

**Auswirkungen der Revision des  
Lebensmittelhygienerechts und der Einführung  
einer convenience-orientierten Mischkostküche  
auf das Vorkommen lebensmittelbedingter  
Gruppenerkrankungen in der Bundeswehr**

von Alexandra Victoria Nau

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde  
der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

**Auswirkungen der Revision des  
Lebensmittelhygienerechts und der Einführung  
einer convenience-orientierten Mischkostküche  
auf das Vorkommen lebensmittelbedingter  
Gruppenerkrankungen in der Bundeswehr**

von Alexandra Victoria Nau  
aus Koblenz

München 2023

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
Lehrstuhl für Lebensmittelsicherheit und -analytik

Arbeit angefertigt unter der Leitung von Univ. Prof. Dr. Claudia Guldemann  
Mitbetreuung durch: Dr. Samart Dorn-In und Dr. Julia Fröhlich

Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Claudia Guldemann, PhD

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. Karin Schwaiger

Tag der Promotion: 22. Juli 2023

*Meiner Familie und Freunden*

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>Lebensmittelbedingte Gruppenerkrankungen .....</b>	<b>11</b>
2.1.1	Definition und Abgrenzung .....	11
2.1.2	Erfassung lebensmittelbedingter Krankheitsausbrüche in Deutschland und der EU .....	12
2.1.3	Relevante Erreger lebensmittelbedingter Erkrankungen in der Gemeinschaftsverpflegung.....	14
2.1.4	Weitere Erreger lebensmittelbedingter Erkrankungen .....	25
<b>2.2</b>	<b>Entwicklung des EU-Lebensmittelhygienerechts .....</b>	<b>29</b>
2.2.1	Umsetzung des EU-Lebensmittelhygienerechts im GB BMVg .....	31
<b>2.3</b>	<b>Epidemiologische Aufarbeitung von Gruppenerkrankungen mit Verdacht auf lebensmittelassoziierte Ursachen im GB BMVg.....</b>	<b>33</b>
<b>2.4</b>	<b>Truppenverpflegung.....</b>	<b>36</b>
<b>2.5</b>	<b>Einsatz der Convenience-orientierten Mischkostküche im GB BMVg .....</b>	<b>38</b>
<b>3</b>	<b>Publication.....</b>	<b>41</b>
<b>4</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>68</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>79</b>
<b>6</b>	<b>Summary .....</b>	<b>80</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>81</b>
<b>8</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>98</b>
<b>9</b>	<b>Tabellen.....</b>	<b>99</b>
<b>10</b>	<b>Danksagung .....</b>	<b>100</b>

## Abkürzungen

Abs.	Absatz
Abt	Abteilung
Art.	Artikel
AVV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift
AVVRÜb	Allgemeine Verwaltungsvorschrift über Grundsätze zur Durchführung der amtlichen Überwachung der Einhaltung der Vorschriften des Lebensmittelrechts, des Rechts der tierischen Nebenprodukte, des Weinrechts, des Futtermittelrechts und des Tabakrechts
a <sub>w</sub> -Wert	Wasseraktivität
BELA	Bundeseinheitliches Erfassungssystem von Daten zu lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
C	Celsius
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
d	Tage
D	Deutschland
DIN	Deutsches Institut für Normung
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
EFSA	Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit
EHEC	Enterohämorrhagische <i>Escherichia coli</i>

---

EPa	Einmannpackung
EU	Europäische Union
g	Gramm
GB BMVg	Geschäftsbereich des Bundesministeriums der Verteidigung
GesAufs	Gesundheitsaufseher
GHP	Gute Hygienepraxis
h	Stunden
HACCP	Hazard Analysis Critical Control Points
HUS	Hämolytisch-urämisches Syndrom
i.E.	im Einsatz
IfSG	Infektionsschutzgesetz
Kdo SanDstBw	Kommando Sanitätsdienst der Bundeswehr
KbE	Kolonie bildende Einheiten
LFGB	Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch
LMV	Lebensmittelvergiftung
LSO	Leitender Sanitätsoffizier
LtdAp	Leitender Apotheker
LtdHyg	Leitender Hygieniker
LtdVet	Leitender Veterinär
MRSA	Methicilin resistente <i>S. aureus</i>
NaCl	Natriumchlorid
O-Antigene	Oberflächen-Antigene
pH	Potential des Wasserstoffs



---

RKI	Robert-Koch-Institut
SanOffz	Sanitätsoffizier
SanStOffz	Sanitätsstabsoffizier
SE	Staphylokokken-Enterotoxine
spp.	Spezies
ssp.	Subspezies
STEC	Shigatoxin bildende <i>Escherichia coli</i>
TSS	Toxic Shock Syndrom
TTP	Thrombotischthrombozytopenische Purpura
USA	Vereinigte Staaten von Amerika
ÜbwStÖffRechtlAufgSanDstBw	Überwachungsstelle für öffentlich-rechtliche Aufgaben des Sanitätsdienstes der Bundeswehr
VO (EU)	Verordnung der Europäischen Gemeinschaft
VpflABw	Verpflegungsamt der Bundeswehr
VTEC	Verotoxin-bildende <i>Escherichia coli</i>
WHO	World Health Organization
YOPI	Young, old, pregnant, immunosuppressed
z.B.	zum Beispiel
ZInstSanBw	Zentrales Institut des Sanitätsdienstes der Bundeswehr
µm	Mikrometer

## 1 Einleitung

Eine adäquate Ernährung zählt zu den kritischen Faktoren, die zur Einsatzbereitschaft von Streitkräften beiträgt (Greene et al., 2020). Durch lebensmittelbedingte Gruppenerkrankungen im Zusammenhang mit der Truppenverpflegung im In- und Ausland besteht die Gefahr von Leistungseinbrüchen. In schwerwiegenden Fällen könnte hierdurch die Auftragserfüllung gefährdet sein. Hinzu kommt, dass es im Zusammenhang mit dem Ausbruchsgeschehen durch notwendige lebensmittelhygienische Maßnahmen zu weiteren Einschränkungen und gerade im Einsatz zu Demoralisierungen kommen kann. Hierzu zählen beispielsweise die Desinfektion und einhergehende zeitweise Schließung der Truppenküchen sowie die Reduktion des Speisenumfangs der Truppenverpflegung.

Mit dem Ziel, den Soldatinnen und Soldaten eine möglichst gesundheitlich unbedenkliche und auch schmackhafte Verpflegung anzubieten, arbeiten die verantwortlichen Dienststellen, vor allem die Überwachungsstellen für öffentlich-rechtliche Aufgaben des Sanitätsdienstes der Bundeswehr (ÜbwStÖffRechtlAufgSanDstBw) und das Verpflegungsamt der Bundeswehr (VpflABw), eng zusammen.

Die fortwährenden strukturellen Veränderungen der Bundeswehr und die daraus resultierenden Herausforderungen für die Truppenverpflegung sowie einschlägige, übergeordnete und europaweit geltende Rechtsvorgaben, die im Rahmen der Eigenvollzugskompetenz im Geschäftsbereich des Bundesministeriums der Verteidigung (GB BMVg) stets einzuhalten sind, machten zwangsläufig eine Anpassung des Überwachungs- und Untersuchungsspektrums von Verpflegungseinrichtungen sowie Lebensmitteln notwendig. So mussten die Vorgaben des 2002 begonnenen und 2006 mit wesentlichen Verordnungen folgenden, umfassend reformierten europäischen Lebensmittelhygienerechtes, umgesetzt werden. Gleichzeitig sollte die convenience-orientierte Mischkostküche etabliert werden.

Inwieweit sich diese Anpassungen auf das Vorkommen lebensmittelassoziierter Gruppenerkrankungen ausgewirkt haben, soll in der vorliegenden Arbeit betrachtet und analysiert werden.

## 2 Literatur

### 2.1 Lebensmittelbedingte Gruppenerkrankungen

#### 2.1.1 Definition und Abgrenzung

Im Falle einer lebensmittelbedingten Erkrankung werden durch den Verzehr von kontaminierten Lebensmitteln infektiöse Krankheitserreger und/oder ihre Toxine aufgenommen. Enthält das Lebensmittel entweder die minimale infektiöse Dosis eines Krankheitserregers und/oder die minimale Intoxikationsdosis eines gebildeten Toxins, so folgen in der Regel die Leitsymptome Erbrechen und Durchfall sowie weitere daraus resultierende gesundheitliche Beeinträchtigungen. Das klinische Bild zeigt sich meist mild und selbstlimitierend. Bei Angehörigen besonders empfindlicher Personengruppen (YOPI: young, old, pregnant, immunosuppressed) ist eine schwerwiegendere Symptomatik möglich (Jackson & Meah, 2018). Der Krankheitsverlauf ist daher abhängig von individueller Disposition, Erregervirulenz sowie Infektionsdosis.

Lebensmittelbedingte Ausbrüche lassen sich in zwei Kategorien einteilen:

- Lebensmittelinfektionen werden durch infektiöse Erreger hervorgerufen, die mit dem Lebensmittel aufgenommen werden. Über den Magen-Darm-Trakt können sie sich entweder dort oder auch in anderen Organen ansiedeln und vermehren. Nach einer jeweils spezifischen Inkubationszeit von bis zu mehreren Tagen zeigt sich meist ein gastrointestinales Krankheitsbild, wobei auch weitere oder andere erregerspezifische Symptome auftreten können (Manning, 2015).
- Lebensmittelintoxikationen werden durch die von pathogenen Mikroorganismen gebildeten Toxine im Lebensmittel ausgelöst und verursachen in der Regel innerhalb weniger Stunden eine Magen-Darm-Symptomatik. Dabei ist es möglich, dass die ursächlichen Mikroorganismen nicht mehr im Lebensmittel nachweisbar sind (Manning, 2015). Toxikoinfektionen stellen einen Spezialfall der Lebensmittelintoxikation dar, bei dem es nach der Aufnahme der Erreger zu einer Produktion der Enterotoxine im Magen-Darm-Trakt kommt (Darwish et al., 2022).

Bei einer Gruppenerkrankung handelt es sich um eine Erkrankungshäufung in einer durch ein gemeinsames Merkmal definierten Gruppe von Personen (z.B. Verpflegung identischer

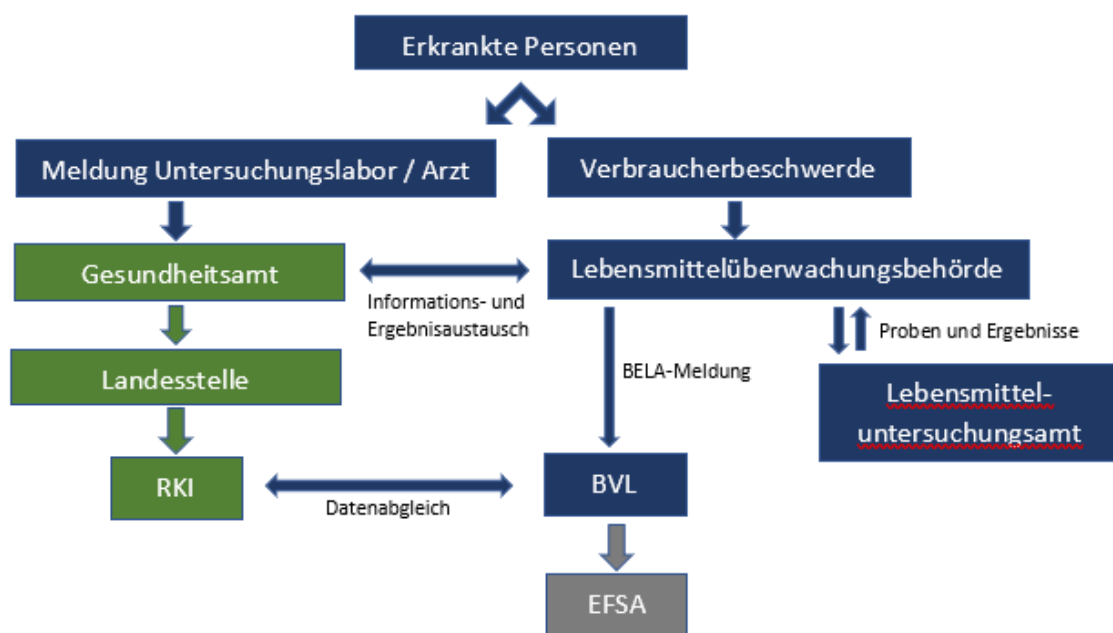
Herkunft oder Besuch derselben Einrichtungen). Dagegen versteht man unter einem Ausbruch ein plötzliches vermehrtes Auftreten von Erkrankungsfällen, welches das zu erwartende Maß dieser Krankheit in einem Zeit-Raum-Populationsgefüge überschreitet sowie ein epidemiologischer Zusammenhang wahrscheinlich oder gesichert ist (Kiehl, 2015). Gemäß § 6 des Infektionsschutzgesetzes (IfSG) Absatz 1 Nummer 2 besteht eine Meldepflicht für den Verdacht auf bzw. bei Feststellung einer mikrobiell lebensmittelbedingten Erkrankung oder infektiösen Gastroenteritis, wenn gemäß Buchstabe a eine Tätigkeit im Sinne des § 42 Absatz 1 des IfSG ausgeübt wird oder gemäß Buchstabe b wenn zwei oder mehr gleichartige Erkrankungen auftreten, bei denen eine gemeinsame Ursache wahrscheinlich ist oder vermutet wird (Bundesministerium der Justiz, 2000). Im GB BMVg ist die Zentralvorschrift A1-840/5-4001 „Lebensmittelhygiene“ anzuwenden, welche eine Gruppenerkrankung mit vermuteter lebensmittelassoziierter Genese ab einem Auftreten von fünf oder mehr Erkrankungsfällen mit Magen-Darm-Symptomatik pro Tag und Einheit definiert. Hieraus ergibt sich für den Geschäftsbereich des Bundesministeriums der Verteidigung (GB BMVg) bei mehr als fünf gleichartigen Erkrankungen eine doppelte Meldeverpflichtung bei gleichem Sachverhalt. Die Ursachen für eine lebensmittelassozierte Gruppenerkrankung sind vielfältig, sodass die epidemiologische Aufklärung eines Ausbruchsgeschehens gerade im Hinblick auf die Prävention künftiger Ausbrüche zwingend notwendig ist.

### **2.1.2 Erfassung lebensmittelbedingter Krankheitsausbrüche in Deutschland und der EU**

Jedes Jahr werden die Meldungen lebensmittelbedingter Krankheitsausbrüche, die durch kontaminierte Lebensmittel (Mikroorganismen und ihre Toxine) ausgelöst werden, durch die entsprechenden Stellen erfasst und ausgewertet. Ein Beschäftigungsverbot in der Lebensmittelproduktion besteht gemäß § 42 und § 34 IfSG. Demzufolge besteht ein Tätigkeitsverbot in Lebensmittelbetrieben und Küchen von Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung (bei Verdacht auf oder Erkrankung an einer akuten infektiösen Gastroenteritis) sowie eine Meldepflicht nach § 6 oder § 34 (bei Verdacht auf und Erkrankung an einer akuten infektiösen Gastroenteritis) (Bundesministerium der Justiz, 2000).

Die erfassten Informationen werden von den entsprechenden Lebensmitteluntersuchungsämtern und Lebensmittelüberwachungsbehörden einerseits nach IfSG an das Robert-Koch-Institut (RKI) bzw. andererseits über das bundeseinheitliche Erfassungssystem von Daten zu lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen (BELA) an das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) übermittelt. Nach dem Datenabgleich zwischen den o.g. Stellen wird ein entsprechender Bericht über das BVL an die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (European Food Safety Authority, EFSA) vorgelegt. Die EFSA fasst seit 2015 jährlich aus den Meldungen aller EU-Mitgliedstaaten einen Bericht zu den in Europa aufgetretenen lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen im „One Health Report Zoonoses“ zusammen (BVL und RKI, 2020).

Das dargestellte Meldeschema von lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen (Abbildung 1), soll die Vorgehensweise der Erfassung, Übermittlungswege sowie die in diesem Zusammenhang zuständigen Stellen veranschaulichen.



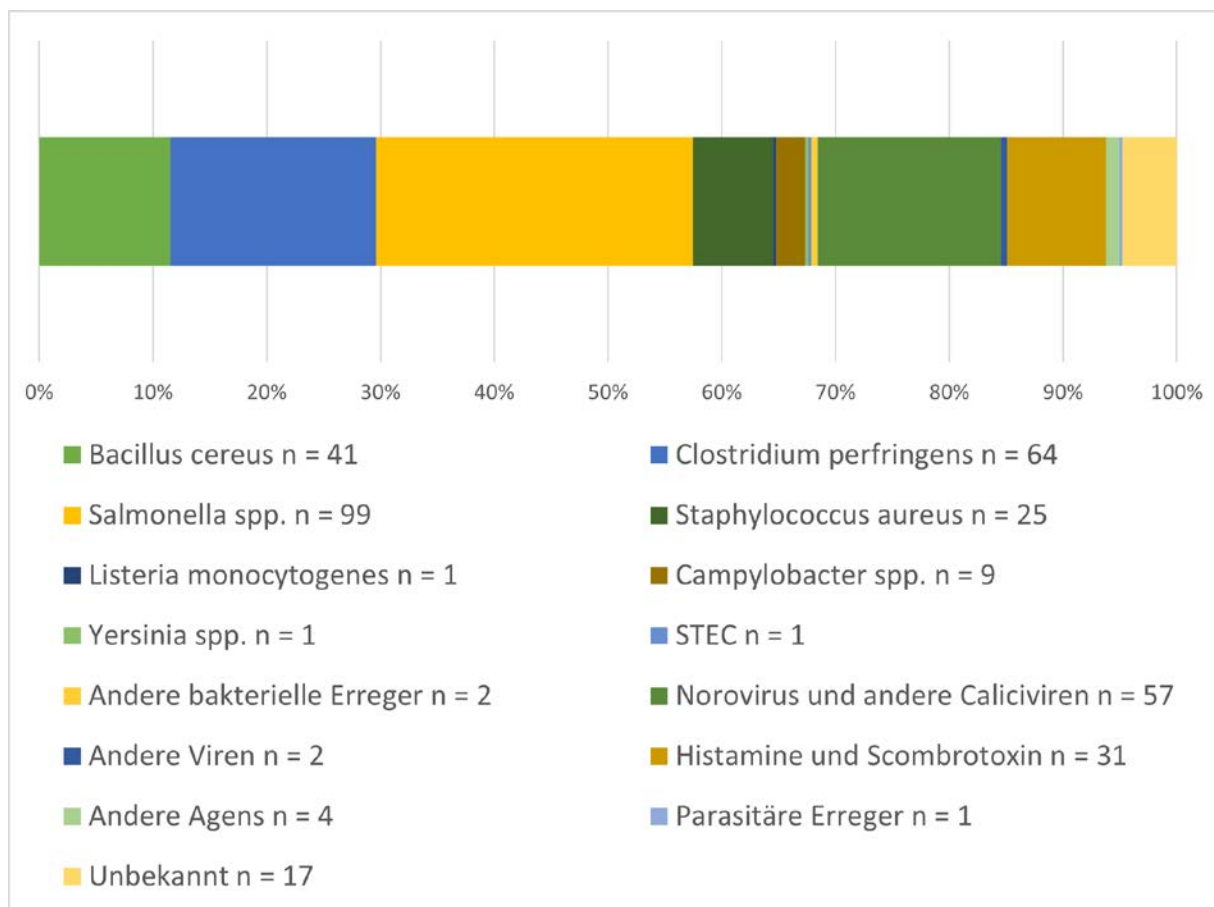
**Abbildung 1:** Nationale Meldewege bei lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen (angelehnt an den gemeinsamen nationalen Bericht des BVL und RKI zu lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen in Deutschland 2020; RKI und BVL, 2020)

Das RKI und BVL erstellen seit 2015 außerdem einen gemeinsamen nationalen Jahresbericht zu lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen in Deutschland. Hierbei handelt es sich um Meldungen aus folgenden Ursprungsorten: Restaurant/Café/Pub/Bar/Hotel/Catering, Kantine/Gemeinschaftsverpflegung, Bauernhof, Schule/Kindergarten, Haushalt, Take-Away/Fast-Food Imbiss sowie unbekannter Herkunft (BVL und RKI, 2020). Der jährliche „One Health Report Zoonoses“ der EFSA beinhaltet darüber hinaus weitere Ursprungsorte wie Gesundheitseinrichtungen (z.B. Krankenhäuser) und kurzzeitige Verpflegung großer Menschenmengen (z.B. Festivals) (EFSA, 2022). Weiterhin werden Daten zu lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen in der EU durch die EFSA über ein „Dashboard“ ab 2016 zur Verfügung gestellt. Hierbei können die gemeldeten Daten selektiert und verglichen werden (European Food Safety Authority, 2022).

### **2.1.3 Relevante Erreger lebensmittelbedingter Erkrankungen in der Gemeinschaftsverpflegung**

Lebensmittelbedingte Erkrankungen, die ihren Ursprung in der Gruppenverpflegung haben, zeichnen sich durch die Zentralisierung der Speiseherstellung aus, was zur Folge hat, dass eine sehr große Personenanzahl im Falle eines Krankheitsausbruches betroffen ist (Krämer & Prange, 2017). Ein lebensmittelhygienisch kritischer Punkt dieser Verpflegungsform stellt z.B. die Vorbereitung des vergrößerten Speiseumfangs in Verbindung mit langen Warmhaltezeiten unterhalb der mikrobiologischen Risikotemperatur von 65 °C dar. Ebenso können mangelnde oder fehlerhafte Hitzebehandlung und Kühlung der fertigen Speisen eine Vermehrung nicht abgetötete Bakterien oder ihrer Sporen ermöglichen, sodass die entsprechenden minimalen Infektionsdosen erreicht werden können (Krämer & Prange, 2017). So wurden vor diesem Hintergrund vor allem Bakterien der Spezies *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus* sowie die Sporenbildner *Bacillus cereus* und *Clostridium perfringens* als häufigste Bakterien lebensmittelbedingter Gruppenerkrankungen in der Gemeinschaftsverpflegung von 2015-2020 in der EU identifiziert (EFSA-Dashboard, o. D.). Betrachtet man die Erregerhäufigkeiten dieser lebensmittelbedingten Ausbrüche (n = 355), so wurden folgende Nachweisraten mit hoher Evidenz ermittelt (Abbildung 2):

*Salmonella* spp. 27,89 %, *Clostridium perfringens* 18,02 %, *Bacillus cereus* und *Bacillus cereus*-Enterotoxine 11,54 %, *Staphylococcus aureus* und *Staphylococcus*-Enterotoxine 7,04 %, *Campylobacter* spp. 2,54 %, *Listeria monocytogenes* 0,28 %, *Yersinia* spp. 0,28 %, STEC 0,28 %, andere bakterielle Erreger 0,56 %, Norovirus und andere Caliciviren 16,06 %, andere Viren 0,56 %, Histamine und Scombrototoxin 8,73 %, andere Agens 1,13 %, parasitäre Erreger 0,28 % und unbekannt 4,79 % (EFSA-Dashboard, o. D.).



**Abbildung 2:** Verteilung der mit hoher Evidenz aufgetretenen lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüche nach Erreger in der Gemeinschaftsverpflegung (Kantinen, Schulen etc.) den EU-Mitgliedstaaten von 2015-2020 in Anlehnung an das EFSA-Dashboard (o. D.)

Bemerkung zu Abbildung 2: „Andere bakterielle Erreger“ beinhalten *Escherichia coli* außer STEC, *Shigella*, *Vibrio parahaemolyticus* und andere Bakterien (nicht spezifiziert). „*Bacillus cereus*-Toxine“ beinhalten *Bacillus cereus* und *Bacillus cereus*-Enterotoxine. „*Staphylococcus aureus*-Toxine“ beinhalten *Staphylococcus*-Enterotoxine. „Norovirus und andere Caliciviren“ beinhalten Norovirus (Norwalk-like virus), Sapovirus (Sapporo-like virus), Caliciviren (nicht

spezifiziert). „Marine Biotoxine“ umfassen Ciguatoxin und andere nicht spezifizierte marine Toxine.

In der vorliegenden Arbeit wurde das Vorkommen lebensmittelbedingter Gruppenerkrankungen in der Gemeinschaftsverpflegung im GB BMVG betrachtet. Daher werden nachstehend die unter diesem Aspekt relevanten Erreger in absteigender Reihenfolge ihrer Nachweisrate im Rahmen der durchgeführten Studie, beschrieben.

### ***Bacillus cereus***

*Bacillus cereus* ist ein bewegliches, fakultativ anaerobes Stäbchenbakterium, das einen Durchmesser von 1,0-1,2 µm und eine Länge von 3,0 bis 5,0 µm aufweist. Zusammen mit 16 weiteren *Bacillus* Spezies (*B. anthracis*, *B. mycoides* bzw. *B. weihenstephanensis*, *B. pseudomycoides*, *B. thuringiensis*, *B. cytotoxicus*, *B. toyonensis*, *B. wiedmanni*, *B. paranthracis*, *B. pacificus*, *B. tropicus*, *B. albus*, *B. mobilis*, *B. luti*, *B. proteolyticus*, *B. nitratireducens* und *B. paramycoides*) bildet es die *Bacillus-cereus*-Gruppe (Ehling-Schulz et al., 2019).

*Bacillus cereus* ist ubiquitär in der Umwelt z.B. im Erdboden und im Abwasser und wird in verschiedensten Lebensmitteln, besonders aber in stärkehaltigen Lebensmitteln sowie Lebensmitteln mit einem hohen Protein- und Fettgehalt, nachgewiesen (Jessberger et al., 2020). Sporen von *Bacillus cereus* sind widerstandsfähig gegen Umwelteinflüsse. Weiterhin besitzen sie die Fähigkeit, bereits im Lebensmittel ein emetisches Toxin (hitzestabiles Cereulid) und/oder im Darm ein Diarrhoe-Toxin (hitzelabile Enterotoxine) zu bilden (Carroll et al., 2020).

Erste Symptome treten nach 0,5-6 h (emetisches Toxin) bzw. nach 8-16 h (Diarrhoe Toxin) auf. Innerhalb von 24 h können bei beiden Toxinen die Symptome wieder abklingen. Hitzebehandlungen führen sehr effektiv zum Abtöten der vegetativen Zellen, wohingegen die Sporen diesen Prozess überleben und zum Auskeimen in vegetative Zellen angeregt werden. Ab einer Anzahl von  $10^3$  KbE /g Lebensmittel kann das emetische Toxin in ausreichender Menge gebildet werden, um eine Intoxikation auszulösen (Rahnama et al., 2023). Für das Diarrhoe-Toxin wird eine minimale Infektionsdosis von  $10^4$  - $10^9$  KBE g beschrieben, bei der die Aufnahme von vegetativen Zellen eine Toxikoinfektion mit dem Diarrhoe-Toxin hervorrufen kann (Jessberger et al., 2020). Im Fall einer Toxikoinfektion durch hitzelabile Enterotoxine



bildet der Erreger erst nach der Aufnahme im Körper die entsprechenden Toxine (Jessberger et al., 2020) .

Tabelle 1: Übersicht zu *Bacillus cereus*

<i>Bacillus cereus</i>	Diarrhoe Form	Emetische Form
<b>Virulenzfaktoren</b>	Enterotoxine Hämolysin BL (Hbl), Nicht-hämolytisches Enterotoxin (Nhe), Cytotoxin K (CytK), Hämolysin BL und Nicht-hämolytisches Enterotoxin; Toxinkodierendes Nhe-Genom; Enterotoxin FM (EntFM) als weiterer Virulenzfaktor (Zellwandpeptidase) beteiligt (Carroll et al., 2020; Enosi Tuipulotu et al., 2021)	Hitzestabile zyklische Peptide (Ceruleide), 18 strukturelle Variationen je nach Stamm mit unterschiedlicher Zytotoxizität (Carroll et al., 2020; Marxen, et al., 2015)
<b>Infektionsquellen</b>	Besonders Produkte mit hohem Protein- und Fettgehalt (Fleischprodukte, Milchprodukte, Saucen und Suppen etc.) (Jessberger et al., 2020)	
<b>Symptomatik</b>	Durchfall, meist selbstlimitierend nach 24 h-48h (Jessberger et al., 2020)	
<b>Prävention</b>	Produktionshygiene, Hitzebehandlung über 72 °C und Warmhaltetemperatur bei Heißausgabe über 65 °C maximal 3 h (Choi & Kim, 2020)	Produktionshygiene, Vermeidung von Kontaminationen, Hitzebehandlungen führen zu keiner Inaktivierung der Ceruleide (Choi & Kim, 2020)
<b>Zusätzliche Meldepflichten</b>	-	
<b>Mikrobiologisches Kriterium</b>	Prozesshygienekriterium für Milch und Milcherzeugnisse für Säuglinge nach VO (EU) 2073/2005	

## ***Enterobacteriaceae***

Neben obligat pathogenen Spezies (z.B. *Salmonella* spp.) unterscheidet man fakultativ pathogene Spezies wie z.B. *Escherichia coli* (Sarowska et al., 2019). Andererseits sind *Enterobacteriaceae* besonders als Hygieneindikator und Ursache für Verderb von Lebensmitteln relevant (Odeyemi et al., 2020). Beispielsweise lässt der Nachweis von *Enterobacteriaceae* sowie ausgewählte Spezies dieser, auf eine unzureichende Schlachthygiene bzw. Prozesshygieneabläufe auf den jeweiligen Stufen der Lebensmittelproduktion schließen (VO (EU) Nr. 2073/2005). Daher hängt die Interpretation des mikrobiologischen Untersuchungsergebnisses hinsichtlich der *Enterobacteriaceae* vom qualitativen und quantitativen Nachweis in Bezug auf das entsprechende Lebensmittel sowie der Stufe innerhalb der Lebensmittelkette, ab (VO (EU) Nr. 2073/2005).

## ***Escherichia coli***

Die Spezies *Escherichia coli* (*E. coli*) zählt zur Familie *Enterobacteriaceae*. Apathogene *E. coli*-Stämme dienen als Indikator-Mikroorganismen einer fäkalen Verunreinigung (Metz et al., 2020). Hier ist bei Nachweisen apathogener *E. coli* im Lebensmittel die quantitative Bewertung maßgeblich, wohingegen obligat pathogene *E. coli* (z.B. STEC/VTEC) Index-Mikroorganismen darstellen, für die ein qualitativer Nachweis ausschlaggebend hinsichtlich der Beurteilung der Sicherheit des Lebensmittels ist (VO (EU) Nr. 2073/2005; Motlagh & Yang, 2019; Metz et al., 2020). Shigatoxin bzw. Verotoxin produzierende *E. coli* (STEC/VTEC) besitzen die Fähigkeit entero-sowie cytotoxische Toxine zu bilden, die zu wässrigem Durchfall führen können (Pakbin et al., 2021). Aufgrund ihrer Säurertoleranz überleben sie die menschliche Magensäure (pH 1,5), weshalb bereits minimale Infektionsdosen von 10-100 Bakterien ausreichen, um eine Erkrankung auszulösen (Rani et al., 2021).

Tabelle 2: Übersicht zu enterohämorrhagischen *Escherichia coli*

<b><i>Escherichia coli</i> (STEC/VTEC)</b>	
<b>Virulenzfaktoren</b>	Shigatoxine (2 Hauptgruppen, <i>stx1</i> und <i>stx2</i> , mit unterschiedlichen Varianten), Virulenzgene: <i>eae</i> : <i>E. coli</i> attaching and effacing-Gen ( <i>eae</i> ), <i>vtx/stx</i> : Verotoxin-Gen hlyEHEC: Enterohämolysin-Gen (Pakbin et al., 2021)
<b>Reservoir</b>	Wiederkäuer, Schweine, Geflügel, Wildtiere (Kim et al., 2020)
<b>Infektionsquellen</b>	Milch und Milchprodukte, Hackfleisch (Furukawa et al., 2018), Rindfleisch und Produkte davon, RTE-Produkte, Fisch und Meeresfrüchte (EFSA & ECDC, 2022)
<b>Symptomatik</b>	Nach 2-5 d, starke Bauchschmerzen, blutiger Durchfall; Fieber (30 %), Dauer 6-10 d (Dücker et al., 2011), bis zu 15 % der Erkrankten entwickeln hämolytisch-urämisches Syndrom (HUS) (Khalid & Andreoli, 2019), v.a. bei Kindern (3-20 %), Thrombotisch-thrombozytopenische Purpura (TTP) v.a. bei Erwachsenen (5-10 %) (Travert et al., 2021)
<b>Prävention</b>	Ausreichende Reinigung von Obst und Gemüse mit Trinkwasser (Kim et al., 2020), Lagerung ohne Unterbrechung der Kühlkette, Vermeidung von Kreuzkontaminationen im Rahmen der Betriebs- und Prozesshygiene (Aijuka & Buys, 2019), Ausgabetemperatur von mindestens 70 °C (Ricci et al., 2020)
<b>Zusätzliche Meldepflichten</b>	Meldepflicht nach § 6 (bei Verdacht auf HUS) und nach § 7 IfSG (bei Nachweis einer akuten EHEC-Infektion) (Bundesministerium der Justiz, 2000) und § 3 ZoonoseV für betriebseigene Kontrollen (Bundesministerium der Justiz, 2007)
<b>Mikrobiologisches Kriterium</b>	Shiga-Toxin bildende <i>E. coli</i> (STEC) als Lebensmittelsicherheitskriterium (nicht nachweisbar) für Sprossen

und lebende Muscheln (VO (EU) Nr. 2073/2005). Apathogene *E. coli* als Prozesshygienekriterium für Fleisch-/ Milch-/Fischerei-/Gemüse-/Obsterzeugnisse nach VO (EU) Nr. 2073/2005

Fortsetzung Tabelle 2: Übersicht zu enterohämorrhagische *Escherichia coli*

### ***Salmonella spp.***

*Salmonella* spp. gehören ebenfalls zur Familie der *Enterobacteriaceae*, können jedoch keine Laktose verwerten. Sie zeichnen sich als peritrich begeißelte Stäbchen aus, die aufgrund ihrer unterschiedlichen Polysaccharide der äußeren Zellwand (O-Antigene) sowie Proteine der Geißeln (H-Antigene) in ca. 2600 verschiedene Serovare unterteilt werden können (Wang et al., 2020). Für die Lebensmittelsicherheit relevant ist hierbei die Subspezies *Salmonella* (*S.*) *enterica* spp. *enterica* mit den entsprechenden Serovaren (EFSA und ECDC, 2022). Im Falle einer Lebensmittelinfektion mit *S. enterica* werden minimale Infektionsdosen von 1 KbE/g in Abhängigkeit des Fettgehaltes des aufgenommenen Lebensmittels beschrieben (Olaimat et al., 2020; Teunis, 2022).

*Salmonella* spp. zählen zu den weltweit bedeutenden Bakterien lebensmittelassoziierter Krankheitsausbrüche (Ferrari et al., 2019). Eine Reduktion der durch *Salmonella* spp. ausgelösten Erkrankungen wurde in der EU durch die Einführung und Umsetzung der VO 2160/2003 erzielt, die bis 2014 stetig sank und seitdem stagniert (Hugas, 2014). Derzeit gilt die Salmonellose als zweithäufigster Zoonoseerreger in der EU (EFSA und ECDC, 2022).

Tabelle 3: Übersicht zu *Salmonella enterica* spp. *enterica*

<b><i>Salmonella enterica</i> ssp. <i>enterica</i></b>	
<b>Virulenzfaktoren</b>	Flagellen, Kapseln, Plasmide, Adhäsionssysteme und Typ-3-Sekretionssysteme (T3SS), u.a. auf <i>Salmonella</i> -Pathogenitätsinseln (SPI)-1 und SPI-2 kodiert, Adhäsine, Invasine, Fimbrien, Hämagglutinine, Exotoxine und Endotoxine (Jajere, 2019)
<b>Infektionsquellen</b>	Eier und Eiprodukte, Schweinefleisch und Erzeugnisse davon (Chanamé Pinedo et al., 2022), Rohmilch, pflanzliche Lebensmittel (z. B. frisches Obst, Kräutertee, Gewürze, Schokolade), Dauerausscheider (EFSA und EDCC, 2021a)
<b>Symptomatik</b>	Plötzlicher Durchfall, gelegentlich Erbrechen, Fieber (Eng et al., 2015), bei YOPIS septischer Verlauf möglich, Hospitalisierungsrate bei septischem Verlauf bis 91,9 % (EFSA und EDCC, 2022)
<b>Prävention</b>	Gar- und Ausgabemperaturen einhalten (mindestens 70 °C), Verzicht von Rohmilchkonsum, Obst und Gemüse ausreichend mit Trinkwasser waschen, Einhaltung der Kühlkette, Personalhygiene, Vermeidung von Kreuzkontaminationen z.B. Auftauwasser, Bedarfsgegenstände (Ehuwa et al., 2021; EFSA und EDCC, 2021a)
<b>Zusätzliche Meldepflichten</b>	Meldepflicht nach § 7 IfSG bei direktem oder indirektem Nachweis von Krankheitserregern (Bundesministerium der Justiz, 2000) und § 3 ZoonoseV für betriebseigene Kontrollen (Bundesministerium der Justiz, 2007)
<b>Mikrobiologisches Kriterium</b>	Lebensmittelsicherheitskriterium sowie Prozesshygienekriterium für verschiedene Lebensmittelkategorien (z. B. Geflügelfleisch, Rohmilchkäse, Eiprodukte, vorzerkleinertes Obst/Gemüse, Keimlinge, lebende Muscheln, Eiscreme) nach VO (EU) Nr. 2073/2005

### ***Staphylococcus aureus***

*Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) gehört zu den koagulase-positiven, grampositiven Staphylokokken, was bedeutet, dass sie im biochemischen Nachweisverfahren eine Ausfällung von Fibrinogen zu Fibrin bewirken (Strommenger et al., 2018). In der Humanmedizin spielt *S. aureus* eine besondere Rolle, da er (insbesondere Methicilin resistente *S. aureus*: MRSA) ein Auslöser von kleineren Entzündungen, über Abszesse, postoperativen Wundinfektionen (Kearney et al., 2020) darstellt und in seltenen Fällen zu generalisierten Infektionen (Toxic Shock Syndrom: TSS) führen kann (Chajęcka-Wierzchowska et al., 2020). Er kommt vor allem in Nasen- und Rachenraum sowie auf der Haut von Menschen und Tieren vor (Kearney et al., 2020). 24 % aller gesunden Menschen sind Träger von *S. aureus* (Kearney et al., 2020).

Lebensmittelbedingte Krankheitsausbrüche, die durch *S. aureus* verursacht wurden, sind auf die Produktion von Staphylokokken-Enterotoxinen (SE) zurückzuführen. Diese wurden nach ihrer Entdeckung in derzeit 24 Gruppen eingeteilt (SEA-SEY) (Grispoldi et al., 2021). Klinische Unterschiede zwischen SE, ließen eine Unterscheidung zwischen echten SEs (Auslösen von Erbrechen) und SE-ähnlichen Antigenen zu. Auf Grundlage von Nukleotid- und Aminosäuresequenzen werden weitere Einteilungen beschrieben, die einen Zusammenhang bestimmter Virulenzfaktoren mit klinischen Symptomen erkennen lassen (Grispoldi et al., 2021). Eine Lebensmittelintoxikation kann dabei bereits durch wenige Mengen Toxin in Abhängigkeit vom Körpergewicht ausgelöst werden (Hu et al., 2017). Dabei ist die Produktion der SE nicht unbedingt mit hohen Nachweisraten von *S. aureus* verbunden. Vielmehr ist die Produktion der Enterotoxine von verschiedenen extrinsischen Faktoren wie z. B. dem Vorhandensein von Starterkulturen bzw. einer konkurrierenden Mikrobiota, Temperatur, dem Salzgehalt, pH-Wert, aw-Wert und dem atmosphärischen Druck (Al-Nabulsi et al., 2020). Weiterhin besitzt *S. aureus* eine hohe Hitzestabilität, sodass dieser Faktor bei der Prävention lebensmittelbedingter Erkrankungen berücksichtigt werden muss (Hany et al., 2019).

Die beschriebenen Prävalenzen in Verbindung mit den spezifischen Wachstums- und Virulenzfaktoren bergen daher ein Kontaminationsrisiko durch das Küchenpersonal zu Beginn der Lebensmittelkette sowie eine sich anschließende Enterotoxinproduktion im verzehrfertigen Lebensmittel, die zu lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen führen können (Strommenger et al., 2018).

Tabelle 4: Übersicht zu *Staphylococcus aureus*

<b><i>Staphylococcus aureus</i></b>	
<b>Virulenzfaktoren</b>	Über 24 immunologische Varianten der Enterotoxine sowie Enterotoxin-ähnliche Toxine beschrieben, Enterotoxin-Typen A-E häufig isoliert, weitere Toxintypen (G, H, I, R, S und T) (Chen & Xie, 2019; Machado et al., 2020)
<b>Infektionsquellen</b>	Protein- und kohlenhydratreiche Lebensmittel (z. B. Fleisch und Fleischerzeugnisse, Milch und Milcherzeugnisse, Süßspeisen), Schmierinfektion (von Haut, Schleimhaut oder offenen Wunden) (Ciupescu et al., 2018; Grispoldi et al., 2021)
<b>Symptomatik</b>	Inkubationszeit 2-6 h, meist selbstlimitierend nach 1-3 d, Erbrechen, Bauchschmerzen, Durchfall (Salgado-Pabón & Tran, 2021)
<b>Prävention</b>	Vermeidung von Kreuzkontaminationen Anwendung von GHP, kritische Temperaturbereiche vermeiden (< 2 h bei 4-60°C) (Bencardino et al., 2021; CDC, 2023)
<b>Zusätzliche Meldepflichten</b>	§ 42 IfSG Tätigkeitsverbot in Lebensmittelbetrieben, Küchen von Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung bei infizierten Wunden oder Hautkrankheiten
<b>Mikrobiologisches Kriterium</b>	<i>S. aureus</i> -Enterotoxine als Lebensmittelsicherheitskriterium für Milcherzeugnisse und Koagulase-positive Staphylokokken als Prozesshygienekriterium für Milch-/ Fischereierzeugnisse gemäß VO (EU) Nr. 2073/2005

***Clostridium perfringens***

*Clostridium perfringens* (*C. perfringens*) ist ein Endosporen bildendes grampositives Stäbchenbakterium, das natürlich im Erdboden sowie im Darm von Menschen und Tieren vorkommt (García et al., 2019). Es wächst im anaeroben bis aerotoleranten Milieu und bildet je nach Stamm zum Teil äußerst thermoresistente Sporen und Enterotoxine (Freedman et al.,

2016). Hierbei wurde festgestellt, dass das *C. perfringens*-Enterotoxin (*cpe*)-Gen für die Hitzeresistenz (60-fache) der vegetativen Zellen und Sporen verantwortlich ist, das am häufigsten bei *C. perfringens* Typ A Stämmen nachgewiesen wurde (Freedman et al., 2016; Shen et al., 2019). Dies macht vor allem *C. perfringens* Typ A bedeutsam als Auslöser lebensmittelbedingter Krankheitsausbrüche.

*C. perfringens*-Stämme werden derzeit in sieben Toxintypen (A bis G) eingeteilt, basierend auf ihrer Fähigkeit, verschiedene Kombinationen von sechs Haupttoxinen zu produzieren, und zwar Alpha (CPA), Beta (CPB), Epsilon (ETX), Iota (ITX), Enterotoxin (CPE) und Enteritis – B-ähnliches Toxin (NetB) (Rood et al., 2018).

Weltweit werden lebensmittelassoziierte Infektionen durch *C. perfringens* als Ursache dokumentiert. Neben den in Abbildung 2 dargestellten Ursachen lebensmittelbedingter Krankheitserreger in der Gemeinschaftsverpflegung in der EU, wurden in Großbritannien durch *C. perfringens* hervorgerufene lebensmittelbedingte Erkrankungen als dritthäufigste Ursache (Kiu et al., 2019) und in den USA als zweithäufigste Ursache ermittelt (Carey et al., 2021). Dabei sind tischfertige Lebensmittelzubereitungen auf Fleischgrundlage inklusive Suppen und Saucen häufig auslösende Warengruppen (EFSA, o.D.; Grass et al., 2013).

Küchentechnische Fehler im Rahmen des Vorkochens eines größeren Speisenumfangs, zu lange Warmhaltezeiten unter 60 °C oder zu lange Abkühlzeiten stellen potentielle Risiken für ein Erregerwachstum im Lebensmittel dar (Grass et al., 2013).

In diesem Zusammenhang werden sensible Zeit-Temperaturverhältnisse von 10 min bei 75 °C beschrieben, die die Auskeimung der Sporen sogar fördern können (El Kadri et al., 2020). Denn hierbei werden durch den ersten Kochprozess die Auskeimung der Sporen aktiviert, sodass ein Wachstum der vegetativen Zellen in der anschließenden Lagerung (z.B. Heißhalteprozess) wachsen können (Freedman et al., 2016).



Tabelle 5: Übersicht zu *Clostridium perfringens*

<b><i>Clostridium perfringens</i></b>	
<b>Virulenzfaktoren</b>	Enterotoxine A-G (Rood et al., 2018); Besondere Hitzetoleranz bei Stämmen mit Enterotoxin-Gen (cpe) (Jaakkola et al., 2021), Toxinwirkung durch Produktion von Enzymen verstärkt z.B. Sialidasen zur Ansiedelung im Darm (Mehdizadeh Gohari et al., 2021)
<b>Reservoir</b>	Erdboden sowie Darm von Mensch und Tier (García et al., 2019)
<b>Infektionsquellen</b>	Verzehrfertige Lebensmittelzubereitungen auf Fleischgrundlage, Suppen, Saucen, Schmierinfektionen (EFSA & ECDC, 2022)
<b>Symptomatik</b>	Intoxikation: Inkubationszeit 8-20 h, Bauchschmerzen, Durchfall, häufig selbstlimitierend (Typ A), nekrotisierende Enteritis (Typ C) (Dolan et al., 2016)
<b>Prävention</b>	Betriebs- und Prozesshygiene, ausreichende Erhitzung, Warmhalte- und Abkühlmonitoring (El Kadri et al., 2020; Krämer & Prange, 2017)
<b>Zusätzliche Meldepflichten</b>	-
<b>Mikrobiologisches Kriterium</b>	-

Fortsetzung Tabelle 5: Übersicht zu *Clostridium perfringens*

#### 2.1.4 Weitere Erreger lebensmittelbedingter Erkrankungen

Im Folgenden sollen weitere relevante Erreger lebensmittelbedingter Erkrankungen in einer Übersichtstabelle dargestellt werden, die aufgrund einer geringeren Nachweisrate in diesem Kontext (lebensmittelbedingte Gruppenerkrankungen in der Gemeinschaftsverpflegung) eine untergeordnete Rolle spielen (EFSA und ECDC, 2022).

Tabelle 6: Übersicht weiterer relevanter Erreger lebensmittelbedingter Erkrankungen

<b><i>Campylobacter</i> spp.</b>	
<b>Allgemeines</b>	Zoonoseerreger, Humanpathogen v.a. <i>Campylobacter jejuni</i> (ssp. <i>jejuni</i> und ssp. <i>doylei</i> ) und <i>Campylobacter coli</i> , häufigster Erreger lebensmittelbedingter Erkrankungen in der EU (EFSA und ECDC, 2022; Sher et al., 2021)
<b>Infektionsquellen</b>	Fleisch und Fleischerzeugnisse (unzureichende Schlachthygiene), vor allem Geflügelfleisch (v.a. <i>Campylobacter jejuni</i> ) und Schweinefleisch (v.a. <i>Campylobacter coli</i> ), Innereien, Milch, vor allem Rohmilch, Ready-to-eat Produkte (EFSA und ECDC, 2022)
<b>Symptomatik</b>	Minimale Infektionsdosis < 1000 Bakterien, Inkubationszeit 2-5 d, wässriger Durchfall, Erbrechen, Fieber, Neugeborene: Sepsis, Meningitis, Endokarditis; Spätfolgen: reaktive Arthritis, Guillain-Barre-Syndrom (Kienesberger & Perez-Perez, 2021)
<b>Prävention</b>	Betriebs-, Prozess- und Personalhygiene, Vermeidung von Kreuzkontaminationen (Kreling et al., 2020), Erhitzung von Geflügelfleisch > 73°C, Vermeidung von Rohmilch (CDC, 2023)
<b>Zusätzliche Meldepflichten</b>	§ 7 IfSG bei direktem oder indirektem Nachweis von darmpathogenen <i>Campylobacter</i> spp. (Bundesministerium der Justiz, 2000) und § 3 ZoonoseV für betriebseigene Kontrollen (Bundesministerium der Justiz, 2007)
<b>Mikrobiologisches Kriterium</b>	Prozesshygienekriterium für Schlachtkörper von Masthähnchen nach VO (EU) Nr. 2073/2005
<b><i>Yersinia enterocolitica</i></b>	
<b>Allgemeines</b>	<i>Yersinia enterocolitica</i> ssp. <i>enterocolitica</i> , psychrotolerant

	<p>(0-44 °C), fünf Biotypen humanpathogen (1A, 1B, 2, 3, 4, 5) (Petsios et al., 2016), dritthäufigste bakterielle Zoonose in der EU</p> <p>(EFSA &amp; ECDC, 2022), Hauptreservoir Schwein (Tonsillen) (Zdolec et al., 2022)</p>
<b>Infektionsquellen</b>	Schweinefleisch, unzureichende Schlachthygiene, unzureichend gegarte oder rohe Schweinefleischerzeugnisse, (EFSA & ECDC, 2022)
<b>Symptomatik</b>	Meist selbstlimitierend, Durchfall, Fieber, Erbrechen, Pseudo-Appendizitis, Komplikationen bei Kindern: mesenteriale Lymphadenitis, Endokarditis (Feeney et al., 2021)
<b>Prävention</b>	Betriebs- und Personalhygiene, Vermeidung von Kreuzkontaminationen, Garzeiten und-temperaturen einhalten (Chlebicz & Śliżewska, 2018)
<b>Zusätzliche Meldepflichten</b>	§ 7 IfSG bei direktem oder indirektem Nachweis (Bundesministerium der Justiz, 2000) und § 3 ZoonoseV für betriebseigene Kontrollen (Bundesministerium der Justiz, 2007)
<b>Mikrobiologisches Kriterium</b>	-
<b><i>Listeria monocytogenes</i></b>	
<b>Allgemeines</b>	Ubiquitäres Bakterium, vermehrungsfähig von-0,4-50°C, NaCl-Toleranz bis 10 %, mikroaerophil, besonders gefährdet YOPIs (ungenaue Infektionsdosis), 13 Serovare (davon 4 b, 1/2 a und 1/2 b am häufigsten) (Buchanan et al., 2017)
<b>Infektionsquellen</b>	Lebensmittel tierischen Ursprungs, Ready-to-eat Produkte (Rohwurst, Räucherlachs, Rohmilchprodukte, Fertigsalate) (EFSA & ECDC, 2021)

<b>Symptomatik</b>	Fieber, Septikämien, Meningitiden, unspezifische grippeähnliche Symptome, Gastroenteritis, Abort und neonatale Listeriose, Inkubationszeit sehr variabel (3-70 d) (Schlech, 2019)
<b>Prävention</b>	Spezifische Risikobeurteilungen für Herstellungs- und Verarbeitungsbetriebe mit entsprechendem HACCP-Konzept, Einhaltung der Betriebs- und Personalhygiene, Vermeidung von Kreuzkontaminationen, kurze Aufbewahrungszeiten für vorgekochte Lebensmittel, Einhaltung der Kühllagertemperaturen (Buchanan et al., 2017; Stessl et al., 2022)
<b>Zusätzliche Meldepflichten</b>	Gemäß § 7 IfSG bei direktem Nachweis von <i>Listeria monocytogenes</i> z.B. Nachweis aus Blut, Liquor oder anderen physiologisch-sterilen Substanzen sowie Abstrichen von Neugeborenen (Bundesministerium der Justiz, 2000) und § 3 ZoonoseV für betriebseigene Kontrollen (Bundesministerium der Justiz, 2007)
<b>Mikrobiologisches Kriterium</b>	Lebensmittelsicherheitskriterium für verschiedene Lebensmittelkategorien (z. B. verzehrfertige Lebensmittel sowie verzehrfertige Lebensmittel für Säuglinge und spezielle medizinische Zwecke), verschiedene Grenzwerte und Untersuchung von Umgebungsproben nach VO (EU) Nr. 2073/2005
<b>Norovirus</b>	
<b>Allgemeines</b>	Hauptauslöser virusbedingter Gastroenteritiden, häufig in Gemeinschaftsverpflegung, 7 Hauptgenogruppen (I-VII) und > 30 Genotypen, GII.4 hauptsächlich bei Krankheitsausbrüchen (Parra et al., 2017), saisonal gehäuft (März-Oktober) (Marsh et al., 2018)

<b>Infektionsquellen</b>	Reservoir Mensch, Kontamination von Lebensmitteln v.a. durch virusausscheidende Personen (Schmierinfektion, aerogene Übertragung), kontaminierte Oberflächen und Gegenstände, (Elviss et al., 2022), Trinkwasser, Rohkost, Muscheln, ungenügend erhitztes Fleisch, Tiefkühlwaren (Hardstaff et al., 2018) minimale Infektionsdosis 1 Viruspartikel bzw. wenige Genomkopien (Teunis et al., 2020)
<b>Symptomatik</b>	Inkubationszeit 12 – 72 h, starker Durchfall, Erbrechen, Kopf- und Gliederschmerzen, selbstlimitierend nach 48 h, Ausscheidung von Noroviren auch Wochen nach Infektion noch möglich (Tsai et al., 2022; Wang et al., 2018)
<b>Prävention</b>	Einhaltung strikter Personalhygiene (insbesondere Händewaschen) (Elviss et al., 2022), Etablierung und Umsetzung von Reinigungs- und Desinfektionsplänen (Hoover et al., 2020), Entwicklung und Einsatz von Impfstoffen (Tan, 2021)
<b>Zusätzliche Meldepflichten</b>	§ 7 IfSG (bei Erregernachweis) (Bundesministerium der Justiz, 2000)
<b>Mikrobiologisches Kriterium</b>	-

Fortsetzung der Tabelle 6: Übersicht weiterer Erreger lebensmittelbedingter Erkrankungen

## 2.2 Entwicklung des EU-Lebensmittelhygienerechts

Aufgrund der in diesem Betrachtungszeitraum vorgenommenen maßgeblichen Veränderungen des EU-Lebensmittelhygienerechts, wird im Folgenden die Entwicklung dessen mit den für den Betrachtungszeitraum relevanten Änderungen dargestellt.

Betrachtet man die Entwicklung des europäischen Lebensmittelrechts so stellt das heute unmittelbar gültige EU-Lebensmittelhygienerecht u.a. das Ergebnis der Gründung der

Europäischen Gemeinschaft im Jahre 1957 mit dem Gründungsvertrag dar (Zipfel und Rathke, 2019; Vertrag Zur Gründung Der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft, 1957). Die Art. 2 sowie Art. 3 Abs. 1 des EG-Vertrages sahen vor die Beschränkung des grenzüberschreitenden Warenverkehrs zu lockern. Dies hatte zur Folge, dass zum einen die nationalen Vorschriften vereinheitlicht werden mussten sowie zum anderen, dass ein europaweites Lebensmittelrecht etabliert werden musste (Zipfel und Rathke, 2019; Vertrag Zur Gründung Der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft, 1957).

Die gemeinsame Zielsetzung einer europäischen Verbraucherschutzpolitik hat dazu geführt, dass die Europäische Kommission eine grundsätzliche Neufassung der Rechtsvorschriften zum Lebensmittelrecht verwirklicht hat. 1997 wurde dazu das Grünbuch mit allgemeinen Grundsätzen hinsichtlich der Lebensmittelsicherheit verfasst, welches im Jahr 2000 durch das Weißbuch abgelöst wurde. 2002 kam es dann zur Bekanntmachung der Basisverordnung VO (EU) Nr. 178/2002, wodurch der bisherige Richtliniencharakter des Weißbuches durch ein unmittelbar geltendes Recht ersetzt wurde (Zipfel und Rathke, 2019; Streinz und Kraus; 2022).

Die im Jahr 2004 folgenden Verordnungen VO (EU) Nr. 852/2004, VO (EU) Nr. 853/2004 und VO (EU) Nr. 854/2002 bildeten das ab 01.01.2006 anzuwendende EU-Hygienepaket. Die im selben Jahr erlassene VO (EU) Nr. 882/2004 enthielt allgemeine Pflichten und Aufgaben der amtlichen Lebensmittelüberwachung, welche zusammen mit der VO (EU) Nr. 854/2002 ab dem 14.12.2019 von der „Official Control Regulation“ VO (EU) Nr. 2017/625, 2019/624 und VO (EU) Nr. 2019/627 abgelöst wurde.

Schlussendlich ermöglichten die o.g. EU-Verordnungen zusammen mit den erlassenen Durchführungsverordnungen VO (EU) Nr. 2073/2005, VO (EU) Nr. 2074/2005 und VO (EU) Nr. 2015/1375, eine horizontale sowie vertikale Verknüpfung, die zu einer Harmonisierung des EU-Lebensmittelrechts führte (Zipfel und Rathke, 2019; Antunović et al., 2021). Die ausschlaggebenden Änderungen, die das EU-Lebensmittelrecht hinsichtlich einer gestiegenen Lebensmittelsicherheit erzielte, waren die Mitverantwortung des Lebensmittel- und Futtermittelunternehmers, Vorsorgeprinzip, einheitliche Anforderungen an die Lebensmittelsicherheit, Schutz gegen Irreführung, Rückverfolgbarkeit auf allen Stufen, Risikoanalyse als Grundlage des gesundheitlichen Verbraucherschutzes, die Entwicklung der risikobasierten Überwachung sowie die Entwicklung fortschrittlicher und wissenschaftlich

nützlicher Verfahren zur Minimierung der Risiken von Lebensmittelkontaminationen (Pettoello-Mantovani & Olivieri, 2022; van der Meulen, 2013).

### **2.2.1 Umsetzung des EU-Lebensmittelhygienerechts im GB BMVg**

Bis Januar 2006 galten rein nationale Rechtsvorgaben in Form des Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz (LMBG) für den GB BMVg. Ab dem 01. Januar 2006 galt das EU-einheitliche Lebensmittelhygienerecht auf Grundlage der unmittelbar in den Mitgliedsstaaten geltenden Basisverordnung VO (EU) Nr. 178/2002 und ihrer assoziierten EU-Lebensmittelhygiene Verordnungen. Auf nationaler Ebene wird dieses ergänzt und konkretisiert durch das Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB), nachgeordnete Rechtsverordnungen und allgemeine Verwaltungsvorschriften (AVV).

§ 38 Abs. 2 LFGB i.d.g.F. legt die Zuständigkeiten für die Überwachungsmaßnahmen nach LFGB für den GB BMVg fest (Bundesministerium der Justiz, 2013). Auf Grund dieses Gesetzes obliegt im GB BMVg die Durchführung des LFGBs den zuständigen Stellen und Sachverständigen der Bundeswehr. Die Umsetzung der einschlägigen europäischen und nationalen Vorgaben zur Durchführung des Lebensmittelhygienerechts im GB BMVg ist in der Zentralvorschrift A1-840/5 festgehalten (BMVg, 2017). Hierin wird die Umsetzung der in der EU definierten Ziele des aktuellen Lebensmittelhygienerechts im GB BMVg geregelt. Aufgrund der Fürsorgepflicht des Dienstherrn (§ 78 Bundesbeamtenengesetz), die eine Verpflichtung für das Wohl der Soldatinnen und Soldaten festlegt, wurden weitere strengere Bestimmungen hinsichtlich der Lebensmittelhygiene innerhalb des GB BMVg in der o.g. Zentralvorschrift erlassen. Hierunter zählt beispielsweise das Verbot der Beschaffung und des Inverkehrbringens besonders risikobehafteter Lebensmittel wie Rohmilch. Weiterhin wird hierin die Zuständigkeit der amtlichen Überwachung von Einrichtungen, die amtliche Untersuchung von Lebensmitteln und Bedarfsgegenständen sowie die fachliche Beratung in Fragen der Lebensmittelhygiene bezüglich der Einhaltung gesetzlicher Vorgaben durch die Sachverständigen der Bundeswehr, geregelt.

Unter Sachverständigen versteht man gemäß o.g. Vorschrift alle Sanitätsoffiziere (SanOffz) Arzt bzw. Ärztin, die für die öffentlich-rechtliche Aufsicht zuständig sind sowie Tierarzt bzw. Tierärztin oder Apotheker bzw. Apothekerin in Kombination mit dem Abschluss eines staatlich geprüften Lebensmittelchemikers/Lebensmittelchemikerin. Im Einsatz werden die Aufgaben

von den entsprechenden Sachverständigen vor Ort, d.h. vom Leitenden Hygieniker/Hygienikerin im Einsatz (LtdHyg i.E.), Veterinär/Veterinärin (LtdVet i.E.) und Apotheker/Apothekerin (LtdAp i.E.) wahrgenommen (BMVg, 2017), um auch im Einsatz die Umsetzung von EU-Lebensmittelhygienerechtlichen Standards zu gewährleisten.

Zu den Leitziele der aktuellen EU-Lebensmittelhygiene Verordnungen zählen die Risikoanalyse als Grundlage des gesundheitlichen Verbraucherschutzes, die Entwicklung der Überwachung hin zu einer „Kontrolle der Eigenkontrolle“ sowie die Verantwortung des Lebensmittel- und Futtermittelunternehmers. Damit einhergehend hat sich mit der Änderung des Lebensmittelrechts auch die „Überwachungspraxis“ der zuständigen Dienststellen der Bundeswehr geändert. Der Fokus liegt nunmehr auf einer Überprüfung der Einhaltung der Pflichten des Lebensmittelunternehmers. Hierzu gehören neben der Erstellung und Etablierung eines wirksamen HACCP-Systems (Hazard Analysis and Critical Control Points-System) gemäß EU (VO) 852/2004 auch umfangreiche Eigenkontrollen auf allen Stufen des Herstellungsprozesses, von der Warenannahme bis hin zur Speisenausgabe. Zur Umsetzung sowie Unterstützung der Lebensmittelunternehmer im GB BMVg werden alle Vorgaben in den einschlägigen Zentralvorschriften, allen voran in der Zentralvorschrift A1-840/5-4001 „Lebensmittelhygiene“, erläutert sowie Merkblätter und Musterformblätter für die praxisnahe Umsetzung zur Verfügung gestellt.

Weiterhin werden in der Zentralvorschrift A1-840/5-4001 über die EU-sowie nationalen Reglementierungen hinaus, weitere Vorgaben definiert, die der Lebensmittelhygiene und dem gesundheitlichen Verbraucherschutz der Soldatinnen und Soldaten dienen. Hierzu gehört z.B. die „Negativliste“, in der handelsübliche Lebensmittel aufgeführt werden, die wie oben erläutert im GB BMVg nicht beschafft und in den Verkehr gebracht werden dürfen (BMVg, 2017). Weiter finden sich Vorgaben zur Verarbeitung besonders risikobehafteter Lebensmittel oder solchen, die einer äußerst hygienischen Handhabung bedürfen. Dazu zählen die Warengruppen Fleisch, Fleischzubereitungen und Fleischerzeugnisse, Fische und Meeresfrüchte, Milch und Milcherzeugnisse, Speiseeis sowie Eier und Eierzeugnisse (BMVg, 2017).

Soldatinnen und Soldaten können unter bestimmten Voraussetzungen zur Teilnahme an der Gemeinschaftsverpflegung verpflichtet werden (BMVg, 2020). Gerade unter der Voraussetzung einer verpflichteten Teilnahme an der Verpflegung greift der Fürsorgegedanke

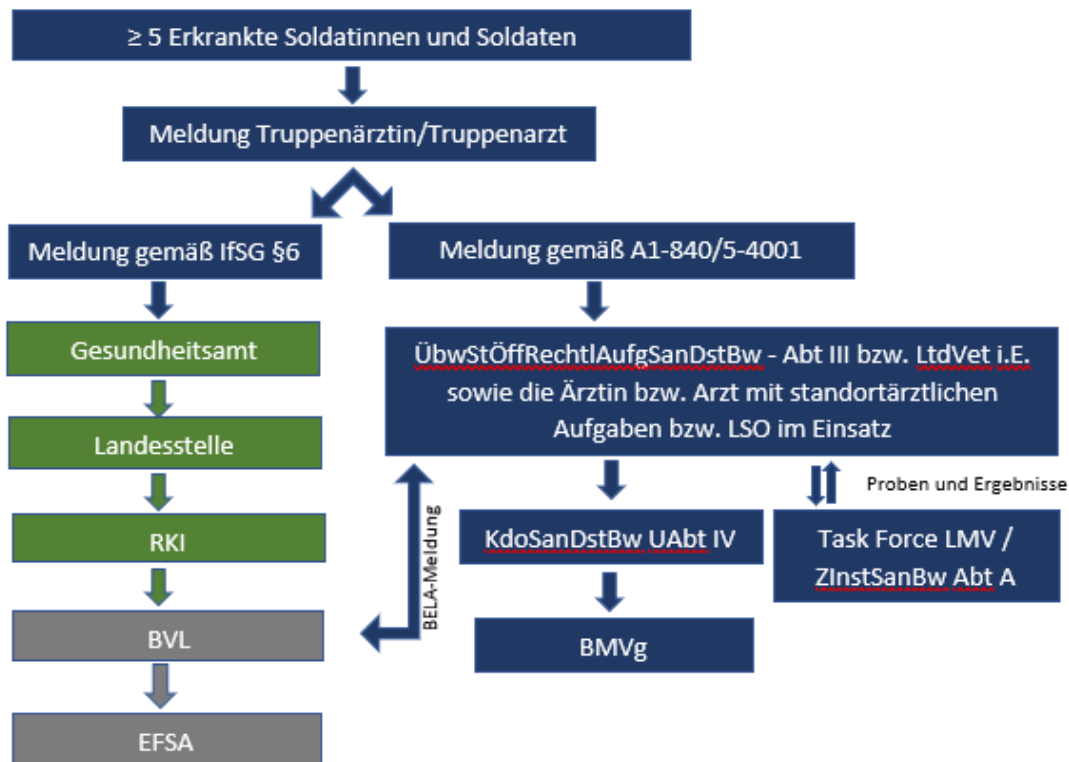


des Dienstherrn, möglichst sichere Lebensmittel zur Verfügung zu stellen. Dies beinhaltet in erster Linie den Schutz vor gesundheitlichen Risiken, jedoch auch vor Irreführung und Täuschung z.B. in Form von wertgeminderten Lebensmitteln. Um seiner Fürsorgepflicht nachzukommen, ergeben sich für den Dienstherrn somit besondere Überwachungs- und Untersuchungspflichten zur Sicherstellung des Schutzes seiner Soldatinnen und Soldaten.

### **2.3 Epidemiologische Aufarbeitung von Gruppenerkrankungen mit Verdacht auf lebensmittelassoziierte Ursachen im GB BMVg**

Ein Schwerpunkt der Abt III ÜbwStÖffRechtlAufgSanDstBw ist u.a. die Überwachung der Lebensmittelhygiene in den Verpflegungs- und Betreuungseinrichtungen der Bundeswehr. Die Erfassung und Aufklärung von Gruppenerkrankungen, bei denen der Verdacht besteht, dass die Symptome mit dem Verzehr von Lebensmitteln im Zusammenhang stehen können, haben dabei höchste Priorität (Sanitätsamt der Bundeswehr VII, 2006). Hier steht die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Abteilungen und Dienststellen sowie den Sachverständigen im Vordergrund.

Das Meldeverfahren von Gruppenerkrankungen mit Verdacht auf eine lebensmittelassoziierte Ursache im In- und Ausland erfolgt dabei nach folgendem Schema (Abbildung 3):



**Abbildung 3:** Meldewege bei lebensmittelbedingten Gruppenerkrankungen in der Bundeswehr (angelehnt an die Zentralvorschrift A1-840/5-4001 Lebensmittelhygiene)

Bei Auftreten von fünf oder mehr Erkrankungsfällen mit Magen-Darm-Symptomatik pro Tag und Einheit, hat der feststellende SanStOffz Arzt oder eine von ihm beauftragte Person, neben den erforderlichen Meldungen gemäß IfSG sowie Ziffer 8.2.1 der Zentralvorschrift A1-840/5-4001 im Inland wie im Auslandseinsatz, zusätzlich folgende Dienststellen über den Verdacht einer Gruppenerkrankung mit vermuteter lebensmittelbedingter/-assoziierter Ursache unmittelbar zu unterrichten:

- die regional zuständige ÜbwStÖffRechtlAufgSanDstBw-Abt III bzw. den LtdVet i. E.
- den Arzt bzw. die Ärztin mit standortärztlichen Aufgaben bzw. den Leitenden Sanitätsoffizier (LSO) im Einsatz

Die Sachverständigen der ÜbwStÖffRechtlAufgSanDstBw Abt III bzw. der/die LtdVet i. E. werten die übermittelten Informationen aus und leiten umgehend die erforderlichen Maßnahmen zur Bildung einer interdisziplinären Task Force zur Ausbruchsauflärung/-Eindämmung von lebensmittelassozierten Erkrankungen (Task Force LMV) ein. Sie beteiligen

hierzu umgehend die zuständige ÜbwStÖffRechtlAufgSanDstBw Abt I (Präventivmedizin/Hygiene) bzw. im Einsatz den LtHyg i.E. bzw. in dessen Abwesenheit den Gesundheitsaufseher im Einsatz (GesAufs i. E.), das regional zuständige ZInstSanBw Laborabteilung Veterinärmedizin bzw. das veterinärmedizinische Labor i. E. sowie gegebenenfalls weitere Sachverständige und koordinieren die notwendigen weiteren Maßnahmen (BMVg, 2017).

Die Sachverständigen der ÜbwStÖffRechtlAufgSanDstBw Abt III bzw. der/die LtdVet i. E. leiten daraufhin weitere epidemiologische Ermittlungen mit der Unterstützung der Beteiligten der Task Force LMV ein. Maßnahmen zur unmittelbaren Gefahrenabwehr, wie z.B. die Sperrung von verdächtigen Lebensmitteln, die Anordnung einer anlassbezogenen Grundreinigung und Desinfektion sowie im äußersten Fall die zeitweise Schließung der Truppenküche werden ebenfalls durch die Sachverständigen der ÜbwStÖffRechtlAufgSanDstBw Abt III bzw. den/die LtdVet i. E. angeordnet (BMVg, 2017).

Die unmittelbar anschließende Meldekette beginnend bei der ÜbwStÖffRechtlAufgSanDstBw über die Fachunterabteilungen im Kdo SanDstBw an das BMVg ermöglichen einen schnellen Informationsfluss, der gemäß Art. 50 VO (EU) NR. 178/2002 der EU Basisverordnung sowie der nationalen Verwaltungsvorschrift (AVV Zoonosen Lebensmittelkette) ein rasches Handeln zum Zweck des Gesundheitsschutzes sowie eine zentrale Erfassung und übergeordnete Auswertung von lokalen Einzelereignissen ermöglicht (BMVg, 2017).

Krankheitsausbrüche mit lebensmittelbedingter Genese sowie bestätigter Evidenz werden darüber hinaus im Nachgang über eine BELA-Meldung an das BVL übermittelt (BfR und RKI, 2020; Amore et al., 2021).

### **Epidemiologischer Untersuchungsumfang**

Die epidemiologischen Ermittlungen eines möglichen lebensmittelbedingten Ausbruchsgeschehens setzen sich zum einen aus der Untersuchung von verdächtigen Lebensmittel-, Umgebungs- und Patientenproben und zum anderen aus Vor-Ort-Recherchen wie beispielsweise der Inspektion der betroffenen Verpflegungs- und Betreuungseinrichtungen, Patientenbefragungen und Informationsgewinnung aus Speiseplänen zusammen. Rückstellproben müssen auf Empfehlung der DIN 10526 basierend 7 Tage auf -18°C tiefgefroren durch den Lebensmittelunternehmer vorgehalten werden und

werden wie weitere Lebensmittel- und Trinkwasserverdachtsproben im Rahmen einer amtlichen Probenahme entnommen. Das zuständige ZInstSanBw bzw. veterinärmedizinische Labor i.E. untersucht die Proben anschließend mittels eines spezifischen mikrobiologischen Untersuchungsspektrums (BMVg, 2017). Hierzu gehören die qualitative sowie quantitative Bestimmung von mikrobiologisch relevanten Parametern wie unter anderem obligat pathogener Bakterien wie z.B. *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* und *Campylobacter* spp., aber auch Parametern wie z.B. die aerobe mesophile Keimzahl, *Pseudomonas* spp. und weiteren *Enterobacteriaceae*n zur Beurteilung des Verderbs und der Kontamination des untersuchten Lebensmittels. Sofern notwendig und zur Aufbruchsaufklärung dienlich, folgen weiterführende Untersuchungen auf das Vorhandensein weiterer Pathogene wie z.B. Noroviren.

Der Proben- und Untersuchungsumfang ist in jedem Fall so zu wählen, dass möglichst viele der in Betracht kommenden Ursachen untersucht und beurteilt werden können. Wenn möglich kann aufgrund der vorliegenden Erkrankungssymptomatik, des Verlaufs sowie der verdächtigen Lebensmittel das Erregerspektrum eingegrenzt werden (BfR, 2016; BMVg, 2017).

Stuhlproben sowie Proben von Erbrochenem der Betroffenen werden parallel an ein humanmedizinisches Untersuchungslabor eingesendet. Beim Untersuchungsauftrag wird der Schwerpunkt auf die Diagnose „Lebensmittelinfektions- und -intoxikationserreger“ sowie auf den Nachweis lebensmittelassoziierter Viren gelegt, um einen Abgleich mit dem nachgewiesenen Erregerspektrum aus den Lebensmittel- und Umgebungsproben zu ermöglichen (BMVg, 2017).

## **2.4 Truppenverpflegung**

Eine adäquate Verpflegung stellt seit jeher hohe Ansprüche an alle mitwirkende Stellen, die den Auftrag haben, die Truppe aus ernährungsphysiologischer, küchenfachlicher sowie lebensmittelhygienischer Sicht zu versorgen (Greene et al., 2021; Klatt, 2018). Zeitgleich muss diesen Ansprüchen auch vor dem Hintergrund stetiger Entwicklungen innerhalb der Bundeswehr entsprochen werden. So führte die Bundeswehrreform im Jahr 2000 zu einer Verkleinerung der Bundeswehr sowie damit verbunden zur Notwendigkeit der Personaleinsparung und letztendlich zur Neuordnung des Verpflegungswesens. Diese

bedeutende Veränderung zog im Bereich Verpflegung im Frieden die Etablierung eines neuen Küchenkonzeptes nach sich (Klatt, 2018). Die Gesamtverantwortung für die Verpflegung obliegt dem BMVg-Abteilung IUD (Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr) (BMVg, 2020). Dem Verpflegungsamt der Bundeswehr wurde dabei die operative Gesamtverantwortung übertragen (BMVg, 2020).

Durchschnittlich werden jährlich 20 Mio. Mahlzeiten (Frühstück, Mittagessen und Abendessen) in Truppenküchen, Teilküchen und Speiseausgabestellen eingenommen (BMVg, 2022). Wie bereits unter Abschnitt 2.2.2 beschrieben ist seit 2002 u.a. die Risikoanalyse von Verpflegungseinrichtungen im GB BMVg die Grundlage des gesundheitlichen Verbraucherschutzes. Die regelmäßige, risikobasierte amtliche Kontrolle von Verpflegungs- und Betreuungseinrichtungen beinhaltet u.a. die Einstufung der Truppenküchen aus infrastruktureller Sicht, die Anzahl der zu verpflegenden Soldatinnen und Soldaten sowie die möglichen Kapazitäten zur Lagerung und Herstellung von Lebensmitteln. Sobald das Ergebnis der amtlichen Kontrolle ein gesundheitliches Risiko für die Verpflegungsteilnehmer feststellt, können Truppenküchen durch die Sachverständigen der ÜbwStÖffRechtlAufgSanDstBw Abt III bzw. der/die LtdVet i. E. zu Teilausgabeküchen oder Speiseausgabestellen herabgestuft werden, wodurch die Lebensmittelsicherheit durch Verwendung von Lebensmitteln mit höheren Convenience-Graden sichergestellt wird. Zurzeit gibt es etwa 260 Truppenküchen im GB BMVg (BMVg, 2022), die allerdings wie oben beschrieben je nach Risikobeurteilung, herabgestuft werden können.

Von der Truppenverpflegung im Frieden bzw. im Grundbetrieb ist die Verpflegung im Einsatz zu unterscheiden. Sowohl im Grundbetrieb als auch im Einsatz sind verschiedene Konzepte der Verpflegung möglich, sofern eine Gemeinschaftsverpflegung in der Truppenküche beispielsweise im Zuge der Auftragserfüllung, nicht erfolgen kann (Verpflegungsamt der Bundeswehr, 2021). Hierbei stellt die Individualverpflegung (Einpersoneneinpackung = EPA) eine sichere Verpflegung im Feld dar, mit der sich die Soldatinnen und Soldaten mindestens einen Tag ernähren können (Klatt, 2018). Das eingeschränkte Spektrum an verfügbaren Gerichten führt mit der Zeit jedoch zu einer sinkenden Toleranz, was sich langfristig nachteilig auf den Einsatzwillen und Durchhaltevermögen auswirken kann (Greene, 2021). Daher ist je nach Auftragslage die Verpflegung durch eine Feldküche rasch aufzunehmen. Dabei sollte aus lebensmittelhygienischer Sicht das Verhältnis von Convenience-Produkten 80 % und frischen Produkten 20 % betragen (BMVg, 2002; Klatt, 2018).

## 2.5 Einsatz der Convenience-orientierten Mischkostküche im GB BMVg

Convenience-Produkte sind handwerklich oder industriell vorgefertigte Lebensmittel verschiedener Verarbeitungsstufen (BMVg, 2017). Es können fünf verschiedene Verarbeitungsstufen (Convenience-Grade) unterschieden werden. Mit jedem weiteren Verarbeitungsschritt steigt dabei der Convenience-Grad (Reiche, 2014). Die Verarbeitungsstufe eins beinhaltet weitgehend unbehandelte Produkte, wie z. B. Tierkörperhälften oder unverarbeitetes Gemüse, wohingegen die Verarbeitungsstufe fünf verzehrfertige Speisen umfasst (Reiche, 2014).

Für die Gemeinschaftsverpflegung der Bundeswehr haben sich Convenience-Produkte der Verarbeitungsstufe von mindestens drei etabliert. Hierbei werden küchenfertige Produkte (wie z.B. einheitliche Fleischzuschnitte, geputztes und zerkleinertes Obst und Gemüse) verwendet (Reiche, 2014).

Untersuchungen hinsichtlich des Kreuzkontaminationsrisikos in lebensmittelverarbeitenden Betrieben haben gezeigt, dass Gemüsevorbereitungsräume ein besonderes Risiko hinsichtlich einer Re- und Kreuzkontamination durch das Schneiden, Schälen und Zusammenstellen von Speisen bergen, da Übertragungen über Lebensmittel-Bedarfsgegenstände oder das Personal möglich sind (Iulietto & Evers, 2020; Possas & Pérez-Rodríguez, 2023). Daher werden aus lebensmittelhygienischer Sicht durch den Einsatz von Lebensmitteln mit einem höheren Convenience-Grad risikobehaftete Herstellungsprozesse, die eine Re- bzw. Kreuzkontamination mit pathogenen Bakterien bergen, dorthin ausgelagert, wo eine sicherere Verarbeitung durch verschiedene Lebensmittelverarbeitungstechnologien möglich ist (Misra et al., 2017). Beispielsweise besitzen Betriebe für die Herstellung bestimmter Lebensmittel spezifische HACCP-Konzepte, die in Verbindung mit einer entsprechenden Hürdentechnologie für ein definiertes pathogenes Bakterium eine Reduktion im Endprodukt herbeiführen (Choi & Kim, 2020; Khan et al., 2017). Durch die Beschaffung derartiger Lebensmittel sollte in den Truppenküchen das Kontaminationsrisiko der ersten von Hand getätigten Verarbeitungsschritte unbehandelter Lebensmittel gesenkt werden. Eine Kontamination der beschafften Lebensmittel mit pathogenen Erregern aus dem Herstellungsbetrieb ist weiterhin z.B. aufgrund der Bildung von Biofilmen im Betrieb möglich (Chatterjee & Abraham, 2018), sodass die Einhaltung der GHP sowie Kontrolle der CCPs in den Truppenküchen notwendig bleibt. In diesem Zusammenhang ist der CCP der

Temperaturkontrolle am Wareneingang beispielhaft zu nennen, da lange Transport- und Lagerzeiten in Verbindung mit unzureichenden Kühltemperaturen, das Wachstum pathogener Bakterien wie *Bacillus cereus* und *Listeria monocytogenes* begünstigen (Pinton et al., 2020; Rouzeau-Szynalski et al., 2020). Ebenso ist der Lebensmittelhersteller in der Pflicht die in der EU (VO) 2073/2005 geforderten Prozess- und Lebensmittelsicherheitskriterien durch entsprechende Untersuchungen einzuhalten und das MHD bzw. VD so festzulegen, dass ein Gesundheitsrisiko für den Verbraucher unter Berücksichtigung der Lagerungs- und Zubereitungsanweisungen, ausgeschlossen werden kann. Daher werden auf mehreren Stufen der Lebensmittelkette CCPs durch die verantwortlichen Stellen geprüft, um das Risiko einer lebensmittelassoziierten Erkrankung zu vermeiden.

Durch die Verwendung von Convenience-Produkten in der Gruppenverpflegung werden außerdem wirtschaftliche Einsparungen für Truppenküchen im Inland durch die Auslagerung von zeit- und personalintensiven Vorbereitungsschritten, erzielt (Reiche, 2014; Tharrey et al., 2020).

Damit die Einführung der convenience-orientierten Mischkostküche zu einer verbesserten Lebensmittelsicherheit im GB BMVg führt, werden die zuliefernden Betriebe von Sachverständigen der Bundeswehr nach Kriterien der Lebensmittelsicherheit auditiert. Dabei sollten die auditierten Betriebe höhere Hygienestandards als in den Truppenküchen besitzen, damit die Auslagerung von Produktionsprozessen zu einer höheren Lebensmittelsicherheit in den Truppenküchen führt. Die Auswahl von zivilen Betrieben, die die Verpflegungseinrichtungen im GB BMVg mit Lebensmitteln unterschiedlicher Convenience-Grade beliefern, erfolgt durch die Verpflegungsamt der Bundeswehr. Hierbei obliegt dem Verpflegungsamt der Bundeswehr (VpflABw) als operative Stelle die Gesamtverantwortung für alle Verpflegungs- und Betreuungseinrichtungen im GB BMVg. Die Fachaufsicht übt dabei das Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr aus.

Im Zuge der Auditierung werden Betriebe dahingehend geprüft, inwieweit die erforderliche Eignung für eine sach- und fristgerechte Ausführung der vertraglich geforderten bzw. vereinbarten Leistung besteht und ob die entsprechende personelle und materielle Ausstattung ausreicht. Weiterhin werden die Einhaltung des Lebensmittelrechts sowie die Umsetzung der Forderungen vertraglich vereinbarter Leistungen begutachtet (BMVg, 2017a).

Im Vorfeld erfolgt eine Abstimmung mit dem Lebensmittelunternehmer vor Auftragsvergabe bzw.-verlängerung sowie während des Vertragszeitraum in der Regel einmal jährlich. Im Nachgang erfolgt eine Auditierung der Betriebe durch die Sachverständigen der zuständigen Überwachungsstellen für öffentlich-rechtliche Aufgaben (BMVg, 2017a). Zu den Kontrollpunkten gehören u.a. die Umsetzung der aktuellen lebensmittelrechtlichen Verordnungen und Vorschriften, die hygienische und technologische Betriebseignung, die Qualität der Rohprodukte und der hergestellten Lebensmittel, die Eignung des Lebensmittelbetriebes in Bezug auf die personelle, maschinelle und infrastrukturelle Gegebenheiten sowie die eingehende Dokumentationskontrolle aller relevanten Bereiche (HACCP-Konzepte, Havarie-Programme etc.) (BMVg, 2017a). Diese Vorgehensweise wird ebenso für Betriebe in Deutschland sowie im Falle von Einsätzen, Übungen und im Rahmen einsatzgleicher Verpflichtungen im Ausland, auch für Betriebe in der Europäischen Union sowie in Drittländern angewendet (BMVg, 2017a).

Das Ziel der Einführung einer convenience-orientierten Mischkostküche in der Gemeinschaftsverpflegung war somit, aus lebensmittelhygienischer sowie wirtschaftlicher Sicht einen positiven Effekt zu erzielen. U.a. deshalb wurde mit der „Richtlinie zum Einsatz von Convenience-Produkten in der Truppenverpflegung aus ernährungsphysiologischer, küchenfachlicher, lebensmittelhygienischer und lebensmittelchemischer Sicht“ von 2002, sowie den folgenden Erlassen, schrittweise die Ausschöpfung des Convenience-Grades bis zu 85 % erhöht (BMVg, 2002). Ziel der vorliegenden Studie war es, sämtliche vorliegende Daten zu Gruppenerkrankungen aus dem Zeitraum 1995-2019 auszuwerten und datenbasiert die Hypothese zu überprüfen, dass die Einführung einer convenience-orientierten Mischkostküche mit einer Abnahme der Gruppenerkrankungen einhergeht.



### 3 Publication

PII: S0362-028X(23)06745-5

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2023.100073>

Reference: JFP 100073

To appear in: Journal of Food Protection

Received Date: 13 December 2022

Revised Date: 24 February 2023

Accepted Date: 9 March 2023

## **Impact of the revision of European food hygiene legislation and the introduction of convenience-based food on food safety in the German military**

Alexandra Nau <sup>1,\*</sup>, Julia Fröhlich <sup>2</sup>, Carolin Lauck <sup>2</sup>, Samart Dorn-In <sup>3,4</sup>, Claudia Guldemann <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Supervisory Centre West for Public Law Tasks of the German military Medical Service Division III, Veterinary Matters, Andernacher Str. 100, 56070 Koblenz, Germany

<sup>2</sup> Central Institute of the German military Medical Services Munich, Koblenz Branch Department A – Veterinary Medicine, Andernacher Str. 100, 56070 Koblenz, Germany

<sup>3</sup>Chair of Food Safety and Analysis, Faculty of Veterinary Medicine, LMU Munich, Schoenleutnerstr. 8, 85764 Oberschleissheim, Germany

<sup>4</sup>Present address: Unit of Food Hygiene and Technology, Institute of Food Safety, Food Technology and Veterinary Public Health, University of Veterinary Medicine, Vienna, Veterinärplatz 1, 1210 Vienna, Austria

\* Corresponding author: Tel.: +49 261/896 67305; Fax: +49 0261/896 67390  
[alexandra.v.nau@gmail.com](mailto:alexandra.v.nau@gmail.com)

## Abstract

The implementation of the European Food Regulation in the German military started in 2003 and was fully implemented in 2006. In addition, in 2003 the German military introduced the concept of using convenience-based foods targeted to improve the safety of food served for the troops. The aim of this study was to evaluate the impact of these changes on food safety and occurrence of food-borne disease outbreak in the German military. For this purpose, data from a total of 517 food-borne outbreaks that occurred between 1995 and 2019 in the responsible areas of the German military both within the country and abroad were subjected to a retrospective analysis. As a result, a significant decrease ( $p = 2.47 \times 10^{-5}$ ) in numbers of food-borne outbreak was observed in the second observation period (2003-2019) compared to the first period (1995-2002). Food groups often found contaminated with pathogen were desserts and prepared dishes (first period), fresh produces, soups and sauces (second period). *Bacillus cereus*, *Enterobacteriaceae*, *Salmonella* spp. and *Staphylococcus aureus* were dominant pathogens isolated from suspected foods during disease outbreaks in both periods, however the absolute number of isolates reduced significantly in the second period. Therefore it can be concluded that the implementation of European food hygiene regulations together with the introduction of convenience-based foods had a significant positive impact to food safety in the German military.

Key words: food-borne disease outbreaks; food law; convenience foods; German military

## Introduction

Food safety and adequate nutrition contribute to the operational readiness of military personnel (4). In addition, measures that must be taken during outbreak situations can lead to tighter restrictions such as temporary closure of kitchens as well as a decrease in the range of foods offered. In this case the experts of the Supervisory Centre for Public Law Tasks of the German military Medical Service Division III Veterinary Matters are responsible for the measures and the closure of the troop kitchens. The measures which were taken are based on the results of the epidemiological investigation of the outbreak. Consequently, this can lead to demoralization of military personnel, especially during missions.

The most frequent food-borne diseases in Europe (2020) are caused by *Campylobacter* spp. followed by *Salmonella* spp., *Yersinia* spp., Enterohaemorrhagic *E. coli* (EHEC) and *Listeria monocytogenes* (20). By comparison, the World Health Organization (WHO) identified norovirus, *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp. and EHEC as major contributors to the burden of food-borne diseases worldwide (40, 41).

Hygiene measures, food laws and regulations can significantly contribute to the safety of food. Until January 2002 food in Germany was solely regulated by national law, i.e. the Foods and Commodities Act (25) (German: Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetzbuch (LMGB)). Since 2002 food law has been harmonized at the European level. As of January 1<sup>st</sup>, 2006, European food hygiene legislation was fully implemented in the German military. The requirements of the European Regulation (EC) No 178/2002 (8) and the EU hygiene package ((EC) No 852/2004 (16), No 853/2004 (17), No 854/2004 (18), No 2160/2003 (15) and No 2073/2005 (19)) have been implemented in the area of responsibility of the German military by adapting the "monitoring practice" of the responsible departments. In addition, stricter requirements than the European and German food law are set out in the General Food Hygiene Regulation A1-840/5- 4001 which only apply to the area of responsibility of the German military to ensure an even higher level of health protection.

In 2003 convenience-based food was introduced to the German military. Since then the use of convenience food products has gradually increased, accounting for approximately 85% of foods provided in military food service facilities (28). Among all categories, level 3 convenience food products play an important role in the catering of troops. Level 3 products include

foodstuffs that are ready for use in the kitchen (e. g. pieces of meat cut in a standardized manner, washed and cut vegetables, vacuum-packed peeled potatoes) (33). This means that these foods must still be at least cooked through ( $> 72\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) and prepared with other ingredients according to a recipe. If the above steps are not possible due to food hygiene restrictions such as infrastructure deficiencies, foods with a higher level of convenience are used. These are for example cook & serve products which only need to be heated to the serving temperature ( $> 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Ready-to-eat-products e.g. sandwiches are only used restrictively. The use of foods with a high level of convenience has the advantage that the handling of untreated materials (e.g. unwashed and uncut fruits and vegetables) can be outsourced to specialized facilities where technical equipment, state-of-the-art monitoring and testing systems are available. This means e.g. specific HACCP concepts from (EC) No 852/2004 in conjunction with the microbiological criteria of (EC) No 2073/2005, which include e.g. the microbiological sampling of the environment and investigation of critical control points for *Listeria monocytogenes*. Furthermore, state-of-the-art monitoring also refers to other monitoring systems such as the use of metal detectors. These points reduce the risk of re- or cross-contamination of finished dishes with pathogenic microorganisms from untreated materials during preparation in field and troop kitchens.

The aim of this study was to analyze whether changes of European food legislations and the associated modernization of food safety concepts (i.e. Good Hygiene Practices (GHP) and Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCPs) had an influence on the occurrence of foodborne disease outbreaks in the German military during the study period (1995 – 2019). Additionally, relationships between food groups and pathogens were retrospectively analyzed based on the epidemiological and evaluated microbiological data at that time. The goal of this approach was to determine whether certain food groups were more likely to cause foodborne illness outbreaks than others and which pathogens were present in high-risk food groups. From this it was possible to conclude whether the revision of European food hygiene legislation and the introduction of convenience-based food had an impact of the food safety in the German military.

## Material and Methods

**Samples and data collection.** In the context of food-borne disease outbreaks from 1995 to 2019 in the German military the following samples were collected and tested by the Task Force LMV responsible at the time: suspected food samples, drinking water samples, environmental samples and patient samples. Accordingly, this is a retrospective evaluation of the investigation results determined at that time. The data collected at that time in the context of epidemiological investigations of food-borne disease outbreaks has always followed a guideline to obtain as complete a situation as possible (27). For this purpose, a food or a causative agent is narrowed down on the basis of the information available from the responsible physician in the affected unit. The next steps carried out by the experts of the Task Force LMV responsible at that time were on-site inspections, which includes interviews with the kitchen staff and patients as well as a detailed document review e.g. monitoring protocols of temperature controls in food storage and processing. Based on this, the further steps of a targeted sampling of suspicious food, environmental samples and stool samples followed. If possible, the pathogen spectrum could be narrowed down on the basis of the symptoms, the course of the disease and the suspect foodstuffs. In each case, the scope of samples and examinations was chosen in such a way that as many of the possible causes as possible can be investigated and assessed (27). Food samples included retained ration samples, i.e. food stored in cool conditions for 48 hours in accordance with previous regulations or (since 2016) stored frozen at -18 °C for 7 days as recommended by the German Institute for Standardization DIN 10526 (12). Food and environmental samples were investigated at the Central Institute of the German military Medical Service. Stool samples as well as samples of vomit of the affected persons were sent to a medical examination laboratory. In the examination order, the focus was on the diagnosis of "food-borne pathogens of infection and intoxication" as well as on the detection of food-associated viruses.

Regulations regarding reportable food-borne outbreaks differ between the German general law and the German Military regulations: According to paragraph 6 of the German Infection Protection Act (IfSG) (31), outbreaks of food poisoning or infectious gastroenteritis are reportable if a) a food-handler within the meaning of paragraph 42 (1) IfSG is affected or b) if two or more similar illnesses occur for which a common cause is probable or suspected. In the German military, the general regulation A1-840/5-4001 "Food Hygiene" (27) is to be followed,

which defines a group illness with suspected food-associated cause as of an occurrence of five or more cases of illness with gastrointestinal symptoms for each day and unit as a reportable incident. This results in a double reporting obligation for the area of responsibility of the German military in case of more than five similar illnesses with the same symptoms.

**Outbreak analysis and categorization.** The analysis included all suspected food-borne disease outbreaks that fell under the responsibility area of the German military which occurred in Germany or on operations abroad during the period from 1995 to 2019. The data of the outbreaks included the location of the outbreak as well as the number and symptoms of sick people, the microbiological results of the suspected food as well as in most parts the environmental samples and finally the classification of the outbreak according to the probability of a foodborne cause. Outbreak data from the year 2000 and the data on environmental and personnel hygiene in food services from the year 1995 were not available, thus not included in the analysis. All data presented in this study were provided by the Central Institutes of the German military Medical Service in Kiel and Munich and their branches in Berlin and Koblenz (Germany). Since original outbreak reports prior to 2015 were not in a standardized format, they were recategorized in accordance with current European Food Safety Authority guidelines (1, 20). Table 1 shows the terms of epidemiological evaluations of outbreaks according to EFSA (1) and the terms previously used in reports of the competent authorities. “Strong evidence” for a food-borne outbreak is assumed where outbreak cases are linked or presumably linked to a food source (6, 20). It included detections of pathogens (e.g., *Salmonella* spp.) and toxins (such as that produced by *C. perfringens* and *S. aureus*) in the food and/or sufficiently convincing descriptive epidemiological evidence defined as the isolation of the pathogen from the food processing environment or the patient and a fitting medical presentation in patients. The term “weak evidence” is applied when there was a possible or uncertain link between an outbreak and a food source, and “no evidence” means there was no confirmed link between a food source and a disease outbreak.

Table 1: Terms of epidemiological evidence related to the food-borne disease outbreaks applied by EFSA since 2015, and the terms previously used in the German military.

EFSA	Previous categorization
Strong evidence	Confirmed; Highly probable; High probability; Suspicion confirmed; Outbreak with confirmed vehicle (e.g., food sample); Probable
Weak evidence	Possible; Possible but without confirmation; Uncertain (based on microbiological results for single cases, corresponding to 'weak evidence'); Outbreak with an unconfirmed food vehicle
No evidence	Without confirmation; Unlikely; Doubtful; Probably not food-borne; No data; Unknown origin

**Laboratory investigations.** Sampling techniques and culturing methods for bacteria followed the standard methods (German Institute for Standardization, European Standard and International Organization for Standardization, DIN EN ISO) listed in the Section 35 of the Foods and Commodities Act (25) (LMBG, until 2005) and Section 64 of the Food and Feed Act (24) (LFGB, 2005 to present). Table 2 shows the target bacteria and culture-based methods that were applied to food samples in this study. The results of the microbiological food investigations did not contain any indication if the product was a convenience product or not.

Two Replicate Organism Detection and Counting (RODAC, 25 cm<sup>2</sup> each) contact plates were used for the semi-quantitative investigation of surfaces of food service facilities. The first one contained blood agar (DIN EN ISO 4833-2 2014-05 (13), DIN 10113-3:1997-07 (8) and internal validated methods based on DIN 10113-3:1997-07 (8)) to detect total bacterial count and the second one contained violet-red bile dextrose agar (VRBD, internal validated methods based on DIN 10164-1:2019-06 (9)) to detect *Enterobacteriaceae*. As qualitative analysis, swab samples were applied for all food contact surfaces, such as kitchen surfaces and utensils and, where warranted by the circumstances, the hands of kitchen personnel. Cotton swabs, moistened in a non-selective Tryptic-Soy-broth (TSB), were used to rub over the testing surfaces. After that, the swab sample was put into a reaction tube containing 12 ml of TSB and subsequently incubated at 36 ± 1°C for 12-24 h under aerobic conditions. As soon as the TSB showed a turbidity, the swab was streaked on different solid nutrient media, i.e., blood agar

(incubated for 18-24 h, at  $37 \pm 2^\circ\text{C}$ , under aerobic condition), VRBD agar (18-24 h,  $37 \pm 1^\circ\text{C}$ , aerobic), Baird-Parker-agar (44-48 h,  $37 \pm 2^\circ\text{C}$ , aerobic) and Mossel-agar (18-24 h,  $30 \pm 1^\circ\text{C}$ , aerobic) to detect the aerobic mesophilic bacteria, *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus aureus*, and *Bacillus cereus*, respectively. Results from qualitative and semi-quantitative analyses were evaluated as “acceptable” if compliant with the hygienic requirement of facilities and “unacceptable”, if not (see Table 3). Analysis of the environmental sampling data showed that only data from 1996-2016 allowed statistical comparison, therefore the periods of observation were defined from 1996-2002 and 2003-2016 for these data.

Since 2012, norovirus was included in the investigation of surface of food services. The sampling and detection methods followed the Section 64 of the German Food and Feed Act, L 00.00 112. No foods were tested for norovirus during food-borne outbreaks, therefore, the available data regarding norovirus was solely limited to surface samples (e.g., kitchen, kitchen utensils and catering facilities) and stool samples. In this context, the presence of norovirus in environmental samples could not be directly linked to the food and food-borne disease outbreaks.



Table 2: Culture-based techniques for the detection of target microorganisms in food.

Microorganism	Culture-based techniques
Bacillus cereus	1995-2003: various test instructions 2004-2019: various test instructions, method DIN EN ISO 7932
Enterobacteriaceae	1995-2004: Section 35, Food and Commodities Act L 01.00-03 2004-2007: Section 35, Food and Commodities Act L 01.00-3, L 01.00-54; DIN ISO 10183 2007-2017: Section 35 Food and Commodities Act L 06.00-24 and DIN 10164 2017-2019: Section 64, Food and Feed Act L 00.00-133/2; DIN EN ISO 21528-2:2017
Staphylococcus aureus	1995-1998: various test instructions 1999-2019: Section 64, Food and Feed Act L 00.00-55; DIN EN ISO 6888
Salmonella spp.	1995-2001: various test instructions 2002-2019: Section 64, Food and Feed Act L 00.00-20; DIN EN ISO 6579
Clostridium perfringens	1995-2012: Section 64, Food and Feed Act L 06.00-39; DIN EN ISO 10103: 1993-8 2013-2019: Section 64, Food and Feed Act, L 00.00-57; DIN EN ISO 7937:2004
Pseudomonas spp.	1995-2006: various test instructions 2006-2012: DIN EN ISO 13720 2013-2019: Section 64, Food and Feed Act L 06.00-43; DIN EN ISO 13720
Fecal Streptococcus spp.	1995-2019: Section 64, Food and Feed Act L 06.00-32; DIN 10106
E. coli (generic)	1995-2012: Section 35, Foods and Commodities Act L 01.00-03 and L 01.00-54; DIN EN ISO 10183 2012-2019: Section 64, Food and Feed Act L 00.00-132
Listeria monocytogenes	1995-2019: Section 64, Food and Feed Act L 00.00-32, L 00.00-22, DIN EN ISO 112090-1, DIN EN ISO 112090-2
Campylobacter spp.	1995-2006: various test instructions 2007-2018: Section 64, Food and Feed Act L 00.00-107, DIN EN ISO 10272

Table 3: Evaluation of results of investigation in food services (sensible food contact surfaces).

Evaluation	Results of investigation
Acceptable	$\leq 50$ cfu/RODAC plate (blood agar)
Unacceptable	<p><math>&gt; 50</math> cfu/RODAC plate, and/or:</p> <p>Detection of microorganisms that indicate the deficiency of cleaning and disinfection (e.g., yeasts and molds)</p> <p>Detection of hygienic indicator microorganisms (e.g., <i>Enterobacteriaceae</i>) and/or food spoilage microorganisms (e.g., <i>Pseudomonas</i> spp.)</p> <p>Detection of pathogenic microorganisms (e.g., <i>Bacillus cereus</i>, <i>Salmonella</i> spp., <i>Staphylococcus aureus</i>)</p> <p>Detection of norovirus RNA genogroup I and II</p>

**Statistical analysis.** A two-tailed *t*-test (Microsoft Excel 2021) was performed to identify significant differences between the periods from 1995 to 2002 and from 2003 to 2019 (time before and after the convenience-based food was introduced, respectively) in the incidences of food-borne group illness outbreaks. In addition, differences between the number of group illness events with strong evidence in the two time periods (see section 3.2, Table 1) were also analyzed by using the same procedure. The difference was considered as “statistically significant” when the *p*-value was below 0.05.

## Results

**Outbreak data.** Fig. 1 provides an overview of disease outbreaks reported from 1995 to 2019 and their comparison, using the updated EFSA categorization (see Table 1). A total of 517 outbreaks were reported during the observation period. Of these, 490 occurred in Germany and 27 on missions abroad. The data was divided into two periods, namely before (1995 to 2002; 285 outbreaks) and after (2003 to 2019; 232 outbreaks) the concept of using convenience-based food was implemented. Altogether, the annual mean number of cases with strong evidence for food-borne disease outbreaks significantly decreased from 15.1 ( $\pm 9.26$ ) cases (1995 to 2002) to approximately 1.1 ( $\pm 1.69$ ) cases (2003 to 2019) ( $p = 0.007$ ,

analyzed by using a two-tailed *t*-test with an assumption of unequal variances). Indeed, with the exception of one case in 2012, there were no outbreaks with strong evidence for a food-borne origin since 2008. In total, 37.2% ( $n = 106/285$ , 1995 – 2002) and 8.2% ( $n = 19/232$ , 2003-2019) outbreaks were analyzed as strongly linked to the foods.

Apart from minor variations, the number of outbreaks with weak evidence for a food-borne origin continually decreased from 2003 to 2014 with none reported between 2015 and 2019. In contrast, the category of outbreaks with no evidence for a food-borne origin has become the most frequent classification since 2003 and was the only reported evidence from 2015 to 2019.

Table 4 shows the absolute number and incidence (%) of sick soldiers compared to the total number of soldiers in Germany and abroad of each year. Corresponding to the data presented in the previous paragraphs and in Fig. 1, the incidence of sick soldiers due to food-borne disease decreased continually. The mean value of the incidence for the first period (1995 to 2002) was  $4.2 \times 10^{-3}$  ( $\pm 7.1 \times 10^{-4}$ ) whereas in the second period (2003 to 2019) the mean value decreased to  $1.8 \times 10^{-3}$  ( $\pm 1.1 \times 10^{-3}$ ). The difference of the incidences between these two periods was evaluated as statistically significant ( $p = 2.5 \times 10^{-5}$ ).

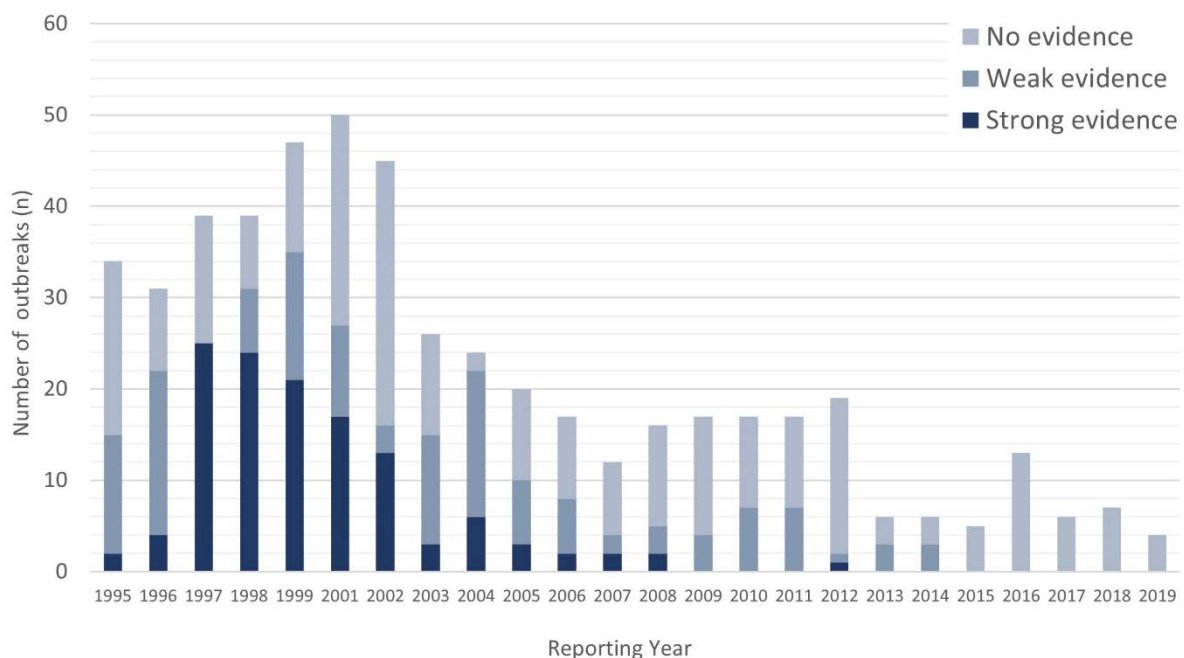


Fig. 1: Number of suspected food-borne disease outbreaks, reported during 1995 to 2019 and categories of evidence according to EFSA (see Table 1). The concept of convenience-based foods for the troops was implemented in 2003.

Table 4: Statistics on number of sick soldiers with food-borne outbreak and incidences in the German military

Year	Total number of soldiers	Number of soldiers sick with food-borne outbreak	Incidence
1995	348200	1231	0.35%
1996	330850	1247	0.38%
1997	324393	1066	0.33%
1998	329497	1433	0.44%
1999	324007	1656	0.51%
2001	310222	1558	0.50%
2002	300332	1245	0.41%
2003	290389	922	0.32%
2004	271921	1001	0.37%
2005	252138	711	0.28%
2006	248423	739	0.30%
2007	244865	630	0.26%
2008	245825	318	0.13%
2009	247165	608	0.25%
2010	234951	577	0.25%
2011	205283	368	0.18%
2012	191818	497	0.26%
2013	184044	83	0.05%
2014	180218	226	0.13%
2015	177069	134	0.08%
2016	177608	204	0.12%
2017	179562	112	0.06%
2018	181274	140	0.08%
2019	183667	83	0.05%

**Facilities involved in outbreaks.** The role of food services in suspected food-borne disease outbreaks was assessed based on on-site inspections, an analysis of their hygiene status and environmental sampling. To ensure that outbreak pathogens could be detected in the food processing area, sampling was performed as quickly as possible and before the ordered cleaning and disinfection. If this had already been completed, the effectiveness of the cleaning and disinfection could be evaluated with the aid of the environmental samples. RODAC contact plates as well as environmental swabs were used for semi-quantitative and qualitative detection of indicator microorganisms. Results of 466 hygiene status were reported from 1996 to 2016. Of these, 126 were classified as “unacceptable” and 340 as “acceptable” (description, see Table 3). In the first period the number of “unacceptable” and “acceptable” was in total 56 and 195 whereas in the second period the total number of “unacceptable” and

“acceptable” was 70 and 145. Reports of facilities that were potentially related to food-borne disease outbreaks decreased from 9.3 ( $\pm$  5.37) per year in the period from 1996 to 2002 to 5.0 ( $\pm$  4.47) per year in the period from 2003 to 2016 since the convenience-based food concepts (in 2003) and the European food hygiene legislation (in 2006) were implemented in the German military. During the first part of the study an average of 21.0% ( $\pm$  0.09) of all premises that were investigated in association with food-borne disease outbreaks did not meet the hygiene standards. By contrast, this was the case in 32.0% ( $\pm$  0.22) of all premises that were investigated during the second study period from 2003 to 2016. From 2017 to 2019, a different reporting concept for each defense branch was applied in which the total swabs and RODAC plates, and the total number of acceptable/unacceptable samples were reported, however the obtained data cannot be included in the analysis in this study.

**Foods and pathogens associated with the outbreaks.** Between 1995 to 2019, a total of 235 foods were found contaminated with food-borne pathogens (Figs. 2 and 3). 75.3% ( $n$  = 177, from 15 food groups) of all contaminated foods originated from the first study period (1995-2002), while 24.7% ( $n$  = 58, from 11 food groups) were from the second period (2003 – 2019). In the latter period, no food-borne pathogens were detected in the food groups ‘eggs and egg products’, ‘spices’, ‘drinking water’, and ‘cereal products’, therefore these food groups are not shown in Fig. 3.

During the first study period (Fig. 2), most foods contaminated with food-borne pathogens were foods of animal origin e.g. dessert creams such as Bavarian cream, variations of puddings with sauce (19.2% of all contaminated foods), prepared meals (12.4%), meat and meat products (10.2%) as well as foods with a low level of convenience, such as fresh produce (11.9%).

In the second period (Fig. 3), foods contaminated with food-borne pathogens were often found in fresh produce e.g. green salads (27.6%), followed by soups and sauces (18.9%). After 2003, a distinct reduction of the risk of contamination was observed in meals that were prepared with convenience-based food products such as meat and meat products (18 food products, 1995-2002 vs. 5 food products during 2003-2019,  $p$  =  $1.36 \times 10^{-3}$ ). Furthermore, a reduced failure rate for microbial standards was observed for food groups that require preparation or processing in a food service, such as desserts and prepared dishes.

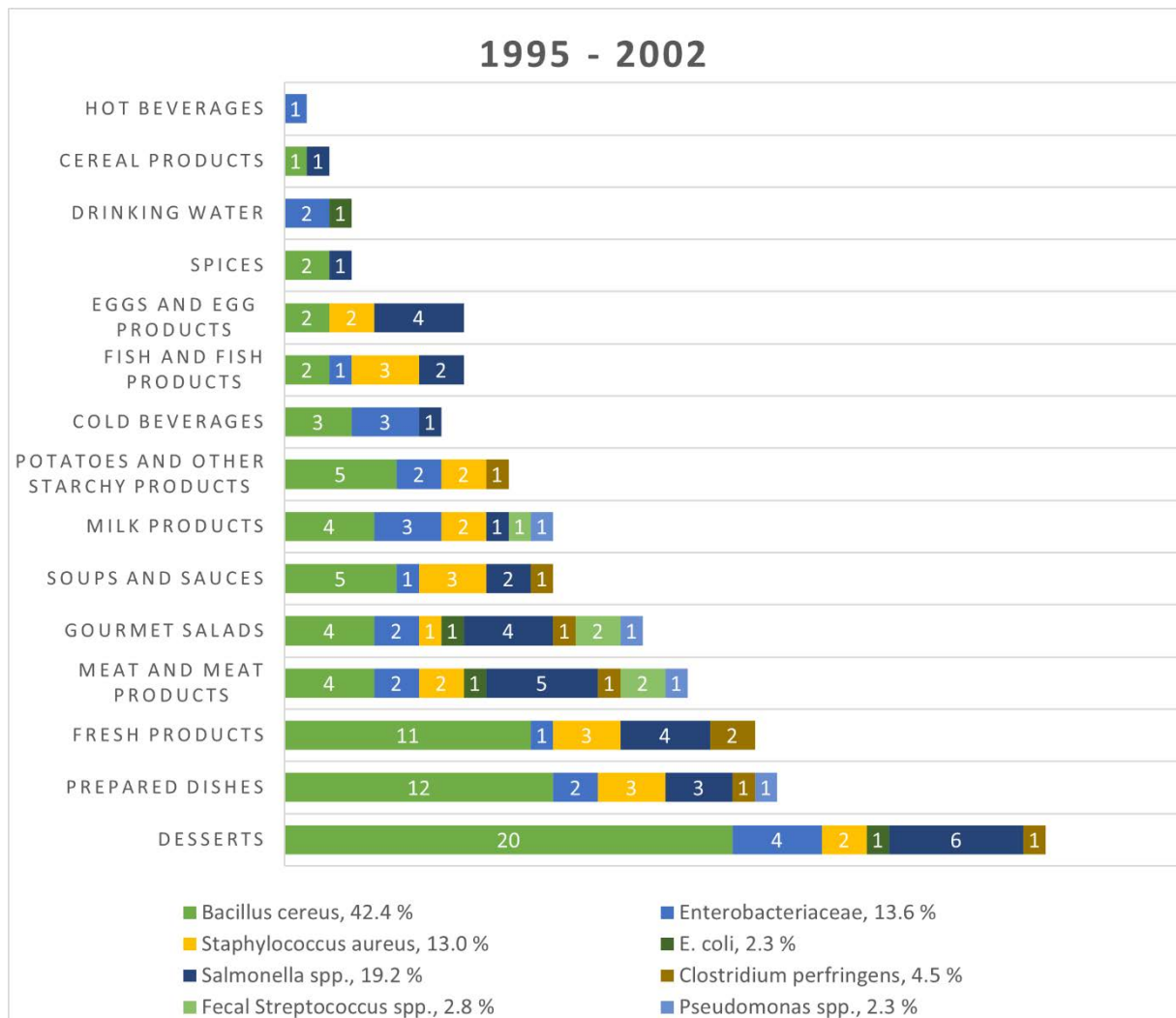


Fig. 2. Food groups ( $n = 15$ ) identified as potentially associated with food-borne disease outbreaks (high and low evidence, see Fig. 1) in the German military (1995 – 2002) and the associated food-borne pathogens ( $n = 177$  isolates).

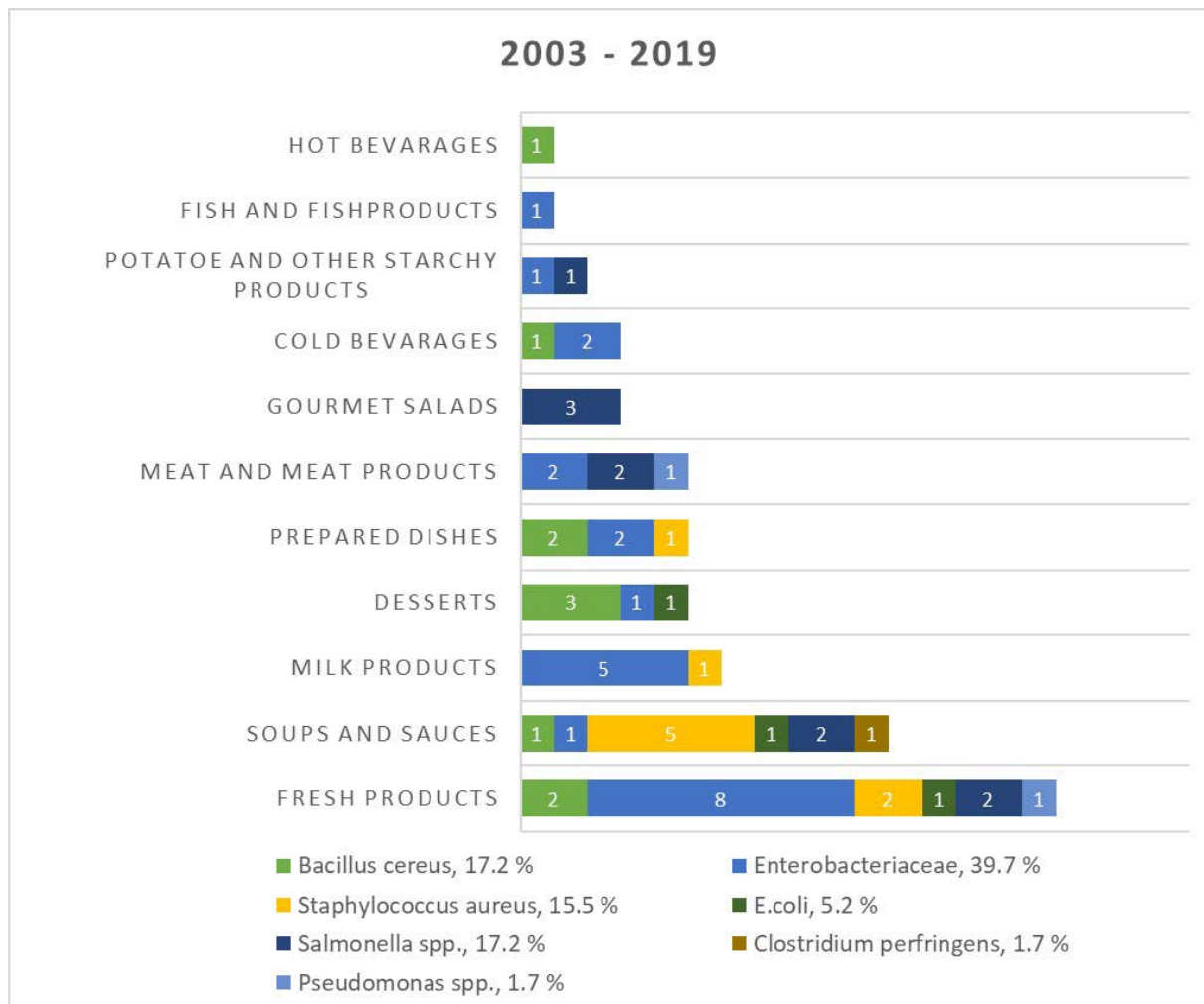


Fig. 3. Food groups ( $n = 11$ ) identified as potentially associated with food-borne outbreak (high and low evidence, see Fig. 1) in the German military (2003 – 2019) and the associated food-borne pathogens ( $n = 58$  isolates).

In the majority of food-borne disease outbreaks in the German military between 1995 and 2019 (75.8%), source attribution was not possible. Fig. 4 shows a comparison of the pathogenic microorganisms isolated from food associated with food-borne group illnesses between the two study periods. The most prevalent pathogenic bacteria isolated from food were *Bacillus cereus* (42.2%) and *Salmonella* spp. (19.2%). Among all identified bacteria, *Enterobacteriaceae* (used as a food hygiene criterium) were most frequent in the second period (39.7%), especially in fresh produce. The second most important group of food-borne pathogens found in the second study period were *Bacillus cereus* (17.2%) and *Salmonella* spp. (17.2%). A further differentiation of serotypes was performed for *Salmonella* spp. In a total of 21 cases, *Salmonella* Enteritidis was identified nine times, *Salmonella* Typhi (lysotype B 1) five

times and *Salmonella* Panama, *Salmonella* Derby and *Salmonella* Thompson, once each. Staphylococcal enterotoxins (SEs) were subtyped in 16 cases. Staphylococcal enterotoxin A (SEA) was determined seven times, Staphylococcal enterotoxin B twice, Staphylococcal enterotoxin C four times, Staphylococcal enterotoxin D twice and Staphylococcal enterotoxin E once. For the pathogen *Clostridium perfringens*, toxin formation was documented in five cases, with toxin type A identified in three cases. No further determinations were documented for the other two isolates of *Clostridium perfringens*.

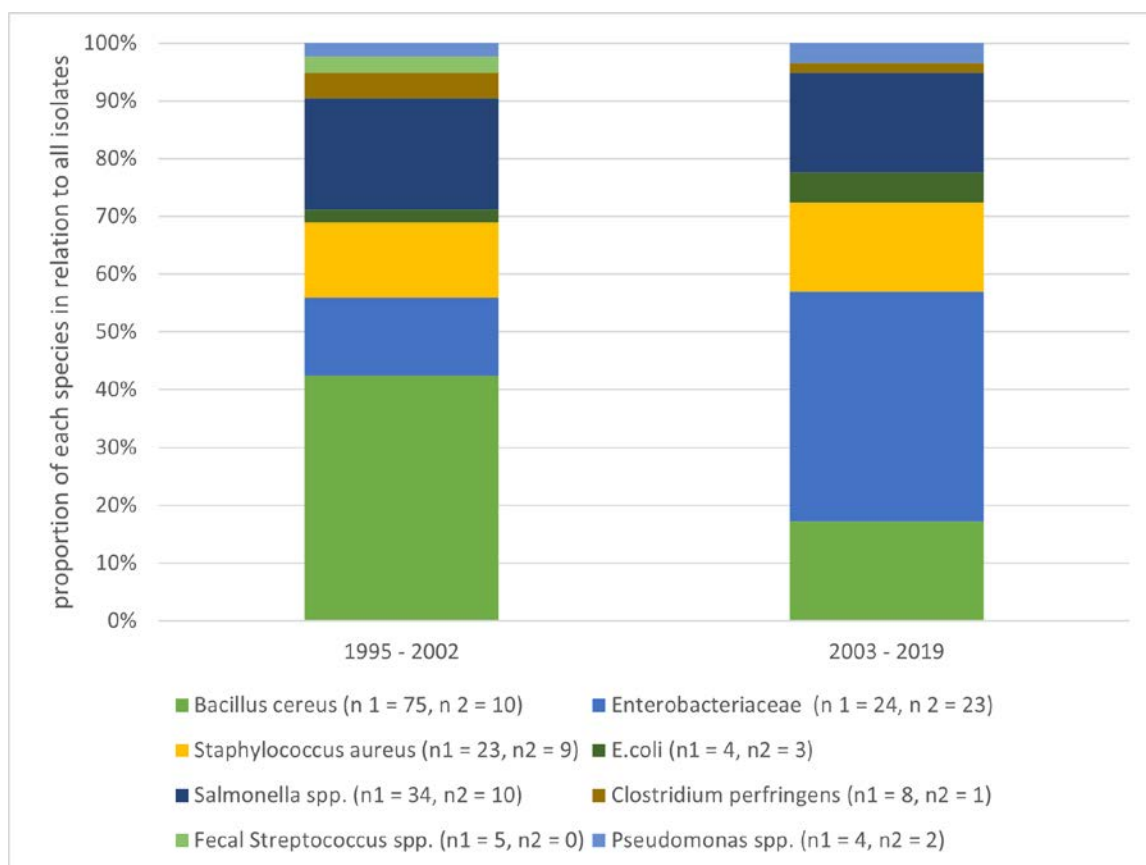


Fig. 4: Food-borne pathogens isolated in association with food-borne group illness from 1995-2002 (n1) and 2003-2019 (n2).

## Discussion

After the implementation of the EU food law and the introduction of convenience-based food sources in 2003, the German military successfully decreased the incidence of food-borne illness and the number of military catering facilities implicated in food-borne outbreaks by more than half. The percentage of cases of food-borne infections with strong evidence for a



source within the military catering system was also significantly reduced by more than 90% in the same time frame. A large number of outbreaks in the military context could not be attributed to a specific source of food-borne origin (517 outbreaks, of which 235 were food-borne), so the majority of outbreaks were categorized as low evidence or no evidence. This result is consistent with EFSA's 2015-2020 evaluations, which also documented more outbreaks with low evidence for a food-borne vehicle than with high evidence (22). In the military context as well as in the civilian sector, no causative agent could be identified in a large number of the outbreaks with low evidence (22). Even though the available data from the military context is not entirely comparable to the data for the general population over the entire observation period, trends are certainly comparable. A comparison of these study results regarding the continuously decreasing outbreak numbers per reporting year over the whole period showed no similar trend either for Germany or for the EU. Since 2015, the absolute number of foodborne outbreaks has remained approximately the same in both Germany and the EU.(22, 33). Nevertheless, the food safety must have had increased in fact of the decreased incidence of food-borne illness in the German military.

This statement can be supported by the fact that foodborne pathogens in food samples may have been detected with lower sensitivity during the initial study period due to limitations in the analytical methods. The introduction of subtyping by whole genome sequencing allows for the detection of small outbreak clusters at unprecedented resolution (3, 21). The fact that the number of detected outbreaks decreased despite this improved diagnostic ability suggests an even larger underlying increase in food safety.

The same might be one reason why the incidence of food-borne illness within the military decreased, but the failure rate at microbial inspections in military troop kitchens increased from 21.0% to 32.0% in the observation period after 2003. While worsened operational hygiene is a hypothetical reason for this, more targeted and risk-based sampling, combined with improved analytical sensitivity (e.g., the application of molecular biological methods such as real-time RT-PCR in addition to cultural methods) that might have resulted in higher complaint rates, are a more likely scenario to explain these findings. Additionally, during the second observation period since 2003, the implementation of current EU food hygiene legislation in the German military with more stringent assessment criteria for hygiene status samples, including the introduction of DIN standards, may have resulted in higher complaint rates (8, 10, 11).

Moreover, the spectrum of microbial analyses was expanded to pathogens that were not previously included (e.g., norovirus), which could have led to an increased number of complaints. Regarding the introduction of HACCP concepts, the sampling of newly identified CCPs as part of the risk analysis could also explain the increase in failure rates.

Regarding the microbiological food investigations in absolute numbers, about three quarters of the microbiologically objectionable foods (75.3%) were identified during the first observation period before 2003. In connection with the declining outbreak incidences, these figures suggest that overall, an improvement in food hygiene has taken place after 2003. In the study period between 2003 and 2019, *Bacillus cereus*, *Salmonella* spp. and *Staphylococcus aureus* were the most detected pathogens in foods from German military food services. The data from the EFSA food-borne disease outbreaks dashboard (22) lists for Germany from 2015 to 2020 *Salmonella* spp. as the top cause of food-borne disease outbreaks, followed by *Campylobacter* spp., norovirus and other caliciviruses, *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* in descending order (22). These numbers are not quite congruent with data from the EFSA food-borne disease outbreaks dashboard from 2015 to 2020 for the whole of the EU. They report that most of the outbreaks could not be linked to causative agents followed by *Salmonella* spp., bacterial toxins, *Campylobacter* spp., norovirus and other caliciviruses, *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* toxin (22). The fact that only a proportion of all outbreaks are attributable to a causative agent is consistent with our findings from the military context.

For some pathogens, such as *Salmonella* spp., there is a decrease by more than 80% between 2001 and 2019, mainly due to the introduction of *Salmonella* vaccines in poultry (20, 37, 39). These were regulated in the Zoonoses Control Regulation VO (EC) No. 2160/2003 (15) and the control programs for *Salmonella* spp. in poultry farming which successively introduced at EU level since 2007 and had a proven impact on the reduction of *Salmonella* spp. infections in the EU (26, 30). The differences in total case number reduction could be due to the fact that while the EU food laws were implemented in the civil sector as well as in the military, the introduction of convenience-based foods has additionally led to a significant decrease in food-borne disease outbreaks in the German military. Subtyping of *Salmonella* spp. isolates from military catering settings revealed 52.9% *Salmonella* Enteritidis and 23.5% *Salmonella* Typhimurium. However, only a limited number of isolates were serotyped, allowing a comparison with data from the civilian sector only with caution. For example, the infection

epidemiological yearbook of the Robert Koch Institute (35) shows that by far the most frequent isolates in Germany were *Salmonella* Enteritidis (25.4%) and *Salmonella* Typhimurium (25.5%).

While *Salmonella* spp., were highly important causes of food-borne diseases in both the German military as well as the civilian sector, *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* played a more important role in the military troop kitchens compared to the civilian sector. Figure 3 and 4 clearly show this, where *Bacillus cereus* is associated with desserts, prepared foods as well as raw foods, especially from 1995-2002. One reason why *Bacillus cereus* is the most detected causative agents in the first study period might be because many cases remain unrecorded which explains the discrepancy to the numbers from the civilian sector, as people with mild symptoms generally do not seek medical attention and *Bacillus cereus* food poisoning is not a reportable disease (32). Furthermore, *Staphylococcus aureus* was detected in various foods, while no high frequencies to specific food groups could be determined. This is partly consistent with observations from the civilian sector, which lists multi-ingredient foods, dairy products, and meat and meat products as sources of infection for *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* (20). The fact that both *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* have a short incubation period, several persons of the same group were affected at the same time and finally presented to the same medical doctor, might have led to higher detection rates than in civilian sector.

Furthermore, pathogens like *Campylobacter jejuni* /*Campylobacter coli* or *Listeria monocytogenes* that are a focus of civilian food safety efforts were absent from the military catering service statistics.

The discrepancies in pathogen frequencies between the military and civilian sector may in part be explained by the differences in the population at risk and the restricted spectrum of foods that were allowed in the military catering services. The regulation A1-840/5-4001 of the German military specifies that certain high-risk foods may not be procured. These include dairy products made from raw milk, fish for raw consumption and other animal products which do not originate from EU-approved establishments (17, 27). At the same time the use of convenience food products has gradually increased, accounting for approximately 85% of foods provided in military food service facilities, which could also have had an influence on

the pathogens that were detected (28), as certain processing steps have been outsourced, thereby reducing cross-contamination.

While the civilian data include all reported food-borne illnesses in Germany and the EU, the data included in this study only covered food-borne group illnesses in military troop kitchens which for the most part, does not cater to high-risk groups like very young, old, immunocompromised or pregnant individuals. The average age of servicemen and -women catered to by military food services was 20.0 years in 2004, 29.7 years in 2011, and 32.4 years in 2019 (29, 5). This may result in an inherently higher resistance against food-borne diseases among military personnel compared to the civilian population and could explain some of the observed shifts in pathogen frequencies.

The fact that the military troop kitchens were not allowed to procure certain high-risk foodstuffs may also add to the differences in pathogen distribution. The General Regulation on Food Hygiene A1-840/5-4001 (27) and its previous versions of this regulations (since 1991) prohibits the procurement and processing of particularly risky foods or foods requiring stringent hygienic measures (27). This includes, for example, raw milk, which was identified as the actual source of 20% of food-borne *Campylobacter* outbreaks in the civilian sector in Germany (6) or fish and fishery products intended for raw consumption, that were identified as the source for 12.6% of *L. monocytogenes* infections in the civilian sector (20). Similarly, for *Yersinia enterocolitica*, pig meat and products thereof are considered main sources of infection (22). In this context, foods that require heightened hygiene standards, such as raw minced meat intended for raw consumption which has been eliminated from the military troop kitchens, could have reduced the detection rate of *Yersinia enterocolitica*.

While the exclusion of high-risk foodstuffs like raw milk in the military troop kitchens may reduce the risk of listeriosis outbreaks, the ubiquitous nature of *L. monocytogenes* potentially allows its presence in all unprocessed and raw foods, which means that infection by this pathogen may well occur in the case of troop catering. However, listeriosis is most common in infants under 1 year of age and in the elderly over 64 years of age (7). The lack of *Listeria* spp. in food-borne disease outbreaks in the German military could therefore be related to the demographic at the highest risk being mostly absent in the German military.

Regarding *Campylobacter* spp., in contrast to for instance, *Listeria* spp., does not multiply in food. Therefore, large outbreaks are rare (20). The reporting threshold of food-borne disease

outbreaks in the German military (> 5 persons), may also have contributed to the lack of detection of *Campylobacter* spp. in this study. Although *Campylobacter* spp. were detected in an older study within the German Armed forces determined that food of animal origin, in particular poultry meat from troop kitchens, were the main sources of infection with *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* (29). These data are in line with the EFSA's risk assessments that show that broiler meat and milk were the foods that were more frequently contaminated with *Campylobacter* spp.. This risk to military personnel was also massively reduced by the restrictions of the General Regulation on Food Hygiene A1-840/5-4001 (27), as food of animal origin may not be served to troops for raw consumption.

Furthermore, the staphylococcal enterotoxins detected here are consistent with the current literature, which also mainly cites that SEA is one of the classical SE's, which are reported most frequently from outbreaks in the civilian sector (23).

Regarding the toxin types of *Clostridium perfringens* documented here, type A was detected three times. Due to the low detection or documentation rate, this result should be interpreted with reservation. Nevertheless, the sole detection of toxin type A here is in line with the current literature, which also reports toxicoinfections primarily caused by this type (2).

*Fecal streptococci*, *Enterobacteriaceae*, *E. coli*, as well as *Pseudomonas* spp. as potential agents of food-borne group illness only have rarely been identified as causes of food-borne group illness (34, 36, 42). Nevertheless, they are possible, which is consistent with the low detection rates of our results. For example, a report of an outbreak that affected 15 soldiers was caused by *Citrobacter freundii* on Aug. 18, 1999. A bacterial count of  $10^8$  cfu/g was detected in the food (seafood and asparagus salad). Bacteria of this species were also detected in the environmental samples. Therefore, the expert in charge at that time classified this detection as confirmed. Considering, these study results in the context of the affected group of persons, possible sensory abnormalities due to food spoilage caused by the above-mentioned pathogens may not have been perceived. With regard to the affected group of persons, external circumstances such as catering under deployment and training conditions, high physical stress and shortened meal times may have distracted from this. The investigation of the cases caused by *Enterobacteriaceae*, *E. coli*, *Fecal streptococci* and *Pseudomonas* spp. also partly suggests a lack of hygienic conditions of the food. For example, 1997 a chocolate pudding containing *Enterobacteriaceae* (*Enterobacter cloacae* and *Enterobacter agglomerans*)

were identified as causative pathogens in one foodborne outbreak, which were also detected in the environmental samples along with *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus cereus*.

The retrospective study shows its limitations due to the fact that most outbreaks were not confirmed. This might be because of epidemiological results which are not available in all cases. The data show that stool and vomit samples were not examined in every case. This was the case when symptoms had already resolved, as could be the case within 24 h in self-limiting courses e.g. due to *Bacillus cereus* infections. Likewise, environmental samples were not taken for every outbreak, and test results had to be assessed with limitations, since in some cases the conclusiveness was limited after cleaning and disinfection of the troop kitchens had been completed. This demonstrates the importance of rapid and complete outbreak investigations along the food chain in order to be able to evaluate outbreaks with the adequate evidence.

## **Declaration of competing interest**

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

## **Acknowledgment**

The authors would like to thank Colonel Dr. Ernst, Lieutenant Colonel Dr. Dreßler, Major Dr. Lucas and Sergeant Major Freisler for their contributions to this study. Additional thanks to all Supervisory Centres for Public Law Tasks of the German military Medical Service, Central Institute of the German military Medical Services and the Division IV of the German military Medical Service Headquarters for their involvement in the data collection.

## References

1. Amore, G., Beloeil, P.-A., Bocca, V., Boelaert, F., Gibin, D., Papanikolaou, A., Riss, V., & Stoicescu, A.-V. (2021). Zoonoses, antimicrobial resistance and food-borne disease outbreaks guidance for reporting 2020 data. EFSA Supporting Publications, 18(2), 65-66. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2021.EN-6438>
2. Bendary, M. M., Abd El-Hamid, M. I., El-Tarabili, R. M., Hefny, A. A., Algendy, R. M., Elzohairy, N. A., Ghoneim, M. M., Al-Sanea, M. M., Nahari, M. H., & Moustafa, W. H. (2022). *Clostridium perfringens* Associated with Food-borne Infections of Animal Origins: Insights into Prevalence, Antimicrobial Resistance, Toxin Genes Profiles, and Toxinotypes. *Biology*, 11(4), Article 551. <https://doi.org/10.3390/biology11040551>
3. Bundesinstitut für Risikobewertung: German Federal Institute for Risk Assessment (BfR). (2020). Application of Whole Genome Sequencing for the Detection of Food-borne Disease Outbreaks
4. Bundesministerium Landesverteidigung. (2006). Motivation und Gefechtswert. Retrieved on January 4, 2022, from <https://www.bundesheer.at/truppendienst/ausgaben/artikel.php?id=420>
5. BMVg (Bundesministerium der Verteidigung) P I 1. (2022). Personalstärke Bundeswehr sowie Durchschnittsalter militärisch
6. BVL and RKI (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit and Robert Koch-Institut). (2020). Gemeinsamer nationaler Bericht des BVL und RKI zu lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen in Deutschland 2019. [https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Berichte/10\\_BELA\\_lebensmittelbed\\_Krankheitsausbruechen\\_Dtl/Jahresbericht2019.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Berichte/10_BELA_lebensmittelbed_Krankheitsausbruechen_Dtl/Jahresbericht2019.pdf?__blob=publicationFile&v=4) (accessed 8 June 2022)
7. Desai, A. N., Anyoha, A., Madoff, L. C. & Lassmann, B. (2019). Changing epidemiology of *Listeria monocytogenes* outbreaks, sporadic cases, and recalls globally: A review of ProMED reports from 1996 to 2018. *International Journal of Infectious Diseases*, 84(1), 48-53. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2019.04.021>
8. DIN 10113- 1-3:1997. (1997). Determination of surface colony count on fitment and utensils in foodareas-Part 3: Semiquantitative method with culture media laminated taking up equipment (squeeze method)

9. DIN 10164-1:2019-06. (2019). Microbiological examination of meat and meat products-Determination of Enterobacteriaceae-Part 1: Spatula method (reference method)
10. DIN 10506/A1 – 2021-08. (2021). Food hygiene-Mass catering
11. DIN 10516:2020-10. (2020). Food hygiene-Cleaning and disinfection
12. DIN 10526:2017-08. (2017). Food hygiene-Retained samples in mass catering
13. DIN EN ISO 4833-2:2014-05. (2014). Microbiology of the food chain-Horizontal method for the enumeration of microorganisms-Part 2: Colony count at 30 °C by the surface plating technique
14. EC (European Commission). (2002). Regulation No 178/2002 of the European Parliament and of the Council of 28 January 2002 laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002R0178&from=EN>
15. EC (European Commission). (2003). Regulation No 2160/2003 of the European Parliament and of the Council of 17 November 2003 on the control of *Salmonella* and other specified food-borne zoonotic agents. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0852&from=EN>
16. EC (European Commission). (2004). Regulation No 852/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the hygiene of foodstuffs. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0852&from=EN>
17. EC (European Commission). (2004). Regulation No 853/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 laying down specific hygiene rules for food of animal origin. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0853&from=en>
18. EC (European Commission). (2004). Regulation No 854/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 laying down specific rules for the organization of official controls on products of animal origin intended for human consumption. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0854&from=EN>
19. EC (European Commission). (2005). Regulation No 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005R2073&from=EN>



20. EFSA and ECDC (European Food Safety Authority and European Centre for Disease Prevention and Control). (2021). The European Union One Health 2020 Zoonoses Report. *EFSA Journal*, 19 (12), Article 6971. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6971>.
21. EFSA (European Food Safety Authority). (2019). Whole genome sequencing and metagenomics for outbreak investigation, source attribution and risk assessment of food-borne microorganisms. *EFSA Journal*, 17 (12), Article 05898. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5898>
22. EFSA (European Food Safety Authority), n.d.. *food-borne disease outbreaks – Dashboard*. <https://www.efsa.europa.eu/en/microstrategy/FBO-dashboard> (accessed 16 June 2022)
23. Fetsch, A., Johler, S. (2018). *Staphylococcus aureus* as a food-borne pathogen. *Curr Clin Micro Rpt* 5, 88–96. <https://doi.org/10.1007/s40588-018-0094-x>
24. Food and Feed Act. (2005). Foodstuffs and Feedstuffs Code in the version published on September 15, 2021 (BGBl. I p. 4253), as amended by Article 7 of the Act of September 27, 2021 (BGBl. I p. 4530).
25. Foods and Commodities Act. (1997). Law on the marketing of foodstuffs, tobacco products, cosmetic products and other consumer goods (Foodstuffs and Consumer Goods Act-LMBG) In the version published on September 9, 1997, BGBl. I p. 2296, last amended by Article 2 of the Act of August 8, 2002, BGBl. I p. 3116
26. GfISalmoV (Geflügel-Salmonellen-Verordnung). (2014). Verordnung zum Schutz gegen bestimmte Salmonelleninfektionen beim Haushuhn und bei Puten (Geflügel-Salmonellen-Verordnung) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Januar 2014 (BGBl. I S. 58), die zuletzt durch Artikel 6 der Verordnung vom 19. November 2019 (BGBl. I S. 1862) geändert worden ist
27. German Federal Ministry of Defense. (2017). Allgemeine Regelung Lebensmittelhygiene A1-840/5-4001 of 21 February 2017
28. German Federal Ministry of Defense. (2002). Verpflegung der Bundeswehr im Frieden. WV I -Az 10-10-35/48-10-25. 2002.
29. Hänel, C.-M. (2004). Prävalenz von *Campylobacter jejuni* und *Campylobacter coli* in Lebensmitteln tierischen Ursprungs. Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover. [https://elib.tiho-hannover.de/receive/etd\\_mods\\_00002395](https://elib.tiho-hannover.de/receive/etd_mods_00002395)
30. Hugas, M., Beloeil, P. A. (2014). Controlling *Salmonella* along the food chain in the European Union-progress over the last ten years. *Euro Surveill*, 19 (19), Article 20804. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.es2014.19.19.20804>

31. IfSG (Infection Protection Act) of July 20, 2000 (BGBl. I p. 1045). (2021). As last amended by Article 2 of the Act of December 10, 2021 (BGBl. I p. 5162)
32. Jessberger, N., Dietrich, R., Granum, P. E., & Märtlbauer, E. (2020). The *Bacillus cereus* food infection as multifactorial process. *Toxins*, 12(11), 701.
33. Klatt, S. (2018). Einsatzverpflegung gestern – heute – morgen: Geschichte, Gegenwart und Zukunft der Feldverpflegung und des Feldküchenbetriebs. *Wehrmedizinische Monatsschrift* 04/2018, p. 103.  
<https://www.Germanmilitary.de/resource/blob/52778/b3fa477de3853904d535da0d9e5c7450/wmm-ausgabe-04-2018-pdf-data.pdf> (accessed November 2021)
34. Kumar, H., Franzetti, L., Kaushal, A., Kumar, D. (2019). *Pseudomonas fluorescens*: A potential food spoiler and challenges and advances in its detection. *Annals of microbiology*, 69(9), 873-883.
35. Krause, G., Altmann, D., Faensen, D., Porten, K., Benzler, J., Pfoch, T., Ammon, A., Kramer, M, H., Claus, H. (2007). SurvNet Electronic Surveillance System for Infectious Disease Outbreaks, Germany. *Emerging Infectious Diseases*, 13(10), 1548–1555. <https://doi.org/10.3201/eid1310.070253>
36. Mladenović, K. G., Grujović, M. Ž., Kiš, M., Furmeg, S., Tkalec, V. J., Stefanović, O. D., & Kocić-Tanackov, S. D. (2021). *Enterobacteriaceae* in food safety with an emphasis on raw milk and meat. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 105(23), 8615-8627.
37. Popa, G. L., Papa, M. I. (2021). *Salmonella* spp. infection-a continuous threat worldwide. *Germs*, 11 (1), 88–96. <https://doi.org/10.18683/germs.2021.1244>
38. RKI (Robert Koch Institut). (2021). Infektionsepidemiologisches Jahrbuch meldepflichtiger Krankheiten 2020.  
[https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Jahrbuch/Jahrbuch\\_2020.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Jahrbuch/Jahrbuch_2020.pdf?__blob=publicationFile) (accessed 5 June 2022)
39. Sher, A. A., Mustafa, B.E., Grady, S. C., Gardiner, J. C., & Saeed, A. M. (2021). Outbreaks of food-borne *Salmonella* Enteritidis in the United States between 1990 and 2015: An analysis of epidemiological and spatial-temporal trends. *International Journal of Infectious Diseases*, 105 (1), 54–61.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijid.2021.02.022>
40. WHO (World Health Organization). (2015). WHO estimates of the global burden of foodborne diseases: foodborne diseases burden epidemiology reference group 2007-2015. ISBN: 9789241565165

41. WHO (World Health Organization). (2022). Food safety. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety> (accessed 5 December 2022)
42. Yong, W., Guo, B., Shi, X., Cheng, T., Chen, M., Jiang, X. & Ding, J. (2018). An investigation of an acute gastroenteritis outbreak: *Cronobacter sakazakii*, a potential cause of food-borne illness. *Frontiers in microbiology*, 9, 2549.

## 4 Diskussion

In der vorliegenden retrospektiven Studie sollten die im GB BMVg aufgetretenen Gruppenerkrankungen mit lebensmittelbedingter Genese für den Zeitraum 1995 bis 2019 unter besonderer Berücksichtigung der Revision des Lebensmittelhygienerechts (seit 2006) sowie der Einführung einer convenience-orientierten Mischkostküche (seit 2002) analysiert werden.

Im gesamten Betrachtungszeitraum wurden Einflussfaktoren ermittelt, die sich auf die Lebensmittelsicherheit in der Bundeswehr ausgewirkt haben. Hierzu zählen die Revision des Lebensmittelhygienerechts in Verbindung mit den strengeren Hygienevorschriften (Zentralvorschrift Lebensmittelhygiene A1-840/5-4001). Zeitgleich konnte eine Reduzierung der Truppenstärke bei gleichzeitigem Anstieg des personellen Durchschnittalters beobachtet werden. Daraufhin wurde das Verpflegungskonzept der Bundeswehr dahingehend angepasst, die Einführung einer convenience-orientierten Mischkostküche sowie stufenweisen Erhöhung des Ausschöpfungsgrades der Truppenverpflegung auf Convenience-Produkte bis zu 85 %, zu etablieren. Die Personalverringerung in den Verpflegungseinrichtungen sollte somit zum einen kompensiert werden und zum anderen sollte gleichzeitig die Verpflegung der Soldatinnen und Soldaten sichergestellt werden. Parallel hierzu haben sich die Methoden für mikrobiologische und molekularbiologische Lebensmitteluntersuchungen deutlich verbessert, sodass lebensmittelassoziierte Ausbruchsauflösungen mit einer höheren Sensitivität durchgeführt werden können.

Wie bereits im Abschnitt „Diskussion“ der Publikation im Detail beschrieben, haben die oben genannten Faktoren die Inzidenz lebensmittelbedingter Krankheitsausbrüche in der Gemeinschaftsverpflegung im GB BMVg signifikant reduziert. Zusätzlich konnte gezeigt werden, dass signifikant weniger Ausbrüche mit der Einstufung „hohe Evidenz“ im zweiten Betrachtungszeitraum (2003-2019) auftraten. Weiterhin wurden im zweiten Betrachtungszeitraum höhere Beanstandungsraten hinsichtlich der im Zusammenhang mit lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen erhobenen Betriebshygieneuntersuchungen und eine qualitative und quantitative Verschiebung des nachgewiesenen Erregerspektrums der als ursächlich verdächtigten Lebensmitteln nachgewiesen.

Im Folgenden sollen mögliche Zusammenhänge auf das Vorkommen lebensmittelbedingter Gruppenerkrankungen im GB BMVg aufgezeigt und die Ergebnisse in den Kontext der aktuellen Literatur gestellt werden.

Wie bereits beschrieben sank sowohl die Inzidenz als auch die Fälle mit der Einstufung „hohe Evidenz“ für lebensmittelassoziierte Gruppenerkrankungen im zweiten Betrachtungszeitraum (2003-2019) signifikant. Die rückläufigen Inzidenzen sowie die Verschiebung der Einstufung von „hohe Evidenz“ zu „niedrige Evidenz“ lassen auf eine Erhöhung der Lebensmittelsicherheit in der Bundeswehr schließen. Um einen Einfluss der Revision des Lebensmittelhygienerechts sowie der Einführung einer convenience-orientierten Mischkostküche auf das Auftreten lebensmittelbedingter Gruppenerkrankungen im GB BMVg beurteilen zu können, werden im Folgenden die häufigsten Faktoren aufgelistet, die 2021 zu lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen in der EU beigetragen haben. Unabhängig vom Ort der Exposition (Restaurants, Kantinen etc.) wurden als Einflussfaktoren lebensmittelbedingter Krankheitsausbrüche mit hoher Evidenz 2021 in der EU vor allem Kreuzkontaminationen, unverarbeitete kontaminierte Zutaten, infiziertes Küchenpersonal, unzureichende Lagerungsbedingungen, Erhitzungs- und Heißhalteprozesse sowie kontaminiertes Trinkwasser, nachgewiesen (EFSA und ECDC, 2022). Dabei wurden für den Bereich der Gemeinschaftsverpflegung vor allem Kreuzkontaminationen als häufigster Einflussfaktor ermittelt. In diesem Zusammenhang wurde aus lebensmittelhygienischer Sicht durch die Einführung einer convenience-orientierten Mischkostküche im GB BMVg, das Risiko von Kreuzkontaminationen durch die Auslagerung erster manueller Verarbeitungsschritte (Schälen, Schneiden etc.) von Lebensmitteln, in den Truppenküchen reduziert. Wie im Abschnitt 2.5 beschrieben, konnte in verschiedenen Studien nachgewiesen werden, dass vor allem diese Schritte ein hohes Potential von Kontaminationen in der kalten Küche besitzen, da Personal sowie Lebensmittelbedarfsgegenstände kontaminiert werden können (Iulietto & Evers, 2020; Possas & Pérez-Rodríguez, 2023). Gleichzeitig können verbesserte lebensmitteltechnologische Verfahren in Kombination mit Hürdenprinzipien in Herstellungsbetrieben zu einer Reduktion spezifischer pathogener Bakterien beitragen, um ein Einbringen potentiell kontaminierter Lebensmittel in die belieferten Betriebe zu vermeiden (Choi & Kim, 2020; Khan et al., 2017; Misra et al., 2017). Daher kann durchaus angenommen werden, dass die Einführung der convenience-orientierten Mischkostküche durch ein vermindertes Risiko von Kreuzkontaminationen in den Truppenküchen, zu

gesunkenen Inzidenzen und einer Verschiebung der untersuchten lebensmittelassoziierten Gruppenerkrankungen zur Einstufung „niedrige Evidenz“, beigetragen hat.

Der Anteil der stufenweisen Einführung der convenience-orientierten Mischkostküche im GB BMVg an dieser Verbesserung ist aufgrund der dazu parallel stattfindenden Prozesse zur Erhöhung der Lebensmittelsicherheit in der EU schwer quantifizierbar. Beispielsweise ist die Entwicklung sowie flächendeckende Verbreitung neuer lebensmitteltechnologischer Verfahren ebenfalls stufenweise erfolgt (Misra et al., 2017). Betrachtet man Faktoren, die zu lebensmittelbedingten Ausbrüchen mit hoher Evidenz in der Gemeinschaftsverpflegung (Kantinen etc.) in den EU-Mitgliedstaaten von 2017-2020 (n = 310) beigetragen haben, so wurden außerdem die folgenden Faktoren ermittelt: unzureichende Wärmebehandlung, unzureichende Lagerbedingungen, infiziertes Personal im Lebensmittelbereich, unzureichende Kühlung (EFSA und ECDC, 2021a, 2021b, 2019, 2018). Diese Risikofaktoren wurden u.a. im Zuge der Etablierung von spezifischen HACCP-Systemen einschließlich der Ermittlung sowie Messung von CCPs z.B. im Rahmen des Erhitzungsprozesses, der Heißausgabe und Kühllagerung sowie der Durchführung von Personal- und Hygieneschulungen erfasst, um lebensmittelassoziierte Erkrankungen zu minimieren. Insgesamt werden umfangreiche Eigenkontrollen auf allen Stufen des Herstellungsprozesses, von der Warenannahme bis hin zur Speisenausgabe in Verbindung mit einer entsprechenden Dokumentation (Merkblätter und Musterformblätter) durch die Truppenküchen durchgeführt und gleichzeitig werden diese durch Sachverständige der zuständigen ÜbwSt im Rahmen einer risikoorientierten Überwachung begutachtet. Daher ist ein zusätzlicher Einfluss der Revision des Lebensmittelrechts auf die erhöhte Lebensmittelsicherheit in der Gemeinschaftsverpflegung des GB BMVgs anzunehmen. Der positive Einfluss von Vor-Ort-Kontrollen durch Lebensmittelsicherheitskontrollen in lebensmittelverarbeitenden Betrieben auf die Lebensmittelsicherheit wurde bereits in anderen Studien nachgewiesen (Leinonen et al., 2022), was diese Annahme stützt. Nicht zuletzt ist im GB BMVg die risikoorientierte Bewertung und potentielle Herunterstufung von Vollküchen zu Teilausgabestellen bis hin zu Speisenausgabestellen aufgrund infrastruktureller, betriebshygienischer und personalhygienischer Mängel, im GB BMVg möglich, wodurch denkbaren lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen präventiv entgegengewirkt werden kann.

Daten der EFSA zu lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen mit hoher und niedriger Evidenz für den Bereich der Gemeinschaftsverpflegung sind lediglich für den Zeitraum 2015-2021 in der EU verfügbar. Daten aus früheren Jahren sind aufgrund der Gründung der EFSA im Jahr 2002 und der mehrjährigen Etablierung eines einheitlichen Meldesystems gemäß den Vorgaben der Richtlinie (EU) 2003/99/EG nicht verfügbar (EFSA, 2007; EFSA, 2015). Dies ermöglicht nur bedingt einen Vergleich mit den Ergebnissen dieser Studie hinsichtlich der gesunkenen Ausbruchszahlen und Verschiebung von Evidenzen, sodass ein derartiger Rückgang lebensmittelbedingter Krankheitsausbrüche in der Gemeinschaftsverpflegung wie im GB BMVG aus den vorliegenden Daten für die EU nicht beobachtet werden kann.

Untersuchungen aus England und Wales zeigen über einen annähernd vergleichbaren Zeitraum (1992-2008) im Vergleich zu den hier ermittelten Ergebnissen einen ähnlichen Trend hinsichtlich gesunkener Ausbruchszahlen der durch *Salmonella* spp. verursachten lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüche, die auf die Einführung von Salmonella-Impfprogrammen bei Hühnern zurückzuführen sein könnten. Weiterhin könnte die Umsetzung einer verbesserten Hygiene während der Verarbeitung von Lebensmitteln, die Kreuzkontaminationen reduzieren, ebenfalls dazu beigetragen haben (Gormley et al., 2011). Die von Gormley beschriebenen Einflüsse, die das Vorkommen lebensmittelbedingter Krankheitsausbrüche reduziert haben, werden auch in Bezug auf die Ergebnisse dieser Studie angenommen, sodass von einer Erhöhung der Lebensmittelsicherheit durch die Revision des EU-Lebensmittelrechts für die hier ermittelten gesunkenen Inzidenzen sowie häufigeren Nachweisraten niedriger Evidenzen im zweiten Betrachtungszeitraum, ausgegangen werden kann.

Zur weiteren Klärung der Frage, inwieweit die Änderung des Lebensmittelhygienerechts sowie die Einführung einer convenience-orientierten Mischkostküche einen Einfluss auf das Vorkommen lebensmittelbedingter Gruppenerkrankungen in der Gemeinschaftsverpflegung im GB BMVG hatte, wurden weiterhin die Ergebnisse der mikrobiologischen Betriebshygieneuntersuchungen ausgewertet, die im Rahmen der epidemiologischen Ausbruchsauflösung erhoben wurden.

Die Auswertung der Ergebnisse ergab eine höhere Beanstandungsrate im zweiten Betrachtungszeitraum als im Ersten, was auf den ersten Blick einer verbesserten Lebensmittelsicherheit im zweiten Zeitraum widersprechen würde.

Allerdings sollten die mikrobiologischen Betriebshygieneuntersuchungsergebnisse im Kontext mit den Fortschritten der Umgebungsuntersuchungsmethoden, Identifizierung und Beprobung relevanter CCPs sowie strengeren bundeswehrspezifischen Beurteilungsgrenzwerten über den gesamten Betrachtungszeitraum gesehen werden. Weitere Faktoren, die zu diesen Untersuchungsergebnis geführt haben könnten, stellen im Zuge der Umsetzung des aktuellen EU-Lebensmittelhygienerechts und der Etablierung einheitlicher Probenahme-sowie Beurteilungsverfahren von Hygienestatusproben die Einführung von DIN-Normen dar (DIN 10506/A1, DIN 10516:2020-10, DIN 10113-1-3:1997). Ebenso wurden im Zuge der Etablierung neuer Untersuchungsmethoden, Untersuchungsspektren erweitert und mikrobiologische Grenzwerte in Anlehnung an die DIN 10113-1-3:1997 festgelegt, weshalb zum einen zuvor nicht erfasste Mikroorganismen und zum anderen die Überschreitung von erstmalig festgelegten Grenzwerten in der Bundeswehr, zu einem Anstieg der Beanstandungsraten geführt haben könnten. Die definierten Grenzwerte wurden im Verlauf des Betrachtungszeitraum innerhalb der Bundeswehr stets evaluiert und angepasst (Sanitätsamt der Bundeswehr I 4, 1994, BMVg, 2021), sodass im Vergleich zu Untersuchungs- und Beurteilungsverfahren aus dem zivilen Bereich (DIN 10113-1-3:1997) deutlich wird, dass innerhalb der Bundeswehr nicht nur ein größeres Untersuchungsspektrum etabliert wurde, sondern auch strengere Grenzwerte für die Beurteilung mikrobiologischer Umgebungsproben gelten. Diese Faktoren könnten daher über den gesamten Studienzeitraum einen Einfluss auf die höheren Beanstandungsquoten im zweiten Betrachtungszeitraum bei gleichzeitig verbesserter Betriebshygiene, gehabt haben.

Die EU (VO) 2073/2005 legt u.a. die Pflicht von Betriebshygieneuntersuchungen für bestimmte Lebensmittelunternehmer fest. Hierzu zählen die Untersuchung auf *Listeria monocytogenes* und/oder *Enterobacteriaceae* in den Verarbeitungsbereichen und auf Ausrüstungsgegenständen. Weitere rechtlich bindende Bestimmungen zu Untersuchungspflichten, Untersuchungsmethoden sowie entsprechenden Grenzwerten bestehen zu den hier betrachteten Truppenküchen derzeit nicht. Erhebungen mikrobiologischer Umgebungsuntersuchungen im Rahmen der Ausbruchsauflärung entlang der Lebensmittelkette werden vom BfR empfohlen (BfR, 2016). Wie häufig und in welchem Umfang diese bei Ausbruchsauflärungen durchgeführt werden, kann aufgrund der aktuellen Literatur jedoch nicht nachvollzogen werden (EFSA, 2022). Mögliche Gründe für nicht durchgeführte mikrobiologische Umgebungsuntersuchungen könnten die durch den



Lebensmittelunternehmer bereits durchgeführte tägliche Reinigung und Desinfektion der Betriebsräume sein, die die Aussagekraft von Umgebungsproben zur Detektion von verdächtigen Erregern deutlich einschränkt (BfR, 2016). Beurteilungen zu erhobenen mikrobiologischen Umgebungsuntersuchungen im Rahmen von lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen werden zwar durch die BELA-Meldungen für die EU erfasst, jedoch erfolgt keine Auswertung dieser Meldungen im Vergleich zu den Umgebungsuntersuchungsergebnissen gemäß EU (VO) 2073/2005 (EFSA und ECDC, 2022, 2021a, 2021b, 2019, 2018). Aufgrund dessen sind keine Vergleiche der hier ermittelten Daten mit Erhebungen aus dem zivilen Bereich möglich.

Mögliche Ursachen für fehlende vergleichbare Erhebungen aus dem zivilen Bereich könnten neben den fehlenden rechtlichen Verbindlichkeiten auch in den unterschiedlichen Untersuchungsmethoden, -spektren und Grenzwerten liegen. Hierzu zeigen aktuelle Untersuchungen zum Hygienestatus lebensmittelverarbeitender Betriebe, die annähernd vergleichbar zu den hier betrachteten Truppen- und Feldküchen sind, dass ähnliche Untersuchungsmethoden wie in dieser Studie mit Hilfe von Abklatschplatten oder Tupferproben verwendet werden, allerdings Unterschiede zum ermittelten Untersuchungsspektrum (Alves et al., 2021; Duthoo et al., 2020) sowie verwendeten Grenzwerten bestehen (Agüeria et al., 2021). Die Untersuchungsspektren zeigten Übereinstimmungen hinsichtlich der Bestimmung der Parameter „aerobe mesophile Keimzahl“, Hygieneindikatororganismen wie *Enterobacteriaceae* und relevanten pathogenen Bakterien wie z.B. *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus* und *Bacillus cereus* etc. (Alves et al., 2021; Duthoo et al., 2020). Unterschiede in den Beurteilungsgrenzwerten ergaben sich aus den untersuchten Lebensmittelbetrieben wie z.B. Restaurants, Schlachthöfen, Caterern sowie den beprobten Oberflächen wie z.B. Lebensmittelbedarfsgegenstände mit oder ohne direktem Lebensmittelkontakt sowie dem Zeitpunkt der Beprobung (vor und nach Reinigung und Desinfektion) (Agüeria et al., 2021). Dies zeigt, dass uneinheitliche Untersuchungsspektren sowie Beurteilungsgrenzwerte im zivilen Bereich einen direkten Vergleich mit den Ergebnissen dieser Studie limitieren.

Die Auswertung der mikrobiologischen Lebensmitteluntersuchungsergebnisse in Verbindung mit dem nachgewiesenen Erregerspektrum erwies sich zur Klärung der Frage, ob die Einführung einer convenience-orientierten Mischkostküche das Vorkommen lebensmittelbedingter Gruppenerkrankungen beeinflusst, als äußerst geeignet. Hierbei

wurden bestimmte Lebensmittelwarengruppen sowie Lebensmittel-Erregerkombinationen der jeweiligen Betrachtungszeiträume herausgearbeitet.

Die Auswertung der mikrobiologischen Lebensmitteluntersuchungsergebnisse zeigte, dass bestimmte Lebensmittelwarengruppen sowie Lebensmittel-Erregerkombinationen im ersten Betrachtungszeitraum häufiger Auslöser lebensmittelbedingter Gruppenerkrankungen waren als andere im zweiten. Am häufigsten wurden im ersten Betrachtungszeitraum Lebensmittel tierischen Ursprung und Lebensmittel mit Komponenten davon als verdächtige Lebensmittel identifiziert. Hierzu zählen in absteigender Reihenfolge Desserts mit Milch- und Eianteilen (Milchreis, Bayerische Creme etc.), zubereitete Speisen (z.B. Eintöpfe), Fleisch und Fleischerzeugnisse sowie Rohkost (z.B. frisches Obst und Gemüse). Im zweiten Betrachtungszeitraum wurden hingegen an erster Stelle Rohkost und anschließend Suppen und Saucen identifiziert. Die am häufigsten isolierten Erreger waren von 1995-2002 *Bacillus cereus*, *Salmonella* spp. und *Enterobacteriaceae*. Von 2003 -2019 wurden an erster Stelle *Enterobacteriaceae* festgestellt.

Die Verschiebung der als ursächlich verdächtigten Lebensmittelwarengruppe sowie die Reduktion dieser im zweiten Betrachtungszeitraum sollten in Verbindung mit dem nachgewiesenen Erregerspektrum interpretiert werden, da eine Vielzahl von Lebensmittelwarengruppen häufiger mit bestimmten pathogenen Erregern als infektiöse Quelle in Verbindung gebracht wurden. Daher wird im Folgenden vor allem auf die Verschiebung des Erregerspektrums eingegangen.

Hinsichtlich der gesunkenen Nachweisraten von *Bacillus cereus* im zweiten Betrachtungszeitraum sind unmittelbare Einflüsse des aktuellen Lebensmittelhygienerechts als weniger relevant einzustufen, da *Bacillus cereus* lediglich gemäß der EU (VO) 2073/2005 als Prozesshygienekriterium für Säuglingsnahrung erfasst wird und dieses Lebensmittel im GB BMVg nicht beschafft wird sowie keine Untersuchungs- und Meldepflichten für *Bacillus cereus* bestehen. Daher ist eher der Einfluss der Einführung einer convenience-orientierten Mischkostküche und der wie oben beschriebenen Reduktion von Kreuzkontaminationen auf die gesunkene Nachweisraten von *Bacillus cereus* anzunehmen. In Verbindung mit der Umsetzung von HACCP-Konzepten zur Kontrolle der am häufigsten genannten Einflussfaktoren lebensmittelbedingter Erkrankungen in der Gemeinschaftsverpflegung (unzureichende Wärmebehandlung, unzureichende Lagerbedingungen, infiziertes Personal

im Lebensmittelbereich, unzureichende Kühlung) (EFSA und ECDC, 2022, 2021a, 2021b, 2019, 2018), könnte sich die Revision des Lebensmittelhygienerechts indirekt auch auf die Reduktion der *Bacillus cereus* Nachweisraten im GB BMVg ausgewirkt haben. Ein kombinierter Effekt ist daher anzunehmen.

Die oben genannten Faktoren für *Bacillus cereus* könnten auch der Grund für ein noch geringeres Aufkommen von Infektionen durch *Clostridium perfringens* im zweiten Betrachtungszeitraum sein. Obwohl *Clostridium perfringens* wie *Bacillus cereus* durch ihre Fähigkeit zur Sporenbildung ein Dauerstadium annehmen können, könnte die höhere Infektionsdosis ( $10^6$ - $10^8$  KbE/g) sowie die Tatsache, dass ein Auskeimen der Sporen im Darm nach der Aufnahme notwendig ist, der Grund dafür sein, warum weitaus häufiger *Bacillus cereus* als ursächliches Agens identifiziert wurde (Enosi Tuipulotu et al., 2021).

Mögliche Einflussfaktoren der Revision des Lebensmittelhygienerechts auf die Verschiebung des Erregerspektrums wurden bereits im Abschnitt „Diskussion“ der Publikation erläutert. Darüber hinaus könnte die hier ermittelte Reduktion von durch *Salmonella* spp. bedingten lebensmittelassoziierten Ausbrüchen auf die Festsetzung als Prozess- und Lebensmittelkriterium gemäß der EU (VO) 2073/2005 zurückzuführen sein. Hierdurch wird zu Beginn der Lebensmittelkette der Lebensmittelunternehmer in die Pflicht genommen entsprechende Untersuchungen, sowie bei Überschreitung bestimmter Nachweisgrenzen entsprechende Maßnahmen zur Gewährleistung der Lebensmittelsicherheit durchzuführen. Zusätzlich könnten die strengeren bundeswehrspezifischen Lebensmittelvorschriften wie z.B. die Durcherhitzung von Eisperzialitäten im GB BMVg und der fast flächendeckenden Verwendung von pasteurisiertem Vollei zu den gesunkenen Nachweisraten von *Salmonella* spp. beigetragen haben (BMVg, 2017).

Die Erreger der Familie *Enterobacteriaceae*, ausgenommen *Salmonella* spp. und *Escherichia coli*, wurden von den damals zuständigen Sachverständigen als häufigster Auslöser lebensmittelbedingter Erkrankungen im zweiten Beobachtungszeitraum eingestuft, obwohl dieser eher als Hygieneindikator sowie Lebensmittelverderbniserreger einzustufen ist. Diese wurden vor allem in der Kombination mit Rohkost und anderen unbehandelten Lebensmitteln, für den Ausbruch lebensmittelbedingter Gruppenerkrankungen identifiziert. Betrachtet man die Ergebnisse zu den Nachweisraten der *Enterobacteriaceae*, so sollten diese vor dem Hintergrund der gesunkenen Inzidenzen, der Verschiebung der Evidenzen sowie der

gesunkenen Nachweisraten der zuvor als ursächliches Pathogen identifizierten Erreger betrachtet werden. Wie in der Publikation dargestellt sind die absoluten Nachweisraten für *Enterobacteriaceae* annähernd gleich geblieben (1995 – 2002 n = 24, 2003-2019 n = 23), sodass sie in Relation zu den anderen im zweiten Betrachtungszeitraum identifizierten Bakterien als häufigster Erreger nachgewiesen wurde. Dies lässt vermuten, dass die Kombination der Einführung einer convenience-orientierten Mischkostküche und der Revision des Lebensmittelrechts keinen Einfluss auf das Vorkommen dieser Bakterien gehabt hat. Dies erscheint jedoch vor dem Hintergrund der bereits beschriebenen positiven Einflüsse der Einführung einer convenience-orientierten Mischkostküche und der Revision des Lebensmittelrechts auf die Lebensmittelsicherheit auf allen Stufen der Lebensmittelkette als nicht plausibel. Vielmehr sollte in Betracht gezogen werden, dass die Familie der *Enterobacteriaceae* hinsichtlich ihrer Taxonomie im Laufe des Betrachtungszeitraumes erweitert wurde, was eine mögliche Ursache für die ermittelten Nachweisraten sein könnte (Janda & Abbott, 2021). Gleichzeitig wurde das Potential dieser Bakterien als Auslöser lebensmittelbedingter Krankheitsausbrüche nachgewiesen (Aminharati et al., 2019; Janda & Abbott, 2021). Dies lässt vermuten, dass die verbesserte Lebensmittelhygiene zwar zu einer Reduktion der Erreger geführt hat, jedoch die Erweiterung der Taxonomie in Verbindung mit dem nachgewiesenen Pathogenitätspotential der *Enterobacteriaceae* zu annähernd gleichen Nachweisraten in den beiden Betrachtungszeiträumen geführt hat.

*Staphylococcus aureus* wurde im ersten Betrachtungszeitraum (1995-2002) mit 13,0 % (n = 23) und im zweiten Betrachtungszeitraum (2003-2019) mit 15,5 % (n = 9) als vierthäufigstes Agens bei lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen in dieser Studie nachgewiesen. Besonders risikobehaftet waren Lebensmittel der Warengruppen „Zubereitete Speisen“ und „Milchprodukte“. Ähnlich wie bei der Beurteilung der Nachweisraten der *Enterobacteriaceae* sollten die Nachweisraten von *Staphylococcus aureus* betrachtet werden. Dies macht deutlich, dass in absoluten Zahlen diese Bakterien im zweiten Betrachtungszeitraum weniger häufig nachgewiesen wurden als im ersten Betrachtungszeitraum. Mögliche Einflussfaktoren können neben den bereits genannten Faktoren die verbesserte Personalhygiene sein, die aufgrund des natürlichen Vorkommens von *S. aureus* auf der menschlichen Haut und Schleimhäuten, zu einer Kontaminationsreduktion geführt haben könnte, sodass hier der Einfluss des Lebensmittelhygienerechts durch die Umsetzung einer GHP angenommen werden kann. Ebenfalls könnte die Einführung einer convenience-orientierten Mischkostküche einen

positiven Einfluss auf das Vorkommen dieser Bakterien gehabt haben, da manuelle Herstellungsprozesse ausgelagert und somit zu einer Reduktion des Kontaminationsrisikos geführt haben könnten.

Die hier betrachteten Norovirusnachweise wurden aus Oberflächentupferproben sowie humanen Patientenproben erfasst. Die Auswertung der Norovirusnachweise im Zusammenhang mit lebensmittelbedingten Gruppenerkrankungen ergab in keinem Fall ein mit Noroviren kontaminiertes Lebensmittel, weshalb eine eindeutige Beurteilung nicht möglich war. Ein Grund hierfür ist die zum Teil begrenzte Nachweismöglichkeit von Noroviren aus Lebensmitteln. Der Norovirusnachweis aus Lebensmitteln und Oberflächentupferproben erfolgt heutzutage routinemäßig mittels Real-time-RT-PCR (Real-time-Reverse-Transkription-Polymerase-Chain Reaction). Das Nachweisverfahren aus Lebensmitteln ist allerdings bisher nur für einen begrenzten Teil von Lebensmitteln als Standardverfahren etabliert, da Lebensmittel hochkomplexe Matrices darstellen die PCR inhibieren können und gleichzeitig die Viruskonzentration im Lebensmittel extrem gering sein kann. Hieraus resultiert eine zwingend notwendige matrixspezifische Virusextraktion und/oder-anreicherung, um ein Substrat für die nachfolgenden Schritte des Virusnachweises durch RT-PCR sicherzustellen (DIN EN ISO 15216-2:2019-12, 2019). Aufgrund dieses noch labortechnisch limitierten Virusnachweises sind niedrige Nachweisraten bei der Aufklärung von norovirusassoziierten Lebensmittelinfektionen möglich (Miranda & Schaffner, 2019; Terio et al., 2020). Daher kommen bei Gruppenerkrankungen, bei denen ein Norovirusverdacht besteht, vor allem Untersuchungen von Umgebungsproben und Patientenproben, die im Zusammenhang mit dem Ausbruchsgeschehen stehen, eine hohe Bedeutung zu. In der hier betrachteten Gemeinschaftsverpflegung spielt vor allem das erhöhte Ansteckungsrisiko durch den engen Personenkontakt in der Truppenküche in Kombination mit äußerst geringen Infektionsdosen (1 Viruspartikel) eine Rolle (Teunis et al., 2020), da eine Übertragung der Noroviren über Aerosole erfolgen kann (Alsved et al., 2020). Somit besteht bei Verdachtsfällen von durch Noroviren ausgelösten lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen in der Gemeinschaftsverpflegung durchaus die Möglichkeit, dass diese nicht unmittelbar lebensmittelbedingt sind, was sich mit den Untersuchungen von Elviss et al. (2022) deckt. Eine Infektion durch die Aufnahme von durch aerogen (Alsved et al., 2020) oder fäkal-oral (Tsai et al., 2022) mit Noroviren kontaminierten Lebensmitteln, ist daher in diesem Zusammenhang möglich.

Aus den dargelegten Informationen der hier betrachteten relevanten pathogenen Bakterien wird deutlich, dass verschiedene Eintragungswege in die Lebensmittelkette möglich sind, die eine lebensmittelbedingte Gruppenerkrankung verursachen können.

Zusammenfassend kann durch eine vergleichende Betrachtung der Daten der EFSA und der Bundeswehr aufgezeigt werden, dass die schrittweisen Verschärfungen des EU-Lebensmittelhygienerechts sowohl im zivilen als auch im militärischen Bereich zu einer höheren Lebensmittelsicherheit beigetragen haben. Im GB BMVg sind die Unterschiede der nachgewiesenen Erregerspektren im Vergleich zum zivilen Bereich und Verschiebungen dieser innerhalb des Betrachtungszeitraumes, auf die Einführung einer convenience-orientierten Mischkotküche, strengeren lebensmittelsicherheitsrelevanten Vorgaben sowie die demografische Struktur im GB BMVg zurückzuführen.

## 5 Zusammenfassung

Ausbrüche lebensmittelbedingter Krankheiten stellen nicht nur eine große Bedrohung für die Gesundheit der Soldatinnen und Soldaten dar, sondern können auch die Auftragserfüllung gefährden. Aus diesem Grund sind konsequente Ausbruchsuntersuchungen und eine risikobasierte Überwachung auf Grundlage des EU-Lebensmittelhygienerechts eine wesentliche Aufgabe, die von den Überwachungsstellen für öffentlich-rechtliche Aufgaben des Sanitätsdienstes der Bundeswehr in Zusammenarbeit mit den Zentralen Instituten des Sanitätsdienstes der Bundeswehr wahrgenommen werden muss.

In dieser retrospektiven Analyse wurden im Zeitraum von 1995 bis 2019 insgesamt 517 lebensmittelbedingte Krankheitsausbrüche registriert. Bei 466 Verpflegungseinrichtungen und 235 Lebensmitteln bestand dabei der Verdacht einer Beteiligung an diesen Ausbrüchen. Seit 2003 wurden signifikant niedrigere Inzidenzen lebensmittelbedingter Gruppenerkrankungen nachgewiesen. Außerdem wurden signifikant weniger Ausbrüche mit hoher Evidenz verzeichnet. Aufgrund erweiterter Untersuchungsspektren und neu identifizierter Probenahmestellen stieg die Beanstandungsrate betriebshygienischer Umgebungsuntersuchungen, obwohl davon auszugehen ist, dass sich die Betriebs- und Personalhygiene insgesamt verbessert hat. Diese Ergebnisse sind auf einen kombinierten positiven Einfluss der Revision des Lebensmittelhygienerechts sowie der Einführung einer convenience-orientierten Mischkostküche im GB BMVg zurückzuführen.

Darüber hinaus wurde festgestellt, dass Unterschiede der nachgewiesenen Erregerspektren im Vergleich zum zivilen Bereich und Verschiebungen innerhalb des Betrachtungszeitraumes bestehen, die auf die Einführung einer convenience-orientierten Mischkostküche, strengere lebensmittelsicherheitsrelevante Vorgaben im GB BMVg sowie die demografische Struktur im GB BMVg zurückzuführen sind.

Die Ergebnisse dieser Studie machen deutlich, dass die Revision des Lebensmittelhygienerechts und die Einführung einer convenience-orientierten Mischkostküche im GB BMVg zu einer erhöhten Lebensmittelsicherheit geführt haben.

## 6 Summary

Foodborne disease outbreaks not only pose a major threat to the health of military personnel but can also affect mission accomplishment. For this reason, consistent outbreak investigations and risk-based surveillance based on the EU Hygiene Package are essential tasks that must be performed by the surveillance units for public law tasks of the German Military Medical Service in cooperation with the Central Institutes of the German Military Medical Service.

In this retrospective analysis, a total of 517 food-borne outbreaks were recorded from 1995 to 2019. Among these, 466 troop kitchens and 235 foods were suspected being involved in these outbreaks. Since 2003, significantly lower incidences of foodborne group illness have been detected. In addition, significantly less high evidence outbreaks were recorded. Due to expanded investigation spectra and new identified sampling points, the failure rate of facility hygiene environmental investigations increased, although it can be assumed that overall facility and personnel hygiene has improved. These results can be attributed to a combined positive influence of the European food hygiene legislation and the introduction of convenience-based food in the GB BMVg.

Furthermore, it was found that differences in the detected pathogen spectrums compared to the civilian sector and shifts within the period of observation, are due to the introduction of a convenience-based food, stricter food safety related requirements as well as the demographic structure in the GB BMVg.

The results of this study clearly show that the revision of food hygiene law and the introduction of a convenience-based food in the GB BMVg have led to an increased food safety.



## 7 Literaturverzeichnis

- Agüeria, D. A., Libonatti, C., & Civit, D. (2021). Cleaning and disinfection programmes in food establishments: a literature review on verification procedures. *Journal of Applied Microbiology*, *131*(1), 23–35. <https://doi.org/10.1111/jam.14962>
- Aijuka, M., & Buys, E. M. (2019). Persistence of foodborne diarrheagenic *Escherichia coli* in the agricultural and food production environment: Implications for food safety and public health. *Food Microbiology*, *82*, 363–370. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.03.018>
- Al-Nabulsi, A. A., Osaili, T. M., AbuNaser, R. A., Olaimat, A. N., Ayyash, M., Al-Holy, M. A., Kadora, K. M., & Holley, R. A. (2020). Factors affecting the viability of *Staphylococcus aureus* and production of enterotoxin during processing and storage of white-brined cheese. *Journal of Dairy Science*, *103*(8), 6869–6881. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18158>
- Alsved, M., Widell, A., Dahlin, H., Karlson, S., Medstrand, P., & Löndahl, J. (2020). Aerosolization and recovery of viable murine norovirus in an experimental setup. *Scientific Reports*, *10*(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72932-5>
- Alves, A., Viveiros, C., Lopes, J., Nogueira, A., Pires, B., Afonso, A. F., & Teixeira, C. (2021). Microbiological Contamination in Different Food Service Units Associated with Food Handling. *Applied Sciences*, *11*(16), 7241. <https://doi.org/10.3390/app11167241>
- Aminharati, F., Ehrampoush, M. H., Soltan Dallal, M. M., Yaseri, M., Dehghani Tafti, A. A., & Rajabi, Z. (2019). *Citrobacter freundii* Foodborne Disease Outbreaks Related to Environmental Conditions in Yazd Province, Iran. *Iranian journal of public health*, *48*(6), 1099–1105.
- Amore, G., Beloeil, P., Bocca, V., Boelaert, F., Gibin, D., Papanikolaou, A., Rizz, V., & Stoicescu, A. (2021). Zoonoses, antimicrobial resistance and food-borne outbreaks guidance for reporting 2020 data. *EFSA Supporting Publications*, *18*(2). <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2021.EN-6438>
- 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 in Food Science & Technology*, 116, 460–467. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.002>
- Bencardino, D., Amagliani, G., & Brandi, G. (2021). Carriage of *Staphylococcus aureus* among food handlers: An ongoing challenge in public health. *Food Control*, 130, 108362. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108362>
- Buchanan, R. L., Gorris, L. G. M., Hayman, M. M., Jackson, T. C., & Whiting, R. C. (2017). A review of *Listeria monocytogenes*: An update on outbreaks, virulence, dose-response, ecology, and risk assessments. *Food Control*, 75, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.12.016>
- Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Robert Koch – Institut. (2020). Gemeinsamer nationaler Bericht des BVL und RKI zu lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen in Deutschland 2020. [https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Berichte/10\\_BELA\\_lebensmittelbed\\_Krankheitsausbruechen\\_Dtl/Jahresbericht2020.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Berichte/10_BELA_lebensmittelbed_Krankheitsausbruechen_Dtl/Jahresbericht2020.pdf?__blob=publicationFile&v=3). Letzter Zugriff 12.08.2022
- Bundesinstitut für Risikobewertung. (2016). Ausbruchsaufklärung entlang der Lebensmittelkette 2016. <https://www.bfr.bund.de/cm/343/ausbruchsaufklaerung-entlang-der-lebensmittelkette.pdf>. Letzter Zugriff 05.03.2023
- Bundesministerium der Justiz. (2000). Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz-IfSG). <https://www.gesetze-im-internet.de/ifsg/BJNR104510000.html>. Letzter Zugriff 06.02.2023
- Bundesministerium der Justiz. (2013). Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. Juni 2013 (BGBl. I S. 1426), das zuletzt durch Artikel 97 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist, § 38.
- Bundesministerium der Justiz. (2009). "Bundesbeamten-gesetz vom 5. Februar 2009 (BGBl. I S. 160), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 28. Juni 2021 (BGBl. I S. 2250) geändert worden ist.

- Bundesministerium der Verteidigung (2002) Verpflegung der Bundeswehr im Frieden. WV I-Az 10-10-35/48-10-25. 20027.
- Bundesministerium der Verteidigung. (2017). Zentralvorschrift Lebensmittelhygiene A1-840/5-4001 vom 21.02.2017
- Bundesministerium der Verteidigung. (2017a). Zentrale Dienstvorschrift A-840/5 vom 30.06.2017
- Bundesministerium der Verteidigung. (2020). Zentrale Dienstvorschrift A-1900/1, Gemeinschaftsverpflegung und bewirtschaftete Betreuung, 17.03.2020
- Bundesministerium der Verteidigung. (2021). Zentralvorschrift Mikrobiologischer Hygienestatus C1-844/0-4007 vom 06.10.2021
- Bundesministerium der Verteidigung. (2022). Verpflegungsamt der Bundeswehr M 1 KonzVpfl/Betreu vom 26.07.2022
- Bundesinstitut für Risikobewertung. (2016). *Ausbruchsaufklärung entlang der Lebensmittelkette Leitfaden einer am BfR eingerichteten Bund-Länder-Arbeitsgruppe zur Erarbeitung eines Leitfadens zur Ausbruchsaufklärung entlang der Lebensmittelkette.*
- Carey, J., Cole, J., Venkata, S. L. G., Hoyt, H., Mingle, L., Nicholas, D., Musser, K. A., & Wolfgang, W. J. (2021). Determination of Genomic Epidemiology of Historical *Clostridium perfringens* Outbreaks in New York State by Use of Two Web-Based Platforms: National Center for Biotechnology Information Pathogen Detection and FDA GalaxyTrakr. *Journal of Clinical Microbiology*, 59(2).  
<https://doi.org/10.1128/JCM.02200-20>
- Carroll, L. M., Wiedmann, M., & Kovac, J. (2020). Proposal of a Taxonomic Nomenclature for the *Bacillus cereus* Group Which Reconciles Genomic Definitions of Bacterial Species with Clinical and Industrial Phenotypes. *mBio*, 11(1).  
<https://doi.org/10.1128/mBio.00034-20>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2023). *Campylobacter (Campylobacteriosis)*.  
<https://www.cdc.gov/campylobacter/prevention.html>. Letzter Zugriff 06.03.2023
- Centres for Disease Control and Prevention (CDC). (2023, Februar 14). *Staphylococcal (Staph) Food Poisoning*.

- <https://www.cdc.gov/foodsafety/diseases/staphylococcal.html><https://www.cdc.gov/foodsafety/diseases/staphylococcal.html>. Letzter Zugriff 06.03.2023
- Chajęcka-Wierzchowska, W., Gajewska, J., Wiśniewski, P., & Zadernowska, A. (2020). Enterotoxigenic Potential of Coagulase-Negative Staphylococci from Ready-to-Eat Food. *Pathogens*, *9*(9), 734. <https://doi.org/10.3390/pathogens9090734>
- Chanamé Pinedo, L., Mughini-Gras, L., Franz, E., Hald, T., & Pires, S. M. (2022). Sources and trends of human salmonellosis in Europe, 2015–2019: An analysis of outbreak data. *International Journal of Food Microbiology*, *379*, 109850. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109850>
- Chatterjee, A., & Abraham, J. (2018). Microbial Contamination, Prevention, and Early Detection in Food Industry. In *Microbial Contamination and Food Degradation* (S. 21–47). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811515-2.00002-0>
- Chen, Q., & Xie, S. (2019). Genotypes, Enterotoxin Gene Profiles, and Antimicrobial Resistance of *Staphylococcus aureus* Associated with Foodborne Outbreaks in Hangzhou, China. *Toxins*, *11*(6), 307. <https://doi.org/10.3390/toxins11060307>
- Chlebicz, A., & Śliżewska, K. (2018). Campylobacteriosis, Salmonellosis, Yersiniosis, and Listeriosis as Zoonotic Foodborne Diseases: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *15*(5), 863. <https://doi.org/10.3390/ijerph15050863>
- Choi, W., & Kim, S.-S. (2020). Outbreaks, Germination, and Inactivation of *Bacillus cereus* in Food Products: A Review. *Journal of Food Protection*, *83*(9), 1480–1487. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-19-429>
- Ciupescu, L.-M., Auvray, F., Nicorescu, I. M., Meheut, T., Ciupescu, V., Lardeux, A.-L., Tanasuica, R., & Hennekinne, J.-A. (2018). Characterization of *Staphylococcus aureus* strains and evidence for the involvement of non-classical enterotoxin genes in food poisoning outbreaks. *FEMS Microbiology Letters*, *365*(13). <https://doi.org/10.1093/femsle/fny139>

- Darwish, W. S., El-Ghareeb, W. R., Alsayeqh, A. F., & Morshdy, A. E. M. A. (2022). Foodborne intoxications and toxicoinfections in the Middle East. In *Food Safety in the Middle East* (S. 109–141). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822417-5.00001-5>
- Das Verpflegungsamt Der Bundeswehr.  
<https://www.bundeswehr.de/de/organisation/infrastruktur-umweltschutz-und-dienstleistungen/organisation-iud/verpflegungsamt-der-bundeswehr>. Letzter Zugriff 05.03.2023
- DIN 10113-1-3:1997 Bestimmung des Oberflächenkeimgehaltes auf Einrichtungs- und Bedarfsgegenständen im Lebensmittelbereich. <https://dx.doi.org/10.31030/7305464>
- DIN 10506:2023-03 Lebensmittelhygiene-Gemeinschaftsverpflegung.  
<https://dx.doi.org/10.31030/2853738>
- DIN EN ISO 15216-2:2019-12 (2019) Mikrobiologie der Lebensmittelkette-Horizontales Verfahren zur Bestimmung von Hepatitis-A-Virus und Norovirus in Lebensmitteln mittels Real-time-RT-PCR-Teil 2: Nachweisverfahren.  
<https://dx.doi.org/10.31030/3061337>
- DIN 10516:2020-10 (2020) Lebensmittelhygiene-Reinigung und Desinfektion.  
<https://dx.doi.org/10.31030/3164991>
- Dolan, G. P., Foster, K., Lawler, J., Amar, C., Swift, C., Aird, H., & Gorton, R. (2016). An epidemiological review of gastrointestinal outbreaks associated with *Clostridium perfringens*, North East of England, 2012–2014. *Epidemiology and Infection*, *144*(7), 1386–1393. <https://doi.org/10.1017/S0950268815002824>
- Dücker, C., Dautel, P., Wagner, K., Przewozna, J., Oehlerking, S., Repenthin, J., Brüning, R., Meyer, T., & Faiss, S. (2011). Klinische Symptomatik, Therapie und Verlauf stationär behandelter EHEC/EHEC-HUS Patienten. *DMW-Deutsche Medizinische Wochenschrift*, *136*(36), 1770–1776. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1286099>
- Duthoo, E., Krings, S., Daube, G., Leroy, F., Taminiau, B., Heyndrickx, M., & de Reu, K. (2020). Monitoring of Hygiene in Institutional Kitchens in Belgium. *Journal of Food Protection*, *83*(2), 305–314. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-19-202>

- Ehling-Schulz, M., Lereclus, D., & Koehler, T. M. (2019). The *Bacillus cereus* Group: *Bacillus* Species with Pathogenic Potential. *Microbiology Spectrum*, 7(3).  
<https://doi.org/10.1128/microbiolspec.GPP3-0032-2018>
- Ehuwa, O., Jaiswal, A. K., & Jaiswal, S. (2021). *Salmonella*, Food Safety and Food Handling Practices. *Foods*, 10(5), 907. <https://doi.org/10.3390/foods10050907>
- El Kadri, H., Alaizoki, A., Celen, T., Smith, M., & Onyeaka, H. (2020). The effect of low-temperature long-time (LTLT) cooking on survival of potentially pathogenic *Clostridium perfringens* in beef. *International Journal of Food Microbiology*, 320, 108540.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108540>
- Elviss, N. C., Allen, D. J., Kelly, D., Akello, J. O., Hau, S., Fox, A. J., Hopkins, M., Derrick, J., O'Brien, S., & Iturriza-Gomara, M. (2022). Norovirus attribution study: Detection of norovirus from the commercial food preparation environment in outbreak and non-outbreak premises. *Journal of Applied Microbiology*, 133(6), 3391–3403.  
<https://doi.org/10.1111/jam.15761>
- Eng, S.-K., Pusparajah, P., Ab Mutalib, N.-S., Ser, H.-L., Chan, K.-G., & Lee, L.-H. (2015). *Salmonella* : A review on pathogenesis, epidemiology and antibiotic resistance. *Frontiers in Life Science*, 8(3), 284–293.  
<https://doi.org/10.1080/21553769.2015.1051243>
- Enosi Tuipulotu, D., Mathur, A., Ngo, C., & Man, S. M. (2021). *Bacillus cereus*: Epidemiology, Virulence Factors, and Host–Pathogen Interactions. *Trends in Microbiology*, 29(5), 458–471. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2020.09.003>
- Europäische Kommission (2002) Verordnung (EU) 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.
- Europäische Kommission (2004) Verordnung (EU) Nr. 852/2004 VERORDNUNG (EU) Nr. 852/2004 über Lebensmittelhygiene. Zuletzt geändert durch Verordnung (EU) Nr. 219/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. März 2009

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

Europäische Kommission (2013) Verordnung (EU) Nr. 209/2013 der Kommission vom 11. März 2013 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 2073/2005 über mikrobiologische Kriterien für Lebensmittel.

Europäische Kommission (2015) Verordnung (EU) 2015/1375 DER KOMMISSION vom 10. August 2015 mit spezifischen Vorschriften für die amtlichen Fleischuntersuchungen auf Trichinen

Europäische Kommission (2017) Verordnung (EU) 2017/625 der Kommission vom 15. März 2015 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, zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 999/2001, (EG) Nr. 396/2005, (EG) Nr. 1069/2009, (EG) Nr. 1107/2009, (EU) Nr. 1151/2012, (EU) Nr. 652/2014, (EU) 2016/429 und (EU) 2016/2031 des Europäischen Parlaments und des Rates, der Verordnungen (EG) Nr. 1/2005 und (EG) Nr. 1099/2009 des Rates sowie der Richtlinien 98/58/EG, 1999/74/EG, 2007/43/EG, 2008/119/EG und 2008/120/EG des Rates und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 854/2004 und (EG) Nr. 882/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates, der Richtlinien 89/608/EWG, 89/662/EWG, 90/425/EWG, 91/496/EEG, 96/23/EG, 96/93/EG und 97/78/EG des Rates und des Beschlusses 92/438/EWG des Rates (Verordnung über amtliche Kontrollen)

Europäische Kommission (2019) Verordnung (EU) 2019/624 der Kommission vom 8. Februar 2019 mit besonderen Bestimmungen für die Durchführung amtlicher Kontrollen der Fleischerzeugung sowie von Erzeugungs- und Umsetzgebieten für lebende Muscheln gemäß der Verordnung (EU) 2017/625 des Europäischen Parlaments und des Rates

Europäische Kommission (2019) Verordnung (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 gemäß der Verordnung (EU) 2017/625 des Europäischen

Parlaments und des Rates und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 2074/2005 der Kommission in Bezug auf amtliche Kontrollen

European Food Safety Authority (EFSA) & European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2017. *EFSA Journal* 2018;16(12):5500. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5500>

European Food Safety Authority (EFSA) & European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). The European Union One Health 2018 Zoonoses Report. *EFSA Journal* 2019;17(12):5926. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5926>

European Food Safety Authority (EFSA) & European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). The European Union One Health 2019 Zoonoses Report. (2021a). *EFSA Journal*, 2021;19(2):6406. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6406>

European Food Safety Authority (EFSA) & European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). The European Union One Health 2020 Zoonoses Report. (2021b). *EFSA Journal*, 19(12). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6971>

European Food Safety Authority (EFSA) & European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). The European Union One Health 2021 Zoonoses Report. (2022). *EFSA Journal*, 20(12). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7666>

European Food Safety Authority (EFSA) & European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2014. (2015). *EFSA Journal*, 13(12). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4329>

European Food Safety Authority (EFSA). (2022). *User Guide – Dashboard on foodborne outbreaks*.

European Food Safety Authority (EFSA). (o. D.), Foodborne outbreaks-Dashboard. <https://www.efsa.europa.eu/en/microstrategy/FBO-dashboard>. Letzter Zugriff: 05.03.2023

Feeney, C. C., Ajagbe, O. A., & Suryadevara, M. (2021). *Yersinia enterocolitica* Infection Presenting as Incomplete Kawasaki Disease: 2 Cases and a Review of the Literature.



- Journal of the Pediatric Infectious Diseases Society*, 10(2), 217–219.  
<https://doi.org/10.1093/jpids/piaa016>
- Ferrari, R. G., Rosario, D. K. A., Cunha-Neto, A., Mano, S. B., Figueiredo, E. E. S., & Conte-Junior, C. A. (2019). Worldwide Epidemiology of *Salmonella* Serovars in Animal-Based Foods: a Meta-analysis. *Applied and Environmental Microbiology*, 85(14).  
<https://doi.org/10.1128/AEM.00591-19>
- Freedman, J. C., Shrestha, A., & McClane, B. A. (2016). *Clostridium perfringens* Enterotoxin: Action, Genetics, and Translational Applications. *Toxins*, 8(3).  
<https://doi.org/10.3390/toxins8030073>
- Furukawa, I., Suzuki, M., Masaoka, T., Nakajima, N., Mitani, E., Tasaka, M., Teranishi, H., Matsumoto, Y., Koizumi, M., Ogawa, A., Oota, Y., Homma, S., Sasaki, K., Satoh, H., Sato, K., Muto, S., Anan, Y., & Kuroki, T. (2018). Outbreak of Enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 Infection Associated with Minced Meat Cutlets Consumption in Kanagawa, Japan. *Japanese Journal of Infectious Diseases*, 71(6), 436–441.  
<https://doi.org/10.7883/yoken.JJID.2017.495>
- García, S., Vidal, J. E., Heredia, N., & Juneja, V. K. (2019). *Clostridium perfringens*. In *Food Microbiology* (S. 513–540). ASM Press. <https://doi.org/10.1128/9781555819972.ch19>
- Gormley, F. J., Little, C. L., Rawal, N., Gillespie, I. A., Lebaigue, S., & Adak, G. K. (2011). A 17-year review of foodborne outbreaks: describing the continuing decline in England and Wales (1992–2008). *Epidemiology and Infection*, 139(5), 688–699.  
<https://doi.org/10.1017/S0950268810001858>
- Grass, J. E., Gould, L. H., & Mahon, B. E. (2013). Epidemiology of Foodborne Disease Outbreaks caused by *Clostridium perfringens*, United States, 1998–2010. *Foodborne Pathogens and Disease*, 10(2), 131–136. <https://doi.org/10.1089/fpd.2012.1316>
- Greene, C., Deschamps, B., & Bustillos, B. (2020). The Prevalence and Associated Characteristics of Food Insecurity Among U.S. Army Soldiers. *Current Developments in Nutrition*, 4, 4140195. [https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa043\\_046](https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa043_046)
- Grispoldi, L., Karama, M., Armani, A., Hadjicharalambous, C., & Cenci-Goga, B. T. (2021). *Staphylococcus aureus* enterotoxin in food of animal origin and staphylococcal food

- poisoning risk assessment from farm to table. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 677–690. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1871428>
- Hany M. Yehia, Elsayed A. Ismail, Zeinab K. Hassan, Abdulrahman H. Al-masoud, Mosffer M. Al-Dagal; Heat resistance and presence of genes encoding staphylococcal enterotoxins evaluated by multiplex-PCR of *Staphylococcus aureus* isolated from pasteurized camel milk. *Biosci Rep* 29 November 2019; 39 (11): BSR20191225.  
doi: <https://doi.org/10.1042/BSR20191225>
- Hardstaff, J. L., Clough, H. E., Lutje, V., McIntyre, K. M., Harris, J. P., Garner, P., & O'Brien, S. J. (2018). Foodborne and Food-Handler Norovirus Outbreaks: A Systematic Review. *Foodborne pathogens and disease*, 15(10), 589–597.  
<https://doi.org/10.1089/fpd.2018.2452>
- Hoover, E. R., Hedeem, N., Freeland, A., Kambhampati, A., Dewey-Mattia, D., Scott, K.-W., Hall, A., & Brown, L. (2020). Restaurant policies and practices related to norovirus outbreak size and duration. *Journal of food protection*, 83(9), 1607–1618.  
<https://doi.org/10.4315/JFP-20-102>
- Hu, D.-L., Ono, H. K., Isayama, S., Okada, R., Okamura, M., Lei, L. C., Liu, Z. S., Zhang, X.-C., Liu, M. Y., Cui, J. C., & Nakane, A. (2017). Biological characteristics of staphylococcal enterotoxin Q and its potential risk for food poisoning. *Journal of Applied Microbiology*, 122(6), 1672–1679. <https://doi.org/10.1111/jam.13462>
- Hugas, P. A. B. (2014). *Controlling Salmonella along the food chain in the European Union-progress over the last ten years*. Eurosurveillance Europe's journal on infectious disease surveillance, epidemiology, prevention and control. doi: 10.2807/1560-7917.es2014.19.19.20804
- Iulietto, M. F., & Evers, E. G. (2020). Modelling and magnitude estimation of cross-contamination in the kitchen for quantitative microbiological risk assessment (QMRA). *EFSA Journal*, 18. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.e181106>
- Jaakkola, K., Virtanen, K., Lahti, P., Keto-Timonen, R., Lindström, M., & Korkeala, H. (2021). Comparative genome analysis and spore heat resistance assay reveal a new component to population structure and genome epidemiology within *Clostridium perfringens*

- enterotoxin-carrying isolates. *Frontiers in Microbiology*, 12.  
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.717176>
- Jackson, P., & Meah, A. (2018). Re-assessing vulnerability to foodborne illness: pathways and practices. *Critical Public Health*, 28(1), 81–93.  
<https://doi.org/10.1080/09581596.2017.1285008>
- Jajere, S. M. (2019). A review of *Salmonella enterica* with particular focus on the pathogenicity and virulence factors, host specificity and antimicrobial resistance including multidrug resistance. *Veterinary World*, 12(4), 504–521.  
<https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.504-521>
- Janda, J. M., & Abbott, S. L. (2021). The Changing Face of the Family *Enterobacteriaceae* (Order: “*Enterobacterales* ”): New Members, Taxonomic Issues, Geographic Expansion, and New Diseases and Disease Syndromes. *Clinical Microbiology Reviews*, 34(2).  
<https://doi.org/10.1128/CMR.00174-20>
- Jessberger, N., Dietrich, R., Granum, P. E., & Märklbauer, E. (2020). The *Bacillus cereus* Food Infection as Multifactorial Process. *Toxins*, 12(11), 701.  
<https://doi.org/10.3390/toxins12110701>
- Krämer, J., & Prange, A. (2017). *Lebensmittelmikrobiologie* (Bd. 7). Stuttgart: UTB.
- Kearney, A., Kinnevey, P., Shore, A., Earls, M., Poovelikunnel, T. T., Brennan, G., Humphreys, H., & Coleman, D. C. (2020). The oral cavity revealed as a significant reservoir of *Staphylococcus aureus* in an acute hospital by extensive patient, healthcare worker and environmental sampling. *Journal of Hospital Infection*, 105(3), 389–396.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.03.004>
- Khalid, M., & Andreoli, S. (2019). Extrarenal manifestations of the hemolytic uremic syndrome associated with Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC HUS). *Pediatric Nephrology*, 34(12), 2495–2507. <https://doi.org/10.1007/s00467-018-4105-1>
- Khan, I., Tango, C. N., Miskeen, S., Lee, B. H., & Oh, D.-H. (2017). Hurdle technology: A novel approach for enhanced food quality and safety – A review. *Food Control*, 73, 1426–1444. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.11.010>

- Kiehl, W. (2015) Infektionsschutz und Infektionsepidemiologie Fachwörter-Definitionen- Interpretationen. Robert Koch-Institut. doi: 10.25646/96
- Kienesberger, S., & Perez-Perez, G. I. (2021). *Campylobacter*. In *Foodborne Infections and Intoxications* (S. 165–186). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819519-2.00013-X>
- Kim, J.-S., Lee, M.-S., & Kim, J. H. (2020). Recent updates on outbreaks of shiga toxin-producing *Escherichia coli* and its potential reservoirs. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.00273>
- Kiu, R., Caim, S., Painset, A., Pickard, D., Swift, C., Dougan, G., Mather, A. E., Amar, C., & Hall, L. J. (2019). Phylogenomic analysis of gastroenteritis-associated *Clostridium perfringens* in England and Wales over a 7-year period indicates distribution of clonal toxigenic strains in multiple outbreaks and extensive involvement of enterotoxin-encoding (CPE) plasmids. *Microbial Genomics*, 5(10). <https://doi.org/10.1099/mgen.0.000297>
- Klatt, S. (2018) Einsatzverpflegung gestern-heute-morgen: Geschichte, Gegenwart und Zukunft der Feldverpflegung und des Feldküchenbetriebs. Wehrmedizinische Monatsschrift, 103. <https://wehrmed.de/fuehrung-organisation/einsatzverpflegung-gestern-heute-morgen-geschichte-gegenwart-zukunft-der-feldverpflegung-des-feldkuechenbetriebs.html>. Letzter Zugriff: 28.02.2023
- Kreling, V., Falcone, F. H., Kehrenberg, C., & Hensel, A. (2020). *Campylobacter* sp.: Pathogenicity factors and prevention methods—new molecular targets for innovative antivirulence drugs? *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104(24), 10409–10436. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10974-5>
- Leinonen, E., Kaskela, J., Keto-Timonen, R., & Lundén, J. (2022). Results of routine inspections in restaurants and institutional catering establishments associated with foodborne outbreaks in Finland. *International Journal of Environmental Health Research*, 1–12. <https://doi.org/10.1080/09603123.2022.2041563>
- Machado, V., Pardo, L., Cuello, D., Giudice, G., Luna, P. C., Varela, G., Camou, T., & Schelotto, F. (2020). Presence of genes encoding enterotoxins in *Staphylococcus aureus* isolates recovered from food, food establishment surfaces and cases of foodborne diseases.

- Revista do Instituto de Medicina Tropical de Sao Paulo*, 62, e5.  
<https://doi.org/10.1590/S1678-9946202062005>
- Manning, L. (2015). Categorizing Food Related Illness: Have We Got It Right? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 00–00. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1038776>
- Marsh, Z., Shah, M. P., Wikswow, M. E., Barclay, L., Kisselburgh, H., Kambhampati, A., Cannon, J. L., Parashar, U. D., Vinjé, J., & Hall, A. J. (2018). Epidemiology of Foodborne Norovirus Outbreaks – United States, 2009–2015. *Food Safety*, 6(2), 58–66.  
<https://doi.org/10.14252/foodsafetyfscj.2017028>
- Marxen, S., Stark, T.D., Frenzel, E. *et al.* Chemodiversity of cereulide, the emetic toxin of *Bacillus cereus*. *Anal Bioanal Chem* 407, 2439–2453 (2015).  
<https://doi.org/10.1007/s00216-015-8511-y>
- Mehdizadeh Gohari, I., A. Navarro, M., Li, J., Shrestha, A., Uzal, F., & A. McClane, B. (2021). Pathogenicity and virulence of *Clostridium perfringens*. *Virulence*, 12(1), 723–753.  
<https://doi.org/10.1080/21505594.2021.1886777>
- Metz, M., Sheehan, J., & Feng, P. C. H. (2020). Use of indicator bacteria for monitoring sanitary quality of raw milk cheeses – A literature review. *Food Microbiology*, 85, 103283. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103283>
- Miranda, R. C., & Schaffner, D. W. (2019). Virus risk in the food supply chain. *Current Opinion in Food Science*, 30, 43–48. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.12.002>
- Misra, N. N., Koubaa, M., Roohinejad, S., Juliano, P., Alpas, H., Inácio, R. S., Saraiva, J. A., & Barba, F. J. (2017). Landmarks in the historical development of twenty first century food processing technologies. *Food Research International*, 97, 318–339.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.001>
- Motlagh, A. M., & Yang, Z. (2019). Detection and occurrence of indicator organisms and pathogens. *Water environment research : a research publication of the Water Environment Federation*, 91(10), 1402–1408. <https://doi.org/10.1002/wer.1238>
- Odeyemi, O. A., Alegbeleye, O. O., Strateva, M., & Stratev, D. (2020). Understanding spoilage microbial community and spoilage mechanisms in foods of animal origin.

- Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(2), 311–331.  
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12526>
- Olaimat, A. N., Osaili, T. M., Al-Holy, M. A., Al-Nabulsi, A. A., Obaid, R. S., Alaboudi, A. R., Ayyash, M., & Holley, R. (2020). Microbial safety of oily, low water activity food products: A review. *Food Microbiology*, 92, 103571.  
<https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103571>
- Pakbin, B., Brück, W. M., & Rossen, J. W. A. (2021). Virulence Factors of Enteric Pathogenic *Escherichia coli*: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(18), 9922.  
<https://doi.org/10.3390/ijms22189922>
- Parra, G. I., Squires, R. B., Karangwa, C. K., Johnson, J. A., Lepore, C. J., Sosnovtsev, S. v., & Green, K. Y. (2017). Static and Evolving Norovirus Genotypes: Implications for Epidemiology and Immunity. *PLOS Pathogens*, 13(1), e1006136.  
<https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1006136>
- Petsios, S., Fredriksson-Ahomaa, M., Sakkas, H., & Papadopoulou, C. (2016). Conventional and molecular methods used in the detection and subtyping of *Yersinia enterocolitica* in food. *International Journal of Food Microbiology*, 237, 55–72.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.08.015>
- Pettoello-Mantovani, C., & Olivieri, B. (2022). Food safety and public health within the frame of the EU legislation. *Global Pediatrics*, 2, 100020.  
<https://doi.org/10.1016/j.gpeds.2022.100020>
- Pinton, S. C., Bardsley, C. A., Marik, C. M., Boyer, R. R., & Strawn, L. K. (2020). Fate of *Listeria monocytogenes* on Broccoli and Cauliflower at Different Storage Temperatures. *Journal of Food Protection*, 83(5), 858–864. <https://doi.org/10.4315/JFP-19-490>
- Possas, A., & Pérez-Rodríguez, F. (2023). New insights into cross-contamination of fresh-produce. *Current Opinion in Food Science*, 49, 100954.  
<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100954>
- Rani, A., Ravindran, V. B., Surapaneni, A., Mantri, N., & Ball, A. S. (2021). Review: Trends in point-of-care diagnosis for *Escherichia coli* O157:H7 in food and water. *International*

- Journal of Food Microbiology*, 349, 109233.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109233>
- Reiche, D. T. (2014) Lebensmittelhygienische Fachbegriffe für die Großküche. Hamburg: Behr's Verlag. ISBN: 978-3-95468-150-1
- Report from the Task Force on Zoonoses Data Collection on harmonising the reporting of food-borne outbreaks through the Community reporting system in accordance with Directive 2003/99/EC. (2007). *EFSA Journal*, 5(11), 123r.  
<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2007.123r>
- Ricci, A., Martelli, F., Razzano, R., Cassi, D., Lazzi, C., Neviani, E., & Bernini, V. (2020). Service temperature preservation approach for food safety: Microbiological evaluation of ready meals. *Food Control*, 115, 107297. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107297>
- Rood, J. I., Adams, V., Lacey, J., Lyras, D., McClane, B. A., Melville, S. B., Moore, R. J., Popoff, M. R., Sarker, M. R., Songer, J. G., Uzal, F. A., & van Immerseel, F. (2018). Expansion of the *Clostridium perfringens* toxin-based typing scheme. *Anaerobe*, 53, 5–10.  
<https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2018.04.011>
- Rouzeau-Szynalski, K., Stollewerk, K., Messelhäusser, U., & Ehling-Schulz, M. (2020). Why be serious about emetic *Bacillus cereus*: Cereulide production and industrial challenges. *Food Microbiology*, 85, 103279. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103279>
- Salgado-Pabón, W., & Tran, P. M. (2021). Staphylococcal food poisoning. In *Foodborne Infections and Intoxications* (S. 417–430). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819519-2.00025-6>
- SanABw VII. (2006) Fachliche Weisung zur Erstellung des Abschlussgutachtens bei Verdacht auf lebensmittelbedingte Gruppenerkrankung; Az 42-28-25/40.
- Sarowska, J., Futoma-Koloch, B., Jama-Kmiecik, A., Frej-Madrzak, M., Ksiazczyk, M., Bugla-Ploskonska, G., & Choroszy-Krol, I. (2019). Virulence factors, prevalence and potential transmission of extraintestinal pathogenic *Escherichia coli* isolated from different sources: recent reports. *Gut Pathogens*, 11(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s13099-019-0290-0>

- Schlech, W. F. (2019). Epidemiology and Clinical Manifestations of *Listeria monocytogenes* Infection. *Microbiology Spectrum*, 7(3). <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.GPP3-0014-2018>
- Shen, A., Edwards, A. N., Sarker, M. R., & Paredes-Sabja, D. (2019). Sporulation and germination in clostridial pathogens. *Microbiology spectrum*, 7(6). <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.GPP3-0017-2018>
- Sher, A. A., Ashraf, M. A., Mustafa, B. E., & Raza, M. M. (2021). Epidemiological trends of foodborne *Campylobacter* outbreaks in the United States of America, 1998–2016. *Food Microbiology*, 97, 103751. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103751>
- Stessl, B., Ruppitsch, W., & Wagner, M. (2022). *Listeria monocytogenes* post-outbreak management-When could a food production be considered under control again? *International Journal of Food Microbiology*, 379, 109844. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109844>
- Streinz, R. & Kraus, M. (2022) Lebensmittelrechts-Handbuch Werkstand: 44. München: C.H. Beck. ISBN 978-3-406-41833-4
- Strommenger, B., Layer, F., & Werner, G. (2018). *Staphylococcus aureus* and Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* in Workers in the Food Industry. In *Staphylococcus aureus* (S. 163–188). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809671-0.00009-7>
- Tan, M. (2021). Norovirus Vaccines: Current Clinical Development and Challenges. *Pathogens*, 10(12), 1641. <https://doi.org/10.3390/pathogens10121641>
- Terio, V., Lorusso, P., Mottola, A., Buonavoglia, C., Tantillo, G., Bonerba, E., & di Pinto, A. (2020). Norovirus Detection in Ready-To-Eat Salads by Propidium Monoazide Real Time RT-PCR Assay. *Applied Sciences*, 10(15), 5176. <https://doi.org/10.3390/app10155176>
- Teunis, P. F. M. (2022). Dose response for *Salmonella* Typhimurium and Enteritidis and other nontyphoid enteric salmonellae. *Epidemics*, 41, 100653. <https://doi.org/10.1016/j.epidem.2022.100653>
- Teunis, P. F. M., le Guyader, F. S., Liu, P., Ollivier, J., & Moe, C. L. (2020). Noroviruses are highly infectious but there is strong variation in host susceptibility and virus pathogenicity. *Epidemics*, 32, 100401. <https://doi.org/10.1016/j.epidem.2020.100401>



- Tharrey, M., Drogué, S., Privet, L., Perignon, M., Dubois, C., & Darmon, N. (2020). Industrially processed v. home-prepared dishes: what economic benefit for the consumer? *Public Health Nutrition*, 23(11), 1982–1990. <https://doi.org/10.1017/S1368980019005081>
- Travert, B., Rafat, C., Mariani, P., Cointe, A., Dossier, A., Coppo, P., & Joseph, A. (2021). Shiga Toxin-Associated Hemolytic Uremic Syndrome: Specificities of Adult Patients and Implications for Critical Care Management. *Toxins*, 13(5), 306. <https://doi.org/10.3390/toxins13050306>
- Tsai, H., Yune, P., & Rao, M. (2022). Norovirus disease among older adults. *Therapeutic Advances in Infectious Disease*, 9, 204993612211367. <https://doi.org/10.1177/20499361221136760>
- Van der Meulen, B. (2013). The Structure of European Food Law. *Laws*, 2(2), 69–98. <https://doi.org/10.3390/laws2020069>
- Vertrag zur Gründung der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft (1957) <https://www.gesetze-im-internet.de/ewgvttr/BJNR207660957.html>. Letzter Zugriff 14.08.2022
- Wang, M., Qazi, I. H., Wang, L., Zhou, G., & Han, H. (2020). *Salmonella* Virulence and Immune Escape. *Microorganisms*, 8(3), 407. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8030407>
- Wang, Y., Hao, L., Pan, L., Xue, C., Liu, Q., Zhao, X., & Zhu, W. (2018). Age, primary symptoms, and genotype characteristics of norovirus outbreaks in Shanghai schools in 2017. *Scientific reports*, 8(1), 15238. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33724-0>
- Zdolec, N., Kiš, M., Jankuloski, D., Blagoevska, K., Kazazić, S., Pavlak, M., Blagojević, B., Antić, D., Fredriksson-Ahomaa, M., & Pažin, V. (2022). Prevalence and Persistence of Multidrug-Resistant *Yersinia enterocolitica* 4/O:3 in Tonsils of Slaughter Pigs from Different Housing Systems in Croatia. *Foods*, 11(10), 1459. <https://doi.org/10.3390/foods11101459>
- Zipfel, W. & Rathke, K. D. (2019) Zipfel / Rathke Lebensmittelrecht. München: C.H. Beck. ISBN 978 3 406 58 765 8

## 8 Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1** Meldewege bei lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen. 13
- Abbildung 2** Verteilung der mit hoher Evidenz auftretenden lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüche nach Expositionsort (Umgebung) und Erreger in den meldenden EU-Mitgliedstaaten, 2020 (EFSA und ECDC, 2021) 15
- Abbildung 3** Meldewege bei lebensmittelbedingten Gruppenerkrankungen in der Bundeswehr (angelehnt an Zentralvorschrift A1-840/5-4001 Lebensmittelhygiene) 34

## 9 Tabellen

<b>Tabelle 1</b> <i>Bacillus cereus</i>	17
<b>Tabelle 2</b> <i>Escherichia coli</i> (STEC/VTEC)	19-20
<b>Tabelle 3</b> <i>Salmonella enterica</i> ssp. <i>enterica</i>	21
<b>Tabelle 4</b> <i>Staphylococcus aureus</i>	23
<b>Tabelle 5</b> <i>Clostridium perfringens</i>	25
<b>Tabelle 6</b> Weitere Erreger lebensmittelbedingter Erkrankungen	26-29

## 10 Danksagung

Besonderen Dank gilt meiner Doktormutter Frau Univ.-Prof. Dr. Claudia Guldemann mir die Möglichkeit einer externen Dissertation und die uneingeschränkte Unterstützung während der Promotion gegeben zu haben. Obwohl ich mich zum Zeitpunkt der Bewerbung im Auslandseinsatz befand und auch später die räumliche Nähe im Inland nicht immer gegeben war, hat sie mich während aller Phasen dieser Arbeit intensivst unterstützt, motiviert und begleitet. Eine bessere Doktormutter hätte ich mir nicht vorstellen können.

Ganz besonders möchte ich Herrn Dr. Samart Dorn-In danken, da er mir während der gesamten Arbeit jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand; meine Arbeiten Version über Version zügig korrigiert und scharfsinnig verfeinert hat. Trotz unvorhersehbarer Umstände hat er mich vor allem auch durch seine menschliche und verständnisvolle Art immer wieder aufgefangen. Danke!

Des Weiteren gebührt mein herzlichster Dank Frau Oberfeldveterinär Dr. Julia Fröhlich. Du warst eine unermüdliche Beraterin, die mir von Beginn an stets konstruktiv und kameradschaftlich zur Seite stand. Unsere fachlichen Gespräche und sprachlichen Ausfeilungen haben mich immer weiter nach vorne gebracht. Du warst und bist mir in vielerlei Hinsicht ein großes Vorbild.

Meinem Kameraden Herrn Oberstabsapotheker Dr. Johannes Ridder kann ich nicht oft genug danken. Denn du hast mich seit meiner Idee dieser Promotion in der Quarantänezeit bis zur Druckphase stets begleitet.

Christoph Chmielarz danke ich ganz besonders für seine regelmäßige und fürsorgliche Erfolgskontrolle aus der Ferne, die mich immer ermuntert hat am Ball zu bleiben.

Meinen Schul- und Studienfreunden danke ich ebenfalls für euren immerwährenden Beistand.

Tiefste Dankbarkeit gebührt meiner gesamten Familie. Ihr habt mich zu dem Menschen gemacht, der ich heute bin und habt mir gezeigt was es heißt Mut zu beweisen, für sich einzustehen und für seine Ziele zu kämpfen.