



GIS-gestützte Analyse der raumzeitlichen Auswirkungen von Restriktionen durch die COVID-19-Pandemie auf die Wertschöpfungskette der Geflügelfleischproduktion

Prozesshygienekriterium für *Campylobacter* spp.: Beziehung zwischen der *Campylobacter*-Prävalenz bei Masthähnchen und humanen Krankheitsfällen in Nordwestdeutschland zwischen 2018 und 2021 unter Berücksichtigung des Verzehrs von frischem Hähnchenfleisch und der besonderen Situation der COVID-19-Pandemie

ABSCHLUSSBERICHT

TA Tobias Nolte, Dipl.-Umweltwiss. Anne-Katrin Jacobs,
Prof. Dr. Christian Visscher und Prof. Dr. Nicole Kemper

WING – Wissenschaft und Innovation für Nachhaltige Geflügelwirtschaft

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover



INHALTSVERZEICHNIS

1. Hintergrund und Zielsetzung	3
2. Zeitplan und Ablauf	4
3. Durchführung und Ergebnisse	5
3.1 Prozesshygienekriterium für <i>Campylobacter</i> spp.: Kontaminationsgrad auf Masthähnchen-Schlachtkörpern	5
3.1.1 PHC für <i>Campylobacter</i> spp. in den Jahren von 2018 bis 2021	5
3.1.2 PHC für <i>Campylobacter</i> spp. pro Zeitraum von 2018 bis 2021	6
3.2 Zusammenhang zwischen dem <i>Campylobacter</i> -Kontaminationsgrad auf Masthähnchen-Schlachtkörpern und humanen Krankheitsfällen	8
3.2.1 Korrelationsanalyse zwischen hoch kontaminierten Halshautproben (>1.000 KBE/g) und humanen Krankheitsfällen in Nordwestdeutschland (NRW & NI)	8
3.2.2 Beziehung zwischen <i>Campylobacter</i> -Kontaminationsgrad auf Halshautproben (KBE/g) und humanen Krankheitsfällen in Niedersachsen	8
3.3 Fachgruppenspezifische Behandlungsfälle in Niedersachsen	10
3.4 Privater Konsum von frischem Hähnchenfleisch in Niedersachsen	11
3.4.1 Privater Konsum von frischem Hähnchenfleisch pro Jahr	11
3.4.2 Privater Konsum von frischem Hähnchenfleisch nach Zeiträumen	12
4. Diskussion der Ergebnisse und Nutzen	13
5. Zusammenfassung	15
6. Literatur	16
7. Veröffentlichungen	18
7.1 Veröffentlichte und eingereichte Fachpublikationen	18
7.2 Fachbeiträge auf Fachkonferenzen	18
Anhang A	19

1. Hintergrund und Zielsetzung

Die *Campylobacter*-Enteritis beim Menschen war mit mehr als 67.000 gemeldeten Krankheitsfällen im Jahr 2018 die häufigste lebensmittelbedingte Durchfallerkrankung in Deutschland [RKI, 2019]. Mit mehr als 246.000 Fällen gehört sie auch in der gesamten Europäischen Union (EU) zu eine der am meisten an das Europäische Zentrum für die Prävention und die Kontrolle von Krankheiten (ECDC) gemeldeten bakteriellen Erkrankungen [EFSA, 2019]. Die typischen Symptome der Krankheit beim Menschen sind Bauchschmerzen oder -krämpfe, Durchfall, Fieber und Abgeschlagenheit [RKI, 2017]. Reaktive Gelenkentzündungen, oder auch das Guillain-Barré-Syndrom, eine schwere neurologische Erkrankung, können in seltenen Fällen als komplizierte Folgeerkrankung auftreten [RKI, 2017]. Als größte Risiken für die Infektion mit *Campylobacter* species (spp.) in Deutschland ermittelte das Robert-Koch Institut (RKI) den Verzehr von Hühnerfleisch und Essen außer Haus [RKI, 2017]. Als Zoonoseerreger stammt *Campylobacter* spp. überwiegend aus Tierbeständen. Hühner als Reservoir für *Campylobacter* spp. können laut der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) für 50% bis 80% der *Campylobacter*-Enteritis-Fälle beim Menschen verantwortlich gemacht werden [EFSA, 2010]. Ungefähr 20 bis 30% der *Campylobacter*-Enteritiden sind auf Fehler bei der Handhabung, der Zubereitung sowie dem Verzehr von Hähnchenfleisch zurückzuführen [EFSA, 2010]. Meldedaten des RKI zeigen, dass die gemeldeten *Campylobacter*-Enteritiden deutschlandweit während der COVID-19 Pandemie im Jahr 2020 auf ca. 46.000 Fälle zurückgegangen sind, dies sind 33% weniger als der Median der vorangegangenen fünf Jahre [RKI, 2021].

In der Primärproduktion, d.h. auf Ebene der landwirtschaftlichen Betriebe, sind verschiedene Risikofaktoren identifiziert, die zu einer Einschleppung von *Campylobacter* spp. in eine Broilerherde führen. Dazu gehören unter anderem eine unzureichende Biosicherheit, der Personalverkehr, das Halten mehrerer Altersgruppen auf dem Betrieb, die Übertragung durch Insekten, der Vorfang (vorzeitiges Ausstallen von einem Teil der Tiere), kontaminiertes Trinkwasser und ein erhöhtes Schlachalter der Tiere [EFSA, 2011; Higham et al., 2018; Høg et al., 2016; Humphrey et al., 2007]. In Europa betrug die mittlere Prävalenz *Campylobacter*-positiver Herden im Jahre 2014 ca. 30% [EFSA, 2015]. Dabei existieren saisonale Schwankungen mit höheren Prävalenzen im Sommer [Jacobs-Reitsma et al., 1994; Kapperud et al. 1993]. Neben Einflüssen in der Primärproduktion treten auch während des Schlachtprozesses Risikofaktoren auf, die das Vorkommen von *Campylobacter* spp. auf dem Hähnchenschlachtkörper beeinflussen können. Beispielsweise wurden nach dem Brühen geringere *Campylobacter*-Konzentrationen nachgewiesen, wohingegen nach dem Entfedern und Ausweiden der Schlachtkörper ein höherer *Campylobacter*-Kontaminationsgrad beschrieben wurde [Berrang und Dickens, 2000; Izat, 1988; Rosenquist et al., 2006].

Seit dem 1. Januar 2018 ist es für Schlachthöfe in der EU verpflichtend, Masthähnchen-Schlachtkörper im Rahmen des Prozesshygienekriteriums (PHC) gemäß der Verordnung (EG) Nr. 2017/1495 auf *Campylobacter* spp. zu untersuchen [European Commission, 2017]. Der Zweck des PHC ist die Annahme, dass das Risiko für die öffentliche Gesundheit durch den Verzehr von Hähnchenfleisch um mehr als 50% reduziert werden kann, wenn die Schlachtkörper einen Grenzwert von 1.000 Kolonie-bildenden Einheiten pro Gramm (KBE/g) in der Halshaut nicht überschreiten [EFSA, 2011]. Die Verordnung sieht vor, dass ab dem 1. Januar 2020 die Prozesshygiene im Schlachthof als zufriedenstellend gilt, wenn nicht mehr als 15 von 50 Proben 1.000 KBE/g *Campylobacter* spp. in der Halshaut überschreiten, ab dem 1. Januar 2025 dürfen es maximal noch 10 von 50 Proben sein.

Der Pro-Kopf-Verbrauch von Geflügelfleisch ist in Deutschland zwischen 2018 und 2021 um 100 Gramm von 22,2 kg auf 22,1 kg gesunken, wobei der Pro-Kopf-Verbrauch von Hähnchenfleisch um 1 kg von 14,3 kg auf 15,3 kg gestiegen [Beck, 2023]. Dies zeigt, dass

Hähnchenfleisch in der Bevölkerung einen hohen Stellenwert aus ernährungsphysiologischer Sicht besitzt. Zudem wurden 2020 in Deutschland 486.331 Tonnen Geflügelfleisch im Einzelhandel gekauft, dies sind 14,6% mehr als 2019 [Beck, 2021].

In diesem Forschungsvorhaben sollte untersucht werden, ob die Verringerung der gemeldeten *Campylobacter*-Enteritiden in der Bevölkerung während der COVID-19-Pandemie an einem veränderten Vorkommen des Erregers auf Masthähnchen-Schlachtkörpern oder einem geänderten Konsumverhalten durch die Corona-bedingte Schließung der Gastronomie und dem damit einhergehenden Rückgang des Außer-Haus-Verzehrs von Hähnchenfleisch lag. Hierfür wurden die mikrobiologischen Ergebnisse von Halshautproben der Hähnchenschlachtkörper, die im Rahmen des PHC für *Campylobacter* spp. erhoben wurden, von verschiedenen Schlachtlinien in Nordwestdeutschland ausgewertet. Es wurde analysiert, inwiefern der *Campylobacter*-Kontaminationsgrad auf Masthähnchen-Schlachtkörpern und die gemeldeten Krankheitsfälle beim Menschen zusammenhängen. Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich über vier Jahre von 2018 bis 2021. In Anbetracht der besonderen Situation der COVID-19-Pandemie und der damit einhergehenden zeitweiligen Schließung der Gastronomie berücksichtigte diese Studie den Konsum von frischem Hähnchenfleisch in Niedersachsen. Mit der *Campylobacter*iose als häufigste bakterielle lebensmittelbedingte Erkrankung dienen die wissenschaftlichen Ergebnisse unter anderem dem One-Health-Ansatz in Deutschland, in dem der Bekämpfung von Zoonoseerregern eine hohe Bedeutung zukommt.

2. Zeitplan und Ablauf

Die vorliegende Studie setzte sich aus verschiedenen, aufeinanderfolgenden Arbeitspaketen zusammen. Mit Beginn des Projektes im Mai 2022 fanden in der ersten Phase neben Literaturrecherchen mehrere Projektgespräche mit verschiedenen Landwirten, Schlachthöfen und dem Niedersächsischen Landesverband der Geflügelwirtschaft (NGW) statt, um nähere Informationen über Dokumentationspflichten und Beprobungen zu *Campylobacter* spp. entlang der Wertschöpfungskette der Hähnchenfleischproduktion zu erlangen. Ziel war es, entlang der Wertschöpfungskette von der Primärproduktion, über Schlachtbefunddaten bis hin zu humanen Krankheitsfällen, Daten über das Vorkommen von *Campylobacter* spp. zu erfassen. Da kein verpflichtendes *Campylobacter*-Monitoring auf landwirtschaftlichen Betrieben existiert, sondern nur im Rahmen einzelner Studien Daten erfasst werden, waren an dieser Stelle keine Daten verfügbar. Für die Verarbeitung der *Campylobacter*-Daten der einzelnen Schlachthöfe, die im Rahmen des PHC für *Campylobacter* spp. von den Lebensmittelunternehmern erhoben wurden, sind Geheimhaltungsvereinbarungen geschlossen worden.

In der zweiten Phase stand von August 2022 bis April 2023 die quantitative Datenerfassung im Fokus. Zum einen wurden die Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen auf *Campylobacter* spp., die verpflichtend stichprobenartig im Rahmen des PHC für *Campylobacter* spp. an Schlachthöfen erfasst werden, generiert. Zum anderen wurden die humanen Krankheitsfälle aus der Bevölkerung, die vom RKI erfasst und veröffentlicht werden, einbezogen. Über die Gesellschaft für Konsumforschung (GfK) wurden Daten zum privaten Konsum von frischem Hähnchenfleisch in Niedersachsen erfasst und ausgewertet. Zudem wurde von der Kassenärztlichen Vereinigung Niedersachsen (KVN) die Anzahl der fachgruppenspezifischen Behandlungsfälle in Niedersachsen zur Verfügung gestellt. Um die Einschränkungen während der COVID-19 Pandemie zu deuten, wurden die Restriktionen, die seitens der Landesregierung in Niedersachsen verordnet worden waren, ausgearbeitet. Im nächsten Schritt bzw. in der dritten Phase (April 2023 bis Oktober 2023) wurden statistische Analysen und Auswertungen durchgeführt.

Ursprünglich war angedacht gewesen, die Ergebnisse dieser Studie unter Verwendung von ArcGIS Pro (Esri Deutschland GmbH, Kranzberg) als Geoinformationssystem in Form einer raumzeitlichen Analyse darzustellen. Hierfür sind jedoch Standortkoordinaten notwendig. Diese waren allerdings nicht verfügbar, da keine Daten aus der Primärproduktion, aus zuvor genannten Gründen, erfasst werden konnten und zudem die Schlachtbefunddaten für die statistischen Analysen gepoolt wurden. Im vierten und letzten Schritt wurden von Oktober 2023 bis Februar 2024 wissenschaftliche Publikationen vorbereitet und in international anerkannten Zeitschriften (peer review) veröffentlicht bzw. eingereicht.

3. Durchführung und Ergebnisse

3.1 Prozesshygienekriterium für *Campylobacter* spp.: Kontaminationsgrad auf Masthähnchen-Schlachtkörpern

Hähnchenschlachthöfe in der EU sind seit dem 01. Januar 2018 im Rahmen des Prozesshygienekriteriums (PHC) für *Campylobacter* spp., nach EU Verordnung (EG) Nr. 2017/1495 verpflichtet, Halshautproben von Hähnchenschlachtkörpern stichprobenartig auf *Campylobacter* spp. zu untersuchen [European Commission, 2017]. Diese stichprobenartigen Untersuchungen müssen wöchentlich an unterschiedlichen Tagen am Ende des Schlachtprozesses durchgeführt werden. Bei jeder Probennahme sind insgesamt 15 Halshäute zu poolen, so dass am Ende fünf Poolproben im Labor mikrobiologisch untersucht werden. Die analytische Referenzmethode im Labor ist die ISO 10272-2 [European Commission, 2017; ISO, 2017]. Jeder Schlachthof verfügt somit seit dem 1. Januar 2018 wöchentlich über fünf quantitative mikrobiologische Ergebnisse zum Vorkommen von *Campylobacter* spp.. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurden die Daten mehrerer Schlachtlinien in Nordwestdeutschland vom 01. Januar 2018 bis zum 31. Dezember 2021 einbezogen. Der Grad der Kontamination aller Schlachtlinien wurde in drei verschiedene Kategorien eingeteilt: Kategorie 1 (C1), 0-99 KBE/g; Kategorie 2 (C2), 100-999 KBE/g; und Kategorie 3 (C3), >1.000 KBE/g.

3.1.1 PHC für *Campylobacter* spp. in den Jahren von 2018 bis 2021

Der Anteil der Halshautproben von Masthähnchen-Schlachtkörpern ist in Tabelle 1 anhand der verschiedenen *Campylobacter*-Kontaminationsgrade in verschiedenen Kategorien (C1, C2, C3) eingeteilt und von 2018 bis 2021 dargestellt. Der Anteil hoch kontaminierter Halshautproben (C3) nahm zwischen 2018 und 2021 signifikant ab ($p < 0,05$).

Tabelle 1. Anteil (in %) der Halshautproben von Masthähnchen-Schlachtkörpern aller Schlachtlinien gemäß PHC für *Campylobacter* spp., für jede Kategorie (C1-C3) von 2018 bis 2021. Kategorie 1 (C1): 0-99 Koloniebildende Einheiten (KBE/g), Kategorie 2 (C2): 100-999 KBE/g, und Kategorie 3 (C3): >1.000 KBE/g.

Jahr	C1	C2	C3
2018	54,44 ^{AB} ± 46,99	26,16 ^A ± 37,19	19,40 ^B ± 34,63
2019	52,49 ^A ± 47,25	32,30 ^A ± 40,17	15,20 ^{AB} ± 29,73
2020	59,46 ^{AB} ± 46	27,27 ^A ± 39,06	13,27 ^A ± 28,86
2021	61,45 ^B ± 45,3	28,03 ^A ± 39,22	10,53 ^A ± 25,22

^{A,B} innerhalb einer Spalte weisen unterschiedliche Großbuchstaben auf signifikante Unterschiede hin ($p < 0,05$). Abweichungen von 100% lassen sich auf Rundungsdifferenzen zurückführen.

3.1.2 PHC für *Campylobacter* spp. pro Zeitraum von 2018 bis 2021

Die Abbildungen 1 bis 4 zeigen den Anteil (in %) der Halshautproben von Masthähnchen-Schlachtkörpern für jede Kategorie (C1, C2, C3) pro Zeitraum von 2018 bis 2021. Ein Zeitraum erstreckte sich über vier Kalenderwochen (KW). Ein Kalenderjahr begann mit Zeitraum 1 von der ersten bis zu vierten Woche und endete mit Zeitraum 13 von der 49. bis zur 52. Woche. Zusätzliche statistische Analysen sind in Anhang A aufgeführt.

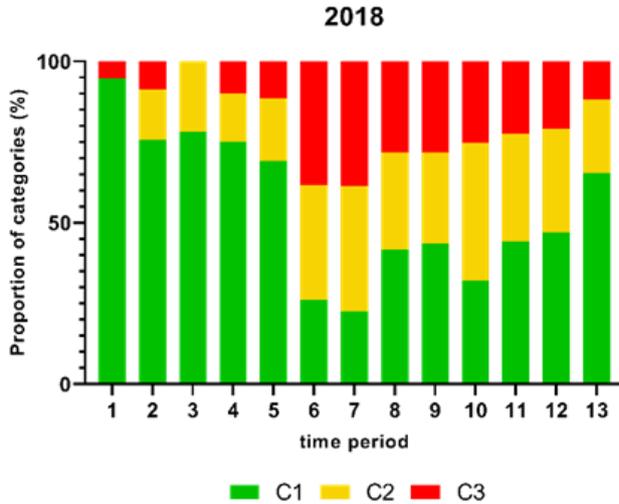


Abbildung 1. Anteil (in %) für jede Kategorie (C1-C3) der Halshautproben von Masthähnchen-Schlachtkörpern aller Schlachtlinien gemäß PHC für *Campylobacter* spp. pro Zeitraum im Jahr 2018. Kategorie 1 (C1): 0-99 Koloniebildende Einheiten (KBE/g), Kategorie 2 (C2): 100-999 KBE/g, und Kategorie 3 (C3): >1.000 KBE/g.

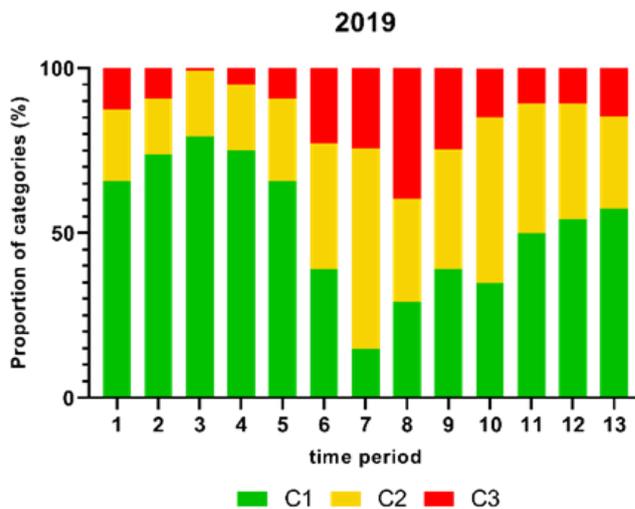


Abbildung 2. Anteil (in %) für jede Kategorie (C1-C3) der Halshautproben von Masthähnchen-Schlachtkörpern aller Schlachtlinien gemäß PHC für *Campylobacter* spp. pro Zeitraum im Jahr 2019. Kategorie 1 (C1): 0-99 Koloniebildende Einheiten (KBE/g), Kategorie 2 (C2): 100-999 KBE/g, und Kategorie 3 (C3): >1.000 KBE/g.

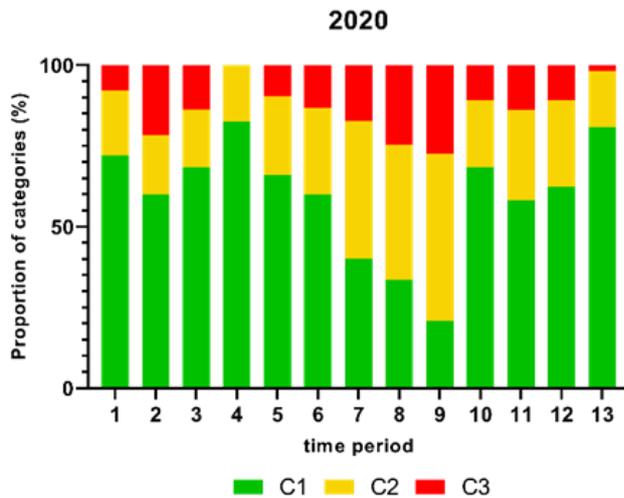


Abbildung 3. Anteil (in %) für jede Kategorie (C1-C3) der Halshautproben von Masthähnchen-Schlachtkörpern aller Schlachtlinien gemäß PHC für *Campylobacter* spp. pro Zeitraum im Jahr 2020. Kategorie 1 (C1): 0-99 Koloniebildende Einheiten (KBE/g), Kategorie 2 (C2): 100-999 KBE/g, und Kategorie 3 (C3): >1.000 KBE/g.

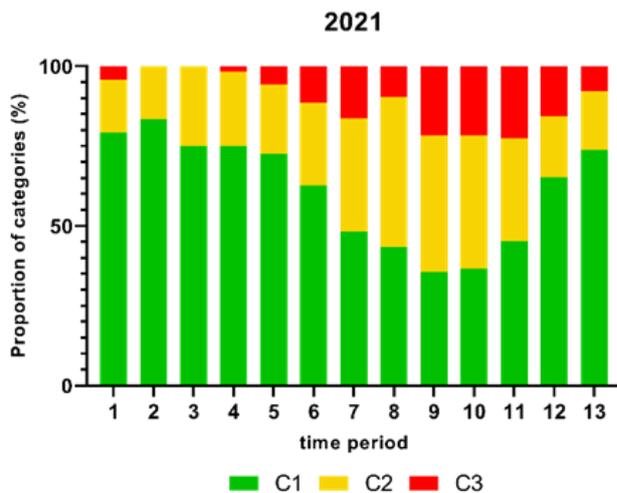


Abbildung 4. Anteil (in %) für jede Kategorie (C1-C3) der Halshautproben von Masthähnchen-Schlachtkörpern aller Schlachtlinien gemäß PHC für *Campylobacter* spp. pro Zeitraum im Jahr 2021. Kategorie 1 (C1): 0-99 Koloniebildende Einheiten (KBE/g), Kategorie 2 (C2): 100-999 KBE/g, und Kategorie 3 (C3): >1.000 KBE/g.

Wie aus Abbildung 1 hervorgeht, war der Anteil (in %) der Halshautproben von Masthähnchen-Schlachtkörpern, die mehr als 1.000 KBE/g *Campylobacter* spp. enthielten, im Jahr 2018 in den Zeiträumen 6 und 7 signifikant höher (siehe Statistik Anhang A Tabelle A1). Im Jahr 2019 war dieser Anteil in Zeitraum 8 signifikant höher (Abb. 2 und Statistik Anhang A Tabelle A2). Für das Jahr 2020 kann aus Abbildung 3 abgeleitet werden, dass der Anteil (in %) über 1.000 KBE/g in der Halshaut in Zeitraum 9 am höchsten war. In 2021 lag der höchste Anteil (in %) hoch kontaminierter Halshautproben in Zeitraum 11 (Abb. 4).

3.2 Zusammenhang zwischen dem *Campylobacter*-Kontaminationsgrad auf Masthähnchen-Schlachtkörpern und humanen Krankheitsfällen

3.2.1 Korrelationsanalyse zwischen hoch kontaminierten Halshautproben (>1.000 KBE/g *Campylobacter* spp.) und humanen Krankheitsfällen in Nordwestdeutschland (NRW & NI)

Zunächst wurde eine Korrelationsanalyse zwischen allen hoch kontaminierten Halshautproben aus Kategorie 3 (>1.000 KBE/g *Campylobacter* spp.) am Schlachthof und den gemeldeten *Campylobacter*-Enteritiden in Nordwestdeutschland (NRW & NI) pro Jahr durchgeführt. In Tabelle 2 ist der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman zwischen diesen beiden Parametern von 2018 bis 2021 dargestellt. Die Korrelationen sind 2018 und 2019 höher im Vergleich zu 2020 und 2021.

Tabelle 2. Zusammenhang zwischen der Anzahl der Halshautproben mit *Campylobacter*-Kontaminationen von >1.000 KBE/g (Kategorie 3) und *Campylobacter*-Enteritis-Fällen in Nordwestdeutschland (NRW & Niedersachsen) von 2018 bis 2021 gemäß Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman (SCC).

	2018	2019	2020	2021
SCC	0,66	0,58	0,33	0,45
p-Wert	<0,0001	<0,0001	0,0185	0,0009

Klassifizierung der Korrelationsniveaus: 0,0-0,3, "keine Korrelation", 0,3-0,5, "schwach positive Korrelation", 0,5-0,7, "mäßig positive Korrelation", 0,7-0,9, "stark positive Korrelation", und 0,9-1, "sehr starke positive Korrelation" [Hinkle et al., 2003].

3.2.2 Beziehung zwischen *Campylobacter*-Kontaminationsgrad auf Halshautproben (KBE/g) und humanen Krankheitsfällen in Niedersachsen

Die mikrobiologischen Ergebnisse der Halshautproben von Masthähnchen-Schlachtkörpern im Rahmen des PHC für *Campylobacter* spp. wurden anhand der Schlachtmenge der einzelnen Schlachtlinien gewichtet. Im Anschluss wurde das geometrische Mittel aller mikrobiologischen Ergebnisse (KBE/g *Campylobacter* spp.) aus allen Schlachtlinien pro KW berechnet. Daraufhin wurde der Median anhand aller geometrischen Mittelwerte von der ersten KW 2018 bis zur 52. KW 2021 ermittelt. Anhand des Medians wurde der *Campylobacter*-Kontaminationsgrad der Halshautproben in "gering kontaminiert" und "hoch kontaminiert" eingeteilt.

Eine ähnliche Klassifizierung wurde für die wöchentlich gemeldeten humanen Krankheitsfälle in Niedersachsen verwendet. Der Median der gemeldeten *Campylobacter*-Enteritiden von der ersten KW 2018 bis zur 52. KW 2021 wurde ermittelt, um die Anzahl der *Campylobacter*-Enteritiden in "wenig Fälle" und "viele Fälle" zu klassifizieren.

Für die weiteren statistischen Analysen wurde ein zwei Wochen Verzug zwischen den mikrobiologischen Untersuchungen am Schlachthof und humanen Krankheitsfällen in Niedersachsen einkalkuliert. So wurde es in vorherigen Studien auch gehandhabt [Wie et al., 2015; Lindqvist et al., 2022].

Die folgenden Tabellen (Tabellen 3 bis 6) zeigen die Beziehung zwischen dem *Campylobacter*-Kontaminationsgrad auf Halshautproben von Masthähnchen-Schlachtkörpern und humanen Krankheitsfällen in Niedersachsen für jeweils ein Jahr von 2018 bis 2021.

Wie aus Tabelle 3 hervorgeht, lag in den meisten KW (24) von insgesamt 52 KW neben einem „hohen Kontaminationsgrad“ von *Campylobacter* spp. auf Halshäuten gleichzeitig „viele Fälle“ beim Menschen vor.

Tabelle 3. Zusammenhang zwischen *Campylobacter*-Kontaminationsgrad auf Masthähnchen-Schlachtkörpern und *Campylobacter*-Enteritis-Fällen beim Menschen in Niedersachsen in 52 Kalenderwochen im Jahr 2018.

2018			
Halshautproben			
Fälle beim Menschen	gering kontaminiert	hoch kontaminiert	Summe
wenige Fälle	12	4	16
viele Fälle	12	24	36
Summe	24	28	52

In 2019 lag in den meisten KW (21) ein hoher Kontaminationsgrad auf Schlachtkörpern und zeitgleich viele *Campylobacter*-Enteritiden in der niedersächsischen Bevölkerung vor (Tabelle 4).

Tabelle 4. Zusammenhang zwischen *Campylobacter*-Kontaminationsgrad auf Masthähnchen-Schlachtkörpern und *Campylobacter*-Enteritis-Fällen beim Menschen in Niedersachsen in 52 Kalenderwochen im Jahr 2019.

2019			
Halshautproben			
Fälle beim Menschen	gering kontaminiert	hoch kontaminiert	Summe
wenige Fälle	18	5	23
viele Fälle	8	21	29
Summe	26	26	52

In den meisten KW (22) lag 2020 ein geringer *Campylobacter*-Kontaminationsgrad auf Schlachtkörpern vor und gleichzeitig wurden wenig Fälle in der Bevölkerung gemeldet (Tabelle 5).

Tabelle 5. Zusammenhang zwischen *Campylobacter*-Kontaminationsgrad auf Masthähnchen-Schlachtkörpern und *Campylobacter*-Enteritis-Fällen beim Menschen in Niedersachsen in 52 Kalenderwochen im Jahr 2020.

2020			
Halshautproben			
Fälle beim Menschen	gering kontaminiert	hoch kontaminiert	Summe
wenige Fälle	22	12	34
viele Fälle	4	14	18
Summe	26	26	52

Wie in Tabelle 6 dargestellt, lagen in 2021 in den meisten KW (24) ein geringer Kontaminationsgrad am Schlachthof und zeitgleich wenig humane Krankheitsfälle in der Bevölkerung vor.

Tabelle 6. Zusammenhang zwischen *Campylobacter*-Kontaminationsgrad auf Masthähnchen-Schlachtkörpern und *Campylobacter*-Enteritis-Fällen beim Menschen in Niedersachsen in 52 Kalenderwochen im Jahr 2021.

2021			
Halshautproben			
Fälle beim Menschen	gering kontaminiert	hoch kontaminiert	Summe
wenige Fälle	24	6	30
viele Fälle	3	19	22
Summe	27	25	52

Tabelle 7 zeigt den Cohens Kappa-Koeffizienten und die Ergebnisse des McNemar-Tests für die Tabellen 3 bis 6 von 2018 bis 2021. Die niedrigsten Werte des Cohens Kappa-Koeffizienten lagen in 2018 und 2020 mit 0,37 bzw. 0,38 und der höchste Wert im Jahr 2021 (0,69). Der McNemar-Test zeigte, dass die Unterschiede in den Randverteilungen in den Jahren 2018 und 2020 größer waren als in den Jahren 2019 und 2021. Der p-Wert des McNemar-Tests war jedoch weder 2018 noch 2020 signifikant.

Tabelle 7. Cohens Kappa-Koeffizient, McNemar-Test und exakter p-Wert des McNemar-Tests für die Kontingenztabellen (Tabellen 3 bis 6) von 2018 bis 2021.

Statistische Tests	2018	2019	2020	2021
Cohens Kappa-Koeffizient	0,37	0,50	0,38	0,69
McNemar-Test	4,00	0,69	4,00	0,50
exakter p-Wert zum McNemar Test	0,08	0,58	0,08	0,73

3.3 Fachgruppenspezifische Behandlungsfälle in Niedersachsen

Abbildung 5 zeigt die Gesamtzahl der fachgruppenspezifischen Behandlungsfälle in Niedersachsen, die von der KVN vom ersten Quartal 2018 bis zum vierten Quartal 2021 zur Verfügung gestellt wurden.

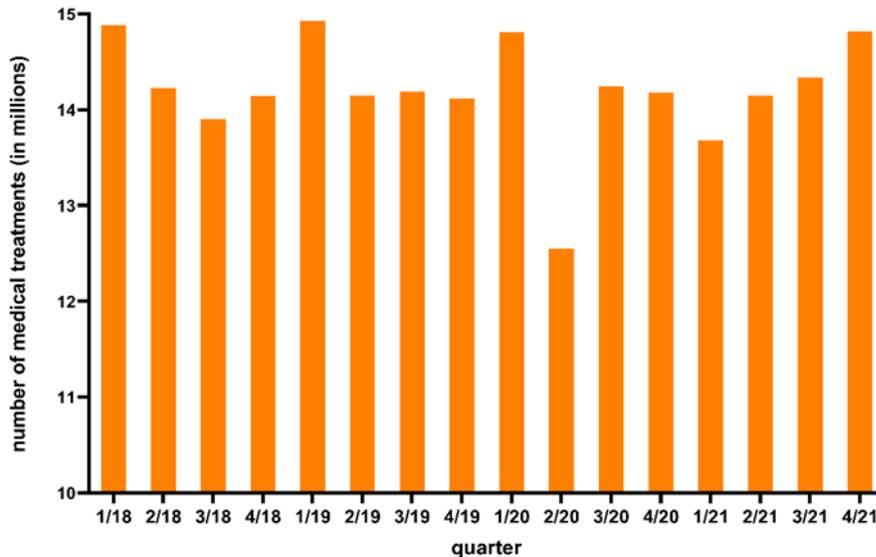


Abbildung 5. Gesamtzahl medizinischer Behandlungsfälle in Niedersachsen vom ersten Quartal 2018 bis zum vierten Quartal 2021 nach Angaben der Kassenärztlichen Vereinigung Niedersachsen (KVN).

Wie die Ergebnisse in Abbildung 5 darstellen, war die Zahl der medizinischen Behandlungsfälle im zweiten Quartal 2020 (ca. 12,5 Millionen Fälle) niedriger als in den anderen Quartalen.

3.4 Privater Konsum von frischem Hähnchenfleisch in Niedersachsen

Im folgenden Abschnitt ist der private Konsum von frischem Hähnchenfleisch in Niedersachsen in Tonnen von 2018 bis 2021 dargestellt. Die GfK ist ein Verbraucherpanel, die das Kaufverhalten von Verbrauchern in Deutschland mittels repräsentativer Stichproben erhebt. Um quantitative Unterschiede im Verbrauch von frischem Hähnchenfleisch in privaten Haushalten in Niedersachsen zu ermitteln, wurde in der vorliegenden Studie der durchschnittliche wöchentliche Verbrauch von Hähnchenfleisch vom 01. Januar 2018 bis zum 31. Dezember 2021 betrachtet. Hierfür wurden die Kalenderjahre in 13 Zeiträume eingeteilt und die Daten innerhalb der jeweiligen Zeiträume miteinander verglichen. Dabei erstreckte sich jeweils ein Zeitraum über vier Wochen. Ein Kalenderjahr begann mit Zeitraum 1 von KW 1-4 und endete mit Zeitraum 13 von KW 49-52.

3.4.1 Privater Konsum von frischem Hähnchenfleisch pro Jahr

Tabelle 8 zeigt und vergleicht den durchschnittlichen wöchentlichen privaten Konsum von frischem Hähnchenfleisch (in Tonnen) in Niedersachsen von 2018 bis 2021. In 2020 und 2021 wurde in Niedersachsen signifikant mehr frisches Hähnchenfleisch konsumiert als in den Jahren zuvor (2018 und 2019).

Tabelle 8. Durchschnittlicher wöchentlicher privater Konsum von frischem Hähnchenfleisch (in Tonnen) in Niedersachsen von 2018 bis 2021 nach GfK (Gesellschaft für Konsumforschung).

Jahr	Frischer Hähnchenfleischkonsum (Tonnen)
2018	352,6 ^A ± 93,0
2019	389,5 ^A ± 88,1
2020	453,4 ^B ± 82,9
2021	433,9 ^B ± 86,5

^{A,B} Innerhalb einer Spalte weisen unterschiedliche Großbuchstaben auf signifikante Unterschiede hin ($p < 0,05$).

3.4.2 Privater Konsum von frischem Hähnchenfleisch nach Zeiträumen

Abbildung 6 zeigt den durchschnittlichen wöchentlichen privaten Konsum von frischem Hähnchenfleisch (in Tonnen) in Niedersachsen für jeden Zeitraum von 2018 bis 2021. Zusätzliche statistische Analysen sind in Anhang A dargestellt.

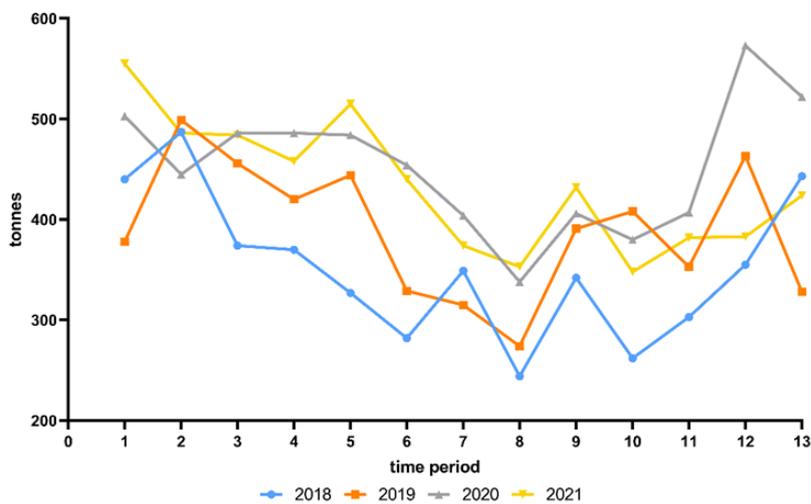


Abbildung 6. Durchschnittlicher wöchentlicher privater Konsum von frischem Hähnchenfleisch (in Tonnen) in Niedersachsen für die einzelnen Zeiträume von 2018 bis 2021 nach GfK (Gesellschaft für Konsumforschung).

Wie in Abbildung 6 dargestellt, war der private Konsum von frischem Hähnchenfleisch in 2018 und 2019 in Zeitperiode 2 signifikant höher als in der Periode davor (siehe Statistik Anhang A). Im Jahr 2020 wurde eine signifikant höhere Menge in Zeitraum 12 konsumiert und im Jahr 2021 war der Verbrauch in Zeitraum 1 signifikant höher (siehe Statistik Anhang A). In den vier Jahren von 2018 bis 2021 wurde in jedem Jahr jeweils in Zeitraum 8 ein signifikant geringerer Anteil konsumiert ($p < 0,05$).

4. Diskussion der Ergebnisse und Nutzen

Mit der Einführung der Untersuchungspflicht im Rahmen des PHCs für *Campylobacter* spp. wurde das Ziel verfolgt, die *Campylobacter*-Prävalenz bzw. den Kontaminationsgrad auf Masthähnchen-Schlachtkörpern zu reduzieren, um das Risiko humaner *Campylobacter*osen durch den Konsum und die Handhabung von Hähnchenfleisch zu minimieren [European Commission, 2017]. Die Ergebnisse des ersten Teils dieser Studie zeigen, dass der Anteil hoch kontaminierter Halshäute am Schlachthof (>1.000 KBE/g *Campylobacter* spp.) von 19,40% im Jahr 2018 auf 10,53% im Jahr 2021 signifikant zurückgegangen ist. Die vorgegebenen Grenzwerte wurden somit eingehalten und die Prozesshygiene kann als zufriedenstellend eingestuft werden [European Commission, 2017].

Die Ergebnisse der *Campylobacter*-Werte aus den Schlachthöfen lassen vermuten, dass dies auch Auswirkungen auf die *Campylobacter*-Prävalenz von Hähnchenfleischprodukten aus dem Einzelhandel hat. Im Rahmen des Zoonosen-Stichprobenplans wird in Deutschland frisches Hähnchenfleisch im Einzelhandel auf *Campylobacter* spp. untersucht. Zwischen 2018 und 2021 lagen die Prävalenzen relativ konstant bei ca. 50% [BVL, 2022]. Quantitativ wurden hingegen 2020 in nur 2,3% der Proben und 2021 in 2,8% der Proben *Campylobacter*-Werte über der Nachweisgrenze von 10 KBE/g *Campylobacter* spp. nachgewiesen. Der kritische Grenzwert von 1.000 KBE/g *Campylobacter* spp. wurde in keiner der Proben, weder in 2020 noch in 2021, überschritten [BVL, 2021, BVL, 2022].

Der geringere Anteil hoch kontaminierter Halshäute (>1.000 KBE/g *Campylobacter* spp.) auf Masthähnchen-Schlachtkörpern deutet daraufhin, dass das Bewusstsein für *Campylobacter* spp. als häufigster lebensmittelbedingter Krankheitserreger entlang der Wertschöpfungskette der Hähnchenfleischproduktion gestiegen ist. Auf der Ebene der Primärproduktion gilt es, den Eintrag des Erregers in die Herde zu verhindern. Einer vorherigen Studie zufolge wird das Vorhandensein von *Campylobacter* spp. am Ende des Schlachtprozesses maßgeblich und primär durch die Prävalenz in der Broilerherde auf dem landwirtschaftlichen Betrieb beeinflusst und weniger durch die Prozesshygiene am Schlachthof [Cegar et al., 2022]. Foddai et al. (2022) zeigten, dass gezielte Managementmaßnahmen in Problembetrieben mit hohem *Campylobacter* spp.-Vorkommen das Risiko für eine Infektion beim Menschen verringern könnten [Foddai et al. 2022]. Neben den Interventions- und Hygienemaßnahmen in der Primärproduktion kann die Vermeidung von Kreuzkontaminationen während des Schlachtprozesses eine weitere Risikominimierung für *Campylobacter*ose darstellen [Foddai et al. 2023]. Strenge Biosicherheitsmaßnahmen lassen sich allerdings in der Freiland- und Biohaltung nur schwer umsetzen, sodass diese häufig höhere *Campylobacter*-Prävalenzen aufweisen [Heuer et al., 2001; Rosenquist et al., 2013].

Ein signifikant höherer Anteil hoch kontaminierter Halshäute (>1.000 KBE/g *Campylobacter* spp.) wurde in den Sommermonaten nachgewiesen, besonders ausgeprägt in den Zeiträumen 6 und 7 im Jahr 2018 (Ende Mai bis Mitte Juli) und Zeitraum 8 im Jahr 2019 (Mitte Juli bis Mitte August). Eine Saisonalität mit höheren Prävalenzen in den Sommermonaten verglichen zu den Wintermonaten wurde auch zuvor in der Literatur beschrieben [Wedderkopp et al., 2001; Jacobs-Reitsma et al., 1994; Kapperud et al. 1993].

Die im zweiten Teil der Studie dargestellte höhere Korrelation zwischen hoch kontaminierten Halshautproben (> 1.000 KBE / g *Campylobacter* spp.) und humanen Krankheitsfällen in Nordwestdeutschland in 2018 und 2019 verglichen zu den Jahren danach gibt einen Hinweis darauf, dass der Zusammenhang zwischen diesen beiden Parametern durch die COVID-19-Pandemie beeinflusst worden sein könnte. Die darauffolgende Analyse, in der im Detail zwischen geringem und hohem *Campylobacter*-Kontaminationsgrad auf Masthähnchen-Schlachtkörpern und wenig und vielen humanen Krankheitsfällen pro KW unterschieden wurde, zeigte die höchste Konkordanz im Jahr 2021 und eine geringere Konkordanz in 2018 und 2020. Vor der COVID-19-Pandemie (2018 & 2019) wurden in den meisten der 52 KW neben einem hohem Kontaminationsgrad auf Masthähnchen-Schlachtkörpern viele Fälle in

der niedersächsischen Bevölkerung gemeldet. Hingegen wurden während der COVID-19-Pandemie (2020 und 2021) in den meisten KW neben einem geringem Kontaminationsgrad auf Masthähnchen-Schlachtkörpern wenig Fälle in der niedersächsischen Bevölkerung gemeldet. Diese Ergebnisse decken sich mit denen von Rosenquist et al. [2003], die einen Zusammenhang zwischen einem Rückgang von *Campylobacter* spp. auf Schlachtkörpern und humanen Krankheitsfällen feststellten. Da der Verzehr von Hähnchenfleisch und Essen-Außer-Haus große Risikofaktoren für Campylobacteriose darstellen [RKI, 2017], könnte die Schließung von Restaurants während der COVID-19-Pandemie einen Rückgang der humanen Krankheitsfälle zur Folge gehabt haben. Masthähnchen-Schlachtkörper weisen zwischen den europäischen Ländern unterschiedlich hohe *Campylobacter*-Werte auf, die ebenfalls nach PHC für *Campylobacter* spp. beprobt werden [EFSA, 2022]. Einige Länder weisen höhere Werte auf, sodass von importiertem Fleisch ein höheres Risiko für Campylobacteriose ausgehen kann. Tedersoo et al. (2022) zeigten z.B. ein höheres Risiko für Campylobacteriose durch importiertes frisches Hühnerfleisch im Vergleich zu Hühnerfleisch aus Estland [Tedersoo et al. 2022].

Eine weitere Beobachtung, die in dieser Studie gemacht wurde, war, dass vor der COVID-19-Pandemie der Anteil der KW, in denen ein geringer Kontaminationsgrad auf Masthähnchen-Schlachtkörpern und viele humane Krankheitsfälle gemeldet wurden, den Anteil an KW überwog, in denen bei einem hohen Kontaminationsgrad wenige humane Krankheitsfälle gemeldet wurden. Während der Pandemie hingegen überwog ein hoher Kontaminationsgrad und wenig humane Krankheitsfälle. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass vor der COVID-19-Pandemie (2018 und 2019) externe Risikofaktoren, die nicht mit dem Verzehr von Hühnerfleisch zusammenhängen, wie z. B. Auslandsreisen, einen höheren Anteil der humanen Campylobacteriosen ausmachten als während der COVID-19-Pandemie. Mit Beginn der COVID-19-Pandemie hingegen könnten Public-Health-Maßnahmen wie Reinigen und Desinfizieren von Händen und Gegenständen sowie die Reduktion sozialer Kontakte und der Rückgang der Arztbesuche dafür gesorgt haben, dass die Krankheitsfälle zurückgingen, obwohl in den jeweiligen KW ein hoher *Campylobacter*-Kontaminationsgrad auf Masthähnchen-Schlachtkörpern vorlag. Dabei ist es sehr wahrscheinlich, dass die Infektionsketten auf Grund von Hygienemaßnahmen seitens der Verbraucher mehr oder weniger unbewusst unterbrochen wurden. Schließlich weist eine Umfrage vom Bundesinstitut für Risikobewertung aus dem August 2023 auf, dass 76% der Befragten von *Campylobacter* spp. in Lebensmitteln noch nichts gehört haben [BfR, 2023].

Der in den letzten Jahren gestiegene Pro-Kopf-Verbrauch von Hähnchenfleisch, trotz der zeitweiligen Schließung der Gastronomie während der COVID-19-Pandemie, lässt vermuten, dass das Hähnchenfleisch vermehrt aus dem Einzelhandel bezogen wurde. Die Ergebnisse des dritten Teils dieser Studie zeigen, dass der private Konsum von frischem Hähnchenfleisch in Niedersachsen während der COVID-19-Pandemie (2020 und 2021) deutlich höher war als vor der COVID-19-Pandemie. In 2020 wurden durchschnittlich 453,4 Tonnen pro Woche konsumiert, das waren 63,9 Tonnen mehr pro Woche als 2019 (Tabelle 8). Frisches Hähnchenfleisch aus dem Einzelhandel geht internationalen Studien zufolge auf Grund einer hohen *Campylobacter*-Prävalenz häufig mit einem erhöhten Risiko für Campylobacteriose einher [Dufrenne et al., 2001; Scherer et al., 2006; Boysen et al., 2011; Kostoglou 2023]. Hinzu kommt, dass Kreuzkontaminationen und schlechtes Hygieneverhalten in der eigenen Küche zusätzliche Risikofaktoren darstellen [Fischer et al., 2007], so dass vermutet werden könnte, dass dieses Risiko während der COVID-19-Pandemie besonders hoch gewesen sei. Allerdings dürfte dieses Risiko, den Ergebnissen des PHC für *Campylobacter* spp. und dem geringeren *Campylobacter*-Kontaminationsgrad auf Masthähnchen-Schlachtkörpern entsprechend, in den letzten Jahren zurückgegangen sein, unter der Annahme, dass das Hähnchenfleisch aus dem Einzelhandel auch aus deutschen Schlachthöfen stammt. Eine

Studie aus Dänemark zeigte ein dreimal höheres Risiko einer *Campylobacter*-Kontamination von importierten Hähnchenfleisch verglichen zu Hähnchenfleisch aus Dänemark [Boysen et al., 2011].

5. Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Studie wurde erstmals seit Einführung der Untersuchungspflicht für *Campylobacter* spp. an Schlachthöfen im Rahmen des PHC eine Auswertung mehrerer Schlachtlinien in Nordwestdeutschland durchgeführt. Dabei konnten die Ergebnisse dieser Studie wegen dem Fehlen exakter räumlicher Zuordnungen der Primärproduktion nicht, wie ursprünglich geplant, unter Zuhilfenahme des Geoinformationssystems ArcGIS Pro (Esri Deutschland GmbH, Kranzberg) in Form einer raumzeitlichen Analyse dargestellt werden. Nichtsdestotrotz liefert die Studie wesentliche neue Erkenntnisse.

So lässt sich zusammenfassend festhalten, dass der Anteil hoch kontaminierter Halshautproben (> 1.000 KBE/g *Campylobacter* spp.) von 2018 bis 2021 kontinuierlich sank. Eine Aussage darüber, inwiefern dieser Rückgang auf Interventionsmaßnahmen in der Primärproduktion oder am Schlachthof zurückzuführen ist, lässt sich mit diesen Daten nicht eindeutig generieren. Allerdings scheint durch die Einführung der Untersuchungspflicht das Bewusstsein entlang der Wertschöpfungskette der Hähnchenfleischproduktion für *Campylobacter* spp. als häufigster lebensmittelbedingter Krankheitserreger geschärft worden zu sein. Die Ergebnisse zeigen eine hohe Übereinstimmung zwischen dem *Campylobacter*-Kontaminationsgrad auf Masthähnchen-Schlachtkörpern und der Anzahl humaner Krankheitsfälle in Niedersachsen mit der höchsten Konkordanz im Jahr 2021. Mit dem Beginn der COVID-19-Pandemie im Jahr 2020 kam es auf Grund zeitweiliger Schließungen der Gastronomie zu einem Anstieg im privaten Konsum von frischem Hähnchenfleisch in Niedersachsen.

Die Bekämpfung der Campylobacteriose wird zukünftig weiterverfolgt werden müssen. Dabei gilt es, einen multifaktoriellen Ansatz mit verschiedenen Interventionsmaßnahmen zwischen Umwelt, Tier und Mensch (One-Health) anzustreben. Dazu gehört auch, das Bewusstsein beim Verbraucher weiter zu schärfen, um die Infektionsketten von *Campylobacter* spp. noch effektiver zu unterbrechen. Die Anzahl gemeldeter *Campylobacter*-Enteritiden verbleibt mit ca. 40.000 Fällen auch nach der COVID-19-Pandemie im Jahr 2023 in Deutschland auf niedrigem Niveau [RKI, 2023]. Es wird sich zeigen, inwiefern sich dieser Trend, der Rückgang der humanen Krankheitsfälle, in Zukunft fortsetzt.

6. Literatur

- Beck, M.M. (2021): MEG Marktbilanz Eier und Geflügel 2021. Eugen Ulmer KG: Stuttgart-Hohenheim, Germany.
- Beck, M.M. (2023): MEG Marktbilanz Eier und Geflügel 2023. Eugen Ulmer KG: Stuttgart-Hohenheim, Germany.
- BfR – Bundesinstitut für Risikobewertung (2023): BfR-Verbraucher-Monitor 08/2023 <https://www.bfr.bund.de/cm/350/bfr-verbrauchermonitor-08-2023.pdf>
- BVL - Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2021): Berichte zur Lebensmittelsicherheit 2020-Zoonosen Monitoring; Braunschweig, Germany.
- BVL - Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2022): Berichte zur Lebensmittelsicherheit 2021-Zoonosen Monitoring; Braunschweig, Germany.
- Berrang, M.E.; Dickens, J.A. (2000): Presence and Level of *Campylobacter* spp. on Broiler Carcasses Throughout the Processing Plant. *Journal of Applied Poultry Research*. 9, 43–47.
- Boysen, L.; Vigre, H.; Rosenquist, H. (2011): Seasonal influence on the prevalence of thermotolerant *Campylobacter* in retail broiler meat in Denmark. *Food Microbiology*. 28, 1028–1032.
- Cegar, S.; Kuruca, L.; Vidovic, B.; Antic, D.; Hauge, S.J.; Alvseike, O.; Blagojevic, B. (2022): Risk categorisation of poultry abattoirs on the basis of the current process hygiene criteria and indicator microorganisms. *Food Control*. 132, 108530.
- Dufrenne, J.; Ritmeester, W.; Delfgou-Van Asch, E.; Van Leusden, F.; De Jonge, R. (2001): Quantification of the Contamination of Chicken and Chicken Products in The Netherlands with *Salmonella* and *Campylobacter*. *Journal of Food Protection*. 64, 538-541.
- EFSA – European Food Safety Authority (2010): Panel on Biological Hazards (BIOHAZ). Scientific Opinion on Quantification of the risk posed by broiler meat to human campylobacteriosis in the EU. *EFSA Journal*. 8, 1437.
- EFSA - European Food Safety Authority (2011): Panel on Biological Hazards (BIOHAZ). Scientific Opinion on *Campylobacter* in broiler meat production: control options and performance objectives and/or targets at different stages of the food chain. *EFSA Journal*. 9, 2105.
- EFSA - European Food Safety Authority (2015): The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2014. *EFSA Journal*. 13, 4329.
- EFSA - European Food Safety Authority (2019): The European Union One Health 2018 Zoonoses Report. *EFSA Journal*. 17, e05926.
- EFSA - European Food Safety Authority (2022): The European Union One Health 2021 Zoonoses Report. *EFSA Journal*. 20, e07666.
- European Commission (2017): Regulation (EU) 2017/1495-of 23 August 2017-amending Regulation (EC) No 2073/2005 as regards *Campylobacter* in broiler carcasses. *Official Journal of the European Union*. 14, 6.
- Fischer, A.R.; De Jong, A.E.; Van Asselt, E.D.; De Jonge, R.; Frewer, L.J.; Nauta, M.J. (2007): Food Safety in the Domestic Environment: An Interdisciplinary Investigation of Microbial Hazards During Food Preparation. *Risk Analysis: An International Journal*, 27, 1065-1082.
- Foddai, A.; Nauta, M.; Ellis-Iversen, J. (2022): Risk-based control of *Campylobacter* spp. in broiler farms and slaughtered flocks to mitigate risk of human campylobacteriosis—A One Health approach. *Microbial Risk Analysis*. 21, 100190.
- Foddai, A.; Nauta, M.; Ellis-Iversen, J. (2023): A model using an inter-sectorial data integration process indicates that reducing *Campylobacter* cross-contamination at slaughter mitigates the risk of human campylobacteriosis effectively. *Microbial Risk Analysis*. 23, 100248.
- Heuer, O.; Pedersen, K.; Andersen, J.; Madsen, M. (2001): Prevalence and antimicrobial susceptibility of thermophilic *Campylobacter* in organic and conventional broiler flocks. *Letters in Applied Microbiology*. 33, 269–274.
- Higham, L.E.; Scott, C.; Akehurst, K.; Dring, D.; Parnham, A.; Waterman, M.; Bright, A. (2018): Effects of financial incentives and cessation of thinning on prevalence of *Campylobacter*: a longitudinal monitoring study on commercial broiler farms in the UK. *Veterinary Record*. 183, 595–595.
- Hinkle, D.E.; Wiersma, W.; Jurs, S.G. (2003): Applied Statistics for the Behavioral Sciences; Houghton Mifflin: Boston, MA, USA; Volume 663.
- Høg, B.B.; Sommer, H.; Larsen, L.; Sørensen, A.; David, B.; Hofshagen, M.; Rosenquist, H. (2016): Farm specific risk factors for *Campylobacter* colonisation in Danish and Norwegian broilers. *Preventive Veterinary Medicine*. 130, 137–145.
- Humphrey, T.; O'Brien, S.; Madsen, M. (2007): Campylobacters as zoonotic pathogens: A food production perspective. *International Journal of Food Microbiology*., 117, 237–257.

- ISO (2017) ISO 10272-2: 2017. Microbiology of the food chain--Horizontal method for detection and enumeration of *Campylobacter* spp.--Part 2: Colony-count technique.
- Izat, A.; Gardner, F.; Denton, J.; Golan, F. (1988): Incidence and Level of *Campylobacter jejuni* in Broiler Processing. *Poultry Science*. 67, 1568–1572.
- Jacobs-Reitsma, W.; Bolder, N.; Mulder, R. (1994): Cecal Carriage of *Campylobacter* and *Salmonella* in Dutch Broiler Flocks at Slaughter: A One-Year Study. *Poultry Science*. 73, 1260–1266.
- Kapperud, G.; Skjerve, E.; Vik, L.; Hauge, K.; Lysaker, A.; Aalmen, I.; Ostroff, S.M.; Potter, M. (1993): Epidemiological investigation of risk factors for *Campylobacter* colonization in Norwegian broiler flocks. *Epidemiology & Infection*. 111, 245–256.
- Kostoglou, D.; Simoni, M.; Vafeiadis, G.; Kaftantzis N-M.; Giaouris, E. (2023): Prevalence of *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp., and *Listeria monocytogenes*, and Population Levels of Food Safety Indicator Microorganisms in Retail Raw Chicken Meat and Ready-To-Eat Fresh Leafy Greens Salads Sold in Greece. *Foods*, 12, 4502.
- Lindqvist, R.; Cha, W.; Dryselius, R.; Lahti, E. (2022): The temporal pattern and relationship of *Campylobacter* prevalence in broiler slaughter batches and human campylobacteriosis cases in Sweden 2009–2019. *International Journal of Food Microbiology*, 378, 109823.
- RKI - Robert Koch-Institut (2017): Epidemiologisches Bulletin 44/2017; Berlin, Germany. doi:<http://dx.doi.org/10.25646/4832>.
- RKI - Robert Koch-Institut (2019): Infektionsepidemiologisches Jahrbuch Meldepflichtiger Krankheiten für 2018; Berlin, Germany.
- RKI - Robert Koch-Institut (2021): Infektionsepidemiologisches Jahrbuch meldepflichtiger Krankheiten für 2020.: Berlin, Germany.
- RKI - Robert Koch-Institut (2023): SurvStat@RKI 2.0. Available online: <https://survstat.rki.de>, Abruf 16. Februar 2024.
- Rosenquist, H.; Nielsen, N.L.; Sommer, H.M.; Nørrung, B.; Christensen, B.B. (2003): Quantitative risk assessment of human campylobacteriosis associated with thermophilic *Campylobacter* species in chickens. *International Journal of Food Microbiology*, 83, 87-103.
- Rosenquist, H.; Sommer, H.M.; Nielsen, N.L.; Christensen, B.B. (2006): The effect of slaughter operations on the contamination of chicken carcasses with thermotolerant *Campylobacter*. *International Journal of Food Microbiology*. 108, 226–232.
- Rosenquist, H.; Boysen, L.; Krogh, A.L.; Jensen, A.N.; Nauta, M. (2013): *Campylobacter* contamination and the relative risk of illness from organic broiler meat in comparison with conventional broiler meat. *International Journal of Food Microbiology*. 162, 226–230.
- Scherer, K.; Bartelt, E.; Sommerfeld, C.; Hildebrandt, G. (2006): Quantification of *Campylobacter* on the Surface and in the Muscle of Chicken Legs at Retail. *Journal of Food Protection*. 69, 757–761.
- Tedersoo, T.; Roasto, M.; Mäesaar, M.; Kisand, V.; Ivanova, M.; Meremäe, K. (2022): The prevalence, counts, and MLST genotypes of *Campylobacter* in poultry meat and genomic comparison with clinical isolates. *Poultry Science*, 101, 101703.
- Wedderkopp, A.; Gradel, K.; Jørgensen, J.; Madsen, M. (2001): Pre-harvest surveillance of *Campylobacter* and *Salmonella* in Danish broiler flocks: A 2-year study. *International Journal of Food Microbiology*. 68, 53–59.

7. Veröffentlichungen

7.1 Veröffentlichte und eingereichte Fachpublikationen

Nolte, T.; Spieß, F.; Jacobs, A.-K.; Kemper, N.; Visscher, C. (2024): Process Hygiene Criterion for *Campylobacter* and Number of *Campylobacter* Enteritis Cases in Northwest Germany. *Foods*. 16. Januar 2024; 13(2): 281. <https://doi.org/10.3390/foods13020281>

Nolte, T.; Spieß, F.; Jacobs, A.-K.; Kemper, N.; Visscher, C. (2024): Assessing concordance between *Campylobacter* prevalence in broilers and human cases before and during the COVID-19 pandemic in Lower Saxony, Germany, considering fresh chicken meat consumption patterns. *Frontiers in Veterinary Science*. Eingereicht am 27. Februar 2024.

7.2 Fachbeiträge auf Fachkonferenzen

Vortrag am 25.05.2023 auf dem 104. DVG Fachgespräch über Geflügelkrankheiten in Hannover: Prozesshygienekriterium für *Campylobacter* und Fallzahlen beim Menschen zu Zeiten der COVID-19-Pandemie.

Anhang A

Tabelle A1. Anteil (in %) für jede Kategorie (C1-C3) der Halshautproben von Masthähnchen-Schlachtkörpern aller Schlachtlinien gemäß PHC für *Campylobacter* spp. pro Zeitraum im Jahr 2018. Kategorie 1 (C1): 0-99 Koloniebildende Einheiten (KBE/g), Kategorie 2 (C2): 100-999 KBE/g, und Kategorie 3 (C3): >1.000 KBE/g.

Zeitraum	C1	C2	C3
1	94,74 ^E ± 22,94	0,00 ^A ± 0,00	5,26 ^{AB} ± 22,94
2	75,65 ^{DE} ± 41,76	15,65 ^{AB} ± 34,62	8,70 ^{ABC} ± 28,81
3	78,18 ^{DE} ± 39,96	21,82 ^{ABCD} ± 39,96	0,00 ^A ± 0,00
4	75,00 ^{DE} ± 44,23	15,00 ^{AB} ± 35,02	10,00 ^{ABC} ± 28,89
5	69,17 ^{CDE} ± 44,13	19,44 ^{ABC} ± 35,98	11,39 ^{ABC} ± 28,59
6	26,09 ^A ± 38,35	35,65 ^{BCD} ± 36,67	38,26 ^D ± 40,41
7	22,50 ^A ± 36,50	38,75 ^{CD} ± 34,93	38,75 ^D ± 39,16
8	41,82 ^{AB} ± 46,56	30,00 ^{BCD} ± 38,91	28,18 ^{CD} ± 38,87
9	43,64 ^{AB} ± 46,04	28,18 ^{BCD} ± 35,27	28,18 ^{CD} ± 38,38
10	32,17 ^A ± 43,38	42,61 ^D ± 39,22	25,22 ^{BCD} ± 36,29
11	44,17 ^{AB} ± 47,54	33,33 ^{BCD} ± 40,29	22,50 ^{BCD} ± 37,45
12	46,96 ^{ABC} ± 47,71	32,17 ^{BCD} ± 39,88	20,87 ^{BCD} ± 36,92
13	65,45 ^{BCD} ± 46,67	22,73 ^{BCD} ± 39,18	11,82 ^{ABC} ± 31,26

^{A,B} Innerhalb einer Spalte weisen unterschiedliche Großbuchstaben auf signifikante Unterschiede hin ($p < 0,05$).

Tabelle A2. Anteil (in %) für jede Kategorie (C1-C3) der Halshautproben von Masthähnchen-Schlachtkörpern aller Schlachtlinien gemäß PHC für *Campylobacter* spp. pro Zeitraum im Jahr 2019. Kategorie 1 (C1): 0-99 Koloniebildende Einheiten (KBE/g), Kategorie 2 (C2): 100-999 KBE/g, und Kategorie 3 (C3): >1.000 KBE/g

Zeitraum	C1	C2	C3
1	65,83 ^{DE} ± 47,72	21,67 ^A ± 41,25	12,50 ^{AB} ± 33,78
2	73,91 ^{DE} ± 44,90	16,81 ^A ± 35,89	9,28 ^{AB} ± 26,57
3	79,17 ^E ± 41,49	20,00 ^A ± 40,00	0,83 ^A ± 4,08
4	75,00 ^{DE} ± 44,23	20,00 ^A ± 38,67	5,00 ^A ± 17,94
5	65,83 ^{DE} ± 47,72	25,00 ^A ± 40,97	9,17 ^{AB} ± 25,69
6	39,05 ^{ABC} ± 45,38	38,10 ^{ABC} ± 37,37	22,86 ^{BC} ± 31,80
7	14,78 ^A ± 27,11	60,87 ^C ± 33,29	24,35 ^{BC} ± 28,89
8	29,17 ^{AB} ± 40,85	31,25 ^{AB} ± 35,05	39,58 ^C ± 38,95
9	39,09 ^{ABC} ± 43,41	36,36 ^{AB} ± 39,83	24,55 ^{BC} ± 39,00
10	34,78 ^{ABC} ± 46,01	50,43 ^{BC} ± 39,94	14,78 ^{AB} ± 21,92
11	50,00 ^{BCD} ± 47,31	39,39 ^{ABC} ± 41,81	10,61 ^{AB} ± 24,92
12	54,17 ^{BCDE} ± 45,48	35,00 ^{AB} ± 41,39	10,83 ^{AB} ± 28,27
13	57,39 ^{CDE} ± 47,60	27,83 ^{AB} ± 40,33	14,78 ^{AB} ± 32,60

^{A,B} Innerhalb einer Spalte weisen unterschiedliche Großbuchstaben auf signifikante Unterschiede hin ($p < 0,05$).

Tabelle A3. Anteil (in %) für jede Kategorie (C1-C3) der Halshautproben von Masthähnchen-Schlachtkörpern aller Schlachtlinien gemäß PHC für *Campylobacter* spp. pro Zeitraum im Jahr 2020. Kategorie 1 (C1): 0-99 Koloniebildende Einheiten (KBE/g), Kategorie 2 (C2): 100-999 KBE/g, und Kategorie 3 (C3): >1.000 KBE/g

Zeitraum	C1	C2	C3
1	72,17 ^D ± 42,95	20,00 ^{AB} ± 36,68	7,83 ^{ABC} ± 26,10
2	60,00 ^{CD} ± 49,36	18,26 ^A ± 38,57	21,74 ^{CDE} ± 42,17
3	68,42 ^D ± 47,76	17,89 ^A ± 37,65	13,68 ^{ABCDE} ± 33,37
4	82,61 ^D ± 38,76	17,39 ^A ± 38,76	0,00 ^A ± 0,00
5	66,09 ^D ± 44,08	24,35 ^{ABC} ± 38,59	9,57 ^{ABCD} ± 26,19
6	60,00 ^{CD} ± 47,18	26,67 ^{ABC} ± 38,52	13,33 ^{ABCDE} ± 28,08
7	40,00 ^{ABC} ± 44,51	42,73 ^{CD} ± 39,66	17,27 ^{BCDE} ± 30,42
8	33,64 ^{AB} ± 45,10	41,82 ^{BCD} ± 40,43	24,55 ^{DE} ± 33,77
9	20,83 ^A ± 30,92	51,67 ^D ± 36,32	27,50 ^E ± 33,78
10	68,33 ^D ± 43,31	20,83 ^{ABC} ± 37,06	10,83 ^{ABCD} ± 27,65
11	58,26 ^{BCD} ± 44,28	27,83 ^{ABC} ± 39,88	13,91 ^{ABCDE} ± 28,56
12	62,50 ^{CD} ± 46,18	26,67 ^{ABC} ± 40,29	10,83 ^{ABCD} ± 25,01
13	80,87 ^D ± 38,37	17,39 ^A ± 35,32	1,74 ^{AB} ± 8,34

^{A,B} Innerhalb einer Spalte weisen unterschiedliche Großbuchstaben auf signifikante Unterschiede hin ($p < 0,05$).

Tabelle A4. Anteil (in %) für jede Kategorie (C1-C3) der Halshautproben von Masthähnchen-Schlachtkörpern aller Schlachtlinien gemäß PHC für *Campylobacter* spp. pro Zeitraum im Jahr 2021. Kategorie 1 (C1): 0-99 Koloniebildende Einheiten (KBE/g), Kategorie 2 (C2): 100-999 KBE/g, und Kategorie 3 (C3): >1.000 KBE/g

Zeitraum	C1	C2	C3
1	79,17 ^D ± 41,49	16,67 ^A ± 38,07	4,17 ^{ABC} ± 20,41
2	83,33 ^D ± 38,07	16,67 ^A ± 38,07	0,00 ^A ± 0,00
3	75,00 ^D ± 41,39	25,00 ^{ABC} ± 41,39	0,00 ^A ± 0,00
4	75,00 ^D ± 40,97	23,33 ^{AB} ± 39,42	1,67 ^{AB} ± 8,16
5	72,50 ^{CD} ± 40,78	21,67 ^{AB} ± 36,32	5,83 ^{ABC} ± 21,65
6	62,61 ^{BCD} ± 47,60	26,09 ^{ABC} ± 39,28	11,30 ^{ABCDE} ± 27,52
7	48,18 ^{ABC} ± 45,21	35,45 ^{ABC} ± 38,01	16,36 ^{CDE} ± 22,79
8	43,48 ^{AB} ± 42,92	46,96 ^C ± 38,90	9,57 ^{ABCDE} ± 21,63
9	35,65 ^A ± 42,62	42,61 ^{BC} ± 38,76	21,74 ^{DE} ± 28,87
10	36,67 ^A ± 41,56	41,67 ^{BC} ± 38,64	21,67 ^{DE} ± 32,26
11	45,22 ^{AB} ± 44,81	32,17 ^{ABC} ± 40,33	22,61 ^E ± 36,33
12	65,22 ^{BCD} ± 47,18	19,13 ^A ± 36,42	15,65 ^{BCDE} ± 35,14
13	73,91 ^D ± 44,90	18,26 ^A ± 38,57	7,83 ^{ABCD} ± 26,10

^{A,B,C,D} Innerhalb einer Spalte weisen unterschiedliche Großbuchstaben auf signifikante Unterschiede hin ($p < 0,05$).

Tabelle A5. Durchschnittlicher wöchentlicher privater Konsum von frischem Hähnchenfleisch (in Tonnen) in Niedersachsen für jeden Zeitraum von 2018 bis 2021 nach GfK (Gesellschaft für Konsumforschung).

Zeitraum	2018	2019	2020	2021
1	440,8 ^{BC} ± 35,2	378,3 ^{ABC} ± 72,2	503,1 ^{BC} ± 80,6	555,6 ^B ± 38,7
2	487,4 ^C ± 38,8	499,6 ^C ± 85,4	445,9 ^{ABC} ± 31,3	486,5 ^{AB} ± 62,4
3	374,2 ^{ABC} ± 23,0	456,9 ^{BC} ± 80,0	486,2 ^{ABC} ± 38,6	484,8 ^{AB} ± 28,6
4	370,2 ^{ABC} ± 134,4	420,4 ^{ABC} ± 34,7	486,9 ^{ABC} ± 99,8	458,7 ^{AB} ± 35,8
5	327,4 ^{ABC} ± 64,9	444,0 ^{BC} ± 43,5	484,3 ^{ABC} ± 33,0	515,7 ^{AB} ± 109,6
6	282,8 ^{AB} ± 61,7	329,0 ^{AB} ± 70,5	454,6 ^{ABC} ± 78,6	440,1 ^{AB} ± 63,8
7	349,2 ^{ABC} ± 112,8	315,8 ^{AB} ± 58,7	404,6 ^{AB} ± 50,2	374,2 ^A ± 19,9
8	244,6 ^A ± 60,7	274,1 ^A ± 54,3	338,1 ^A ± 42,0	353,9 ^A ± 15,6
9	342,1 ^{ABC} ± 21,6	391,7 ^{ABC} ± 39,7	406,3 ^{AB} ± 52,7	432,3 ^{AB} ± 121,5
10	262,1 ^A ± 56,9	408,2 ^{ABC} ± 71,4	380,4 ^{AB} ± 22,5	348,1 ^A ± 64,7
11	303,2 ^{AB} ± 38,4	353,4 ^{ABC} ± 114,9	407,7 ^{AB} ± 57,5	382,6 ^A ± 40,0
12	355,9 ^{ABC} ± 68,4	463,2 ^{BC} ± 70,2	573,5 ^C ± 93,3	383,6 ^A ± 36,2
13	443,6 ^{BC} ± 86,2	328,6 ^{AB} ± 42,5	522,5 ^{BC} ± 64,0	424,3 ^{AB} ± 119,3

^{A,B,C} Innerhalb einer Spalte weisen unterschiedliche Großbuchstaben auf signifikante Unterschiede hin ($p < 0,05$).