox"/> Reaction: preselection of batches before slaughter
<input type="checkbox"/> Reaction: channeling of the processed products	<input type="checkbox"/> Reaction: Surveillance of slaughter hygiene	<input type="checkbox"/> Reaction: intensification of meat inspection
		<input type="checkbox"/> Reaction: feedback to the farm
		<input type="checkbox"/> Reaction: nothing
<input type="checkbox"/> Other		

***Toxoplasma gondii***

**C.3 Are you testing for *Toxoplasma gondii*? \***

<input type="radio"/> Yes	<input type="radio"/> No
---------------------------	--------------------------

**C.3.1 What type of monitoring system is in place for *Toxoplasma gondii*? \***

You can select multiple options.

<input type="checkbox"/> Official monitoring	<input type="checkbox"/> Official surveillance (monitoring plus pre-defined reactions)
<input type="checkbox"/> Private monitoring	<input type="checkbox"/> Private surveillance (monitoring plus pre-defined reactions)

**C.3.2 Where are you testing for *Toxoplasma gondii*? \***

You can select multiple options.

<input type="checkbox"/> on farm
<input type="checkbox"/> slaughterhouse before chilling
<input type="checkbox"/> slaughterhouse after chilling
<input type="checkbox"/> Other

**C.3.2.1 *Toxoplasma gondii* - Sampling point: on farm \***

**Which samples will be taken or used?**  
(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Sample: blood	<input type="checkbox"/> Sample: oral fluids	<input type="checkbox"/> Sample: perform an audit
<input type="checkbox"/> Other		

**C.3.2.2 *Toxoplasma gondii* - Sampling point: on farm \***

**Which methods will be used?**  
(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Method: PCR	<input type="checkbox"/> Method: serology	<input type="checkbox"/> Method: auditing
<input type="checkbox"/> Other		

**C.3.2.3 *Toxoplasma gondii* - Sampling point: slaughterhouse before chilling**

**Which samples will be taken or used?**  
(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Sample: meat juice	<input type="checkbox"/> Sample: blood	<input type="checkbox"/> Sample: tissue sample
<input type="checkbox"/> Other		

**C.3.2.4 *Toxoplasma gondii* - Sampling point: slaughterhouse before chilling \***

**Which methods will be used?**  
(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Method: PCR	<input type="checkbox"/> Method: serology	<input type="checkbox"/> Other
--------------------------------------	---	--------------------------------

**C.3.2.5 *Toxoplasma gondii* - Sampling point: slaughterhouse after chilling****Which samples will be taken or used?**

(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Sample: meat juice	<input type="checkbox"/> Sample: tissue sample	<input type="checkbox"/> Other
---	--	--------------------------------

**C.3.2.6 *Toxoplasma gondii* - Sampling point: slaughterhouse after chilling \*****Which methods will be used?**

(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Method: PCR	<input type="checkbox"/> Method: serology	<input type="checkbox"/> Other
--------------------------------------	---	--------------------------------

**C.3.3 *Toxoplasma gondii* - Reactions on the monitoring \*****Which reactions / consequences on the monitoring are applied for this or for future deliveries of batches?**

(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Reaction: categorisation of farms	<input type="checkbox"/> Reaction: categorisation of slaughterhouses	<input type="checkbox"/> Reaction: raising awareness
<input type="checkbox"/> Reaction: logistic slaughter	<input type="checkbox"/> Reaction: reduction of line speed	<input type="checkbox"/> Reaction: preselection of batches before slaughter
<input type="checkbox"/> Reaction: channeling of the processed products	<input type="checkbox"/> Reaction: surveillance of the slaughter hygiene	<input type="checkbox"/> Reaction: intensification of meat inspection
<input type="checkbox"/> Other	<input type="checkbox"/> Reaction: feedback to the farm	<input type="checkbox"/> Reaction: nothing

***Trichinella* spp.****C.4 Are you testing for *Trichinella* spp.?**

<input type="radio"/> Yes	<input type="radio"/> No
---------------------------	--------------------------

**C.4.1 What type of monitoring system is in place for *Trichinella* spp.? \***

You can select multiple options.

<input type="checkbox"/> Official monitoring	<input type="checkbox"/> Official surveillance (monitoring plus pre-defined reactions)
<input type="checkbox"/> Private monitoring	<input type="checkbox"/> Private surveillance (monitoring plus pre-defined reactions)

**C.4.2 Where are you testing for *Trichinella* spp.? \***

You can select multiple options.

<input type="checkbox"/> on farm
<input type="checkbox"/> slaughterhouse before chilling
<input type="checkbox"/> slaughterhouse after chilling
<input type="checkbox"/> Other

**C.4.2.1 *Trichinella* spp. - Sampling point: on farm \***

**Which samples will be taken or used?**

(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Sample: blood	<input type="checkbox"/> Sample: perform an audit	<input type="checkbox"/> Other
--	---	--------------------------------

**C.4.2.2 *Trichinella* spp. - Sampling point: on farm \***

**Which methods will be used?**

(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Method: serology	<input type="checkbox"/> Method: PCR	<input type="checkbox"/> Method: auditing
<input type="checkbox"/> Other		

**C.4.2.3 *Trichinella* spp. - Sampling point: slaughterhouse before chilling \***

**Which samples will be taken or used?**

(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Sample: tissue sample	<input type="checkbox"/> Sample: meat juice	<input type="checkbox"/> Sample: blood
<input type="checkbox"/> Other		

**C.4.2.4 *Trichinella* spp. - Sampling point: slaughterhouse before chilling \***



**Which methods will be used?**

(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Method: digestion	<input type="checkbox"/> Method: PCR	<input type="checkbox"/> Method: serology
<input type="checkbox"/> Other <input type="text"/>		

**C.4.2.5 *Trichinella* spp. - Sampling point: slaughterhouse after chilling \***

**Which samples will be taken or used?**

(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Sample: tissue sample	<input type="checkbox"/> Sample: meat juice	<input type="checkbox"/> Other <input type="text"/>
--	---	---

**C.4.2.6 *Trichinella* spp. - Sampling point: slaughterhouse after chilling \***

**Which methods will be used?**

(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Method: digestion	<input type="checkbox"/> Method: serology	<input type="checkbox"/> Method: PCR
<input type="checkbox"/> Other <input type="text"/>		

**C.4.3 *Trichinella* spp. - Reactions on the monitoring \***

**Which reactions / consequences on the monitoring are applied for this or for future deliveries of batches?**

(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Reaction: categorisation of farms	<input type="checkbox"/> Reaction: categorisation of slaughterhouses	<input type="checkbox"/> Reaction: raising awareness
<input type="checkbox"/> Reaction: logistic slaughter	<input type="checkbox"/> Reaction: reduction of line speed	<input type="checkbox"/> Reaction: preselection of batches before slaughter
<input type="checkbox"/> Reaction: channeling of the processed products	<input type="checkbox"/> Reaction: surveillance of the slaughter hygiene	<input type="checkbox"/> Reaction: intensification of meat inspection
		<input type="checkbox"/> Reaction: feedback to the farm
		<input type="checkbox"/> Reaction: nothing
<input type="checkbox"/> Other <input type="text"/>		

### *Cysticercus cellulosae*

#### C.5 Are you testing for *Cysticercus cellulosae*?

<input type="radio"/> Yes	<input type="radio"/> No
---------------------------	--------------------------

#### C.5.1 What type of monitoring system is in place for *Cysticercus cellulosae*? \*

You can select multiple options.

<input type="checkbox"/> Official monitoring	<input type="checkbox"/> Official surveillance (monitoring plus pre-defined reactions)
<input type="checkbox"/> Private monitoring	<input type="checkbox"/> Private surveillance (monitoring plus pre-defined reactions)

#### C.5.2 Where are you testing for *Cysticercus cellulosae*? \*

You can select multiple options.

<input type="checkbox"/> on farm
<input type="checkbox"/> slaughterhouse before chilling
<input type="checkbox"/> slaughterhouse after chilling
<input type="checkbox"/> Other

#### C.5.2.1 *Cysticercus cellulosae* - Sampling point: on farm \*

##### Which samples will be taken or used?

(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Sample: blood	<input type="checkbox"/> Sample: perform an audit	<input type="checkbox"/> Sample: oral fluids
<input type="checkbox"/> Other		

#### C.5.2.2 *Cysticercus cellulosae* - Sampling point: on farm \*

##### Which methods will be used?

(You can select multiple options.)

<input type="checkbox"/> Method: serology	<input type="checkbox"/> Method: PCR	<input type="checkbox"/> Method: auditing
---	--------------------------------------	---

Other

**C.5.2.3 *Cysticercus cellulosae* - Sampling point: slaughterhouse before chilling \***

**Which samples will be taken or used?**  
(You can select multiple options.)

 Sample: meat juice

 Sample: blood

 Sample: tissue sample

 Other

**C.5.2.4 *Cysticercus cellulosae* - Sampling point: slaughterhouse before chilling \***

**Which methods will be used?**  
(You can select multiple options.)

 Method: PCR

 Method: serology

 Method: visual meat inspection

 Other

**C.5.2.5 *Cysticercus cellulosae* - Sampling point: slaughterhouse after chilling \***

**Which samples will be taken or used?**  
(You can select multiple options.)

 Sample: meat juice

 Sample: tissue sample

 Other

**C.5.2.6 *Cysticercus cellulosae* - Sampling point: slaughterhouse after chilling \***

**Which samples will be taken or used?**  
(You can select multiple options.)

 Method: PCR

 Method: serology

 Other

**C.5.3 *Cysticercus cellulosae* - Reactions on the monitoring \***

**Which reactions / consequences on the monitoring are applied for this or for future deliveries of batches?**  
(You can select multiple options.)

 Reaction: categorisation of farms

 Reaction: categorisation of slaughterhouses

 Reaction: raising awareness

 Reaction: preselection of batches before slaughter

<input type="checkbox"/> Reaction: logistic slaughter	<input type="checkbox"/> Reaction: reduction of line speed	<input type="checkbox"/> Reaction: intensification of meat inspection
<input type="checkbox"/> Reaction: channeling of the processed products	<input type="checkbox"/> Reaction: freezing the meat	<input type="checkbox"/> Reaction: surveillance of the slaughter hygiene
<input type="checkbox"/> Reaction: feedback to the farm	<input type="checkbox"/> Reaction: nothing	<input type="checkbox"/> Other

---

### Additional Monitoring

**C.6 Would you like to have an additional monitoring system for one or more of the pathogens? \***

<input type="radio"/> Yes	<input type="radio"/> No
---------------------------	--------------------------

**C.6.1 Please specify which kind of monitoring system would you like to have and what are your suggestions?**

***Salmonella spp.***

Please type a text regarding:  
sampling point  
sample  
test method  
type of monitoring  
reaction to be taken

**C.6.2 Please specify which kind of monitoring system would you like to have and what are your suggestions?**

***Yersinia enterocolitica***

Please type a text regarding:  
sampling point  
sample  
test method  
type of monitoring  
reaction to be taken

**C.6.3 Please specify which kind of monitoring system would you like to have and what are your suggestions?**

*Trichinella spp.*

Please type a text regarding:  
sampling point  
sample  
test method  
type of monitoring  
reaction to be taken

**C.6.4 Please specify which kind of monitoring system would you like to have and what are your suggestions?**

*Toxoplasma gondii*

Please type a text regarding:  
sampling point  
sample  
test method  
type of monitoring  
reaction to be taken

**C.6.5 Please specify which kind of monitoring system would you like to have and what are your suggestions?**

*Cysticercus cellulosae*

Please type a text regarding:  
sampling point  
sample  
test method  
type of monitoring  
reaction to be taken

**C.6.6 Please specify which kind of monitoring system would you like to have and what are your suggestions?**

**Hepatitis E**

Please type a text regarding:

- sampling point
- sample
- test method
- type of monitoring
- reaction to be taken

**6.7 Are there other pathogens, you like to monitor? Please list them below:**

**3.1. Food chain information for broilers, pigs and bovines in Europe: Comparison of report forms and definitions of the relevant period for reporting treatments with veterinary medicinal products with withdrawal periods**

Autor\*innen: Ting-Ting Li, Diana Meemken, Boris Antunovic, Truls Nesbakken, Susann Langforth

Journal: Food Control

Impact Factor: 6 (2024)

Datum der Veröffentlichung: 17. August 2023

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110054>

Diese Veröffentlichung muss online erworben werden.

Anteilsklärung an der Publikation:

TTL und SL konzipierten gemeinsam die Umfrage. Die Datenerhebung wurde von TTL in engem Austausch mit DM und SL durchgeführt. TTL führte eigenständig die Auswertung und Interpretation der Daten durch. Die Ergebnisse wurden mit SL diskutiert und anschließend führte TTL eigenständig die statistische Datenanalyse sowie die Visualisierung der Daten durch. TTL verfasste den Erstentwurf des Manuskripts und überarbeitete ihn mehrfach im Austausch mit den Co-Autor\*innen. Schließlich reichte TTL das endgültige Manuskript beim Journal ein und war maßgeblich für die Überarbeitungen während des Review-Prozesses sowie die Kommunikation mit den Reviewern zuständig.





**3.2. Food chain information for pigs in Europe: a study on the status quo, the applicability and suggestions for improvements**

Autor\*innen: Ting-Ting Li, Susann Langforth, Rudi Isbrandt, Nina Langkabel, Smaragda Sotiraki, Sofia Anastasiadou, Truls Nesbakken, Diana Meemken

Journal: Food Control

Impact Factor: 6 (2024)

Datum der Veröffentlichung: 25 Oktober 2023

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110174>

Diese Veröffentlichung muss online erworben werden.

Anteilerklärung an der Publikation:

TTL trug maßgeblich zur Datenerhebung bei, insbesondere während der zweiten Befragungsrunde. Die Auswertung und Interpretation der Daten erfolgten eigenständig durch TTL, einschließlich sämtlicher statistischer Analysen. TTL verfasste den Erstentwurf des Manuskripts, welches in enger Zusammenarbeit mit den Co-Autor\*innen mehrfach überarbeitet wurde. TTL reichte schließlich das endgültige Manuskript beim Journal ein und war federführend für die Überarbeitungen während des Review-Prozesses und die Kommunikation mit den Reviewern zuständig. TTL hat alle in der Publikation verwendeten Abbildungen und Tabellen erstellt.

## 4. Diskussion

Das Ziel der ersten Studie war es, die Implementierung, den Informationsgehalt und die Nützlichkeit der LMKI und HEIs für Schlachtschweine in Europa zu bewerten sowie Verbesserungspotentiale zu identifizieren. Dazu wurde eine umfassende Umfrage unter verschiedenen Akteur\*innen der europäischen Schweinefleischindustrie durchgeführt (Publikationen 1 und 3). Durch die direkte Einbindung dieser Stakeholder sollte der Status quo der LMKI und HEIs sowie ihre Nützlichkeit in der Praxis erfasst werden. In der zweiten Studie wurden die jeweiligen nationalen Verfahren zur Erfassung und Dokumentation von LMKI für Schweine, Rinder und Masthähnchen untersucht. Darüber hinaus wurden die Regularien zum sicherheitserheblichen Zeitraum vor der Schlachtung für Dokumentationspflichten von Tierarzneimitteln mit Wartezeiten verglichen (Publikation 2).

### 4.1. Die Anwendung von harmonisierten epidemiologischen Indikatoren zur Risikokategorisierung von Herkunfts- und Schlachtbetrieben

Die vorliegende Publikation 1 zeigt, dass die Umsetzung der HEIs für Schlachtschweine in Europa derzeit mangelhaft ist (Li et al. 2023). Harmonisierte epidemiologische Indikatoren, die mit verpflichtenden Untersuchungen im Rahmen der SFU übereinstimmen, finden zwar größtenteils Anwendung, dienen jedoch aktuell nur der Prozesshygiene- oder Endproduktkontrolle (Li et al. 2023). Sie geben somit ausschließlich Auskunft über die Fähigkeit eines Schlachtbetriebes und dessen Schlachtprozesses, das Vorkommen von Erregern zu reduzieren. Auf EU-Ebene gibt es keine Vorgaben zu Kontrollen von Salmonellen vor der Schlachtung. Im Jahr 2014 hatte die EU-Kommission daher das PHK für Salmonellen auf Schweineschlachtkörpern mit Veröffentlichung der Verordnung (EU) Nr. 217/2014 verschärft (Europäische Kommission 2014a). In Ländern ohne Salmonellen-Monitoring auf Ebene der Herkunftsbetriebe hängt die Verringerung der Schlachtkörperkontamination allein vom Hygienestandard der Schlachtbetriebe und anderen Maßnahmen wie der Dekontamination ab (Bonardi et al. 2021). Dies steht im Widerspruch zum Farm to Fork-Prinzip, das die Überwachung und Kontrolle von der Erzeugung bis zum Verbrauch vorsieht (EU 2020). Eine Erweiterung um weitere HEIs und Erreger wie *Yersinia enterocolitica* und *Toxoplasma gondii* entlang der gesamten Lebensmittelkette könnte erheblich zur risikobasierten Vorgehensweise der SFU beim Schwein beitragen und die effektive Risikokategorisierung von Herkunfts- und Schlachtbetrieben unterstützen (Blagojevic et al. 2021; Zdolec und Kiš 2021). Die Ergebnisse dieser Studie zeigen jedoch, dass die Kategorisierung von Schlachtbetrieben trotz ihrer von der EFSA (2011b)

festgestellten Bedeutung in der Praxis kaum erfolgt (Li et al. 2023). Salines et al. (2023) stellten fest, dass keines der 18 untersuchten europäischen Länder HEIs für die Kategorisierung von Schlachtbetrieben, darunter Schweineschlachtbetrieben, implementiert hatte. In den Ländern, in denen eine Schlachtbetriebskategorisierung stattfand, wiesen die Kriterien für die Kategorisierung keine klaren wissenschaftlichen und risikobasierten Grundlagen auf (Salines et al. 2023). Auch diese Studie zeigt Defizite bei der Risikokategorisierung auf Ebene der Herkunftsbetriebe. Die Bestandskategorisierung beim Schwein beschränkt sich im Wesentlichen auf eine retrospektive Kategorisierung von Herden durch serologische Untersuchungen von Fleischsaftproben (Li et al. 2023). Ein prospektives Monitoring auf dem Herkunftsbetrieb, das eine prospektive Tierbestandskategorisierung ermöglicht, wird von den Teilnehmenden selten bis gar nicht durchgeführt (Li et al. 2023). Eine Bewertung des Risikos durch biologische Gefahren erfordert die Berücksichtigung der Gefahrenprävalenzen an kritischen Punkten der Lebensmittelkette (EFSA 2011b). Der Herkunftsbetrieb spielt dabei eine bedeutende Rolle, da die Mastperiode eine entscheidende Phase für die Entstehung eines Risikos sein kann (EFSA 2011b). Im Rahmen des Monitorings von Lebensmittelrisiken sollten alle Stufen der Lebensmittelkette einbezogen werden. Die quantitative mikrobiologische Risikobewertung bietet dafür eine Grundlage, indem sie die voraussichtlichen Auswirkungen von Maßnahmen auf die öffentliche Gesundheit modelliert (Havelaar et al. 2008). Die EFSA veröffentlichte 2010 eine quantitative mikrobiologische Risikobewertung von Salmonellen in Schlacht- und Zuchtschweinen (EFSA 2010). Darin wurde aufgezeigt, dass eine Reduzierung der Salmonellenprävalenz in Lymphknoten um 80 % oder 90 % zu einer vergleichbaren Verringerung der durch Schweinefleisch verursachten menschlichen Erkrankungen führen könnte (EFSA 2010). Die Bekämpfung von Salmonellen in Schweinefleisch sollte auf die individuelle Situation jedes EU-Mitgliedstaates zugeschnitten sein und eine Kombination von Maßnahmen umfassen: i) Einsatz Salmonellen-freier Zuchtschweine, ii) Verwendung von Salmonellen-freiem Futter, iii) Reinigung und Desinfektion zwischen verschiedenen Tiergruppen im Herkunftsbetrieb und Schlachtbetrieb, iv) Vermeidung von Fäkalienverunreinigungen während der Schlachtung und v) Dekontamination der Schlachtkörper (EFSA 2010). Modellschätzungen deuten darauf hin, dass spezifische Maßnahmen im Schlachtbetrieb am ehesten zu einer starken und zuverlässigen Verringerung von Salmonellenerkrankungen beim Menschen führen könnten (EFSA 2010). Langfristig wäre jedoch eine Kombination von Maßnahmen im Herkunftsbetrieb und Schlachtbetrieb am effektivsten (EFSA 2010). In einem implementierten RB-MSAS nutzen die LMUs die durch die HEIs vermittelten Informationen zur Verbesserung der Kontrollmaßnahmen auf dem Herkunftsbetrieb und im Schlachtbetrieb (Ferri et al. 2023). Die aTÄ verwenden diese Informationen, um den einzelnen Herkunftsbetrieben und Schlachtbetrieben eine Risikostufe zuzuweisen und Entscheidungen darüber zu treffen, ob zusätzliche

Risikominderungsmaßnahmen erforderlich sind (Ferri et al. 2023). Die Entscheidungen der aTÄs im Rahmen der RB-MSAS betreffen unter anderem schlachtlogistische Maßnahmen, die Erweiterung der Fleischuntersuchungsverfahren und der Einsatz von zugelassenen Dekontaminations- oder Inaktivierungsbehandlungen (Ferri et al. 2023). Die von der EFSA vorgeschlagenen HEIs sollten regelmäßig auf ihre Wirksamkeit überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Dies ist notwendig, um neuen Erkenntnissen und Daten Rechnung zu tragen und sicherzustellen, dass die HEIs ihren Zweck erfüllen. Die Einführung der HEIs sollte risikobasiert erfolgen. Das bedeutet, dass bestimmte HEIs nur in bestimmten Ländern oder für bestimmte Haltungssysteme angewendet werden sollten. Beispielsweise sollte der HEI für *Cysticercus cellulosae* schwerpunktmäßig in osteuropäischen Ländern mit erhöhter Prävalenz angewendet werden (EFSA & European Centre for Disease Prevention and Control 2022; Trevisan et al. 2018; Devleeschauwer et al. 2017). Die HEIs 1 und 2 für Trichinen hingegen sollten nur für Schlachtschweine aus nicht-kontrollierten Haltungsbedingungen angewendet werden (Gamble 2022; EFSA 2011b). Pauschale Maßnahmen sind in der Regel nicht zielführend, da die Risikolage von Land zu Land und auch innerhalb eines Landes unterschiedlich sein kann. Die Ergebnisse aus der Publikation 1 verdeutlichen nicht nur einen Mangel in der Umsetzung der HEIs für Schlachtschweine, sondern auch Unregelmäßigkeiten bei der obligatorischen Überwachung gemäß den EU-Vorschriften (Li et al. 2023). Mehrere Teilnehmende zeigen ein unzureichendes Verständnis für diagnostische Verfahren, insbesondere im Hinblick auf Salmonellen, darunter auch aTÄs (Li et al. 2023). Die Angaben eines Teils der Teilnehmenden zu Probenmaterialien und den diagnostischen Methoden stimmen nicht mit den korrekten Vorgehensweisen überein (Li et al. 2023). Neben der Behebung möglicher Wissenslücken könnten kosteneffektive Verfahren wie Multiplex-Tests, die eine gleichzeitige Untersuchung mehrerer Erreger ermöglichen (Alban et al. 2020; Loreck et al. 2020; Blaha 2012), zur Verbesserung der Datenqualität beitragen. Durch die Vereinheitlichung und Vereinfachung unterschiedlicher diagnostischer Verfahren lassen sich Untersuchungsfehler reduzieren und aussagekräftigere Informationen gewinnen. Kleine Verstöße, die die Lebensmittelsicherheit nicht sofort gefährden, sollten nicht ignoriert werden. Denn sie können im Laufe der Zeit zu größeren Verstößen führen (Kosola et al. 2022).

#### **4.2. Der Informationsgehalt von Lebensmittelketteninformationen und ihre Bedeutung für risikobasierte Fleischsicherheitssysteme**

Die wissenschaftliche Theorie beschreibt ein großes Potential der LMKI im Rahmen der RB-MSAS, welches in der Praxis jedoch kaum ausgeschöpft wird. Mehrere Studien belegen wesentliche Defizite in der Datenübermittlung von LMKI (Ranucci et al. 2021; Gomes-Neves

et al. 2018; Felin et al. 2016; O'Sullivan et al. 2015; Pattono et al. 2014). So sind die Daten oft ungenau oder nicht aussagekräftig (Antunović et al. 2021; Bonardi et al. 2021; Laukkanen-Ninios et al. 2020; Buncic et al. 2019). Insbesondere für Schlachtschweine zeigten Felin et al. (2016), dass Schlachtchargen von Schweinen, bei denen in den LMKI keine Auffälligkeiten vermerkt wurden, statistisch signifikant höhere Untauglichkeitsraten von Lebern aufwiesen. Van Wagenberg et al. (2012) zeigten, dass die bloße Abwesenheit von Behandlungsdaten in den LMKI keine Garantie für die tatsächliche Antibiotikafreiheit im Schweineschlachtkörper darstellte. Die vorliegende Publikation 3 bestätigt diese Defizite und deckt zudem Lücken bei der Übermittlung verpflichtender Daten gemäß Verordnung (EG) Nr. 853/2004 auf (Li et al. 2024a). Mögliche Gründe für die unzureichende Übermittlung von (verpflichtenden) Informationen können mangelndes Bewusstsein für die Bedeutung der LMKI und die Anforderungen der risikobasierten SFU sowie Komplianz-Probleme sein. Bereits Efficers et al. (2003) untersuchten die Komplianz mit zwei niederländischen Rechtsvorschriften und identifizierten als Hauptursachen für die Nichteinhaltung mangelndes Wissen, fehlendes Interesse an den Vorgaben und vorsätzliche Nichtbeachtung. Die unvollständige oder ungenaue Datenübermittlung kann sowohl im Bereich der Primärproduktion (Landwirt\*innen) als auch in der Sekundärproduktion (Schlachtbetriebsinhaber\*innen) auftreten. Nach Gomes-Neves et al. (2018) seien Landwirt\*innen möglicherweise nicht ausreichend mit den gesetzlichen Anforderungen vertraut oder hätten falsche Vorstellungen darüber, welche Informationen bereitzustellen seien. Langforth et al. (2023a) zeigten im Rahmen einer Umfrage zu LMKI bei Masthähnchen, dass keiner befragten Person bekannt war, dass die LMKI auch zur Risikokategorisierung genutzt werden können. Stattdessen wurde die LMKI-Übertragung von manchen Personen eher als lästig und unnötige Dokumentationsarbeit angesehen (Langforth et al. 2023a). Schlachtbetriebsinhaber\*innen, die für die Einholung und Überprüfung der verpflichtenden LMKI verantwortlich sind (Europäisches Parlament und Rat der EU 2004b), könnten ebenfalls nicht vollständig über die spezifischen gesetzlichen Vorgaben informiert sein. Amtliche Tierärzt\*innen sollten als Kontrollinstanz (Europäisches Parlament und Rat der EU 2017) die gesetzgeberischen Vorgaben vollumfänglich verstehen können. Idealerweise identifizieren sie Lücken und teilen diese den LMUs mit, damit diese korrigierende Maßnahmen veranlassen können. In der Praxis scheint eine solche Kommunikation jedoch nicht konsistent zu erfolgen. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass auch aTÄs berichten, nicht alle verpflichtenden Informationen zu erhalten (Li et al. 2024a). Dies weist auf Herausforderungen in der praktischen Umsetzung der Übermittlung der LMKI hin. Die unzureichende Anwendung spiegelt sich auch in dem Ergebnis wider, dass die aTÄs die LMKI als signifikant weniger hilfreich als LMUs bewerten (Li et al. 2024a). Dies ist besonders bemerkenswert, da gerade aTÄs die LMKI im Rahmen der risikobasierten SFU

einsetzen sollen. Mögliche Gründe dafür sind Probleme in der Übermittlung der Daten von LMUs an die aTÄs, der fehlende Zugang der aTÄs zu aussagekräftigen Daten sowie der geringe Informationsgehalt der derzeit verfügbaren Daten sein.

#### **4.2.1. Identifizierung aussagekräftiger und spezifischer Informationen**

Vor der Einführung des LMKI-Systems gab es keine Studien dazu, mithilfe welcher spezifischen Daten Risiken für Befunde in der SFU prognostiziert werden könnten (Riess und Hoelzer 2020). Daher lag ein zentraler Fokus dieser Studie auf der Untersuchung von Daten, die einen Mehrwert für die LMKI bieten (Publikation 3). Die Ergebnisse zeigen, dass die Einschätzung der LMKI als hilfreich für die Entscheidungsfindung im Rahmen der SFU signifikant mit dem Zugang zu Informationen über den Gesundheitsstatus der Tiere korreliert (Li et al. 2024a). Außerdem wurde deutlich, dass sich die Studienteilnehmenden mehr und detailliertere Informationen zu Tiergesundheitsdaten und Behandlungsdaten wünschen (Li et al. 2024a). Konkret werden zusätzliche Informationen zu Tierarzneimitteln, detaillierte Informationen zu Todesursachen, umfassendere Behandlungsdaten einschließlich Indikationen und die Spezifizierung der postmortalen Untersuchungsbefunde gewünscht (Li et al. 2024a). Obwohl die Studie Tiergesundheitsdaten als den wichtigsten Bereich für Spezifizierungen identifiziert, kann sie keine eindeutigen Aussagen darüber liefern, welche spezifischen Parameter erhoben werden sollten. Die Mortalitätsrate gilt als geeigneter Tiergesundheitsindikator (Grosse-Kleimann et al. 2021a; Grosse-Kleimann et al. 2021b; Nienhaus et al. 2020; Meemken und Blaha 2011). Eine Festlegung von Grenzwerten für die Mortalitätsrate zur Vorhersage von Auffälligkeiten in der SFU ist aufgrund der stark divergierenden Antworten der Teilnehmenden in dieser Studie jedoch nicht abschließend möglich (Li et al. 2024a). Weiterer Forschungsbedarf besteht hinsichtlich der Festlegung eines relevanten sicherheitserheblichen Zeitraums für die obligatorische Dokumentation von Tierarzneimitteln mit Wartezeiten zur Bewertung des Tiergesundheitsstatus (Publikationen 2 und 3). Die Aussagekraft von Behandlungsdaten für die Tiergesundheit im Hinblick auf einen sicherheitserheblichen Zeitraum vor der Schlachtung ist bislang nicht eindeutig geklärt. Die fehlende wissenschaftliche Grundlage führt zu einer uneinheitlichen nationalen Umsetzung. So variiert dieser Zeitraum bei Schweinen und Rindern maximal von null Tagen bis zur gesamten Mastperiode (Li et al. 2024b). Bei Masthähnchen hingegen zeichnet sich ein einheitlicheres Bild ab. Hier erstreckt sich der sicherheitserhebliche Zeitraum größtenteils über die gesamte Mastperiode (Li et al. 2024b), was jedoch mit der kurzen Mastdauer dieser Tiere zusammenhängen dürfte. Ein weiterer Forschungsbedarf besteht hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen dem Einsatz von Tierarzneimitteln und der Feststellung pathologischer Befunde in der SFU. Dieser Zusammenhang und damit eine mögliche

Aussagekraft von Behandlungsdaten für eine Risikoabschätzung wurde bisher noch zu wenig untersucht. Diese Forschungslücken sollten geschlossen werden, um die Effektivität des LMKI-Systems zu verbessern und die Tiergesundheit in Europa objektiver bewerten zu können und zu stärken. Der große Interpretations- und Anwendungsspielraum von EU-Verordnungen (Versluis 2007) begünstigt die heterogene Datenlage in Europa und erschwert die Bestimmung spezifischer LMKI. Nicht nur die nationalen Regularien zum sicherheitsrelevanten Zeitraum für die Verabreichung von Tierarzneimitteln vor der Schlachtung variieren stark. Ebenso uneinheitlich sind die nationalen Dokumentations- und Erfassungsverfahren von LMKI. Die vorliegende Publikation 2 verdeutlicht die vielen Variationen in der Dokumentation und Erfassung von LMKI in Europa (Li et al. 2024b). Es existieren sowohl spezieübergreifende als auch speziesspezifische Formulare, gesetzliche Formularentwürfe und schlachtbetriebsinterne Formblätter (Li et al. 2024b). Die Dokumentation reicht von papierbasierten Systemen bis hin zu elektronischen Übertragungen und vollumfänglich elektronischen Datenbanken (Li et al. 2024b). Die Identifizierung eines geeigneten Verfahrens ist jedoch komplex und hängt von verschiedenen Faktoren ab. Dazu gehören die strukturellen und regulatorischen Rahmenbedingungen, wie beispielsweise föderale Strukturen, eines Landes. Verbesserungsvorschläge für das Dokumentations- und Erfassungsverfahren von LMKI sollten daher auf die spezifischen Bedürfnisse und Rahmenbedingungen jedes Einzelfalls angepasst werden. Die Umstellung von papierbasierten auf elektronische Übertragungsmethoden der LMKI trägt maßgeblich zur Verbesserung der Praktikabilität und Anwendbarkeit der LMKI bei (Li et al. 2024a; Langforth et al. 2023b). Eine vollständige Digitalisierung in Form von zentralen Datenbanken könnte die Effizienz weiter steigern (Jacobs et al. 2023; Ranucci et al. 2021; Windhaus 2008). Das norwegische elektronische LMKI-System zeichnet sich im europäischen Vergleich durch seine hohe Effektivität aus und verdeutlicht, wie die enge Zusammenarbeit aller Beteiligten zu einer sicheren Lebensmittelproduktion beiträgt (Animalia 2024). Datenbanken bieten eine Vielzahl von Vorteilen für die Lebensmittelsicherheit: i) verbesserte Datenqualität und -integrität sowie Transparenz, ii) Zentralisierung und Integration von Daten und iii) Effizienzsteigerung und Risikomanagement (McMeekin et al. 2006). Die digitale Erfassung und Speicherung von Daten in Datenbanken kann die Fehleranfälligkeit verringern. Die zentrale Zusammenführung der Daten aus verschiedenen Produktionsstufen ermöglicht die Verknüpfung und lückenlose Rückverfolgung von Informationen und erleichtert die Identifizierung von Schwachstellen in der Lebensmittelkette. So können umfassendere Analysen und Risikobewertungen durchgeführt sowie präventive Maßnahmen ergriffen werden. Durch die Echtzeitübertragung und Aktualität der Daten kann schneller auf potenzielle Gefahren reagiert werden. Zudem erleichtern Datenbanken den bidirektionalen Austausch von Informationen zwischen den verschiedenen Akteur\*innen der

Lebensmittelkette. Dies fördert die Kommunikation und Zusammenarbeit aller Beteiligten und trägt zur Verbesserung der Lebensmittelsicherheit im Rahmen von RB-MSAS bei.

#### **4.3. Die Förderung von Vertrauen und Zusammenarbeit für die erfolgreiche Umsetzung risikobasierter Fleischsicherheitssysteme**

Neben der Identifizierung aussagekräftiger Informationen und spezifischer Daten ist die Zusammenarbeit aller Beteiligten essenziell für die erfolgreiche Umsetzung von RB-MSAS. Diese beiden Säulen bedingen einander, wie die vorliegende Publikation 3 zeigt. Die Bewertung der LMKI als hilfreich durch die Teilnehmenden korreliert stark mit dem Zugang zu weiterführenden Daten durch bestandsbetreuende Tierärzt\*innen (Li et al. 2024a). Die Einbeziehung von bestandsbetreuenden Tierärzt\*innen in das LMKI-System und der regelmäßige Austausch zwischen ihnen, aTÄs und Schlachtbetrieben ermöglichen einen bidirektionalen Informationsfluss aussagekräftiger Daten. Dieser Informationsfluss ist entscheidend für die Verbesserung der Tiergesundheit und des Tierwohls. Ähnlich wie LMUs, die aTÄs am Schlachtbetrieb als beratende Instanz betrachten (Nevas et al. 2013), suchen auch Landwirt\*innen im Bedarfsfall die Zusammenarbeit mit ihren bestandsbetreuenden Tierärzt\*innen (Langforth et al. 2023a; Devitt et al. 2015). Die Federation of Veterinarians of Europe hob die Bedeutung der Einbindung der bestandsbetreuenden Tierärzt\*innen hervor und betonte, dass das LMKI-System ein wechselseitiger Prozess sei, der die bestandsbetreuenden Tierärzt\*innen mit den aTÄs am Schlachtbetrieb verbinde (O’Sullivan et al. 2015). Verordnung (EG) Nr. 852/2004 weist den LMUs die Hauptverantwortung für die Lebensmittelsicherheit zu (Europäisches Parlament und Rat der EU 2004a). Amtliche Tierärzt\*innen kontrollieren gemäß Verordnung (EU) 2017/625 die Einhaltung der Pflichten und die Eigenkontrollen der LMUs (Europäisches Parlament und Rat der EU 2017). Studien belegen, dass diese amtlichen Kontrollen das Verständnis der LMUs für die Vorschriften zur Lebensmittelsicherheit verbessern (Kettunen et al. 2017; Nevas et al. 2013). Landwirt\*innen verstehen oft die Relevanz bestimmter Informationen für die Fleischsicherheit nicht (Jacobs et al. 2023) oder können die Vorteile des Informationssystems nicht vollständig nachvollziehen (Langforth et al. 2023a). Zudem scheint für LMUs der Wert der LMKI nicht in einem angemessenen Verhältnis zum zusätzlichen Aufwand und den erwarteten Kosten zu stehen (Elffers et al. 2003). An oberster Stelle setzen funktionierende risikobasierte RB-MSAS mit klaren Verantwortungsverteilungen gegenseitiges Vertrauen zwischen allen Beteiligten voraus (Devitt et al. 2016; Devitt et al. 2015; Palmer et al. 2009; Schulze et al. 2006). Eine bedeutende Ursache für bestehendes Misstrauen auf Seiten der Primärproduktion liegt im unzureichenden Feedback von Ergebnissen aus der SFU an die Landwirt\*innen (Devitt et al. 2015). Die Ergebnisse der



Publikation 3 bestätigen Defizite im Kommunikations- und Informationsfluss. Insgesamt geben 15% der Befragten keine Rückmeldung zu spezifischen Informationen aus der SFU an die Landwirt\*innen weiter (Li et al. 2024a). Auch Devitt et al. (2015) berichteten davon, dass die rückgemeldeten Informationen und Ergebnisse teilweise inkonsistent und für die Landwirt\*innen nicht transparent waren, was das Misstrauen weiter verstärkte. Eine präzisere und einheitlichere Terminologie für Befunddaten im Rahmen der SFU (Alban et al. 2022) könnte den Feedbackprozess verbessern und für mehr Zuverlässigkeit sorgen. Wichtiger als die Informationen selbst bleibt jedoch das Vertrauen in die übermittelnde Person (Palmer et al. 2009). Schulungen und Trainings sollten daher auf gegenseitiges Vertrauen und die Motivation der Beteiligten aufbauen (Palmer et al. 2009). Alle beteiligten Parteien sollten aktiv in den Aufbau eines effektiven RB-MSAS einbezogen werden (Blagojevic et al. 2021; Alban et al. 2020). Insbesondere die Akteur\*innen auf den verschiedenen Ebenen, die täglich mit diesen Systemen arbeiten, sollten in diesen Prozess umfassend integriert werden (Ranucci et al. 2021). Die Motivation der LMUs ist entscheidend für den Erfolg dieses Vorhabens (Garforth 2015; Schulze et al. 2006).

#### **4.4. Stärken und Schwächen der Studien**

Die erste im Rahmen dieser Dissertation durchgeführten Studie stellt erstmals eine Erhebung des Status quo sowie des Informationsgehalts von LMKI und HEIs für Schlachtschweine in Europa dar (Publikationen 1 und 3). Die zweite Studie vergleicht ebenfalls erstmals nationale Regularien zum sicherheitserheblichen Zeitraum für die obligatorische Dokumentation von Tierarzneimitteln mit Wartezeiten für Schweine, Rinder und Masthähnchen sowie die nationalen Dokumentations- und Erfassungsverfahren von LMKI (Publikation 2). Die Schwachstellen der ersten Studie liegen in der geringen Teilnehmendenzahl und in der ungleichen Verteilung der Berufsgruppen. Die Studie umfasst 93 Personen für LMKI und 51 Personen für HEIs (Li et al. 2024a; Li et al. 2023). Die Rücklaufquote von durchschnittlich 59 % (35 teilnahmeberechtigte Länder) ist dennoch bemerkenswert, da die Umfrage während der COVID-19-Pandemie durchgeführt wurde, als Schlachtbetriebe aufgrund von Krankheitsausbrüchen vereinzelt geschlossen wurden (Middleton et al. 2020). Die Gewinnung einer repräsentativen Stichprobe aus den europäischen Ländern war aufgrund der stark variierenden Größe und Verteilung der Schlachtbetriebe innerhalb Europas eine Herausforderung. Daher erfolgte die Gewinnung von Teilnehmenden durch nationale Kontaktpersonen aus dem wissenschaftlichen Projektkonsortium. Ziel war es, pro Land mindestens eine Lebensmittelunternehmerin oder einen Lebensmittelunternehmer sowie eine amtliche Tierärztin oder einen amtlichen Tierarzt zu gewinnen. Weitere Teilnehmende sollten unter Beachtung der Verteilung und Größe von

Schlachtbetrieben innerhalb der Länder rekrutiert werden. Dieses Ziel konnte nicht für jedes Land erfüllt werden. Die Verteilung innerhalb der beiden Gruppen zeigt ein Ungleichgewicht von etwa 60 % zu 30 % zugunsten der aTÄs (Li et al. 2024a; Li et al. 2023). Aus einigen Ländern gab es lediglich eine Rückmeldung. Trotz dieser Einschränkungen konnten Teilnehmende aus den zweit- bis viertgrößten Schweinefleisch-produzierenden Ländern der EU gewonnen werden, was die Repräsentativität deutlich erhöht (Li et al. 2024a; Li et al. 2023). Um die Repräsentativität im Bereich der LMKI weiter zu verbessern, wurde die Umfrage zwei Jahre nach der ersten Erhebung erneut geöffnet. Dadurch konnten Personen aus den acht größten Schweinefleisch-produzierenden Ländern der EU für die Teilnahme gewonnen werden (Li et al. 2024a). Die damit verbundene mögliche Verzerrung der Ergebnisse durch zwei Befragungsgruppen wurde bewusst in Kauf genommen und bei der Auswertung der Ergebnisse berücksichtigt (Li et al. 2024a). Mögliche Verzerrungen durch freiwillige Stichproben sind grundsätzliche Einschränkungen von Fragebogenstudien, die ihre Effektivität und Validität beeinträchtigen können (Yu et al. 2020; Cheung et al. 2017). Die erste Studie identifiziert Defizite in einigen Bereichen, unter anderem bei der Kompliance mit europäischen Verordnungen (Li et al. 2024a; Li et al. 2023). Da die freiwillige Teilnahme zu einer selektiven Nicht-Teilnahme führt, könnten die Ergebnisse die tatsächlichen Probleme unterschätzen (Cheung et al. 2017). Die erste Studie erfasste nicht die spezifischen Gründe für fehlende Informationen. Daher sind weitere Erhebungen, insbesondere gezielte Interviews, notwendig, um tiefere Einblicke zu gewinnen (Rowley 2012). Die erste Studie wurde zwar von zwei Sozialwissenschaftler\*innen validiert, jedoch ohne einen praktischen Vortest. Dies erwies sich als Schwachstelle, da die Frageformulierungen teilweise unklar oder unverständlich für die Teilnehmenden waren, was zu stark divergierenden Antworten führte. Das Umfrageformat, das keine Rückfragen ermöglichte, verstärkte diese Schwachstelle. In der zweiten Studie wurde daher die direkte Befragung von Expert\*innen mit der Option von Nachfragen gewählt. Neben den möglicherweise unverständlichen Formulierungen stellte die englische Arbeitssprache eine potenzielle Sprachbarriere für die Teilnehmenden dar (Publikationen 1, 2 und 3). Um dies in der ersten Studie zu überwinden, wurden die nationalen Kontaktpersonen gebeten, den Fragebogen in ihre jeweilige Muttersprache zu übersetzen und die Antworten wieder zurück ins Englische zu übersetzen. Abgesehen von der Sprachbarriere könnten auch die maschinell übersetzten Dokumente der zweiten Studie eine mögliche Fehlerquelle darstellen. Nach Takakusagi et al. (2021) liegt die Genauigkeit der Übersetzungen durch DeepL® für medizinische Fachartikel bei 94 %. Für die zweite Studie könnten ferner weitere Daten vorliegen, wie zum Beispiel andere spezifische LMKI-Formulare, die in dieser Umfrage nicht identifiziert wurden.



## 5. Zusammenfassung

Zur Gewährleistung der Lebensmittelsicherheit wurde die Schlachtier- und Fleischuntersuchung (SFU) im Laufe der Jahrzehnte kontinuierlich weiterentwickelt und ist heute im Konzept der risikobasierten Fleischsicherheitssysteme (RB-MSAS) verankert. Das Hauptmerkmal dieser Systeme ist die enge Verzahnung aller Stufen der Lebensmittelkette mit der amtlichen Überwachung. Die RB-MSAS setzen sich aus verschiedenen Komponenten zusammen, darunter die Lebensmittelketteninformationen (LMKI) und die harmonisierten epidemiologischen Indikatoren (HEIs). Die LMKI ermöglichen einen bidirektionalen Informationsfluss von relevanten Daten zu Schlachttieren zwischen Herkunfts- und Schlachtbetrieben. Sie unterstützen die Risikokategorisierung, wodurch eine gezielte Anpassung der amtlichen SFU ermöglicht wird. Darüber hinaus ermöglichen die Rückmeldungen der Befunde aus der SFU den Betrieben Verbesserungsmöglichkeiten im Hinblick auf die Tiergesundheit und das Tierwohl. Obwohl die LMKI ein zentrales Element der RB-MSAS bilden, zeigen sich in der Praxis verschiedene Defizite, insbesondere im Bereich der Schlachtschweine. Gleiches gilt für die Implementierung von HEIs für Schweine. Die Anwendung von HEIs wurde bereits 2011 von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) vorgeschlagen, hat jedoch bislang sowohl in der Wissenschaft als auch in der Praxis wenig Beachtung gefunden. Sie dienen als Messgröße für die Prävalenz oder Inzidenz von biologischen oder chemischen Gefahren in der Lebensmittelkette und unterstützen die Risikokategorisierung von Herkunfts- und Schlachtbetrieben. Darüber hinaus helfen HEIs bei der Auswahl geeigneter Interventionen, um die Gefahren für die Lebensmittelsicherheit zu reduzieren. Diese Dissertation untersucht die aktuelle Umsetzung, den Informationsgehalt und den Nutzen von LMKI und HEIs für Schlachtschweine in Europa und identifiziert Verbesserungspotenziale. Sie vergleicht zudem die nationalen Verfahren zur Erfassung und Dokumentation von LMKI und die nationalen Regularien zum sicherheitserheblichen Zeitraum vor der Schlachtung für Dokumentationspflichten von Tierarzneimitteln mit Wartezeiten für Schweine, Rinder und Masthähnchen. Die Ergebnisse der Studie zeigen erhebliche Defizite bei der Implementierung von LMKI und HEIs, einschließlich bei der Umsetzung verbindlicher europäischer Vorschriften. Die Anwendung der HEIs für Schlachtschweine in Europa ist wenig verbreitet und beschränkt sich auf die Prozesshygiene- oder Endproduktkontrolle. Eine Risikokategorisierung von Herkunfts- und Schlachtbetrieben im Sinne der RB-MSAS sowie ein prospektives Herdenmonitoring auf Herkunftsbetriebsebene wird selten bis gar nicht durchgeführt. Die quantitative mikrobiologische Risikobewertung der EFSA von Salmonellen im Schwein zeigte jedoch, dass die Kombination von Maßnahmen im Herkunfts-

und Schlachtbetrieb am effektivsten sei. Daher sollte die Implementierung der HEIs im Rahmen der RB-MSAS vorangetrieben werden. Es ist notwendig, die Eignung der von der EFSA vorgeschlagenen HEIs regelmäßig anhand aktueller wissenschaftlicher Daten zu überprüfen, um ihre Effektivität sicherzustellen und gegebenenfalls Anpassungen vorzunehmen. Die HEIs sollten risikobasiert eingeführt werden, das heißt, bestimmte HEIs sollten nur in bestimmten Ländern oder Haltungssystemen Anwendung finden. Die Umsetzung der LMKI für Schlachtschweine in Europa ist ebenfalls mangelhaft. Die Datenübermittlung ist oft unvollständig oder ungenau und die zur Verfügung gestellten Daten sind unspezifisch oder nicht aussagekräftig. Mögliche Gründe für die unzureichende Datenübermittlung sind vielfältig und umfassen mangelndes Bewusstsein sowie Komplianz-Probleme. Vor der Einführung der LMKI wurden keine wissenschaftlichen Untersuchungen zur Identifizierung spezifischer Daten für deren Vorhersagekraft von Befunden in der SFU durchgeführt. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass Tiergesundheitsdaten, insbesondere Mortalitätsraten und Behandlungsdaten, für die Risikoabschätzung besonders wichtig sind. Es besteht weiterer Forschungsbedarf, um die spezifischen Parameter zu definieren, die erhoben werden sollten und um den sicherheitserheblichen Zeitraum für die Dokumentation von Tierarzneimitteln festzulegen. Die heterogene Datenlage in Europa, bedingt durch den Interpretations- und Auslegungsspielraum europäischer Verordnungen, erschwert die Bestimmung spezifischer LMKI. Es gibt eine große Variation in der Dokumentation und Erfassung von LMKI in Europa. Eine Umstellung von papierbasierten auf elektronische Übertragungsmethoden und die Einführung zentraler Datenbanken könnten die Praktikabilität und Effizienz der LMKI verbessern. Darüber hinaus können Datenbanken Vorteile für die Lebensmittelsicherheit, wie zum Beispiel verbesserte Datenqualität und -integrität, Transparenz, Zentralisierung, Effizienzsteigerung und Risikomanagement bieten. Sie erleichtern auch den bidirektionalen Austausch von Informationen zwischen den verschiedenen Akteur\*innen der Lebensmittelkette. Neben aussagekräftigen Informationen ist die Zusammenarbeit aller Beteiligten für die erfolgreiche Umsetzung von RB-MSAS essenziell. Regelmäßiger Austausch zwischen Schlachtbetrieben, Tierärzt\*innen und Landwirt\*innen ist notwendig, um etwaige Defizite zu beheben. Fehlendes Vertrauen und unzureichende Kommunikation behindern die Zusammenarbeit, die für ein effektives LMKI-System im Rahmen der RB-MSAS entscheidend ist. Schulungen und Trainings zur Verbesserung des Verständnisses und des Einsatzes von LMKI und HEIs können nur dann erfolgreich sein, wenn die Beteiligten motiviert sind und eine vertrauensvolle Beziehung zueinander haben. Daher ist es wichtig, alle Beteiligten aktiv in den Aufbau eines effektiven Systems einzubeziehen.

## 6. Summary

### Food Chain Information and Harmonised Epidemiological Indicators

Status quo and optimisation potentials using the example of slaughter pigs in Europe as well as a Europe-wide comparison of the collection and documentation of food chain information for pigs, bovines and broilers.

Meat inspection has continuously evolved over the past decades, transitioning into a risk-based approach to ensure food safety. These new systems, known as the risk-based meat safety assurance systems (RB-MSAS), emphasise close integration of all stages of the food chain and official control. The RB-MSAS consist of various components, including food chain information (FCI) and harmonised epidemiological indicators (HEIs). Food chain information enables a bidirectional flow of information on relevant data regarding slaughter animals between farms and abattoirs. This information supports risk categorisation, facilitating targeted adaptation of official meat inspections. Additionally, feedback from these inspections provides farms with improvement opportunities with regard to animal health and welfare. Despite the importance of FCI for RB-MSAS, its implementation, particularly for slaughter pigs, faces challenges. Similarly, the implementation of HEIs for pigs is also lacking. Despite their introduction by the European Food Safety Authority (EFSA) in 2011, HEIs have received little attention in both scientific research and practical application. They act as benchmarks for measuring the prevalence or incidence of biological or chemical hazards in the food chain. They play a crucial role in categorising the risks posed by farms and abattoirs, ultimately guiding the selection of appropriate interventions to reduce food safety hazards. This thesis examines the current state of FCI and HEI implementation for slaughter pigs in Europe. It assesses their information contents and usefulness and identifies areas for improvement. Additionally, it compares national procedures for FCI collection and documentation as well as national regulations regarding the relevant period before slaughter for documentation obligations of veterinary medicinal products with withdrawal periods for pigs, bovines and broilers. Key findings reveal significant shortcomings in both FCI and HEIs implementation, including a lack of enforcement of mandatory regulations of the European Union (EU). Notably, the implementation of HEIs for slaughter pigs focuses primarily on process hygiene and end-product control, neglecting farm-level monitoring. Risk categorisation of farms and abattoirs in the sense of RB-MSAS and prospective herd monitoring at farm-level are rarely or never performed. EFSA's quantitative microbiological risk assessment of *Salmonella* in pigs emphasised the effectiveness of combined farm and abattoir measures. Therefore, prioritising HEIs implementation within the framework of RB-

MSAS is very important. EFSA's HEIs should be regularly assessed based on current scientific data to ensure their effectiveness and adapt them as needed. Harmonised epidemiological indicators should be implemented on a risk-based basis, tailoring them to specific countries or husbandry and production systems. Food chain information for slaughter pigs in Europe is also not being implemented effectively. Data transmission is often incomplete or inaccurate and the provided data are nonspecific or not informative. Possible reasons for inadequate data transmission are diverse and include lack of awareness as well as compliance issues. Prior to the introduction of FCI, no scientific studies were conducted to identify specific data and their ability to predict findings in meat inspection. The findings of the study indicate that animal health data, especially mortality rates and treatment data, are particularly important for risk prediction. Further research is necessary to define the specific parameters that should be collected within FCI and to establish the relevant period for the documentation of veterinary medicinal products. The heterogeneous data situation in Europe, caused by the varying interpretations of EU-regulations, complicates the determination of specific FCI. Currently, FCI documentation and collection methods differ widely across European countries. Transitioning from paper-based to electronic transmission methods and introducing central databases could improve the practicability and efficiency of FCI. Additionally, databases could offer benefits impacting food safety, such as improved data quality and integrity, transparency, centralisation, efficiency and risk management. They could also facilitate the bidirectional exchange of information between various stakeholders in the food chain. In addition to meaningful information, collaboration among all stakeholders is essential for the successful implementation of RB-MSAS. Regular communication between food business operators, veterinarians (both official and practitioners) and farmers is necessary to address deficiencies. Lack of trust and inadequate communication hinder collaboration, which is crucial for an effective FCI-system within the RB-MSAS framework. Training and education to improve understanding and use of FCI and HEIs can only be successful if stakeholders are motivated and have relationships based on trust. Therefore, it is important to actively involve all stakeholders in building an effective system.

## 7. Literaturverzeichnis

Alban L, Häsler B, van Schaik G, Ruegg S (2020):

Risk-based surveillance for meat-borne parasites.

Exp Parasitol 208, 107808. DOI: 10.1016/j.exppara.2019.107808.

Alban L, Vieira-Pinto M, Meemken D, Maurer P, Ghidini S, Santos S, Laguna J G,

Laukkanen-Ninios R, Alvseike O, Langkabel N (2022):

Differences in code terminology and frequency of findings in meat inspection of finishing pigs in seven European countries.

Food Control 132, 108394. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108394>.

Animalia (2024):

The Norwegian System for the Exchange of Food Chain Information (FCI).

Abgerufen am 03.04.2024, von <https://animalia.no/en/food-safety-at-animalia/the-norwegian-system-for-the-exchange-of-food-chain-information-fci/>.

Antunović B, Blagojević B, Johler S, Guldimann C, Vieira-Pinto M, Vågsholm I, Meemken D, Alvseike O, Georgiev M, Alban L (2021):

Challenges and opportunities in the implementation of new meat inspection systems in Europe.

Trends Food Sci Technol 116, 460-467. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.002>.

Blagojevic B (2019):

A path towards modernisation of meat safety assurance in European abattoirs.

IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 333, 012013. DOI: 10.1088/1755-1315/333/1/012013.

Blagojevic B, Nesbakken T, Alvseike O, Vågsholm I, Antic D, Johler S, Houf K, Meemken D, Nastasijevic I, Vieira Pinto M, Antunovic B, Georgiev M, Alban L (2021):

Drivers, opportunities, and challenges of the European risk-based meat safety assurance system.

Food Control 124, 107870. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107870>.



Blaha T (2012):

One World–One Health: The Threat of Emerging Diseases. A European Perspective.  
Transbound Emerg Dis 59, 3-8. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2011.01310.x>.

Bonardi S, Blagojevic B, Belluco S, Roasto M, Gomes-Neves E, Vågsholm I (2021):

Food chain information in the European pork industry: Where are we?  
Trends Food Sci Technol 118, 833-839. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.030>.

Buncic S, Alban L, Blagojevic B (2019):

From traditional meat inspection to development of meat safety assurance programs in pig  
abattoirs – The European situation.  
Food Control 106, 106705. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.06.031>.

Cheung K L, ten Klooster P M, Smit C, de Vries H, Pieterse M E (2017):

The impact of non-response bias due to sampling in public health studies: A comparison of  
voluntary versus mandatory recruitment in a Dutch national survey on adolescent health.  
BMC Public Health 17, 276. DOI: [10.1186/s12889-017-4189-8](https://doi.org/10.1186/s12889-017-4189-8).

Devitt C, Boyle L, Teixeira D L, O'Connell N E, Hawe M, Hanlon A (2015):

Pig producer perspectives on the use of meat inspection as an animal health and welfare  
diagnostic tool in the Republic of Ireland and Northern Ireland.  
Ir Vet J 69, 2. DOI: [10.1186/s13620-015-0057-y](https://doi.org/10.1186/s13620-015-0057-y).

Devitt C, Boyle L, Teixeira D L, O'Connell N E, Hawe M, Hanlon A (2016):

Stakeholder perspectives on the use of pig meat inspection as a health and welfare  
diagnostic tool in the Republic of Ireland and Northern Ireland; a SWOT analysis.  
Ir Vet J 69, 17. DOI: [10.1186/s13620-016-0076-3](https://doi.org/10.1186/s13620-016-0076-3).

Devleeschauwer B, Allepuz A, Dermauw V, Johansen M V, Laranjo-González M, Smit G S  
A, Sotiraki S, Trevisan C, Wardrop N A, Dorny P, Gabriël S (2017):

Taenia solium in Europe: Still endemic?  
Acta Trop 165, 96-99. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2015.08.006>.

Edwards D S, Johnston A M, Mead G C (1997):

Meat inspection: an overview of present practices and future trends.  
Vet J 154, 135-147. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1090-0233\(97\)80051-2](https://doi.org/10.1016/S1090-0233(97)80051-2).

European Food Safety Authority (2010):

Scientific Opinion on a Quantitative Microbiological Risk Assessment of Salmonella in slaughter and breeder pigs.

EFSA Journal 8, 1547. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1547>.

European Food Safety Authority (2011a):

Scientific Opinion on the public health hazards to be covered by inspection of meat (swine).

EFSA Journal 9, 2351. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2351>.

European Food Safety Authority (2011b):

Technical specifications on harmonised epidemiological indicators for public health hazards to be covered by meat inspection of swine.

EFSA Journal 9, 2371. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2371>.

European Food Safety Authority (2012):

Scientific Opinion on the public health hazards to be covered by inspection of meat (poultry).

EFSA Journal 10, 2741. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2741>.

European Food Safety Authority (2013a):

Scientific Opinion on the public health hazards to be covered by inspection of meat (bovine animals).

EFSA Journal 11, 3266. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3266>.

European Food Safety Authority (2013b):

Scientific Opinion on the public health hazards to be covered by inspection of meat (solipeds).

EFSA Journal 11, 3263. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3263>.

European Food Safety Authority (2013c):

Scientific Opinion on the public health hazards to be covered by inspection of meat from farmed game.

EFSA Journal 11, 3264. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3264>.

European Food Safety Authority (2013d):

Scientific Opinion on the public health hazards to be covered by inspection of meat from sheep and goats.

EFSA Journal 11, 3265. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3265>.

European Food Safety Authority & European Centre for Disease Prevention and Control (2022):

The European Union One Health 2021 Zoonoses Report.

EFSA Journal 20. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7666>.

Elffers H, van der Heijden P, Hezemans M (2003):

Explaining Regulatory Non-compliance: A Survey Study of Rule Transgression for Two Dutch Instrumental Laws, Applying the Randomized Response Method.

J Quant Criminol 19, 409-439. DOI: 10.1023/B:JOQC.0000005442.96987.9e.

Europäische Kommission (2005):

Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 der Kommission vom 15. November 2005 über mikrobiologische Kriterien für Lebensmittel.

Amtsblatt der Europäischen Union L 338, 1.

Europäische Kommission (2014a):

Verordnung (EU) Nr. 217/2014 der Kommission vom 7. März 2014 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 hinsichtlich Salmonellen in Schweineschlachtkörpern

Amtsblatt der Europäischen Union L 69, 93.

Europäische Kommission (2014b):

Verordnung (EU) Nr. 219/2014 der Kommission vom 7. März 2014 zur Änderung des Anhangs I der Verordnung (EG) Nr. 854/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der spezifischen Anforderungen an die Fleischuntersuchung bei Hausschweinen.

Amtsblatt der Europäischen Union L 69, 99.

Europäische Kommission (2015):

Durchführungsverordnung (EU) 2015/1375 der Kommission vom 10. August 2015 mit spezifischen Vorschriften für die amtlichen Fleischuntersuchungen auf Trichinen.

Amtsblatt der Europäischen Union L 212, 7.

Europäische Kommission (2019):

Durchführungsverordnung (EU) 2019/627 der Kommission vom 15. März 2019 zur Festlegung einheitlicher praktischer Modalitäten für die Durchführung der amtlichen Kontrollen in Bezug auf für den menschlichen Verzehr bestimmte Erzeugnisse tierischen Ursprungs.

Amtsblatt der Europäischen Union L 131, 51.

Europäische Union (2020):

Farm to Fork Strategy.

Abgerufen am 03.04.2024, von [https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy\\_en](https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en).

Europäisches Parlament, Rat der Europäischen Union (2002):

Verordnung (EG) Nr. 178/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 28. Januar 2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit.

Amtsblatt der Europäischen Union L 031, 1.

Europäisches Parlament, Rat der Europäischen Union (2003):

Richtlinie 2003/99/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. November 2003 zur Überwachung von Zoonosen und Zoonoseerregern.

Amtsblatt der Europäischen Union L 325, 31-40.

Europäisches Parlament, Rat der Europäischen Union (2004a):

Verordnung (EG) Nr. 852/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über Lebensmittelhygiene.

Amtsblatt der Europäischen Union L 139, 1.

Europäisches Parlament, Rat der Europäischen Union (2004b):

Verordnung (EG) Nr. 853/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs.

Amtsblatt der Europäischen Union L 139, 55.

Europäisches Parlament, Rat der Europäischen Union (2004c):

Verordnung (EG) Nr. 854/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 mit besonderen Verfahrensvorschriften für die amtliche Überwachung von zum menschlichen Verzehr bestimmten Erzeugnissen tierischen Ursprungs.

Amtsblatt der Europäischen Union L 139, 206.

Europäisches Parlament, Rat der Europäischen Union (2004d):

Verordnung (EG) Nr. 882/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über amtliche Kontrollen zur Überprüfung der Einhaltung des Lebensmittel- und

Futtermittelrechts sowie der Bestimmungen über Tiergesundheit und Tierschutz.  
Amtsblatt der Europäischen Union L 65, 1.

Europäisches Parlament, Rat der Europäischen Union (2017):  
Verordnung (EU) 2017/625 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. März 2017  
über amtliche Kontrollen und andere amtliche Tätigkeiten zur Gewährleistung der  
Anwendung des Lebens- und Futtermittelrechts und der Vorschriften über Tiergesundheit  
und Tierschutz, Pflanzengesundheit und Pflanzenschutzmittel.  
Amtsblatt der Europäischen Union L 95, 1.

Felin E, Jukola E, Raulo S, Heinonen J, Fredriksson-Ahomaa M (2016):  
Current food chain information provides insufficient information for modern meat inspection  
of pigs.  
Prev Vet Med 127, 113-120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.03.007>.

Ferri M, Blagojevic B, Maurer P, Hengl B, Guldemann C, Mojsova S, Sakaridis I, Antunovic B,  
Gomes-Neves E, Zdolec N, Vieira-Pinto M, Jöhler S (2023):  
Risk based meat safety assurance system – An introduction to key concepts for future  
training of official veterinarians.  
Food Control 146, 109552. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109552>.

Gamble H R (2022):  
Trichinella spp. control in modern pork production systems.  
Food Waterborne Parasitol 28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fawpar.2022.e00172>.

Garforth C (2015):  
Livestock Keepers' Reasons for Doing and Not Doing Things Which Governments, Vets and  
Scientists Would Like Them to Do.  
Zoonoses Public Health 62, 29-38. DOI: <https://doi.org/10.1111/zph.12189>.

Gomes-Neves E, Müller A, Correia A, Capas-Peneda S, Carvalho M, Vieira S, Cardoso M F  
(2018):  
Food Chain Information: Data Quality and Usefulness in Meat Inspection in Portugal.  
J Food Prot 81, 1890-1896. DOI: [10.4315/0362-028x.Jfp-18-266](https://doi.org/10.4315/0362-028x.Jfp-18-266).

Grosse-Kleimann J, Plate H, Meyer H, Gerhardy H, Heucke C E, Kreienbrock L (2021a):  
Health monitoring of finishing pigs by secondary data use – a longitudinal analysis.  
Porcine Health Manag 7, 20. DOI: 10.1186/s40813-021-00197-z.

Grosse-Kleimann J, Wegner B, Spiekermeier I, grosse Beilage E, Kemper N, Nienhoff H,  
Plate H, Meyer H, Gerhardy H, Kreienbrock L (2021b):  
Health Monitoring of Fattening Pigs – Use of Production Data, Farm Characteristics and  
On-Farm Examination.  
Porcine Health Manag 7, 45. DOI: 10.1186/s40813-021-00225-y.

Grossklaus D (1987):  
The future role of the veterinarian in the control of zoonoses.  
Vet Q 9, 321-331.

Havelaar A H, Evers E G, Nauta M J (2008):  
Challenges of quantitative microbial risk assessment at EU level.  
Trends Food Sci Technol 19, S26-S33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.09.003>.

Hill A, Brouwer A, Donaldson N, Lambton S, Buncic S, Griffiths I (2013):  
A risk and benefit assessment for visual-only meat inspection of indoor and outdoor pigs in  
the United Kingdom.  
Food Control 30, 255-264. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.04.031>.

Jacobs P, Berends B, Lipman L (2023):  
The Value of Current Ante Mortem Meat Inspection and Food Chain Information of Dairy  
Cows in Relation to Post Mortem Findings and the Protection of Public Health: A Case for a  
More Risk-Based Meat Inspection.  
Foods 12, 616. <https://doi.org/10.3390/foods12030616>.

Kettunen K, Lundén J, Läikkö-Roto T, Nevas M (2017):  
Towards more consistent and effective food control: learning from the views of food business  
operators.  
Int J Environ Health Res 27, 215-229. DOI: 10.1080/09603123.2017.1332351.

Kosola M, Kiviniemi K, Lundén J (2022):  
Factors affecting effectiveness of food control inspections in food production establishments

in Finland.

Sci Rep 12, 4230. DOI: 10.1038/s41598-022-08204-1.

Langforth S, Maasjost J, Blaha T (2023a):

Lebensmittelketteninformationen beim Masthähnchen – Umgang der Mäster mit Standarderklärung und Schlachtbericht in Deutschland.

Berl Munch Tierarztl Wochenschr 136, 1–10. DOI: 10.2376/1439-0299-2023-8.

Langforth S, Oswaldi V, Isbrandt R, Sotiraki S, Anastasiadou S, Nesbakken T, Meemken D, Langkabel N (2023b):

Food chain information for broilers: Results of a Europe-wide survey on status quo, usability and suggestions for improvement.

Food Control 152, 109844. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109844>.

Laukkanen-Ninios R, Rahkila R, Oivanen L, Wirta E-R, Fredriksson-Ahomaa M (2020):

Views of veterinarians and meat inspectors concerning the practical application of visual meat inspection on domestic pigs in Finland.

J Verbrauch Lebensm 15, 5-14. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00003-019-01265-x>.

Li T-T, Langforth S, Isbrandt R, Langkabel N, Sotiraki S, Anastasiadou S, Nesbakken T, Meemken D (2024a):

Food chain information for pigs in Europe: A study on the status quo, the applicability and suggestions for improvements.

Food Control 157, 110174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110174>.

Li T-T, Langforth S, Langkabel N, Sotiraki S, Anastasiadou S, Nesbakken T, Meemken D (2023):

Implementation of harmonised epidemiological indicators (HEIs) for pigs – A Europe-wide online survey.

Food Control, 109954. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109954>.

Li T-T, Meemken D, Antunovic B, Nesbakken T, Langforth S (2024b):

Food chain information for broilers, pigs and bovines in Europe: Comparison of report forms and definitions of the relevant period for reporting treatments with veterinary medicinal products with withdrawal periods.

Food Control 155, 110054. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110054>.

Loreck K, Mitrenga S, Heinze R, Ehricht R, Engemann C, Lueken C, Ploetz M, Greiner M, Meemken D (2020):

Use of meat juice and blood serum with a miniaturised protein microarray assay to develop a multi-parameter IgG screening test with high sample throughput potential for slaughtering pigs.

BMC Vet Res 16, 106. DOI: 10.1186/s12917-020-02308-4.

McMeekin T A, Baranyi J, Bowman J, Dalgaard P, Kirk M, Ross T, Schmid S, Zwietering M H (2006):

Information systems in food safety management.

Int J Food Microbiol 112, 181-194. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.04.048>.

Meemken D, Blaha T (2011):

Dokumentations- und Informationssysteme für die präventive Veterinärmedizin zur Optimierung von Tiergesundheit, Lebensmittelsicherheit und Tierschutz.

Prakt Tierarzt 92, 1009-1014.

Middleton J, Reintjes R, Lopes H (2020):

Meat plants-a new front line in the covid-19 pandemic.

BMJ 370. DOI: 10.1136/bmj.m2716.

Mousing J, Kyrval J, Jensen T K, Aalbæk B, Buttenschøn J, Svensmark B, Willeberg P (1997):

Meat safety consequences of implementing visual postmortem meat inspection procedures in Danish slaughter pigs.

Vet Rec 140, 472-477. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.140.18.472>.

Nastasijević I, Vesković S, Milijašević M (2020):

Meat Safety: Risk Based Assurance Systems and Novel Technologies.

Meat Technol 61, 97-119. DOI: 10.18485/meattech.2020.61.2.1.

Nevas M, Kalenius S, Lundén J (2013):

Significance of official food control in food safety: Food business operators' perceptions.

Food Control 31, 59-64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.09.041>.

Nienhaus F, Meemken D, Schoneberg C, Hartmann M, Kornhoff T, May T, Heß S, Kreienbrock L, Wendt A (2020):



Health scores for farmed animals: Screening pig health with register data from public and private databases.

PLoS One 15, e0228497. DOI: 10.1371/journal.pone.0228497.

O'Sullivan F, Mateos A, Ferri M, Knudsen H, Chambon T, Laurentiu T, Laszlo M, Proscia F. (2015).

FVE guidance document on Food Chain Information.

Abgerufen am 03.04.2024, von <https://fve.org/publications/fve-guidance-document-on-food-chain-information/>.

Ostertag R (1899):

The use of flesh and milk of tuberculous animals.

J Comp Pathol Ther 12, 240-250.

Palmer S, Fozdar F, Sully M (2009):

The Effect of Trust on West Australian Farmers' Responses to Infectious Livestock Diseases.

Sociol Rural 49, 360-374. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9523.2009.00495.x>.

Pattono D, Bertolina B, Bottero M T, Chiesa F, Civera T (2014):

Analysis of information on food chain in Europe and Piedmont region, Italy.

Ital J Food Saf 3. DOI: 10.4081/ijfs.2014.1721.

Ranucci D, Di Giacomo L, Raggi M, Branciarri R, Miraglia D, Rea S, Stocchi R, Di Cerbo A, Roila R, Budelli L, Fortugno L, D'Innocenzo A, Cambiotti F, Del Zoppo M, Capecci E, Angellotti A, Ferretti E, Loschi A R (2021):

Food chain information systems in medium- and small-sized slaughterhouses of central Italy and organ and carcass condemnations: A five-year survey.

Ital J Food Saf 10. DOI: 10.4081/ijfs.2021.9833.

Rat der Europäischen Union (1998):

Richtlinie 98/58/EG des Rates vom 20. Juli 1998 über den Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere.

Amtsblatt der Europäischen Union L 221, 23-27.

Riess L E, Hoelzer K (2020):

Implementation of Visual-Only Swine Inspection in the European Union: Challenges,

Opportunities, and Lessons Learned.

J Food Prot 83, 1918-1928. DOI: <https://doi.org/10.4315/JFP-20-157>.

Rowley J (2012):

Conducting research interviews.

Manag Res Rev 35, 260-271. DOI: [10.1108/01409171211210154](https://doi.org/10.1108/01409171211210154).

Salines M, Lazou T, Gomez-Luengo J, Holthe J, Nastasijevic I, Bouwknecht M, Dadios N, Houf K, Blagojevic B, Antic D (2023):

Risk categorisation of abattoirs in Europe: Current state of play.

Food Control 152, 109863. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109863>.

Schulze B, Wocken C, Spiller A (2006):

Relationship quality in agri-food chains: Supplier management in the German pork and dairy sector.

J Chain Netw Sci 6, 55-68. DOI: [10.3920/JCNS2006.x065](https://doi.org/10.3920/JCNS2006.x065).

Stärk K D C, Alonso S, Dadios N, Dupuy C, Ellerbroek L, Georgiev M, Hardstaff J, Huneau-Salaün A, Laugier C, Mateus A, Nigsch A, Afonso A, Lindberg A (2014):

Strengths and weaknesses of meat inspection as a contribution to animal health and welfare surveillance.

Food Control 39, 154-162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.11.009>.

Takakusagi Y, Oike T, Shirai K, Sato H, Kano K, Shima S, Tsuchida K, Mizoguchi N, Serizawa I, Yoshida D, Kamada T, Katoh H (2021):

Validation of the Reliability of Machine Translation for a Medical Article From Japanese to English Using DeepL Translator.

Cureus 13, e17778. DOI: [10.7759/cureus.17778](https://doi.org/10.7759/cureus.17778).

Trevisan C, Sotiraki S, Laranjo-González M, Dermauw V, Wang Z, Kärssin A, Cvetkovikj A, Winkler A S, Abraham A, Bobić B, Lassen B, Cretu C M, Vasile C, Arvanitis D, Deksne G, Boro I, Kucsera I, Karamon J, Stefanovska J, Koudela B, Pavlova M J, Varady M, Pavlak M, Šarkūnas M, Kaminski M, Djurković-Djaković O, Jokelainen P, Jan D S, Schmidt V, Dakić Z, Gabriël S, Dorny P, Omeragić J, Alagić D, Devleeschauwer B (2018):

Epidemiology of taeniosis/cysticercosis in Europe, a systematic review: eastern Europe.

Parasit Vectors 11, 569. DOI: [10.1186/s13071-018-3153-5](https://doi.org/10.1186/s13071-018-3153-5).

van Wagenberg C P, Backus G B, van der Vorst J G, Urlings B A (2012):  
Usefulness of food chain information provided by Dutch finishing pig producers to control  
antibiotic residues in pork.

Prev Vet Med 107, 142-145. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2012.05.005.

Versluis E (2007):

Even rules, uneven practices: Opening the 'black box' of EU law in action.

West Eur Polit 30, 50-67. DOI: 10.1080/01402380601019647.

Windhaus A (2008):

Fleischhygienerechtliche Bewertung von Lebensmittelketteninformationen als  
Entscheidungsgrundlage für die risikoorientierte Fleischuntersuchung.

Abgerufen am 03.04.2024, von [https://elib.tiho-hannover.de/receive/etd\\_mods\\_00001642](https://elib.tiho-hannover.de/receive/etd_mods_00001642).

Yu Y, Shafto P, Bonawitz E (2020):

Inconvenient Samples: Modeling Biases Related to Parental Consent by Coupling  
Observational and Experimental Results.

Open Mind 4, 13-24. DOI: 10.1162/opmi\_a\_00031.

Zdolec N, Kiš M (2021):

Meat Safety from Farm to Slaughter—Risk-Based Control of *Yersinia enterocolitica* and  
*Toxoplasma gondii*.

Processes 9, 815. <https://doi.org/10.3390/pr9050815>.

## Publikationsverzeichnis

### Wissenschaftliche Artikel

Li T-T, Langforth S, Langkabel N, Sotiraki S, Anastasiadou S, Nesbakken T, Meemken D (2023):

Implementation of harmonised epidemiological indicators (HEIs) for pigs – A Europe-wide online survey.

Food Control 153, 109954. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109954>.

Li T-T, Meemken D, Antunovic B, Nesbakken T, Langforth S (2024):

Food chain information for broilers, pigs and bovines in Europe: Comparison of report forms and definitions of the relevant period for reporting treatments with veterinary medicinal products with withdrawal periods.

Food Control 155, 110054. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110054>.

Li T-T, Langforth S, Isbrandt R, Langkabel N, Sotiraki S, Anastasiadou S, Nesbakken T, Meemken D (2024):

Food chain information for pigs in Europe: A study on the status quo, the applicability and suggestions for improvements.

Food Control 157, 110174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110174>.

### Vorträge

Li T-T (2023):

FCI & HEIs for pigs.

Training School on RB-MSAS focusing on risk categorisation of farms and abattoirs, online, 13.06. – 16.06.2023.

Li T-T, Isbrandt R, Langforth S, Langkabel N, Sotiraki S, Anastasiadou S, Nesbakken T, Meemken D (2023):

Food Chain Information for Pigs in Europe - Sufficient in its Current Form?

14th International Symposium on the Epidemiology and Control of Biological, Chemical and Physical Hazards in Pigs and Pork, New Orleans, 15.05. – 17.05.2023.

Li T-T, Langforth S, Langkabel N, Nesbakken T, Meemken D (2022):

(Dis-)Harmonie: wie ist die aktuelle Situation harmonisierter epidemiologischer Indikatoren

beim Schwein in Europa?

22. Fachtagung für Fleisch- und Geflügelfleischhygiene, Berlin, 01.03. – 02.03.2022.

Li T-T, Langforth S, Nesbakken T, Langkabel N, Meemken D (2022):

Food chain information: results of a Europe-wide online-survey on the status quo and improvements for broilers, pigs, and bovines.

2nd RIBMINS scientific conference : “towards the future of meat safety assurance”, Córdoba, 07.04. – 08.04.2022.

Li T-T, Langkabel N, Langforth S, Sotiraki S, Anastasiadou S, Nesbakken T, Meemken D (2023):

Harmonised epidemiological indicators: how is the current situation of implementation for broilers, pigs, and bovines in Europe?

3rd RIBMINS Scientific Conference "Shaping the Future of RB-MSAS", Bucharest, 29.03. – 30.03. 2023.

Li T-T, Meemken D, Langforth S (2023):

Erfassung von Lebensmittelketteninformationen: ein europäischer Flickenteppich? Offizielle Formulare und sicherheitserhebliche Zeiträume im Vergleich.

23. Fachtagung für Fleisch- und Geflügelfleischhygiene, Berlin, 28.02. – 01.03.2023.

Li T-T, Meemken D, Thieme S (2021):

Lebensmittelketteninformationen – Gegenwart und Zukunft: Ergebnisse einer europaweiten Befragung zum Status quo und zu Verbesserungsvorschlägen bei Masthähnchen, Rindern und Schweinen.

61. Arbeitstagung des Arbeitsgebietes Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz 2021, Garmisch-Partenkirchen, 28.09. – 30.09.2021.

### **Poster**

Li T-T, Langforth S, Langkabel N, Isbrandt R, Nesbakken T, Meemken D (2022):

Harmonisierte epidemiologische Indikatoren für Salmonella spp.: Ergebnisse einer europaweiten Online-Befragung zum Status quo der Umsetzung beim Schwein.

62. Arbeitstagung des Arbeitsgebietes Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz 2022, Garmisch-Partenkirchen, 25.10. – 28.10.2022.

### **Abschlussbericht**

Li T-T, Langkabel N, Langforth S, Nesbakken T, Meemken D (2023):

WG2 - Report on the implementation and use of harmonised epidemiological indicators (HEIs) for broilers, pigs and bovines in Europe.

### **Weitere Publikationen**

Langforth S, Li T-T, Oswaldi V, Isbrandt R, Sotiraki S, Anastasiadou S, Nesbakken T, Langkabel N, Meemken D (2023):

Status quo and improvements of food chain information for broilers, pigs, and bovines in Europe: results from an online survey.

3rd RIBMINS Scientific Conference "Shaping the Future of RB-MSAS", Bucharest, 29.03. – 30.03.2023.

Langkabel N, Meemken D, Li T-T, Sotiraki S, Anastasiadou S, Nesbakken T, Langforth S (2023):

Use of harmonised epidemiological indicators (HEIs) for broilers in Europe.

Food Control 154, 110020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110020>.

Meemken D, Li T-T, Langkabel N, Langforth S, Isbrandt R, Oswaldi V, Sotiraki S, Anastasiadou S, Nesbakken T (2023):

Food Chain Information (FCI) and Harmonized Epidemiological Indicators (HEIs) as tool for risk categorisation of farms, background.

Training School on RB-MSAS focusing on risk categorisation of farms and abattoirs, online, 13.06. – 16.06.2023.

## Danksagung

Ich danke Frau Prof. Dr. Diana Meemken herzlich für die Überlassung des Themas, ihre fachliche Unterstützung und ihr Vertrauen in mich. Die gemeinsamen Reisen behalte ich für immer in guter Erinnerung.

Frau Dr. Susann Langforth danke ich für ihre persönliche Betreuung während meiner Zeit als Doktorandin. Ihr konstruktives und inspirierendes Feedback habe ich stets sehr geschätzt.

Dem Team der AG Fleischhygiene danke ich für die freundliche Aufnahme und die familiäre Atmosphäre.

Ich bedanke mich bei allen Mitdoktorand\*innen für den gemeinsamen Austausch und die Unterstützung, die mir Zuversicht in dieser Zeit gaben.

Allen RIBMINS-Beteiligten danke ich für die Möglichkeit, Teil dieses Projektes zu sein. Die daraus resultierenden Studien bilden die Grundlage meiner Dissertation.

Meinen Freundinnen danke ich zutiefst für ihre Zuneigung, ihren Witz und für die tiefe Verbundenheit, die sie mich spüren lassen.

Meinen Eltern bin ich dankbar für die Entbehrungen, die sie auf sich genommen haben. Mit ihrer Unterstützung konnte ich meinen Weg finden. 非常感谢。

Meiner Schwester danke ich von Herzen für alles, weit über Worte hinaus.

Meine größte Dankbarkeit gilt Ziege, Hund und Hahn.

## **Finanzierungsquellen**

Für die vorliegende Arbeit bestand keine finanzielle Unterstützung.



## **Interessenkonflikte**

Im Rahmen dieser Arbeit bestehen keine Interessenskonflikte durch Zuwendungen Dritter.

## **Selbständigkeitserklärung**

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe. Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen habe. Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation weder in gleicher noch in ähnlicher Form an einer anderen Fakultät eingereicht habe. Sie wurde in keinem früheren Promotionsverfahren angenommen oder abgelehnt.

Berlin, den 24. 05. 2024, Ting-Ting Li