

**Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg**

**Fakultät Life Sciences**

Antibiotikaresistente Erreger in der ambulanten Pferdepraxis –  
Verbreitung von MRSA bei Pferden und Übertragungsrisiko für  
Kontaktpersonen

**Bachelorarbeit**

im Studiengang Gesundheitswissenschaften

vorgelegt von

**Julia Sophie Meyer**



**Erstgutachter:**

Dr. med. Dr. rer. nat. Michael Haufs (HAW Hamburg)

**Zweitgutachterin:**

Dr. med. vet. Christina K. Becker, PhD

(Tierärztliche Praxis für Pferde Dr. Christina Becker)

Hamburg, 09. Oktober 2023

## Abstract

**Hintergrund:** Infektionskrankheiten bilden weiterhin einen inhaltlichen Schwerpunkt des One Health-Konzeptes. Über 60 % aller humanpathogenen Erreger sind zoonotischen Ursprungs. Zu den Risikogruppen gehören insbesondere Personen, die beruflich oder privat engen Kontakt zu Tieren haben. Auch Antibiotikaresistenzen sind eine ernste globale Herausforderung und Public Health-Problematik. Aus der Humanmedizin sind MRSA hauptsächlich als nosokomiale Infektionserreger bekannt. MRSA wird zudem in der Bevölkerung und bei Nutztieren regelmäßig nachgewiesen. Ebenfalls in Kleintier- und Pferdekliniken ist die Besiedelung und Infektionen mit Erregern wie MRSA eine bekannte Problematik. Im Gegensatz dazu spielt MRSA in den ambulanten Pferdepraxen keine übergeordnete und präzente Rolle. Um die Verbreitung von antibiotika-resistenten Bakterien wie MRSA zu reduzieren, ist es notwendig alle möglichen Übertragungswege zu identifizieren und Maßnahmen sowie Präventionsstrategien zu entwickeln. Ziel dieser Arbeit ist es, einen Überblick über den Forschungsstand der letzten Jahre in Europa zu geben. **Methodik:** Als Methode wurde eine systematische Literaturrecherche in den Datenbanken PubMed und Scopus durchgeführt. Insgesamt wurden über 300 Literaturquellen auf Relevanz geprüft. Die Anzahl der eingeschlossenen Studien beläuft sich auf 30 Publikationen. Zusätzlich wurden die Ergebnisse bakteriologischer Untersuchungen einer ambulanten Pferdepraxis in Bezug auf MRSA ausgewertet. **Ergebnisse:** Geringe MRSA-Prävalenzen konnten sowohl in den Studien als auch in der Auswertung der Untersuchungsergebnisse ermittelt werden. Eine Übertragung von MRSA zwischen nicht-hospitalisierten Pferden und den Kontaktpersonen wurden mittels genetischer Analysen festgestellt. Außerdem konnten Menschen- und tierbezogene Risikofaktoren für eine Verbreitung und Übertragung von MRSA identifiziert und Handlungsempfehlungen in verschiedenen Bereichen erarbeitet werden.

**Schlüsselwörter:** One Health, Antibiotikaresistenzen, Zoonosen, Pferde, ambulante Pferdepraxis

## Inhaltsverzeichnis

Abstract .....	I
Inhaltsverzeichnis .....	II
Abbildungsverzeichnis .....	IV
Tabellenverzeichnis .....	V
Abkürzungsverzeichnis .....	VI
1. Einleitung .....	1
2. Hintergrund und Forschungsstand .....	4
2.1 One Health .....	4
2.2 Zoonosen .....	5
2.3 Antibiotikaresistente Erreger .....	6
2.4 MRSA .....	8
2.5 Erkenntnisinteresse und Forschungsfrage .....	12
3. Methodik .....	13
3.1 Systematische Literaturrecherche .....	13
3.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien .....	15
3.1.2 Literatursuche in PubMed und Scopus .....	16
3.2 Auswertung bakteriologischer Untersuchungen .....	20
4. Ergebnisse .....	22
4.1 Überblick Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche .....	22
4.2 Infektion mit MRSA bei Pferden .....	22
4.2.1 Auswertung bakteriologischer Untersuchungen .....	22
4.2.2 Prävalenz und Charakteristika der MRSA-Infektionen .....	23
4.3 Besiedelung mit MRSA bei Pferden .....	27

4.4 MRSA bei Kontaktpersonen.....	30
4.5 Übertragungen von MRSA.....	33
4.6 Risikofaktoren.....	37
4.6.1 Menschenbezogene Faktoren .....	37
4.6.2 Tierbezogene Faktoren .....	38
4.7 Handlungsempfehlungen.....	41
4.7.1 Veterinärmedizinischer Sektor .....	41
4.7.2 Präventionsmaßnahmen in der Pferdehaltung .....	44
4.7.3 Allgemeine Empfehlungen.....	46
4.7.4 Forschungsbedarf .....	48
5. Diskussion.....	50
6. Fazit und Ausblick .....	57
Literaturverzeichnis .....	59
Anhang.....	70
Anhang 1: Suchstring PubMed .....	70
Anhang 2: Übersicht der eingeschlossenen Studien und Reviews .....	71
Eidesstattliche Erklärung .....	80

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung des Suchprozesses im Flowchart.....	19
Abbildung 2: Handlungsfelder zur Reduktion der Verbreitung von MRSA und Übertragung zwischen Pferden und Kontaktpersonen (eigene Darstellung).....	54

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Identifikation der Suchbegriffe.....	14
Tabelle 2: Variablen, Ein- und Ausschlusskriterien (eigene Darstellung nach Kleibel & Mayer, 2011, S. 42 f, 143 ff).....	15
Tabelle 3: Übersicht der Anzahlen bakterieller Untersuchungen zur Auswertung.....	21

## Abkürzungsverzeichnis

AMR	antimikrobielle Resistenzen
BAL	Bronchioalveoläre Lavage
BGW	Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege
BTK	Bundestierärztekammer e.V.
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
CA-MRSA	Community-assoziierter MRSA
CC	klonaler Komplex
COPD	chronisch obstruktive Lungenerkrankung
DART	Deutsche Antibiotika-Resistenzstrategie
DVG	Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft
ECDC	European Centre for Disease Prevention and Control
EFSA	European Food Safety Authority
EMA	Europäische Arzneimittel-Agentur
ESBL-E	Extended spectrum betalactamase producing Enterobacteriaceae
FAO	Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen
FN	Deutsche Reiterliche Vereinigung e.V.
GPM	Gesellschaft für Pferdemedizin
HA-MRSA	Hospital-assoziierter MRSA
IfSG	Infektionsschutzgesetz
LA-MRSA	Livestock-assoziierter MRSA
mec	Methicillin-Resistenz-Determinante
MeSH	Medical Subject Headings
MLST	Multilocussequenz-Typisierung

## Abkürzungsverzeichnis

---

MRE	multiresistente Erreger
MRSA	Methicillin-resistenter <i>Staphylococcus aureus</i>
MRSE	Methicillin-resistenter <i>Staphylococcus epidermis</i>
MRSF	Methicillin-resistenter <i>Staphylococcus fleuretti</i>
MRSH	Methicillin-resistenter <i>Staphylococcus haemolyticus</i>
MSSA	Methicillin-empfindliche <i>Staphylococcus aureus</i>
OHHLEP	One Health High Level Expert Panel
OIE	Weltorganisation für Tiergesundheit
PBP	Penicillin-bindende Proteine
PFGE	Pulsfeldgelelektrophorese
RKI	Robert Koch-Institut
<i>S. aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
<i>spa</i> -Gen	<i>Staphylococcus aureus</i> Protein a -Gen
SCCmec	Staphylokokken-Kassettenchromosom mec
TBS	Tracheobronchialsekrete
TRBA	Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe
UNEP	Umweltprogramm der Vereinten Nationen
WGS	Whole-genome Sequenzierung (Sequenzierung des gesamten Genoms)
WHO	Weltgesundheitsorganisation

### 1. Einleitung

Antibiotikaresistenzen sind ein natürliches Phänomen und stellen laut Weltgesundheitsorganisation (WHO) eine ernste globale Public Health-Problematik und Herausforderung dar (WHO, 2015). Ungefähr 4,95 Millionen Todesfälle stehen allein im Jahr 2019 weltweit im Zusammenhang mit antimikrobiellen Resistenzen (AMR). Nach *Escherichia coli* stehen die meisten davon in Verbindung mit dem Bakterium *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) (Antimicrobial Resistance Collaborators, 2022). Gerade in Krankenhäusern gehören die sogenannten Methicillin-resistenten *Staphylococcus aureus* (MRSA) zu den am häufigsten nachgewiesenen resistenten Erregern (Wegner et al., 2013). Bei MRSA handelt es sich um bestimmte Stämme des Bakteriums *S. aureus*, welche resistent gegen die (Beta-Laktam-) Antibiotika sind, die üblicherweise bei Erregern dieser Art eingesetzt werden würden. Die Therapie einer MRSA-Infektion ist dementsprechend erschwert und es muss auf wenige wirksame Antibiotika mit einem erhöhtem Risiko auf Nebenwirkungen zurückgegriffen werden. MRSA-Infektionen kommen beim Menschen vermehrt bei stationären Behandlungen und nach operativen Eingriffen vor. Sie können aber auch außerhalb sowie durch infizierte Tiere hervorgerufen werden. Mit einer MRSA-Infektion können unter anderem septische Symptome und Fieber verbunden sein (Robert Koch-Institut (RKI), 2021). Die große und unsichtbare Gefahr liegt jedoch zusätzlich in der unbemerkten, symptomlosen Kolonisation, der Besiedelung und Vermehrung der Erreger zum Beispiel in Nase, Rachen und weiteren (Schleim-)Hautbereichen (Federspil et al., 2009). Demzufolge können MRSA innerhalb aber auch außerhalb der Krankenhäuser meist unbemerkt übertragen und weiterverbreitet werden. Die MRSA-Problematik beschränkt sich jedoch nicht nur auf die Humanmedizin. Antibiotikaresistenzen nehmen ebenso bei Tieren und somit im Bereich der Veterinärmedizin und Lebensmittelversorgung zu. Gerade durch die mögliche zoonotische Übertragung zwischen verschiedenen Spezies ist eine Zusammenarbeit der verschiedenen Fachbereiche essenziell. Im Sinne des One Health-Ansatzes

werden umfassende Datengrundlagen und eine Vernetzung in allen relevanten Bereichen (einschließlich Human- und Veterinärmedizin) benötigt, um geeignete Strategien entwickeln zu können (Bundesministerium für Gesundheit, 2023). Auch Pferde können als Träger für MRSA dienen und ein Risiko für die Ausbreitung dieser resistenten Bakterien darstellen. Laut Hochrechnungen der Deutschen Reiterlichen Vereinigung e.V. (FN) beläuft sich die Anzahl an Pferden in Deutschland auf ungefähr 1,3 Millionen (FN, 2023). Nicht nur in menschlichen Krankenhäusern, sondern auch in Pferdekliniken sind Besiedelungen und Infektionen mit MRSA bereits ein relevantes und bekanntes Problem (Cuny et al., 2015). Es existieren mehrere Studien und Reviews über MRSA Pferdekliniken. Wundheilungsstörungen, höhere Kosten und verlängerte Aufenthalte in den Kliniken werden durch die Infektion mit den multiresistenten Erregern (MRE) verursacht (Gehlen et al., 2020).

Um die Verbreitung von MRSA außerhalb der Pferdekliniken und das Risiko für die in der ambulanten Pferdemedizin tätigen Personen und weitere Kontaktpersonen einschätzen und Handlungsmaßnahmen ableiten zu können, ist die Untersuchung von MRSA bei nicht-hospitalisierten Pferden wichtig. Dementsprechend ist es sinnvoll und notwendig einen Überblick über die aktuellen Studienergebnisse zur Verbreitung von MRSA bei nicht-hospitalisierten Pferden und deren Kontaktpersonen zu erstellen. Eine solche Literaturübersicht ermöglicht den aktuellen Stand der Forschung zu MRSA außerhalb der Pferdekliniken erfassen, bestehende Erkenntnislücken identifizieren, Handlungsbedarf und -empfehlungen formulieren sowie weitere Fragestellungen für zukünftige Forschung aufwerfen zu können. Das Ziel dieser Bachelorthesis ist demnach die Analyse und Auswertung der aktuellen Erkenntnisse zu MRSA bei Pferden, der möglichen Risikofaktoren und Übertragung auf Kontaktpersonen sowie die Ableitung von Handlungsempfehlungen.

Zuerst werden die grundlegenden Begriffe und Konzepte erläutert, um die vorliegende Arbeit einordnen zu können. Anschließend wird die durchgeführte

Methodik der systematischen Literaturrecherche und ergänzenden Auswertung bakterieller Untersuchungsergebnisse vorgestellt. Im vierten Kapitel wird ein Überblick über die eingeschlossenen Studien gegeben, die zusätzliche Auswertung der bakteriellen Untersuchungen beschrieben sowie die Ergebnisse der Studien in Bezug auf Infektionen, Besiedelung und Übertragungen von MRSA bei Pferden und Kontaktpersonen dargestellt. Außerdem wird auf die ermittelten Risikofaktoren und Handlungsempfehlungen eingegangen. Im darauffolgenden Kapitel erfolgen eine kurze Zusammenfassung und Diskussion der zuvor dargestellten Ergebnisse und angewandten Methoden. Die Arbeit schließt mit den Schlussfolgerungen und der Beantwortung der Forschungsfrage sowie einem Ausblick ab.

## 2. Hintergrund und Forschungsstand

In diesem Kapitel werden Begriffe und Konzepte erläutert, um die theoretischen Grundlagen und den Forschungsstand nachvollziehen zu können. Außerdem wird auf das Erkenntnisinteresse und das Ziel dieser Arbeit sowie die im Folgenden behandelte Forschungsfrage hingeleitet.

### 2.1 One Health

Die WHO, die Weltorganisation für Tiergesundheit (OIE), die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) und das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) riefen im Mai 2021 das beratende Gremium One Health High Level Expert Panel (OHHLEP) ins Leben. Eine der ersten Amtshandlungen war die Erarbeitung einer einheitlichen Definition des Begriffes und Konzeptes One Health und dessen Grundsätze. Demnach vereint One Health die drei großen Komponenten Mensch, Tier und Umwelt in ihren gegenseitigen Wechselwirkungen und direkten oder indirekten Einflüssen aufeinander. Aufgrund der engen Verknüpfung dieser Bereiche ist eine Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen erforderlich, um die Förderung und den Erhalt der Gesundheit ebendieser Komponenten nachhaltig erreichen zu können. One Health befasst sich unter anderem mit gesellschaftspolitischen und sozioökologischen Aspekten sowie der Verantwortung der Menschheit zu einer umfassenden Verhaltensänderung und Lösungsentwicklung zum Wohle der jetzigen und zukünftigen Generationen. Hierbei sind die Ausgewogenheit und Gleichwertigkeit der einzelnen Fachgebiete von besonderer Bedeutung (OHHLEP et al., 2022). Neben der Wissenschaft erhält dieses Konzept auch auf weiteren Ebenen mehr Aufmerksamkeit und gewinnt zunehmend an Bedeutung. So hat auch die Bundesregierung zum Ziel, den One Health-Ansatz in politische Entscheidungen und Strategien national und international einfließen zu lassen. Beispiele sind die *Forschungsvereinbarung One Health* mehrerer Bundesministerien, die *nationale Forschungsplattform für Zoonosen*, das *Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz* der Bundesregierung sowie die *Deutsche*

*Antibiotika-Resistenzstrategie* (DART). Insgesamt wird die Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure sowohl innerhalb als auch außerhalb Deutschlands als unabdingbar angesehen und zukünftig verstärkt angestrebt (Verbeek et al., 2023). Ein inhaltlicher Schwerpunkt von One Health liegt weiterhin in dem Bereich der Infektionserkrankungen. Insbesondere Zoonosen und die global steigende Ausweitung Antiinfektiva-resistenter Erreger liegen im Fokus (Wieler, 2020).

### 2.2 Zoonosen

Als Zoonose wird eine Infektionskrankheit bezeichnet, die zwischen nicht-menschlichen Tieren (im Folgenden Tiere genannt) und Menschen übertragen werden kann. Aufgrund unserer engen Beziehung zu Tieren in der Landwirtschaft, als Haus- bzw. Begleittiere und in der natürlichen Umwelt, stellen Zoonosen weltweit ein wichtiges Problem der öffentlichen Gesundheit dar. Zoonoseerreger können bakterieller, viraler oder parasitärer Natur sein. Eine Übertragung ist durch direkten Kontakt zu infizierten Lebewesen sowie über Lebensmittel, Wasser oder die Umwelt auf den Menschen möglich (WHO, 2020). Insbesondere der weltweite Handel und Reisen sorgen für eine rasche globale Verbreitung von Zoonoseerregern. Aber auch der Klimawandel erhöht das Risiko. Durch das veränderte Klima (unter anderem der Temperaturanstieg) ist es auch weiteren tierischen Krankheitsüberträgern, wie Stechmücken und Zecken, möglich zu überleben und sich zu vermehren. Dies war zuvor, aufgrund der für viele Arten ungünstigen klimatischen Bedingungen, vielerorts nicht möglich. Die Zunahme des Anteils der älteren Bevölkerung im Zuge des Demografischen Wandels erhöht zudem die Anzahl an vulnerablen Menschen. Da spezifische Infektionen vor allem bei Personen vorkommen, welche ein geschwächtes Immunsystem haben, erhöht sich das Risiko dementsprechend zusätzlich (Wieler, 2020). Die enger werdende sozio-kulturelle Interaktion zwischen Menschen und (Begleit-) Tieren, wie Hunden, Katzen und Pferden, fördert die Übertragung von (zoonotischen) Erregern (Wieler et al., 2015). Mit über 60 % ist die Mehrzahl der Erregerarten, welche beim Menschen Krankheiten verursachen

können, zoonotischen Ursprungs. Von diesen Erregern sind 5 % Protozoen, 13 % Pilze, 19 % Viren und Prionen, 31 % Bakterien und 32 % parasitäre Erkrankungen. Die Zoonosen können über verschiedene Wege übertragen werden: mittels sogenannter Vektoren wie Mücken oder Zecken, über direkten Kontakt und am häufigsten über indirekten Kontakt. Vereinzelt sind Übertragungswege noch unbekannt (Taylor et al., 2001).

Personen, die in der Veterinärmedizin tätig sind, haben in ihrem beruflichen Alltag engen Kontakt zu erkrankten und gesund erscheinenden Tieren sowie deren Umgebung, Körperflüssigkeiten und Ausscheidungen. Neben der Gesunderhaltung und Behandlung von Tieren spielt in der Tiermedizin auch die menschliche Gesundheit und die Umwelt aufgrund der engen Verbindung eine große Rolle. So zählt die Erkennung und Kontrolle sogenannter Zoonosen ebenso zu den Aufgabenbereichen der Tiermedizin (Khillare & Bhave, 2018). Eine Untersuchung der Unfälle und Berufskrankheiten bei Beschäftigten in Tierarztpraxen mittels der an die Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW) gemeldeten Zahlen von 2007 bis 2011 verdeutlicht, dass Zoonosen ein relevantes gesundheitliches Risiko für diese Berufsgruppe darstellen. Zudem wird angemerkt, dass mit einer Dunkelziffer gerechnet werden muss, da möglicherweise nicht alle Krankheitsfälle als vom Tier übertragen erkannt und gemeldet wurden (Kozak et al., 2012).

### 2.3 Antibiotikaresistente Erreger

Infektionserkrankungen werden zumeist antimikrobiell behandelt. Man unterscheidet zwischen Mitteln gegen Viren (Virustatika), Pilze (Antimykotika), Parasiten (Antiparasitika), Würmern (Anthelminthika) und Bakterien (Antibiotika). Die Wirkung kann für den jeweiligen Erreger entweder tödlich sein oder dessen weitere Vermehrung aufhalten (Dierich & Fille, 2020). Bei dem natürlichen Phänomen der Antibiotikaresistenzen kann es sich um eine primäre oder eine sekundäre Resistenz handeln. Die primäre Resistenz ist von Natur aus vorhanden und beschreibt die generelle Resistenz eines Bakteriums gegen bestimmte Antibiotika aufgrund der genetischen Gegebenheiten. Mit dem Begriff der

## 2. Hintergrund und Forschungsstand

---

sekundären Resistenz werden erworbene Resistenzen beschrieben. Diese entstehen durch die Übertragung von Resistenzgenen und Mutationen aufgrund von Selektionsprozessen (Ziesing & Fille, 2020). Laut der WHO ist das Bewusstsein und Wissen bezüglich Antibiotikaresistenzen weltweit als gering einzuschätzen. Antimikrobielle Medikamente werden in vielen Ländern weiterhin rezeptfrei verkauft, unsachgemäß eingesetzt und/oder der Gebrauch nicht überwacht. Diese und andere Faktoren in Kombination begünstigen die weitere Entstehung und Verbreitung von antibiotikaresistenten Erregern. Durch Reisen und globalen Handel werden diese resistenten Mikroorganismen über die Ländergrenzen hinweg und weltweit verbreitet (WHO, 2015). Die Anwendung eines Antibiotikums verringert die Zahl der sensiblen Bakterien und die resistenten Bakterien können sich besser und stärker vermehren. Somit steigt das Risiko für die Entwicklung einer Resistenz bei häufigem Antibiotikaeinsatz (Ziesing & Fille, 2020). Laut des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) ist die Abgabemenge von Antibiotika in der Veterinärmedizin seit 2011 um fast 60 % gesunken. In Bezug auf den Einsatz der Antibiotika-Gruppen der Fluorchinolone und Makrolide konnte von 2019 auf 2020 jedoch ein Anstieg der Abgaben ermittelt werden. Im Jahr 2020 wurden Penicilline als die am häufigsten abgegebenen Antibiotika identifiziert (BVL, 2021). Nach der Verordnung über tierärztliche Hausapotheken TÄHAV § 12 b – Umwidmungsverbot und § 12 c – AntibioGrammpflicht sind Pferde zwar von dem Umwidmungsverbot ausgenommen, im Falle einer Behandlung mit einem umgewidmeten Antibiotikum oder der Anwendung von Fluorchinolonen und Cephalosporinen (dritte und vierte Generation) gilt jedoch bereits eine Pflicht zur Erstellung eines AntibioGrammes (Bundestierärztekammer e.V. (BTK), 2018).

In Bezug auf die Resistenzmechanismen kann zwischen verschiedenen Arten unterschieden werden. Möglich ist beispielsweise eine Veränderung des Zielmoleküls, sodass eine Bindung zum angewandten Antibiotikum erschwert ist und dies dementsprechend keine Wirkung mehr zeigen kann. Ein Beispiel sind modifizierte Penicillin-bindende Proteine (PBP). Bei MRSA sind PBP2A vorhanden,

welche für die Resistenz gegen Antibiotika wie Methicillin und Penicillin verantwortlich sind (Ziesing & Fille, 2020).

### 2.4 MRSA

*Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) ist ein grampositives Bakterium, welches bei 20 bis 50 % der gesunden Menschen auf Haut und Schleimhäuten vorkommt. Eine *S. aureus*-Kolonisation hat nicht gezwungenermaßen eine Erkrankung zur Folge. *S. aureus* ist jedoch gleichzeitig einer der häufigsten bakteriellen Infektionserreger. Er kann verschiedene Krankheiten verursachen, wie oberflächliche oder invasive eitrige (Haut-) Infektionen. *S. aureus* ist jedoch auch ursächlich für 30 % aller Sepsis-Fälle verantwortlich. Diese Entzündungen des Körpers inklusive der Organe können eine Lebensbedrohung darstellen. *S. aureus* wird in der Regel als Schmierinfektion übertragen. Besteht bereits eine Besiedelung mit diesem Bakterium und es kommt zum Beispiel zu einem geschwächten Immunsystem, einer Verletzung, Operation oder teils lediglich dem Legen eines Venenkatheters, kann eine Infektion auch endogen von der eigenen (Schleim-) Haut erfolgen. *S. aureus* verfügen zudem über eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse, wie zum Beispiel Hitze. Auch ohne Wirt können diese Bakterien in der Umgebung und in Staub monatelang überleben. Außerdem kann bei *S. aureus* vielfach eine Widerstandsfähigkeit gegenüber antibiotischen Medikamenten auftreten. So auch bei den Methicillin-resistenten *S. aureus* - Stämmen (MRSA). Sie können neben den Beta-Laktam-Antibiotika, wie Penicilline, Cephalosporine und Carbapeneme, auch Resistenzen gegen weitere Antibiotikaklassen aufweisen (Gatermann, 2020). Die ursprünglichen PBP, welche in der genetischen Information des Zellkerns von *S. aureus* enthalten sind, haben eine höhere Fähigkeit an Beta-Lactam-Antibiotika zu binden (Bindungsaffinität) als PBP2a. Die Resistenz gegen Beta-Lactam-Antibiotika wird bei MRSA durch eine Kombination aus verringerter Penicillin-Bindungsaffinität und erhöhter Produktion von PBP2a verursacht (Harkins et al., 2017).

## 2. Hintergrund und Forschungsstand

---

Begrifflich von MRSA abzugrenzen sind Methicillin-empfindliche *Staphylococcus aureus* (MSSA), welche keine Resistenz gegenüber Beta-Laktam-Antibiotika aufweisen. Die Methicillin-Resistenz-Determinante (*mec*) ist verantwortlich für das Resistenzverhalten von MRSA-Stämmen. MRSA unterscheidet sich zu MSSA, da MRSA über das sogenannte Staphylokokken-Kassettenchromosom *mec* (SCC*mec*) verfügt (RKI, 2016). Im Rahmen von genetischen Analysen können die verschiedenen Stämme (Pulsotypen) mittels Pulsfeldgelelektrophorese (PFGE) und die Zuordnung zu den klonalen Komplexen (CC) und klonalen Linien mithilfe der Multilocussequenz-Typisierung (MLST) bestimmt werden. Das *spa*-Gen (*Staphylococcus aureus* protein a) ist für die Kodierung des Protein A der MRSA zuständig. Die einzelnen MRSA-Stämme können durch die Identifizierung von *spa*-Typen weiter differenziert werden (Albert et al., 2023; RKI, 2016). MRSA-Stämme, welche überwiegend aus dem Kontext Krankenhaus oder medizinischen Einrichtungen bekannt sind, werden als Hospital-assoziierte MRSA (HA-MRSA) bezeichnet. Im Gegensatz dazu findet die Verbreitung der sogenannten Community-assoziierten MRSA (CA-MRSA) innerhalb der Gesellschaft beziehungsweise explizit außerhalb von Gesundheitseinrichtungen statt. Im Zusammenhang mit Nutztieren werden wiederum andere MRSA-Stämme nachgewiesen. Diese Livestock-assoziierten (LA-MRSA) gehören dem CC398 an (RKI, 2013).

Auf europäischer Ebene läuft das Monitoring für MRSA im Gegensatz zu anderen Bakterien auf freiwilliger Basis (European Food Safety Authority (EFSA) & European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC), 2022). In Deutschland unterliegt der direkte Nachweis von MRSA aus Blut oder Liquor nach IfSG (Infektionsschutzgesetz) § 7 Absatz 1 Nr. 52 a) der Meldepflicht. Im Jahr 2020 wurden 1126 Fälle einer invasiven-MRSA-Infektion namentlich von Laboren an das Gesundheitsamt gemeldet. 97 % der Personen, bei denen eine Angabe zur Hospitalisierung vorhanden ist, wurden im Krankenhaus behandelt. Zudem wurden 59 Verstorbene gemeldet (RKI, 2021). Gerade die Todeszahlen sind vermutlich unterschätzt, da MRSA-Infektionen häufig mit anderen Grunderkrankungen einhergehen, wodurch die genaue Todesursache häufig

## 2. Hintergrund und Forschungsstand

---

nicht eindeutig bestimmt werden kann. Auch die COVID-19-Pandemie scheint - durch aufgeschobene chirurgische Eingriffe, verstärkte Hygienemaßnahmen und begrenzte Aufnahmen von PatientInnen - geringere Zahlen in Bezug auf MRSA-Infektionen bewirkt zu haben (RKI, 2021). Im Jahr 2023 sind in den ersten 22 Wochen des Jahres sind 492 Fälle einer invasiven MRSA-Infektion gemeldet worden. Dies sind im Vergleich bereits 50 Fälle mehr als zur selben Zeitspanne des Vorjahres (RKI, 2023).

Neben einer kurzzeitigen Kolonisation, ist auch eine erneute Rekolonisation sowie eine langzeitige Besiedelung mit MRSA möglich (Rodrigues et al., 2018). In einer Studie aus 2014 in Braunschweig waren 21,9 % der nicht-hospitalisierten Teilnehmenden nasal mit *Staphylococcus aureus* kolonisiert. Bei 1,3 % davon handelte es sich um MRSA. Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit den Resultaten weiterer europäischer Studien (Mehraj et al., 2014, S. 4 ff). Die Besiedelung der deutschen Bevölkerung mit MRSA außerhalb der Krankenhäuser liegt laut weiterer Studien insgesamt bei 1 bis 1,5 %. Bei der Ausdifferenzierung der MRSA-Linien dieser Fälle sind in Bezug auf CC398-MRSA, welche vermehrt bei Nutztieren nachgewiesen werden, regionale Unterschiede zu verzeichnen. So liegt die Prävalenz der Besiedelung mit der MRSA-Sublinie CC398 in Orten mit einer hohen Dichte an Nutztierbetrieben bei ungefähr 30 %, im Rest des Landes hingegen bei ca. 5 % (Idelevich et al., 2016). In einer weiteren Erhebung wies der Großteil der Menschen mit CC398-MRSA-Kolonisierung oder Infektion eine berufliche Exposition zu Nutztieren auf. Unter diesen befanden sich Personen, welche in der Schlachtereier tätig sind, als TierärztInnen arbeiten und am häufigsten waren Menschen aus der Nutztierhaltung vertreten. Die restlichen 38 % der MRSA-CC398-positiven PatientInnen gaben an, keinen direkten Kontakt zu Nutztieren zu haben. Ein Teil dieser lebte jedoch auf oder in der unmittelbaren Nachbarschaft zu Schweine- oder Geflügelbetrieben. Bei den übrigen wurden keine oder andere Risikofaktoren ermittelt, wie ein Krankenhausaufenthalt oder vorheriger Kontakt zu MRSA-positiven Menschen (Deiters et al., 2015). Dies zeigt, dass sich die LA-MRSA ebenso unabhängig von einer direkten Nutztierexposition

## 2. Hintergrund und Forschungsstand

---

und somit sowohl zwischen Tieren und Menschen als auch weiter von Mensch zu Mensch übertragen können.

MRSA-Infektionen bei Pferden können ebenso von geringgradigen oberflächlichen Infektionen bis zu lebensbedrohlichen Zuständen reichen. Zu einer Sepsis kommt es bei Pferden jedoch nur in selteneren Fällen. Häufiger ist ein Nachweis von MRSA unter anderem bei Infektionen der Haut, Nasennebenhöhlen, Lunge, Gebärmutter, des Auges und nach Eingriffen, wie das Legen eines Venenkatheters oder bei Operationswunden (Heller & Hughes, 2013). Auch die Besiedlung von Pferden mit MRSA stellt ein Problem dar (Khairullah et al., 2022).

Im Anhang 1 der Technischen Regel für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 260 „Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in der Veterinärmedizin und bei vergleichbaren Tätigkeiten“ werden relevante Zoonosen tabellarisch dargestellt. Bei den bakteriellen Erkrankungen werden MRSA explizit unter den Infektionen mit multiresistenten Infektionserregern aufgeführt. Weltweit konnten MRSA-Prävalenzen von 0 % bis 50 % für tierärztliches und -pflegerisches Personal ermittelt werden (Crespo-Piazuelo & Lawlor, 2021). Die Prävalenz einer MRSA-Kolonisation bei Personen in der Pferdemedizin in Deutschland liegt laut Cuny et al. (2015) bei 19,2 %. Die MRSA-Problematik bei Pferden ist jedoch nicht nur auf die Pferdekliniken begrenzt. In den drei ambulanten Pferdepraxen, welche neben den Pferdekliniken ebenfalls getestet wurden, waren zwischen 3,3 % und 25 % der dort tätigen Personen mit MRSA kolonisiert (Cuny et al., 2015). Infektionen und Besiedelungen mit MRE sind in der Pferdepraxis im Gegensatz zur Klinik nicht gleichermaßen präsent. Jedoch treten diese mittlerweile auch steigend häufiger im Praxiskontext auf (Gehlen et al., 2020). Zudem sind vorhandene Empfehlungen zur Hygiene und Infektionsprävention, wie der Hygienemanagement-Leitfaden (2020) der Gesellschaft für Pferdemedizin (GPM) häufig überwiegend im Klinikkontext umsetzbar (GPM, 2019). Gerade in der Tätigkeit der ambulanten Praxen, welche mobil zu den einzelnen Höfen unterwegs sind, können empfohlene

Hygienemaßnahmen nicht ausreichend umgesetzt werden. Dies fand eine aktuelle Studie aus Finnland heraus. Gründe hierfür können Zeitdruck und nicht vorhandene Waschmöglichkeiten sein, welche selten bis gar nicht durch die Desinfektion der Hände ersetzt werden (Verkola et al., 2021).

### 2.5 Erkenntnisinteresse und Forschungsfrage

Die Verbreitung von MRSA stellt somit ein weit verbreitetes Problem sowohl in der Human- als auch in der Veterinärmedizin dar (Silva et al., 2022). Laut der Europäischen Arzneimittel-Agentur (EMA) besteht besonders Forschungsbedarf in Bezug auf die Übertragungswege und Risikofaktoren für die Transmission von Antibiotikaresistenzen zwischen Menschen und Haus- und Nutztieren (EMA, 2015). Die Untersuchung von MRSA bei nicht-hospitalisierten Pferden ist relevant, da Pferde als Wirtstiere für MRSA dienen können und die Ausbreitung dieser bakteriellen Infektion ein Risiko für die Gesundheit von Mensch und Tier darstellt. Die Erstellung einer Literaturübersicht ermöglicht, den aktuellen Stand der Forschung zu diesem Thema zu erfassen, bestehende Erkenntnislücken zu identifizieren und möglicherweise neue Fragestellungen für zukünftige Forschung aufzuwerfen. Aus diesen Gründen setzt sich die vorliegende Arbeit mit folgender Fragestellung auseinander:

Inwiefern sind aktuelle Untersuchungen zu MRSA bei nicht-hospitalisierten Pferden und deren Kontaktpersonen in Europa vorhanden und welche Erkenntnisse, Risikofaktoren und Handlungsempfehlungen lassen sich daraus ableiten?

Zur Beantwortung der Forschungsfrage ist eine sorgfältig geplante Vorgehensweise erforderlich. Das nachfolgende Kapitel beschreibt den hierfür durchlaufenen Prozess.

### 3. Methodik

Die Fragestellung der Arbeit ist in diesem Fall breiter gefasst und allgemeiner formuliert, da Literatur für eine Übersichtsarbeit gesucht und gefunden werden soll. Hierfür wurde das systematische Literaturreview als Methode gewählt, um einen Überblick über die bereits vorhandene Literatur zu erlangen und diese kategorienbasiert auswerten zu können. Die Literaturrecherche hat zum Ziel eine Übersicht und Darstellung des aktuellen Wissensstandes systematisch zu erarbeiten (Kleibel & Mayer, 2011). Ergänzend wurden die Ergebnisse bakterieller Untersuchungen einer ambulanten Pferdepraxis ausgewertet. Im Folgenden werden die methodischen Vorgehensweisen näher erläutert.

#### 3.1 Systematische Literaturrecherche

Das Vorgehen der systematischen Literaturrecherche orientiert sich an dem Prozess der Literatursuche nach Kleibel und Mayer (2011). Dieser ist in drei Phasen eingeteilt. Im Rahmen der ersten Phase wurde nach der Festlegung des Themenbereiches eine erste unsystematische Grobrecherche durchgeführt und in die Thematiken eingeleitet. Darauffolgend wurde der Forschungsgegenstand sowie das konkrete Ziel der Arbeit eingegrenzt und erste Forschungsfragen formuliert. Außerdem konnten bereits erste Suchbegriffe für die systematische Recherche identifiziert werden (Kleibel & Mayer, 2011).

Die zweite Phase des Prozesses bestand aus der Durchführung der systematischen Recherche für die Arbeit. Als Suchinstrument wurde sich für die Recherche in Fachdatenbanken entschieden, da in diesen ein Großteil der aktuellen Forschungsliteratur zu bestimmten Themengebieten zusammenläuft. Die verwendeten Datenbanken sind PubMed und Scopus. Unter anderem konnten anhand der Ergebnisse der Grobrecherche passende Suchbegriffe und Synonyme für die Erstellung des finalen Suchstrings gesammelt werden. Um dem Ziel dieser Arbeit gerecht zu werden, ist eine breitere sogenannte sensitive Suchstrategie anzuwenden. Die Anzahl der Suchtreffer und somit des Aufwandes der Relevanzprüfung wird dadurch erhöht. Die sensitive Suche verringert jedoch

### 3. Methodik

---

die Wahrscheinlichkeit, dass mögliche relevante Suchergebnisse nicht eingeschlossen werden (Kleibel & Mayer, 2011). Nach der Grobrecherche und das Einlesen in die Thematik konnten passende Suchbegriffe für die systematische Recherche gewählt werden. Diese sind in Tabelle 1 aufgeführt. Hierbei wurde beispielsweise auf die Phrase „companion animals“ gestoßen, bei der einige Publikationen Pferde miteinschließen. Die Suchbegriffe wurden zudem mittels der Operatoren „AND“, „OR“ und „NOT“ verknüpft. Phrasen aus mehreren Wörtern, welche zusammen einen Suchbegriff bilden sollen, werden mit Anführungszeichen umrahmt. Außerdem wird die Endtrunkierung „\*“ verwendet, damit alle relevanten Worte trotz abweichender Wortendung in die Ergebnisse einfließen. Anhand der Anzahl und Titel der Suchergebnisse konnten weitere Begriffe in den Suchstring aufgenommen oder ausgeschlossen werden (Kleibel & Mayer, 2011). Anschließend wurden die gesamten gefundenen Literaturquellen systematisch auf inhaltliche Relevanz für die Beantwortung der Forschungsfragen dieser Arbeit geprüft. Die verwendeten Ein- und Ausschlusskriterien sowie das Vorgehen werden in Kapitel 3.1.3 näher erläutert und dargestellt. Das Endprodukt dieses Schrittes ist die Auswahl der Literaturquellen, welche in die Ergebnisse dieser Arbeit eingeschlossen werden (Kleibel & Mayer, 2011).

*Tabelle 1: Identifikation der Suchbegriffe*

Population	"equine veterinar*" OR "horse veterinar*" OR horse* OR equine OR "equine community" OR "companion animals" OR "farm animals"
Issue	mrsa OR methicillin-resistant staphylococc* aureus OR zoonotic multidrug-resistan*
Outcome	"risk factors" OR prevalence OR carriage OR "nasal cavity" OR transmission OR prevention

### 3. Methodik

---

In der dritten und letzten Phase werden die finalen Publikationen gelesen, analysiert und bewertet. Die jeweiligen Daten der Literaturquellen wurden in Microsoft Excel übersichtlich zusammengefasst und kategorisiert. Die Literaturrecherche wurde zudem durch eine „per Hand Suche“ ergänzt.

#### 3.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Anhand der zuvor durchgeführten Recherche und der erarbeiteten Forschungsfrage konnten konkrete Ein- und Ausschlusskriterien formuliert werden, um für diese Arbeit relevante von nicht-relevanten Publikationen zu differenzieren. Die Ein- und Ausschlusskriterien sind übersichtlich in Tabelle 2 aufgeführt. Die Suchergebnisse wurden auf die Sprachen deutsch und englisch beschränkt. Außerdem wurde die Zeitspanne auf 2012 bis 2023 eingegrenzt, damit die letzten zehn Jahre vollständig in diese Übersicht eingeschlossen werden. Studien, welche 2012 publiziert, aber bereits vor 2010 beendet waren, werden jedoch ausgeschlossen.

*Tabelle 2: Variablen, Ein- und Ausschlusskriterien (eigene Darstellung nach Kleibel & Mayer, 2011, S. 42 f, 143 ff)*

<b>Variablen</b>	<b>Einschlusskriterien</b>	<b>Ausschlusskriterien</b>
Population	Pferde und/ oder deren Kontaktpersonen	andere Tierarten Menschen ohne Pferdekontakt, Pferdefleisch
Wirkungsvariable (Issue, Intervention)	Vorhandensein, Ursachen, Risikofaktoren, Übertragung	-
Control, Comparison	(ggf. MSSA)	-

### 3. Methodik

---

Ergebnisvariablen (abhängige Variablen)	MRSA; Prävalenzen, Verbreitung, Übertragung	Andere Erreger
Publikationsart	Epidemiologische Studien, Querschnitts- und Längsschnittstudien, Reviews, etc.	graue Literatur, Kommentare, kein Volltext- Zugriff möglich
Setting	(Bauern-) Höfe, Pferdeställe u.ä., ggf. bei Eintritt in Pferdeklinik	Ausschließlich innerhalb von Pferdekliniken
Zeitraum	Letzte 10 Jahre (2012 bis August 2023)	Studien welche 2012 publiziert wurden, aber vor 2010 abgeschlossen
Sprache	Englisch, Deutsch	Andere Sprachen
Kulturraum	Europa	Außerhalb Europas

#### 3.1.2 Literatursuche in PubMed und Scopus

Die systematische Literaturrecherche wurde von Mitte bis Ende August 2023 zuerst in der Datenbank PubMed durchgeführt. Diese Datenbank umfasst Literatur aus naturwissenschaftlichen und biomedizinischen Bereichen, welche in der übergeordneten Datenbank „MEDLINE“ verfügbar sind. Bei den Suchbegriffen handelt es sich um Worte in englischer Sprache, da es sich bei PubMed um eine amerikanische Datenbank handelt. Zusätzlich zu der zuvor genannten Verwendung von Operatoren, Endtrunkierungen etc. wird die Schlagwort-Suchfunktion der Medical Subject Headings (MeSH) genutzt. Diese

sogenannten MeSH-Terms werden von ExpertInnen erarbeitet und nach strikten Vorgaben den Publikationen in MEDLINE zugeordnet (Kleibel & Mayer, 2011). Die finalen Suchbegriffe wurden mittels der zuvor durchgeführten Grobrecherche ausgewählt. Die bereits genannten Einschlusskriterien, wie Publikationen ab dem Jahr 2012 auf deutscher oder englischer Sprache konnten anhand der Filteroptionen ausgewählt werden. Filtern ließ sich ebenfalls nach der Verfügbarkeit eines Abstracts und eines Volltextes. In Bezug auf die Spezies (Mensch oder andere Tiere) sind explizit keine Einschränkungen getroffen worden, da sowohl Pferde als auch deren Kontaktpersonen zu relevanten Studienobjekten für diese Arbeit zählen. Im Anhang 1 ist der finale Suchstring mit den sorgfältig ausgewählten Suchbegriffen, Operatoren, Endtrunkierungen und Filtern der Datenbank PubMed zu finden.

Anschließend wurde die Suche ebenfalls in der großen Datenbank Scopus durchgeführt. Scopus enthält Zitationen und Abstracts zu Büchern, Artikeln aus wissenschaftlichen Fachzeitschriften und Konferenzberichten, welche alle einem Peer-Review unterzogen wurden. Die Wissenschaftsbereiche, aus denen die Publikationen stammen, umfassen unter anderem die Medizin und Sozialwissenschaften (Elsevier, 2023). Im Gegensatz zur Suche in PubMed wurden die Treffer dieser Datenbank nicht nach der Verfügbarkeit eines Abstracts oder Volltextes eingeschränkt.

#### 3.1.3 Dokumentation und Auswertung der Suchergebnisse

Um den Suchprozess nachvollziehen und replizieren zu können, wurden alle Schritte des Vorgangs sorgfältig dokumentiert. In Abbildung 1 ist dieser anhand eines Flowcharts übersichtlich dargestellt. In der Datenbank PubMed wurden mit den ausgewählten Suchbegriffen 345 Treffer erzielt. In der Datenbank Scopus konnten mithilfe derselben Suchbegriffe 87 Ergebnisse ermittelt werden. Durch die Eingrenzung auf den Publikationszeitraum von 2012 bis August 2023 verringerte sich die Anzahl bei PubMed auf 243 Ergebnisse. Mit der zusätzlichen Anwendung des Sprachen-Filters auf deutsch und englisch fielen zwei weitere Publikationen weg. In Bezug auf die Textverfügbarkeit wurden außerdem

Abstracts und Volltexte ausgewählt. Insgesamt ergab sich somit bei PubMed eine Anzahl von 234 Suchergebnissen. In der Datenbank Scopus konnte durch die Anwendung der Zeitränge von 2012 bis 2023 für die Publikationen und die Auswahl der Sprachen Deutsch und Englisch zwölf Quellen aussortiert werden. Bei Scopus konnten demnach 75 Suchergebnisse zur weiteren Auswahl final identifiziert werden. Mithilfe der Exportfunktionen war die Übertragung der Daten der jeweiligen Suchergebnisse in Microsoft Excel zur weiteren Auswertung möglich. Zuerst wurden die Titel der 309 Suchtreffer gesichtet und auf Doppelungen überprüft, woraufhin 39 Treffer ausgeschlossen werden konnten. Von den 270 Suchergebnissen erfüllten 134 die Einschlusskriterien. Die Abstracts dieser wurden anschließend ebenfalls auf die erarbeiteten Ein- und Ausschlusskriterien hin geprüft. 40 der Abstracts erfüllten diese nicht vollständig. Von allen 94 Publikationen, welche weder eindeutig anhand des Titels noch des Abstracts ausgeschlossen werden konnten, wurden die Volltexte gesichtet und auf Relevanz geprüft. Auf drei Publikationen war nur dank des Zuganges über die Universität Hamburg möglich. Auf drei weitere Volltexte konnte trotz der Recherche über die HAW Hamburg als auch Universität Hamburg nicht zugegriffen werden. Bei einer Publikation war zudem nur der Volltext in spanischer Sprache verfügbar. Somit konnten 28 in die Arbeit eingeschlossen werden. Die Suche per Hand ergab zwei weitere für die Beantwortung der Forschungsfrage relevante Literaturquellen, wodurch final 30 Publikationen für die Ergebnisse dieser Arbeit zur Verfügung standen.

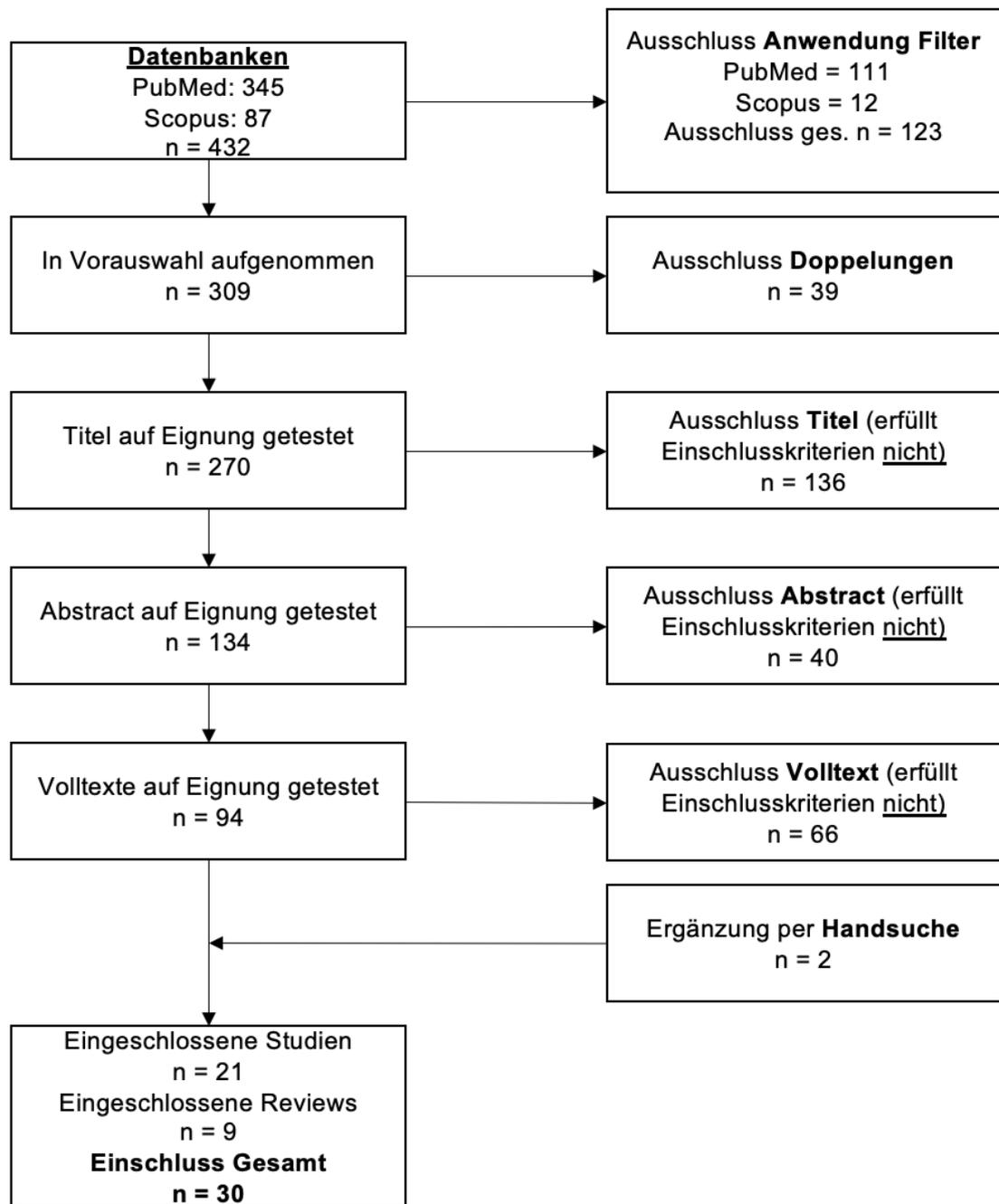


Abbildung 1: Darstellung des Suchprozesses im Flowchart

#### 3.2 Auswertung bakteriologischer Untersuchungen

Als Ergänzung zur systematischen Literaturrecherche wurden die Ergebnisse von zur bakteriologischen Untersuchung ins Labor gesendeten Proben ausgewertet. Diese Proben stammen aus einer ambulanten Pferdepraxis in Norddeutschland. In Zusammenarbeit mit dem veterinärmedizinischen Diagnostiklabor LABOKLIN GmbH & CO. KG konnten die bakteriologischen Ergebnisse der Proben aus den Jahren 2017 bis einschließlich 2022 ermittelt und übersichtlich zur Verfügung gestellt werden. Da eine anonyme Auswertung durchgeführt wurde, war nur die schriftliche Einwilligung der Leitung der Praxis notwendig. Insgesamt konnten 139 zur bakteriellen Untersuchung eingesendeten Proben rekonstruiert werden. Die Anzahlen der einzelnen Jahre liegen zwischen zehn und 49 Proben. Bei elf aufgeführten Proben konnte trotz Anreicherung kein bakterielles Wachstum nachgewiesen werden. Somit blieben 128 Proben zur näheren Auswertung übrig. In der Tabelle 3 sind die einzelnen Anzahlen nach den jeweiligen Jahren detailliert aufgestellt. Bei den Proben, bei denen der Entnahmeort angegeben ist, handelt es sich um Abstriche aus Augen, Rachen, Nasen, Haut, Genitaltrakt, Ausscheidungen, Huf, Hufstrahl, Wunden, Fisteln, Punktaten, Tracheobronchialsekreten (TBS) und Bronchioalveoläre Lavage (BAL). Diese wurden zur bakteriellen Untersuchung (Anzüchtung, Bestimmung und Resistenztestung) in das Labor eingesendet, um die vorliegenden Infektionen richtig diagnostizieren und therapieren zu können.

### 3. Methodik

---

*Tabelle 3: Übersicht der Anzahlen bakterieller Untersuchungen zur Auswertung*

<b>Jahr</b>	<b>Anzahl eingesendete Proben von Pferden</b>	<b>Anzahl kein Nachweis von bakteriellem Wachstum</b>	<b>Anzahl positive Proben (bakterielles Wachstum nachgewiesen)</b>
2017	11	0	11
2018	10	3	7
2019	16	1	15
2020	13	4	9
2021	40	1	39
2022	49	2	47
<b>Insgesamt</b>	<b>139</b>	<b>11</b>	<b>128</b>

### 4. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche sowie der Auswertung der bakteriellen Untersuchungen der ambulanten Pferdepraxis dargestellt.

#### 4.1 Überblick Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche

Insgesamt wurden 30 Literaturquellen in die Ergebnisanalyse eingeschlossen. Im Anhang 2 ist eine tabellarische Übersicht dieser zu finden. Bei den Publikationen handelt es sich bei 22 um in Europa durchgeführte Studien zu MRSA Infektionen, Besiedelungen und Übertragungen bei Pferden und/ oder deren Kontaktpersonen. Insgesamt konnten fünf Studien aus Deutschland, drei Studien aus der Schweiz, jeweils zwei aus Frankreich und Italien sowie je eine Studie aus Dänemark, Schweden, Ungarn, Slowenien, Irland, Portugal, Österreich, Tschechien und Belgien eingeschlossen werden. Davon behandeln zehn Studien ausschließlich Tiere, neun sowohl Tiere als auch Menschen und zwei Studien nur Menschen. Die restlichen neun Publikationen bestehen aus Reviews, welche hauptsächlich für die Ergänzung der Handlungsempfehlungen verwendet werden konnten.

#### 4.2 Infektion mit MRSA bei Pferden

Zuerst wird auf die Infektion mit MRSA bei Pferden eingegangen. Dazu werden die Resultate der durchgeführten Auswertung der bakteriologischen Untersuchungsergebnisse kurz beschrieben. Anschließend werden die Studienergebnisse aus der Literaturrecherche dargelegt.

##### 4.2.1 Auswertung bakteriologischer Untersuchungen

Im Zuge dieser Arbeit wurden ergänzend die Ergebnisse von bakteriologischen Untersuchungen ausgewertet, welche von einer ambulanten Pferdepraxis in Norddeutschland zwischen 2017 und 2022 in ein veterinärmedizinisches Labor zur Diagnostik eingeschickt wurden. Von den insgesamt 128 Proben, bei denen

## 4. Ergebnisse

---

bakterielles Wachstum ermittelt wurde, handelte es sich bei zwölf Proben (9,38 %) um *S. aureus* -Nachweise. Im Jahr 2018 und 2019 ist *S. aureus* je einmal nachgewiesen worden. Im Jahr 2021 wurde in fünf und im Jahr 2022 in vier Proben *S. aureus* gefunden. In den Jahren 2017 und 2020 wurde kein *S. aureus* Nachweis verzeichnet. Zwei (16,67 %) von den zwölf *S. aureus* -Nachweisen waren methicillin-resistent (MRSA-positiv). In Bezug auf alle 128 eingeschlossenen Proben ergibt sich somit eine Prävalenz von 1,56 %. Die beiden MRSA-positiven Proben stammen jeweils aus Nasenabstrichen aus den Jahren 2018 und 2021. Bei dem MRSA-Nachweis aus 2021 konnten im vorliegenden Antibiogramm Resistenzen gegen alle Penicilline sowie Cephalosporine nachgewiesen werden. Zusätzlich wurden Resistenzen gegen Spectinomycin und Polymyxin B bzw. Colistin festgestellt. Eine genaue genetische Typisierung der MRSA-Isolate ist nicht erfolgt.

### 4.2.2 Prävalenz und Charakteristika der MRSA-Infektionen

Vincze et al. (2014b) haben in ihrer Studie zum Erkenntnisgewinn zur Verbreitung und Charakterisierung von MRSA in Wundabstrichen von Begleittieren (Hunde, Katzen und Pferde) in Deutschland 5229 Abstriche ausgewertet. Diese stammten aus 1170 veterinärmedizinischen Praxen und Kliniken aus Deutschland. Von den untersuchten Abstrichen stammten 604 von Pferden, 1146 von Katzen und 3479 von Hunden. *S. aureus* wurde bei 22,8 % der Pferdeabstriche nachgewiesen. Bei 41,3 % der equinen *S. aureus*-Nachweise handelte es sich um MRSA. Das sind 9,4 % (57 von 604) der eingesendeten Wundabstriche von Pferden. 87,7 % der equinen MRSA-Proben gehören zum Sequenztyp ST398 des klonalen Komplexes CC398. 8,8 % zum CC8 und jeweils eines zum CC1 und CC5. Von den CC398 haben jeweils 48 % den *spa*-Typ t011 und t6867. Die restlichen 4 % (zwei Isolate) haben den *spa*-Typ t10643. Genotypisch wurden bei allen untersuchten MRSA überwiegend Multiresistenzen gegen Antibiotika ermittelt. Gerade bei den CC398-MRSA und CC5. Mit 3,6 % bei Hunden, 5,7 % bei Katzen und 9,4 % bei Pferden wurde MRSA verhältnismäßig häufig in den untersuchten Wundabstrichen nachgewiesen. Das scheint darauf

#### 4. Ergebnisse

---

hinzuweisen, dass MRSA in Infektionen von Wunden vorhanden sein kann. MRSA CC8 wurde fast durch MRSA CC398 bei Pferden ersetzt. Dies spricht wiederum für eine Anpassung dieses CCs an den Wirt Pferd. Das überwiegende Vorkommen von CC398 bei Wundinfektionen von Pferden zeigt, dass dieser MRSA sich an weitere Wirte neben Menschen und Nutztieren anpassen kann.

Ebenfalls in Deutschland wurde eine Untersuchung von Vincze et al. (2014a) durchgeführt. In dieser Fall-Kontroll-Studie galten MRSA-Infektionen als Fälle und MSSA-Infektionen als Kontrollen. VeterinärmedizinerInnen, die eine MRSA- oder MSSA-positive Probe in das größte deutsche Veterinärlabor sendeten, wurden gefragt, ob sie an der Studie teilnehmen und einen Fragebogen zu möglichen Risikofaktoren ausfüllen würden. Endgültig eingeschlossen wurden 106 MRSA-positive und 102 MSSA-positive Proben, welche von 155 verschiedenen veterinärmedizinischen Praxen und Kliniken aus 14 Bundesländern eingeschickt wurden. Unter den MRSA-Fällen waren 16 Pferde, 38 Katzen sowie 52 Hunde und unter den MSSA-Kontrollen 18 Pferde, 35 Katzen und 49 Hunde. 14 der 16 Isolate von Pferden gehörten zum CC398. Sechs davon zum *spa* Typ t6867, vier zu t011 und jeweils eines zu t034, t10643, t1451 und t1606. Außerdem gehörten zwei Pferde-Isolate zu dem CC8: eines zum *spa* Typ t008 und eines zu t009. Die felines und caninen Isolate trugen überwiegend CC5, CC22 und weitere.

Auch Cuny et al. (2015) haben im Rahmen ihrer Studie zwischen 2011 und 2015 272 Proben von Infektionen bei Pferden aus 39 Praxen und 17 Kliniken in Deutschland ausgewertet. 84,5% der Pferde-MRSA wurden als CC398 identifiziert. Fast 50% (135 von 272) gehören zu dem Typ t011 mit Gentamycin-Resistenz. Davon enthielten 94% den SCCmec IV.

Innerhalb Europas wurden in den vergangenen Jahren weitere Studien durchgeführt, die unter anderem MRSA-Infektionen bei Pferden untersucht haben. In Frankreich haben Guérin et al. (2017) die Prävalenz und Charakteristika von MRSA-Infektionen bei Pferden untersucht. Aus den Jahren 2007 bis 2013 wurden insgesamt 17.651 bakterielle Isolate von 56 Gestüten (Pferdezuchtberiebe) in Frankreich näher analysiert. Von diesen 17.651

#### 4. Ergebnisse

---

bakteriellen Isolaten waren 7,9 % (1393) *S. aureus*. Damit war dies die dritthäufigste nachgewiesene Bakterienart. Bei 6,1 % der *S. aureus* Isolate (85 von 1393) handelte es sich um MRSA. Die Häufigkeit von MRSA von den *S. aureus* - Isolaten stieg von 2010 bis 2013 im Vergleich zu den Jahren 2007 bis 2009 signifikant an. Von 2007 bis 2009 sind ausschließlich MRSA ST8 nachgewiesen worden. Ab 2010 sind zwischen 47 % und 80 % der MRSA vom Stamm ST398. Von den MRSA Isolaten des Stammes ST8 sind 57,1 % *spa* Typ t394. Im Stamm ST398 war mit 83 % überwiegend der *spa* Typ t011 vertreten. Haut und Weichteilgewebe waren die häufigsten Lokalisation der MRSA-Infektionen gefolgt von Genitalinfektionen und Atemwegs- sowie Knochen-/Gelenks-Infektionen.

Ebenfalls in Frankreich charakterisierten Haenni et al. (2017) im Rahmen ihrer Studie MRSA-Isolate von Begleittieren (Pferde, Hunde und Katzen) aus den Jahren 2010 bis 2015. Die Daten von antimikrobiellen Empfindlichkeitstests aus dem sogenannten Resapath Netzwerk, welches 78 Laboratorien umfasst, wurden ausgewertet. Insgesamt umfasste die Analyse 130 Isolate; davon stammten 68 von Pferden, 34 von Katzen und 28 von Hunden. Von 2012 bis 2015 sank die Prävalenz bzw. die Anzahl der erfassten MRSA-Infektionen bei allen drei Tierarten. Bei den Pferde-Isolaten handelte es sich bei 72,1 % (49 von 68) um CC398 mit SCCmec Typ IV. In Bezug auf die *spa* Typen war t011 mit 85,7 % (42 von 49) am häufigsten vertreten. Die MRSA-Nachweise stammten überwiegend aus Haut- und Weichteilgewebe-Infektionen sowie Infektionen der Reproduktionsorgane.

Kaiser-Thom et al. (2022) untersuchten den Zusammenhang zwischen Fesselektzemen (sog. Mauke) und MRSA bei Pferden in der Schweiz. Die Stichprobe besteht aus 200 Pferden aus 77 verschiedenen Ställen in der Schweiz. Nasenabstriche und Abstriche aus der Fesselhaut von 105 Pferden mit Mauke und 95 Kontroll-Pferden wurden auf *S. aureus* bzw. MRSA und MSSA untersucht. *S. aureus* ist signifikant häufiger bei Pferden mit Mauke (59 %) als bei Pferden ohne Mauke (6,3 %) nachgewiesen worden. Insgesamt wurden acht MRSA-Stämme isoliert. Die Mehrheit dieser waren MRSA-ST398-t011-IVa aus zwei

#### 4. Ergebnisse

---

verschiedenen Ställen und zwei Isolate aus einem Stall gehörten zum MRSA ST6239-t1456-IVa. Die MRSA-Isolate stammen aus drei Proben der Mauke-Pferde und fünf Proben der gesunden Pferde. Die Hälfte der MRSA-Isolate stammt aus den Nüstern der gesunden Pferde. Mehrheitlich wurden die Bakterienstämme sowohl aus den Nüstern als auch aus den Fesseln derselben Pferde isoliert. Ein Zusammenhang aus der Form der Mauke und einem positiven Ergebnis war signifikant. So wiesen die milden Formen signifikant weniger häufig positive Nachweise auf. Ansonsten konnte kein signifikanter Risikofaktor in Bezug auf Vorbehandlung oder ähnliches identifiziert werden.

Auch Pferde, die eine mit MRSA infizierte Wunde aufweisen, können noch Monate nach der akuten Infektion nasal mit MRSA besiedelt sein. Dies zeigt die Studie von Bergström et al. (2013) aus Schweden. Hier wurden neun Pferde in die Untersuchung eingeschlossen, welche infizierte Wunden mit positiven MRSA-Nachweis aufwiesen. Die Pferde wurden (mit Einverständnis der BesitzerInnen) über zwölf bis 18 Monate an mindestens sechs verschiedenen Zeitpunkten und jeweils an fünf Körperstellen getestet. In 13 von den 323 getesteten Proben wurde MRSA nachgewiesen (4 %) und in elf der insgesamt 65 Messzeitpunkten (17 %). Bei sieben der Isolate handelte es sich um den *spa*-Typ t011 und bei den restlichen beiden um den Typ t064. Am sensitivsten von den fünf getesteten Körperstellen waren die Proben aus den Nüstern der Pferde. Die anfangs positiv getesteten Pferde wurden alle nach 55 bis 711 Tagen negativ. Der Median lag bei 143 Tagen. Es ist nicht bekannt, wie lange die Pferde vor dem ersten Test bereits MRSA-positiv waren. Dies verdeutlicht, dass neben den akuten MRSA-Infektionen auch eine fortwährende Besiedelung ein Problem und Risiko darstellen kann. Im nächsten Schritt wird daher näher auf die MRSA-Besiedelung von Pferden eingegangen.

### 4.3 Besiedelung mit MRSA bei Pferden

Die Prävalenz und Charakterisierung von MRSA-Besiedelungen bei Renn-, Zucht-, Reit- und Schlachtpferde und deren Kontaktpersonen wurde von 2014 bis 2015 in Italien von Parisi et al. (2017) untersucht. In diesem Zeitraum wurden insgesamt 388 Pferde und 67 Angestellte, welche Kontakt zu Pferden haben, nasal beprobt. Bei 70 der getesteten Pferde handelte es sich um Rennpferde. 147 weitere Pferde wurden auf verschiedenen Höfen oder in Reitställen rekrutiert und beprobt. Bei den 171 getesteten Schlachtpferden wurden die Proben unmittelbar nach der Betäubung genommen. Hierbei stammten 24 Pferde aus Frankreich, 42 aus Polen, 45 aus Italien und 60 aus Spanien. 7 % der 388 Pferde (27 Pferde) waren MRSA positiv. 96 % (26 Pferde) gehören zur Gruppe der Schlachtpferde. Ein Pferd (4 %) eines Reitstalles war ebenfalls positiv. Von den getesteten Rennpferden war keines positiv. Im Vergleich zu den Reit-, Zucht- und Rennpferden sind die Isolationsraten von MRSA in Schlachtpferden statistisch signifikant höher (p-Wert < 0,001). Von den 26 MRSA-positiven Schlachtpferden kamen 20 aus Spanien (76,9 %), 5 aus Polen (19,2 %) und eines aus Italien (3,85 %). Die MRSA-Isolationsrate unter den spanischen Pferden war demnach signifikant höher als bei den Schlachtpferden aus den restlichen drei Ländern.

Im selben Zeitraum (2014 bis 2015) wurde von Walther et al. (2018) MRSA-Screening bei Pferden vor Eintritt in Pferdekliniken in Deutschland durchgeführt. Außerdem wurden die Eigenschaften der multiresistenten und zoonotischen Bakterien analysiert. Die Nüstern und die Ausscheidungen von 341 Pferden, welche offene Wunden oder Kolik aufwiesen und in die Uniklinik in Berlin kamen, wurden beprobt. Eine nasale und 23 fäkale Proben waren für die Auswertung nicht geeignet. Von den 340 ausgewerteten Nasenabstrichen waren 3,5 % MRSA positiv. Die Pferde mit offenen Wunden wiesen mit 1,9 % im Vergleich zu den Kolik-Pferden mit 4,3 % MRSA positiven nicht statistisch signifikant aber weniger MRSA-positive Proben auf. Bei den fäkalen Proben waren 0,6 % MRSA positiv. Bei allen MRSA Isolaten handelte es sich um ST398 *spa* Typ t011 und SCCmec IV. Alle wiesen zusätzliche Resistenzen gegen Gentamycin, Kanamycin und Tetracyclin

#### 4. Ergebnisse

---

auf. Außerdem bestanden bei über 60 % Resistenzen gegen Enrofloxacin und Marbofloxacin sowie gegen Trimethoprim-Sulfonamid. Somit konnten Multiresistenzen von bis zu fünf verschiedenen Antibiotikaklassen ermittelt werden. Auch in der Schweiz wurde bei drei Pferden im Rahmen von Routine-Diagnostiken MRSA nachgewiesen. Bei allen dreien handelte es sich um MRSA CC398 t011 (Kittl et al., 2020).

Islam et al. (2017) wollten mittels ihrer 2015 durchgeführten Studie herausfinden, ob Pferde in Dänemark ein Reservoir für MRSA des CC398 sind. Die Ergebnisse der Pferde wurden außerdem mit menschlichen Isolaten verglichen. Somit wurden 401 Pferde von 74 verschiedenen Höfen getestet. Hiervon wurden sechs Pferde bei Eintritt in einer Pferdeklinik getestet. Weitere Informationen zu diesen wurden mittels Fragebögen abgefragt und die Art des Hofes und weitere dort vorhandene Tierarten erfasst. Außerdem wurde die Schweine-Dichte der Umgebung mit Hilfe einer online Datenbank bestimmt. Ausgeschlossen wurden Pferde, die eine Infektion der oberen Atemwege aufwiesen oder in den letzten 30 Tagen einen Klinik-Aufenthalt angaben. Bei 13,5 % (54 Pferde) wurden 79 *S. aureus* -Isolate (einschließlich MSRA und MSSA) nachgewiesen. 4,2 % (17 Pferde von sieben verschiedenen Höfen) waren MRSA-positiv. Bei über der Hälfte dieser handelte es sich um IEC-positive MRSA CC398 t011. Die restlichen Pferde trugen IEC-negative MRSA CC398 t034 oder IEC-negative mecC-MRSA CC130 t528. Bei keinem der MRSA-positiven Pferde hat eine Behandlung mit Antibiotika im letzten halben Jahr stattgefunden. Zudem konnten auch in Bezug auf die anderen untersuchten Faktoren (Alter, Geschlecht, Art des Hofes, weitere Tiere, Schweine-Dichte) keine statistisch signifikanten Zusammenhänge gefunden werden.

In Deutschland wurde zwischen 2015 und 2016 die Prävalenz der Besiedelung mit MRSA und Extended spectrum betalactamase producing *Enterobacteriaceae* (ESBL-E) bei nicht-hospitalisierten Pferden untersucht. Von 223 Pferden auf 23 Höfen rund um die Stadt Münster wurden hierzu Abstriche aus den Nüstern und um den Anus (perianal) von TierärztInnen genommen. Die BesitzerInnen gaben ihr Einverständnis und füllten zusätzlich einen Fragebogen für die Erhebung

#### 4. Ergebnisse

---

weiterer Informationen aus. Bei 6,7 % (15 Pferden) der Stichprobe wurde *S. aureus* in den Nasenabstrichen gefunden. Zwei der *S. aureus* wiesen eine Methicillin-resistenz auf. Somit ergibt sich eine Prävalenz von 0,9 %. Die Isolate gehörten zu den MRSA CC398 t011 und t6867. Beide Pferde waren ansonsten gesund und hatten im Vorfeld weder eine veterinärmedizinische Konsultation noch eine antibiotische Therapie. Bei dem Pferd mit t011 wurde als einziger Risikofaktor der Kontakt zu Schweinen auf demselben Hof angegeben.

Im Jahr 2020 untersuchten Hurni et al. (2022) die Verbreitung und Prävalenz von nasaler MRSA-Besiedelung bei gesunden Pferden in der Schweiz. 100 gesunde schweizer Pferde aus 40 verschiedenen Pferdeställen wurden nasal beprobt und auf MRSA sowie MSSA getestet. Nur Pferde, bei denen bei der eingehenden allgemeinen Untersuchung keine Anzeichen einer Erkrankung oder Infektion zeigten, wurden in die Studie eingeschlossen. Die BesitzerInnen wurden bereits 2021 über Soziale Medien oder per Telefon kontaktiert und rekrutiert. Zusätzlich wurden mittels Fragebögen weitere Daten zu den jeweiligen Pferden erfragt. Von den 100 Pferden trugen 10 *S. aureus* (10 %). Vier MRSA-Besiedelungen (4 %) und sieben MSSA-Besiedelungen konnten nachgewiesen werden. Davon trug ein Pferd sowohl MRSA als auch MSSA. Im Gegensatz zu den MSSA waren die nachgewiesenen MRSA charakteristisch gleich. Es handelte sich bei allen um ST398-t011-IVa. Auch geographisch unterschieden sich die MRSA- und MSSA-Fälle. So standen die MSSA besiedelten in verschiedenen Kantonen in unterschiedlichen Ställen, wobei die MRSA-Pferde alle im selben Kanton und zwei der Pferde sogar im selben Stall standen. Die MRSA ST398-t011-IVa unterschieden sich in ihren Antibiotikaresistenzen zu den MRSA ST398-t011-IVa, welche aus Infektionen einer Schweizer Tierklinik bekannt waren. Die in dieser Studie nachgewiesenen MRSA waren gegen mehr Antibiotika-Arten resistent. Die MRSA-positiven Pferde wurden nach einem Jahr erneut getestet und waren alle negativ. Die MRSA-positiven Pferde wiesen keinen Pferdeklinikaufenthalt, keine Antibiotika-Therapie in den letzten Wochen und keine sonstigen Reisen auf. Sie wurden jedoch teilweise zusammen geritten, und dies zum Teil auch von denselben Personen. Drei von den vier Pferden werden zudem durch dieselbe

veterinärmedizinische Person betreut. Eine Übertragung durch die Kontaktpersonen ist möglich, wurde in dieser Studie jedoch nicht explizit überprüft.

### 4.4 MRSA bei Kontaktpersonen

MRSA kann über verschiedene Wege von Pferden oder anderen Tieren auf Menschen übertragen werden. Möglich sind direkte Übertragungen durch Kontakt, indirekte über bspw. Oberflächen oder Umgebung und auch durch die Verarbeitung oder den Verzehr von kontaminiertem Fleisch (Petinaki & Spiliopoulou, 2012; Silva et al., 2022).

Cuny et al. (2015) untersuchten, inwiefern typische Pferde-MRSA bei menschlichen Infektionen in Deutschland nachgewiesen werden. Hierzu verglichen sie Proben von Pferden mit nasalen Abstrichen von veterinärmedizinischem Personal aus drei großen Praxen und fünf Kliniken und menschlichen MRSA-Isolaten. Letztere bestanden aus 1952 Isolaten aus Blutkulturen einer zuvor von 2011 bis 2013 durchgeführten Studie, 8912 Proben, welche aus dem das deutsche Referenzzentrum für Staphylokokken und Enterokokken von 2006 bis 2013 stammen sowie 5546 Nasenabstriche aus 150 verschiedenen deutschen Krankenhäusern zwischen 2006 und 2014. Von den 349 Proben des veterinärmedizinischen Personals waren 67 MRSA-positiv. In den drei getesteten Praxen waren zwischen 3,3 % und 25 % mit MRSA kolonisiert. Fünf Personen davon mit CC398 spa t011, SCCmec IV mit Gentamycin-Resistenz, drei mit CC398 spa t011, SCCmec V und vier mit CC398, spa t034, SCCmec V. Im Vergleich waren zwischen 4,3 % und 36,5% des getesteten Klinik-Personals mit MRSA besiedelt. Insgesamt stimmten die Charakteristiken der MRSA-Proben vom Personal überwiegend mit denen von den Pferden überein. Von den insgesamt 10.864 menschlichen Infektionen wiesen 23 (0,212 %) MRSA-Charakteristiken auf, welche typischerweise bei Infektionen von Pferden nachgewiesen wurden. Demnach ist eine Übertragung von MRSA in die Gesamtbevölkerung anhand dieser Ergebnisse zwar als gering einzuschätzen, aber nicht unmöglich.

#### 4. Ergebnisse

---

Auch Dänemark wurden die CC398 Isolate von Pferden mit denen von Menschen verglichen. Drei (zwei Infektionen und eine Besiedelung) von den elf menschlichen MRSA-Isolaten wiesen sehr ähnliche Charakteristiken zu denen der Pferde auf. Alle diese Isolate stammten von PferdemedizinerInnen (Islam et al., 2017).

Von den 67 getesteten Kontaktpersonen in Italien waren 5 (7,5 %) MRSA positiv. Eine Person davon stammte aus einem der Rennställe, zwei waren ZüchterInnen und zwei arbeiteten im Schlachthaus. Bei drei von den menschlichen Isolaten handelte es sich um MRSA ST398-V (zweimal *spa* Typ t034 und einmal t011) und bei den anderen beiden um ST1-IVa *spa* Typ t127. Die beiden t034 Isolate stammten aus einem Stall, in dem kein Pferd positiv getestet wurde. Das t011-Isolat von einem/einer Mitarbeitenden eines der Schlachthäuser (Parisi et al., 2017).

In der Schweiz haben Kittl et al. (2020) TierärztInnen, LandwirtInnen, Pferde und Schweine untersucht, um die Prävalenz und Verbreitung von (LA-) MRSA bei schweizer TierärztInnen und LandwirtInnen zu ermitteln. 212 TierärztInnen und 156 LandwirtInnen wurden jeweils auf großen schweizer Veranstaltungen rekrutiert. 13 der beprobten TierärztInnen sind auf Pferde spezialisiert und von den 28, welche mehrere Tierarten behandeln, waren acht unter anderem auch für Pferde zuständig. 14 der 212 TierärztInnen waren MRSA positiv. Bei dreien von ihnen waren sowohl die Abstriche der Nase als auch der Hände positiv. Das ergibt eine Prävalenz von 6,6 %. 54 % der Isolate gehörten zu MRSA CC398 und alle zum Typ t011. Alle dieser TierärztInnen außer eine Person, gaben Kontakt zu Pferden an. Von den LandwirtInnen waren acht von 156 MRSA positiv, was eine Prävalenz von 5,1 % ergibt. 75 % der MRSA-Isolate gehörten zu CC398. Fünf davon zu t034 und eines zu t899. Die drei Pferde wurden im Zuge von Routine-Diagnostik beprobt. Die drei Pferde Isolate gehörten ebenfalls zu CC398 t011. In dieser Studie wurden zwar keine direkten Übertragungen untersucht, jedoch scheint laut den Ergebnissen Kontakt zu Pferden eine Besiedelung mit MRSA CC398 t011 bei Menschen zu begünstigen.

#### 4. Ergebnisse

---

In der einzigen slowenischen Studie haben Avberšek et al. (2021) zwischen 2014 und 2017 mögliche LA-MRSA-Übertragungen zwischen Tieren und Menschen in ländlichen Gebieten untersucht. 135 PatientInnen waren in Slowenien zwischen 2013 und 2016 mit LA-MRSA infiziert oder besiedelt. Von diesen gaben 63 an, Kontakt zu Nutztieren zu haben. 14 Höfe und Haushalte, auf denen es einen bestätigten LA-MRSA-Fall eines Landwirten oder einer Landwirtin gab, konnten im Zuge dieser Studie untersucht werden. Zuerst fand eine telefonische Befragung zur Informationsgenerierung statt. Anschließend wurden die Menschen, Tiere und die Stallumgebung beprobt. 49 Isolate wurden charakterisiert und gehörten alle zum Sequenztyp ST398, *spa* Typ t011 und t034 und enthielten den SCCmec Vc Typen. Auch in Bezug auf die Pheno- und Genotypen konnten große Übereinstimmungen ermittelt werden. Das eine getestete Pferd hatte ein negatives MRSA-Ergebnis. Auf diesem Hof waren jedoch 10 von 15 getesteten Schweinen und 1 von 2 getesteten Schafen positiv.

In Tschechien wollten Neradova et al. (2020) die Prävalenz von MRSA bei Personen, welche in der Veterinärmedizin tätig sind, ermitteln und charakterisieren. Hierzu waren 134 gesunde Teilnehmende einer veterinärmedizinischen Konferenz freiwillig bereit Nasenabstriche zu machen und anonym einen Fragebogen auszufüllen. Unter den Studienteilnehmenden waren 88,8 % (119 Personen) TierärztInnen, die restlichen bestanden aus Studierenden und Personen aus der Forschung oder Pharmazie. Überwiegend wurde Kontakt zu kleinen Tieren angegeben. Die Prävalenz von *S. aureus* in dieser Studienpopulation betrug 29,9 % (40 Personen). Bei neun dieser Proben handelte es sich um MRSA. Bei fünf von ihnen war es MRSA ST398-t011-IV, und jeweils bei einer Person um ST398-t2330-IV, ST398-t034-V, ST225-t003-II und ST4894-t011-IV. Drei von den neun MRSA-positiven Personen gaben Kontakt zu Großtieren (Pferde, Schweine, Kühe und Schafe) an. Alle berichteten von täglichem oder wöchentlichem Kontakt zu Kleintieren. Dennoch konnte kein signifikanter Zusammenhang auf die getesteten Variablen festgestellt werden.

### 4.5 Übertragungen von MRSA

Die Ergebnisse der Studien zeigen, dass bei Menschen und Begleittieren zum Teil die gleichen MRSA-Klone nachgewiesen werden. In der Erhebung von Couto et al. (2015) wurden die klonalen Typen von *S. aureus* bei Tieren, Menschen mit Tierkontakt und der Umgebung und Umwelt identifiziert. Insgesamt 74 *S. aureus*-Proben von Schweinen, Staubproben aus dem Schweinestall, Menschen mit Tierkontakt, Kälbern, Hunden, Katzen und zwei Pferden wurden bei Routineuntersuchungen oder Monitoring- bzw. Surveillance-Programmen in Portugal genommen und charakterisiert. Die Mehrheit dieser *S. aureus* wiesen Multiresistenzen auf. Das eine Pferd war mit einem CC5, *spa*-Typ t062, ST5 besiedelt. Bei dem zweiten getesteten Pferd handelte es sich um CC398 IV, *spa*-Typ t011. Bei den Menschen wurden ebenfalls sowohl CC5- als auch CC398-MRSA nachgewiesen. Somit konnten dieselben MRSA-Klone in den Tieren und bei den Menschen, die Kontakt hatten, ermittelt werden. Begleittiere scheinen MRSA-Klone zu tragen, welche potenziell eher ansteckend für Menschen sind.

In Belgien haben Van den Eede et al. (2013) gesunde Mensch-Pferd-Paare von verschiedenen Höfen auf MRSA-Besiedlung getestet und eine Analyse von möglichen Risikofaktoren durchgeführt. Insgesamt 166 Pferd-Mensch-Paare von 111 Höfen bzw. Ställen wurden bei fünf verschiedenen Anlässen (vier Wettkämpfen und einem Training) beprobt und die dazugehörigen Menschen haben mehrere Fragen beantwortet. Unter den Beprobten waren vier TierärztInnen. In dieser Studie konnten vier Menschen und zwei von dessen Pferden als MRSA-positiv identifiziert werden. Bei dem ersten doppelt positiven Paar handelte es sich jeweils um MRSA CC398-t2330-IV. Der Mensch wohnt auf einer gewerblichen Hundefarm und gab einen Krankenhausaufenthalt an. Das Pferd wurde fünf Monate vor der Testung geimpft (und dementsprechend veterinärmedizinisch besucht worden). Dementsprechend kommen sowohl die Hunde, das Pferd oder aber auch der veterinärmedizinische Kontakt als potenzielle MRSA-Quelle in Frage. Bei dem zweiten Paar handelte es sich um eine/n Großtierarzt/-ärztin aus einer Überweisungsklinik und dessen Pferd. Diese

#### 4. Ergebnisse

---

trugen MRSA CC398-t011. Es kann in beiden Fällen nicht festgestellt werden, ob die Übertragung von Pferd auf Mensch oder umgekehrt stattgefunden hat. Dadurch, dass die Charakteristiken bei Mensch und dazugehörigem Pferd identisch sind, ist jedoch von einer Übertragung auszugehen. Bei dem dritten Paar handelte es sich ebenfalls um ein/e Großtierarzt/-ärztin aus einer Überweisungsklinik und trug MRSA CC398-t011-IV. Das Pferd war jedoch negativ. Beide besiedelten GroßtierärztInnen gaben an, dass sie in den zwölf Monaten vor der Testung Kontakt zu einem MRSA-positiven Tier hatten. Beim vierten Paar handelte es sich um eine Krankenschwester aus der häuslichen Pflege, welche mit MRSA CC5-t002-IV besiedelt war. Dies ist ein nosokomialer Genotyp, welcher aus humanmedizinischen Einrichtungen bekannt ist. Das Pferd wurde jedoch negativ getestet.

Brennan et al. (2016) haben zwischen 2010 und 2014 die Ausbreitung von LA-CC398 MSSA- und MRSA-Stämmen bei Tieren und Menschen erforscht. Insgesamt 32 Isolate von CC398 wurden untersucht. Davon waren zehn MSSA und 22 MRSA. Die Mehrzahl der Proben stammen von Schweinen (n=17), Menschen (n=14) und einem Pferd. Die MRSA-positiven Proben stammen aus vier epidemiologisch eindeutigen Fällen. Die Probe des Pferdes wurde im Zuge einer routinemäßigen Testung bei der Obduktion genommen. Ein belgischer Tierarzt wurde getestet nachdem herauskam, dass das Pferd positiv getestet wurde und er Kontakt zu diesem hatte. Die Auswertung beider Proben ergab, dass es sich bei dem Pferd und dem Tierarzt um MRSA des *spa* Typen t011 IVa, IEC-positiv handelte. Da der Tierarzt kürzlich aus Belgien ankam und dort über IEC-positive CC398-MRSA berichtet wurde, wird vermutet, dass der besiedelte Tierarzt den Erreger von der Reise mitgebracht und das Pferd infiziert hat. Der genaue Übertragungsweg konnte jedoch nicht rekonstruiert werden.

Carfora et al. (2016) untersuchten einen konkreten MRSA-Infektions-Fall eines Pferdes in Italien in Bezug auf die Weiterverbreitung in Stall und Klinik, Risikofaktoren sowie die Übertragung auf weitere Tiere und Menschen. Eine diagnostische Probe eines Pferdes war MRSA positiv, welches eine chronische

#### 4. Ergebnisse

---

eitrige Nasennebenhöhlenentzündung und einen eitrigen Ausfluss aus der Operationsnaht hatte. Über 10 Monate wurde das infizierte Pferd mehrmals, sowie Oberflächen/Umgebung, 15 weitere Pferde, vier Hunde und 16 Menschen im Stall des Pferdes getestet. Zwei Monate später bei erneutem Klinikaufenthalt auch Pferde, Menschen und Oberflächen in der Pferdeklinik. Sieben Monate lang wurde das infizierte Pferd weiterhin positiv auf MRSA getestet. Es handelte sich hierbei um MRSA des CC8, Sequenztyp 8 (ST8), *spa* Typ t11469, SCCmec Iva und Resistenzen gegen Beta-Laktam-Antibiotika sowie Clindamycin, Erythromycin, Gentamycin, Kanamycin, Tetracycline, Trimethoprim, Sulfamethoxazol und Streptomycin. Vier Monate lang wurden bei dem infizierten Pferd Nasenspülungen mit Amikacin und/oder lokaler Desinfektion (wie Chlorhexidin und Iod) durchgeführt. Derselbe Typ MRSA wurde bei einem weiteren Pferd und auf Oberflächen, mit dem das infizierte Pferd Kontakt hat, nachgewiesen. Ein Pferdepfleger war ebenso mit MRSA besiedelt, jedoch ähnelten sich die Charakteristiken nicht mit dem Isolat des Pferdes. Es konnte somit keine direkte Übertragung auf Menschen festgestellt werden. Die Übertragung auf ein weiteres Pferd und die kontaminierten Oberflächen erhöhen das Risiko auch für die Kontaktpersonen vor Ort.

In Österreich wurde von Loncaric et al. (2016) ebenfalls ein MRSA-Fall auf einem kleinen Hof retrospektiv untersucht. Die Obduktion und Untersuchung des Todes einer jungen Katze von dem kleinen Hof in Österreich ergab, dass diese eine Lungenentzündung (Bronchopneumonie) hatte und im Rahmen der bakteriologischen Untersuchung MRSA ST398 t011 IVa nachgewiesen wurde. Im Anschluss wurden zwei Wochen, vier Monate sowie 16 Monate nach dem Fall der infizierten Katze jeweils weitere Tiere (zwei Schweine, zwei Lamas, drei Hunde, fünf Ziegen und sechs Pferde) sowie fünf Kontaktpersonen (Hofbesitzer, dessen Familie und zwei Angestellte) auf eine nasale Besiedelung getestet. MRSA wurde insgesamt 20 Mal identifiziert. Besiedelte Lebewesen waren hauptsächlich weitere Katzen, aber auch ein Pferd und bei jedem Testzeitpunkt je ein Mensch. Bei allen handelte es sich um dieselben Charakteristiken des MRSA-Falles der toten Katze. Zusätzlich wurden bei Katzen, Pferden, Menschen und Schweinen

#### 4. Ergebnisse

---

Methicillin-resistenter *Staphylococcus haemolyticus* (MRSH) und Methicillin-resistenter *Staphylococcus fleuretti* (MRSF) und bei einem der Menschen Methicillin-resistenter *Staphylococcus epidermis* (MRSE) nachgewiesen. MRSA konnte in diesem Fall zwischen Katzen, Pferden und Menschen sowie möglicherweise einer kontaminierten Umgebung oder Oberflächen übertragen werden. Die ST389 Isolate wurden von Parisi et al. (2017) hingegen wurden zwar in denselben Lokalisationen bei Mensch und Pferd nachgewiesen, jedoch stimmten die *spa*-Typen nicht überein, wodurch eine direkte Übertragung eher unwahrscheinlich ist. In Bezug auf MRSA St1-t127-lva ist eine direkte Übertragung hingegen wahrscheinlich, da ein Isolat von einem Menschen und einem der spanischen Schlachtpferde aus demselben Schlachtbetrieb stammen. ST1-t127 sind hauptsächlich aus humanen Infektionen bekannt (Parisi et al., 2017).

Albert et al. (2023) führten in Ungarn eine genetische Analyse und Vergleich zwischen mecC-MRSA-Isolaten zweier Pferde und eines Tierarztes durch. Alle untersuchten Isolate gehörten zu dem Genotyp ST130-t843-SCCmec XI und trugen die Gene mecC und blaZ. Bei einem Pferd und dem Tierarzt wurde mehrfacher Kontakt im Rahmen einer ambulanten Versorgung bzw. Durchführung einer Therapie festgestellt. Bei diesen Isolaten wurde derselbe Pulsotyp festgestellt und nur geringe Abweichungen in der Sequenzierung des gesamten Genoms (WGS). Demnach ist von einer bakteriellen Übertragung zwischen diesem Pferd und dem Tierarzt auszugehen. Das Pferd hatte eine chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD) sowie eine intravenöse Kanüle und eine Entzündung und Thrombose der oberflächlichen Vene (Thrombophlebitis). Die mikrobielle Untersuchung der Atemwegssekrete war jedoch negativ. Der Tierarzt hatte mehrfach Kontakt zu dem Pferd und war über mehrere Monate asymptomatisch MRSA-positiv.

### 4.6 Risikofaktoren

#### 4.6.1 Menschenbezogene Faktoren

Der Besitz, Umgang und die veterinärmedizinische Versorgung von Tieren (vor allem Begleittieren wie Pferden) stellen Risikofaktoren für Menschen dar, mit MRSA kolonisiert oder infiziert zu sein (Couto et al., 2015). In der Bevölkerung allgemein ist das Risiko sich mit LA-MRSA CC398 zu infizieren oder besiedelt zu sein geringer, aber nicht unmöglich. Beruflicher Kontakt zu Pferden hingegen ist mit einem höheren Risiko verbunden (Cuny et al., 2015; Islam et al., 2017). Von dem in Italien getesteten Personal, welches Pferdekontakt in verschiedenen Kontexten (Renn-, Schlacht-, Zucht- und Reitbetriebe) aufwies, ist die Wahrscheinlichkeit einer MRSA-Besiedelung für Personen im Schlachtbetrieb höher (Parisi et al., 2017). Bei zweien der vier MRSA-positiv getesteten Menschen handelte es sich in der Untersuchung von Van den Eede et al. (2013) um GroßtierärztInnen. Mit einem Odds Ratio von 6,2 wurde von Kittl et al. (2020) explizit der Kontakt zu Pferden bei TierärztInnen als Risikofaktor identifiziert. Eine Übertragung von infizierten Pferden (aber auch andere Tieren) kann aber auch an die BesitzerInnen durch den häufigen und engen Kontakt stattfinden und diese wiederum die Tiere wieder anstecken. Somit entsteht ein Kreislauf der Übertragung (Garcia-Alvarez et al., 2012).

Mit MRSA infizierte oder besiedelte Menschen können ebenso ein Risiko für weitere Menschen aber auch Tiere darstellen (Silva et al., 2022). Übertragungen von MRSA vom Menschen auf das Pferd sind möglich und nachgewiesen. Hierbei kann es sich auch um ursprünglich menschentypische MRSA handeln (Parisi et al., 2017). In der Untersuchung von Brennan et al. (2016) konnte eine MRSA-Übertragung von einem Tierarzt auf ein Pferd nach Rückkehr aus Belgien nicht ausgeschlossen werden. Dass über ebendiesen MRSA-Stamm in Belgien kurz vorher berichtet wurde, unterstützt diese These. Somit kann auch eine Reise ein Risiko mit sich tragen. Auch die Umgebung von MRSA-positiven Menschen und Tieren, wie Oberflächen, mit denen sie in Kontakt kamen und die Umwelt, stellen ein Übertragungsrisiko dar (Carfora et al., 2016; Petinaki & Spiliopoulou, 2015).

Das Übertragungsrisiko für die Kontaktpersonen steigt demnach, wenn mehr Tiere MRSA-positiv sind. Demnach erhöhen alle Risikofaktoren, welche das MRSA-Risiko bei Tieren steigern, ebenfalls das Risiko für Menschen. Im Folgenden wird deshalb auf den Aspekt der tierbezogenen Risikofaktoren im Detail eingegangen.

### 4.6.2 Tierbezogene Faktoren

Pferdepopulationen, welche mit MRS besiedelt sind, stellen ein Gesundheitsrisiko für weitere Tiere und Menschen dar. Übergeordnetes Ziel wäre die komplette Freiheit von resistenten Bakterien. Dies zu erreichen wird jedoch aufgrund mehrerer Faktoren erschwert. Beispielsweise durch gegenseitige Reinfizierungen, die Überlebensfähigkeit der Bakterien in der Umgebung, dass diese sich zusätzlich an verschiedene Wirte anpassen können und die Erreichung von hohen hygienischen Standards gerade in großen Herden allgemein schwer zu erreichen ist (Boyen et al., 2013). Bei der Untersuchung von Kaiser-Thom et al. (2022) wurden die gleichen Bakterien-Stämme in den jeweils selben Ställen in der Schweiz nachgewiesen, was für eine Übertragung unter den Pferden spricht. Schlachtpferde und importierte Pferde tragen laut Parisi et al. (2017) ein signifikant höheres Risiko für eine Besiedelung mit MRSA als die getesteten Renn-, Zucht- und Reitpferde. In der italienischen Studie waren speziell die aus Spanien importierten Schlachtpferde signifikant häufiger besiedelt als die anderen Schlachtpferde (Parisi et al., 2017). In der Untersuchung der nicht-hospitalisierten Pferde von Kaspar et al. (2019) hatte eines der MRSA-positiven Pferde Kontakt zu Schweinen auf demselben Hof. Auch die retrospektive Untersuchung von Loncaric et al. (2016) verdeutlicht, dass ein mit MRSA infiziertes Tier, welches sich frei auf dem Hof bewegen kann, weitere Tiere und die auf dem Hof lebenden und arbeitenden Menschen anstecken konnte. Die Übertragung könnte sowohl direkt als auch indirekt über eine kontaminierte Umgebung wie Oberflächen stattgefunden haben. Auch Schmutz, Dreck und Staub können die Bakterien enthalten. Aber ebenso ungewollte tierische Schädlinge können ein Risiko in Bezug auf die Verbreitung von Krankheitserregern darstellen (Gehlen & Blessinger, 2020).

Vincze et al. (2014a) untersuchten in ihrer Studie konkret den Einfluss von praxis- und tier-bezogenen Variablen auf das Risiko einer MRSA-Infektion bei Begleittieren (Hunde, Katzen und Pferden) im Vergleich zu MSSA-Infektionen in Deutschland. Signifikante Risikofaktoren in dieser Studie sind in Bezug auf die Praxen zum einen die Anzahl der Angestellten und zum anderen die Möglichkeit Tiere zu hospitalisieren. Die Wahrscheinlichkeit eine MRSA-Infektion zu entwickeln ist um 7,4 erhöht, wenn mehr als zehn Mitarbeitende in der Praxis oder der Klinik tätig sind. Letzteres könnte an der Möglichkeit für MRSA Übertragung und Besiedelung bei einer höheren Personenzahl liegen. Mehrere Studien konnten zeigen, dass Pferde monatelang weiterhin MRSA-positiv getestet werden können (Bergström et al., 2013; Carfora et al., 2016). Da auch Pferde bei ihrer Ankunft an der Klinik und vor der stationären Aufnahme getestet wurden, sprechen die Ergebnisse dafür, dass Pferde zum Teil bereits mit MRSA kolonisiert in den Kliniken ankommen (Walther et al., 2018). Klinikaufenthalte und Operationen sind jedoch ebenso als Risikofaktor zu beachten (Carfora et al., 2016). Anschließend können somit die Pferde, welche aus der Klinik entlassen werden, ein Risiko darstellen. So kommt es dazu, dass sie MRSA-positiv in ihre Ställe entlassen werden oder eine MRSA-Infektion erst zu einem späteren Zeitpunkt diagnostiziert wird, obwohl die Bakterien bereits in der Klinik vorhanden waren (Cuny et al., 2015; Gehlen et al., 2020). Außerdem wurde gezeigt, dass Pferde bis zu 711 Tage weiterhin mit MRSA besiedelt sein können, nachdem eine Wundinfektion mit MRSA diagnostiziert wurde (Bergström et al., 2013). In Bezug auf dieselben MRSA-Stämme bei Pferden außerhalb der Kliniken konnten in der Schweiz zudem teils Resistenzen gegen mehr Antibiotikaarten im Vergleich zu den Isolaten aus den Kliniken festgestellt werden (Hurni et al., 2022).

In den von Vincze et al. (2014b) untersuchten Wundabstrichen wurde mit über 9 % bei Pferden eine im Vergleich zu den Abstrichen von Hunden und Katzen hohe MRSA-Prävalenz ermittelt. In Bezug auf die Lokalisation von Infektionen wurde MRSA am häufigsten in Haut und Weichteilgewebe nachgewiesen, gefolgt von den Reproduktionsorganen (Guérin et al., 2017; Haenni et al., 2017). Auch in Atemwegs-, Knochen- und Gelenks-Infektionen und Operationswunden wurde

MRSA häufiger als in anderen Lokalisationen nachgewiesen (Guérin et al., 2017). Die Wahrscheinlichkeit eine MRSA-Infektion zu entwickeln ist um 5,5 höher bei einer Infektion einer Operationswunde (Vincze et al., 2014a). Das Pferd in der Untersuchung von Albert et al. (2023) hatte COPD, jedoch war die mikrobielle Untersuchung der Atemwegssekrete negativ. Das Pferd war demnach wahrscheinlich aufgrund einer intravenösen Kanüle und folgenden Thrombophlebitis (Entzündung und Thrombose der oberflächlichen Vene) mit MRSA infiziert. Der behandelnde Tierarzt wurde anschließend ebenfalls getestet und war über mehrere Monate asymptomatisch MRSA-positiv. Pferde, die mit Kolik in Pferdekliniken in Deutschland eingeliefert wurden, hatten einen höheren Anteil an MRSA-positiven Proben als Pferde mit offenen Wunden. Dieser Zusammenhang konnte statistisch jedoch nicht signifikant bestätigt werden. Koliken treten häufig wiederholt auf, wodurch ein vermehrter veterinärmedizinischer Kontakt vorliegt und die Besiedelungsrate beeinflussen könnte (Walther et al., 2018). Dass MRSA-positive Pferde in der Studie von Kaiser-Thom et al. (2022) überwiegend in beiden Probenentnahmeorten (Fesselbeuge und Nüstern) positiv getestet wurden, spricht dafür, dass die Besiedelung mit MRSA nicht auf eine Lokalisation der Infektion beschränkt ist. *S. aureus* wurde signifikant häufiger bei Pferden mit Mauke nachgewiesen. Für MRSA scheint Mauke in dieser Studie jedoch kein Risikofaktor zu sein (Kaiser-Thom et al., 2022)

Neben der Lokalisation einer Infektion wurde in manchen Studien außerdem die Behandlung sowohl mit systemischen als auch lokalen Antibiotika vor der Testung als signifikanter Risikofaktor ermittelt. Die Anwendung der Breitband- und Reserve-Antibiotika-Gruppe der Fluorchinolone war unter den MRSA-positiven Tieren höher als bei den Kontrollen, aber nicht statistisch signifikant (Vincze et al., 2014a). Unangemessener, hoher und langer Einsatz von Antibiotika wurde auch bei dem MRSA-positiven Pferd in der Untersuchung von Carfora et al. (2016) festgestellt. Dieses wurde monatelang mit verschiedenen antimikrobiellen Medikamenten behandelt und dies auch nach MRSA-positivem Testergebnis weitere 20 Tage (Carfora et al., 2016). In der Studie von Islam et al. (2017) bei dänischen Pferden war jedoch keines der MRSA-positiven Pferde

vorher mit Antibiotika behandelt worden. Auch in der deutschen Studie von Kaspar et al. (2019) stellten eine Antibiotika-Therapie und veterinärmedizinische Besuche aufgrund der geringen MRSA-Nachweise keine Risikofaktoren in Bezug auf eine Besiedlung mit MRSA dar. Im Gegensatz dazu wurden beide Variablen als signifikante Risikofaktoren für ESBL-E identifiziert. Für multiresistente Bakterien ist es im Allgemeinen ideal, wenn Infektionen mit Antibiotika behandelt werden, ohne dass vorher ein Antibiogramm erstellt wurde (Petinaki & Spiliopoulou, 2012). Neben dem unkritischen Einsatz von Antibiotika wird zudem mangelnde Hygiene ursächlich für die Entstehung und Verbreitung von MRE verantwortlich gemacht (Vincze et al., 2014b). Hygiene in den veterinärmedizinischen Einrichtungen spielt somit ebenfalls eine große Rolle in Bezug auf die Verbreitung von MRE. Wird prophylaktisch keine ausreichende Hygiene geregelt und beachtet, erhöht sich das Risiko für Tier und für Mensch (Vincze et al., 2014b).

### 4.7 Handlungsempfehlungen

Anhand der Studienergebnisse und ermittelten Risikofaktoren zur Verbreitung und Übertragung von MRSA bei Pferden und Kontaktpersonen können bereits Handlungsempfehlungen und Forschungsbedarf abgeleitet werden. Die einzelnen Maßnahmen sind in die Bereiche Veterinärmedizin, Pferdehaltung und allgemeine Empfehlungen gegliedert.

#### 4.7.1 Veterinärmedizinischer Sektor

In der Pferdemedizin sollten Antibiotika-Einsatz und Hygienemaßnahmen, insbesondere die Händehygiene und Hautschutz, stärker beachtet werden (Carfora et al., 2016; Gehlen et al., 2020; Guérin et al., 2017; Haenni et al., 2017). Um Hygienemaßnahmen einheitlich umsetzen und eine gute Behandlungsqualität gewährleisten zu können, sollten Handlungsanweisungen für wiederkehrende Tätigkeiten und Vorgänge sowie Hygienepläne schriftlich festgehalten und für alle Mitarbeitenden zugänglich aufbewahrt werden (Gehlen et al., 2020). Neben der Schulung des veterinärmedizinischen Personals sollten

auch PferdebesitzerInnen, insbesondere immungeschwächte Personen, über Risiken und Hygienemaßnahmen bei bestehendem Übertragungsrisiko informiert werden (Gehlen et al., 2020; Petinaki & Spiliopoulou, 2015). Garcia-Alvarez et al. (2012) machten darauf aufmerksam, dass Angestellte in der Veterinärmedizin mit Kontakt zu MRSA-positiven Tieren angaben, häufig keine Möglichkeit für eine arbeitsmedizinische Beratung zu erhalten. Dies sollte angegangen und ggf. von Trägern wie der Berufsgenossenschaft (BGW) aufgegriffen werden. Speziell die Tätigkeit in der ambulanten Pferdemedizin und Fahrpraxen erfordert besondere Hygienemaßnahmen und ist herausfordernder einzuhalten als in Kliniken. So sollten in den Praxisfahrzeugen alle zur Einhaltung der Hygienemaßnahmen erforderlichen Mittel gut greifbar mitgeführt werden. Zu diesen zählen geeignete Desinfektionsmittel für Haut und Flächen in Flüssigform sowie Desinfektionstücher. Auch Seife und Einmalhandtücher sowie Hautschutzpräparate müssen zur Verfügung stehen. Außerdem muss ausreichend persönliche Schutzausrüstung und -kleidung (wie Handschuhe, Mund-Nasen-Schutz, Einmalkittel etc.) vorhanden sein. Die Schuhe sollten ebenfalls gereinigt und desinfiziert oder gewechselt werden. Alle Gebrauchsgegenstände, Instrumente und Oberflächen innerhalb der Fahrzeuge müssen ebenfalls gereinigt und desinfiziert werden (Gehlen et al., 2020). Die Desinfektionsmittel müssen sorgfältig ausgewählt werden. Hierzu wurde eine Desinfektionsmittelliste für den Tierhaltungsbereich von der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft (DVG) veröffentlicht. Bei Untersuchungen und Behandlungen von MRSA-infizierten Pferden sollten für die Dauer der Infektion Einmalhandschuhe, Schutzkittel und ggf. eine Mund-Nasen-Maske getragen werden (Gehlen et al., 2020). Das Tragen von Handschuhen soll generell nicht die Händedesinfektion ersetzen, sondern zusätzlich zu dieser stattfinden (Gehlen et al., 2020). Auch die korrekte Entsorgung von infektiösem Abfall muss festgelegt und eingehalten werden (Gehlen et al., 2020). Ebenso sollten BesitzerInnen oder Stallbetreibende über eine möglicherweise notwendige Desinfektion des Behandlungsortes nach beispielsweise Wundspülungen bei infektiösen Pferden vom veterinärmedizinischen Personal aufgeklärt werden

(Gehlen et al., 2020). Reserveantibiotika sollten in Tierpopulationen, wenn möglich, nicht angewendet oder gar weiter reglementiert werden. Alternativ könnte die Forschung zu und Anwendung von Alternativen, wie Probiotika, unterstützt werden (Crespo-Piazuelo & Lawlor, 2021). In jedem Fall haben TierärztInnen eindeutig die Pflicht einen angemessenen Einsatz von Antibiotika in der Tierhaltung zu gewährleisten (Garcia-Alvarez et al., 2012). Antibiogramme sollten erstellt werden, möglichst bevor bakterielle Infektionen mit Antibiotika behandelt werden (Petinaki & Spiliopoulou, 2012). Auch in der Diagnostik und Behandlung von Mauke sollten Empfindlichkeitstests durchgeführt werden (Kaiser-Thom et al., 2022).

Bereits 2012 haben Garcia-Alvarez et al. in ihrer Publikation VeterinärmedizinerInnen empfohlen die Infektionsraten insbesondere von antibiotikaresistenten Bakterien wie MRSA in den eigenen Praxen zu überprüfen und zu überwachen. Denn wenn die Entwicklung beobachtet wird, können lokale Ausbrüche oder Übertragungen früher entdeckt und Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Um die MRSA-Verbreitung eindämmen zu können, ist es unerlässlich Infektionskontrollmaßnahmen in veterinärmedizinischen Einrichtungen einzuführen (Petinaki & Spiliopoulou, 2012). Eine Zusammenarbeit sollte hierzu unter den einzelnen Praxen und veterinärmedizinischen Einrichtungen stattfinden. Bereits ausgearbeitete Strategien und Dokumente zur Infektionsprävention und -kontrolle sollten untereinander ausgetauscht und gemeinsam weiter optimiert werden (Garcia-Alvarez et al., 2012). Eine Verbesserung der Biosicherheit für Pferde und Personal ist unerlässlich, um der Verbreitung von MRSA entgegenzuwirken (Walther et al., 2018). Die Biosicherheit muss gerade auch außerhalb der Kliniken beachtet werden und besonders die persönliche Hygiene, wenn die Möglichkeit besteht, dass es sich um eine MRSA-Infektion bei dem zu behandelnden Pferd handelt (Albert et al., 2023). Die Schulung des veterinärmedizinischen Personals bzgl. Handhygiene, dem richtigen Antibiotikaeinsatz und Wundhygieneüberwachung sollten neben einem generellen Screening des Personals auf MRSA eingeführt werden (Petinaki & Spiliopoulou, 2015). Ein routinemäßiges MRSA-Screening des Personals sei laut

Garcia-Alvarez et al. (2012) nicht zwingend notwendig. Die Mitarbeitenden sollten hingegen sensibilisiert werden, die Gesundheit ihrer Haut im Blick zu behalten und Infektionen, Ekzeme und ähnliches zu melden. Praxistiere, welche sich regelmäßig in den veterinärmedizinischen Einrichtungen aufhalten, sollten auf MRSA getestet werden (Garcia- Alvarez et al., 2012). Die bereits bestehenden Empfehlungen zur Infektionskontrolle und Krankenhaushygiene sollten auch im tiermedizinischen Sektor Anwendung finden. Dennoch sollten tierartspezifische Empfehlungen ausgearbeitet werden, welche ebenso die Arbeitssicherheit der verschiedenen Mitarbeitenden sowie Anwendung von Antibiotika umfassen (Vincze et al., 2014a). Bei lokalen und oberflächlichen Infektionen sollte eine lokale Therapie mit antimikrobiellen oder antiseptischen Mitteln durchgeführt werden, damit eine hohe Konzentration in den infizierten Bereich gelangt und weniger systematisch Antibiotikaresistenzen gefördert werden (Boyen et al., 2013). Um im Falle von infizierten Tieren eine Weiterverbreitung an andere Tiere und Menschen zu verhindern, müssen zusätzlich zu der Behandlung des betreffenden Tieres Hygienemaßnahmen angewendet werden (Boyen et al., 2013). Da Pferde, welche MRSA-positiv aus Kliniken entlassen werden, ein Risiko für die Herde sowie die Menschen im Heimatstall darstellen (Gehlen et al., 2020), sollte die Kommunikation zwischen Kliniken, Praxen und BesitzerInnen mehr an Bedeutung gewinnen.

### 4.7.2 Präventionsmaßnahmen in der Pferdehaltung

Die Umsetzung von Infektionspräventionsstrategien ist neben Pferdepraxen und -kliniken auch in Pferdeställen und -höfen essenziell im Kampf gegen die Ausbreitung von Erregern wie MRSA zu verhindern (Petinaki & Spiliopoulou, 2012). Wenn eine Pferde-Population MRSA-frei ist, sollte die Erhaltung dieses Status angestrebt werden, gerade in veterinärmedizinischen Einrichtungen (Boyen et al., 2013). Da es so schwierig ist, kolonisierte Herden wieder in einen MRSA-negativen Status zu bekommen, sollten die Maßnahmen am besten bereits ergriffen werden, bevor sich MRSA in den eigenen Herden verbreitet (Crespo-Piazuelo & Lawlor, 2021). Bei tierischen Neuzugängen sollte eine mehrwöchige

Quarantäne eingehalten und auf MRSA getestet werden, bevor das Tier in die neue Herde integriert wird (Crespo-Piazuelo & Lawlor, 2021; Gehlen & Blessinger, 2020). Für erkrankte und infektiöse Pferde muss generell die Möglichkeit einer räumlichen Trennung zu den restlichen Pferden bestehen (Gehlen & Blessinger, 2020). Denn erkrankte Tiere sollten umgehend von dem restlichen Bestand getrennt werden, um eine Ausbreitung zu verhindern. In der täglichen Versorgung sollten gesunde Pferde zuerst versorgt werden, damit Erreger nicht von den erkrankten auf die gesunden Pferde übertragen werden. Wenn möglich, sollte die Versorgung der erkrankten Pferde nicht von der gleichen Person durchgeführt werden, wie die der gesunden (Gehlen & Blessinger, 2020). Gegenstände und Oberflächen, welche insbesondere mit der Nase der Pferde in Berührung kommen, sind als besonders risikoreich als Übertragungsmedium angesehen und behandelt werden (Khairullah et al., 2022). Bei MRSA-Ausbrüchen bei Tieren sollte das Umfeld ebenfalls getestet und ggf. dekolonisiert werden, wie es zum Teil bei menschlichen KrankenhauspatientInnen bereits erfolgreich durchgeführt wird (Petinaki & Spiliopoulou, 2015). Es muss beachtet werden, dass Pferde unterschiedlich lange nach einer Infektion MRSA-positiv besiedelt sein können (Bergström et al., 2013). Auch das betreffende Pferd sollte dementsprechend weiterhin getestet und der Status kontrolliert werden. Ein Übertragungskreislauf aus infizierten Pferden und Kontaktpersonen (Garcia-Alvarez et al., 2012) muss verhindert bzw. unterbrochen werden. Bei der Rückkehr von stalleigenen Pferden von Turnieren oder Reisen sollten diese auf Infektionserkrankungen untersucht werden (Gehlen & Blessinger, 2020). Auch BesucherInnen von Ställen müssen sich an Hygienevorschriften halten (Crespo-Piazuelo & Lawlor, 2021). Die richtige Reinigung und Desinfektion aller Oberflächen der Stallungen (inkl. Wände und Decken) und der Umgebung ist essenziell für die Infektionsprävention (Gehlen & Blessinger, 2020; Khairullah et al., 2022). Zur Keimreduktion hilft bereits das Ausfegen des Stalles sowie die Entfernung von Staub und Spinnweben. Außerdem ist für die Desinfektion die Haltung an die Herstellerangaben und eine sorgfältige vorherige Reinigung zwingend notwendig, da sonst nicht der gewünschte Effekt erzielt werden kann.

## 4. Ergebnisse

---

Damit die Pferde Rückstände der Reinigungs- und Desinfektionsmittel nicht aufnehmen, müssen diese insbesondere aus Futter- und Trinkvorrichtungen anschließend entfernt werden (Gehlen & Blessinger, 2020). Die Desinfektionsmittel müssen zudem sorgfältig ausgewählt werden. Hierzu wurde eine Desinfektionsmittelliste für den Tierhaltungsbereich von der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft veröffentlicht. Um das Infektionsrisiko durch Schädlinge wie zum Beispiel Ratten und Vögel im Stall oder auf dem Hof zu verringern, können unter anderem bauliche Maßnahmen, wie Abschirmung durch Drähte und Fliegengitter ergriffen werden. Außerdem sollte darauf geachtet werden, dass Schädlingen weder Nahrung noch Nistungsmöglichkeiten durch beispielsweise offenes Futter oder tiefes Einstreu zur Verfügung stehen. Sicher verschlossene Aufbewahrungslösungen für Futter, das Entfernen von übriggebliebenen Futterresten und eine allgemeine gute Hygiene und Reinigung sind unerlässlich. Im Falle eines Vorhandenseins von Schädlingen auf dem Hof, sollte sich umgehend um eine Bekämpfung gekümmert werden, um dem Erkrankungsrisiko sowie wirtschaftlichen Schäden vorzubeugen (Gehlen & Blessinger, 2020; Khairullah et al., 2022). Allgemeine einheitliche Regelungen, Empfehlungen und Leitlinien für den Umgang mit Infektionserkrankungen und Hygiene in Pferdebetrieben sollten erarbeitet und eingeführt werden (Gehlen & Blessinger, 2020).

### 4.7.3 Allgemeine Empfehlungen

Erhält ein Mensch einen positiven MRSA-Nachweis, sollte diese Person aufgeklärt werden, dass eine Übertragung auf die Tiere im Umfeld möglich ist. Ebenso besteht die Gefahr einer Reinfizierung (Kreislauf), weshalb Hygieneregeln und Schutzmaßnahmen zwingend zu beachten sind. Hierunter fällt beispielsweise eine Kontaktreduktion für die Zeit der Infektion oder Besiedelung. Aber auch ohne MRSA-Nachweis sollten Händehygiene und Vorsichtsmaßnahmen generell eingehalten werden (Petinaki & Spiliopoulou, 2015). Pferdemedizinisches Personal und weitere Personen mit Pferde- sowie Nutztierkontakt sollten bei Eintritt in Krankenhäuser als Risikogruppe eingestuft

und getestet werden (Brennan et al., 2016; Islam et al., 2017). Couto et al. (2015) gehen sogar noch weiter und empfehlen, dass alle Menschen mit Tierkontakt bei Eintritt in Krankenhäuser aktiv getestet werden sollten. Auch Neradova et al. (2020) sprechen sich für die Erhebung einer beruflichen Exposition zu Tieren bei Eintritt in Krankenhäuser und ein MRSA-Screening der exponierten Personen aus. Gerade vor Operationen sollten Personen, welche Kontakt zu MRSA-positiven Tieren haben könnten, getestet werden (Garcia-Alvarez et al., 2012).

Insgesamt sollte überdacht werden, dass MRSA-Infektionen bei Tieren nicht anzeigepflichtig sind (Brennan et al., 2016; Carfora et al., 2016). MRSA sollte gerade bei Begleittieren aktiv überwacht werden (Couto et al., 2015). Damit die Problematik mit den Antibiotikaresistenzen und Entwicklung eingeschätzt werden kann, sollten pathogene Bakterien auch bei Pferden epidemiologisch überwacht werden (Boyen et al., 2013). Zusätzlich sollte eine Testung und Monitoring von importierten Tieren eingeführt werden (Brennan et al., 2016; Crespo-Piazuelo & Lawlor, 2021). Isolate von Menschen und Tieren sollten überwacht und analysiert werden, um diese genetischen vergleichen und eine Ausbreitung feststellen zu können (Hurni et al., 2022). Cuny et al. (2015) plädieren für eine Meldepflicht für MRSA-Nachweise, nicht nur aus Blut und Liquor, sondern allgemein bei Mensch und Tier.

Die Problematik der Antibiotikaresistenz und der Infektionskontrolle betrifft nicht nur die Humanmedizin und sollte dementsprechend nicht auf diesen Bereich begrenzt sein. Insbesondere die berufsgruppenübergreifende Zusammenarbeit mit der Veterinärmedizin sollte zukünftig weiter gefördert werden (Garcia-Alvarez et al., 2012). Das One Health-Konzept muss hier in der Entwicklung nachhaltiger Strategien Anwendung finden. Eine Zusammenarbeit von Human- und Veterinärmedizin zur Eindämmung der Verbreitung von MRSA ist demnach unabdingbar (Vincze et al., 2014a). Um eine Eindämmung der Verbreitung von Antibiotikaresistenzen zu erreichen, ist eine konsequente Umsetzung des One Health-Konzepts unabdingbar (Kaspar et al., 2019). Insbesondere die Übertragung von MRSA in verschiedenen Bereichen, wie der

Humanmedizin, Veterinärmedizin und der Gesellschaft sowie zwischen den verschiedenen Spezies (Mensch, Pferd, Hund, Katze, etc.) ist als grundlegende One Health-Problematik einzustufen und zu behandeln (Vincze et al., 2014b). Zukünftig sollte der Fokus auf der Entwicklung und Implementierung von Strategien zur Infektionskontrolle und Überwachung und Verhinderung der globalen Verbreitung von zoonotischen MRSA-Reservoirs liegen (Silva et al., 2022; Walther et al., 2018).

### 4.7.4 Forschungsbedarf

Forschung und die Durchführung weiterer Studien wird explizit gefordert, um Übertragungen und Risikofaktoren zu identifizieren (Islam et al., 2017; Loncaric et al., 2016). Die Ermittlung, Untersuchung sowie Risikoeinschätzungen von MRSA-Übertragungen zwischen Begleittieren und Menschen sollte im One-Health-Rahmen in verschiedenen Settings erfolgen (Crespo-Piazuelo & Lawlor, 2021; Haenni et al., 2017; Petinaki & Spiliopoulou, 2015; Van den Eede et al., 2013). Gerade Langzeit- und Kontrollstudien sind nötig, um weitere Aussagen treffen zu können (Kaiser-Thom et al., 2022; Walther et al., 2018). Die Möglichkeit einer Infizierung mit MRSA durch positiv getestete Schlachtpferde muss zudem weiter untersucht werden. MRSA-Besiedelungen bei Pferden und deren Kontaktpersonen sollte auch diesbezüglich als dringendes Public Health Problem betrachtet und behandelt werden, da ein Risiko für das Personal sowie PferdefleischkonsumentInnen besteht (Parisi et al., 2017). Interventionsstudien zur Übertragung von MRSA in veterinärmedizinischen Einrichtungen wie Pferdepraxen müssen durchgeführt werden, um Präventionsstrategien sowohl auf Seiten der Angestellten als auch der Tiere entwickeln und verbessern zu können. Außerdem sollte der Einfluss von Begleittieren und Veterinärmedizinischem Personal bezüglich der Übertragung von MRSA weiter untersucht werden (Vincze et al., 2014a). Die Weiterführung der Untersuchung von Wundabstrichen in der Veterinärmedizin wird angeraten, um weitere Informationen und Entwicklungen ermitteln zu können (Vincze et al., 2014b). Auch die Kontamination von Gegenständen sollte sowohl im beruflichen Kontext

#### 4. Ergebnisse

---

(Autos, Kleidung etc.) als auch private Gegenstände der Personen, zukünftig untersucht werden (Garcia-Alvarez et al., 2012), um konkrete Präventionsstrategien entwickeln zu können. Die Effektivität einzelner Schutzmaßnahmen muss in Bezug auf MRSA überprüft werden und die Maßnahmen angepasst und weiterentwickelt werden. Außerdem sollte die Forschung zu Alternativen zu den bisher verwendeten Antibiotika weiter vorangetrieben und gefördert werden. Bei Menschen werden beispielsweise *Lactobacillus* spp. zur Reduktion der Besiedelung mit *S. aureus* im Darm oder der Nase angewendet (Crespo-Piazuelo & Lawlor, 2021). Solche Alternativen könnten ebenfalls bei kolonisierten Tieren erprobt werden.

Im Folgenden werden sowohl die Ergebnisse und Studien als auch die angewandte Methodik dieser Übersichtsarbeit kritisch diskutiert.

### 5. Diskussion

Sowohl in Bezug auf MRSA-Infektionen als auch Besiedelungen mit MRSA handelt es sich in Europa bei nicht-hospitalisierten Pferden und deren Kontaktpersonen überwiegend um den LA-MRSA CC398 (t011). In der Vergangenheit war CC8-MRSA bei Pferden ebenfalls häufig vertreten. Die Entwicklungen zeigen jedoch, dass diese vermehrt durch CC398-MRSA abgelöst werden. In Bezug auf die SCCmec-Typen wurden fast ausschließlich SCCmec-Typ IV beziehungsweise Iva und V nachgewiesen. Bei Untersuchungen von HA-MRSA wurden meist die SCCmec-Typen I bis III nachgewiesen. Die später entwickelten CA-MRSA wiesen jedoch häufiger die Typen IV und V auf. Diese scheinen zwar im Vergleich gegen weniger Antibiotikaklassen resistent zu sein, dafür aber ein schnelleres Wachstum und eine höhere Fähigkeit, Erkrankungen und Schäden im Wirt zu verursachen (Hiramatsu et al., 2013; Okuma et al., 2002). Auch bei Kontaktpersonen von Pferden konnten ähnliche bis identische genetische Charakteristika der MRSA-Stämme sowohl in nasalen Testungen als auch in Infektionen nachgewiesen werden. Anhand der konkreten untersuchten Fälle kann von direkten und indirekten Übertragungen zwischen Pferden und Menschen außerhalb von Kliniken ausgegangen werden. Diese können über kontaminierte Oberflächen und Gegenstände oder auch andere Lebewesen erfolgen. Die Richtung der Übertragung konnte nicht immer eindeutig bestimmt werden. Bei den nachgewiesenen MRSA handelte es sich in vereinzelt Fällen auch um Stämme, welche ursprünglich aus humanmedizinischen Einrichtungen bekannt sind. Dies zeigt, dass sich sowohl Menschen mit Pferde-typischen-MRSA infizieren können als auch Pferde mit menschentypischen. Unter den Begleittieren konnte bei Pferden häufiger MRSA aus den Proben isoliert werden. Insgesamt wurden jedoch geringe MRSA-Prävalenzen unter nicht-hospitalisierten Pferden in den Studien ermittelt. Auch wenn in Pferdekliniken teils höhere Prävalenzen verzeichnet werden als in den hier aufgeführten Studien, muss bedacht werden, dass die Rekrutierung einer repräsentativen Stichprobe sowie die Testung und Erzeugung aussagekräftiger Ergebnisse bei nicht-hospitalisierten

Pferden schwerer zu erreichen ist. Zusätzlich sollten nicht nur die Anzahlen der MRSA-Nachweise betrachtet werden, sondern auch gegen wie viele und welche Antibiotika diese insgesamt resistent sind. So konnten in der Schweiz dieselben MRSA-Stämme bei nicht-hospitalisierten Pferden mit mehr Resistenzen als bei Pferden in Kliniken nachgewiesen werden (Hurni et al., 2022). Hierzu ist die Überwachung der Ergebnisse von eigenen untersuchten Proben sowie die Auswertung der dazugehörigen Antibiogramme in allen Pferdepraxen und Kliniken sinnvoll. Auf der einen Seite ist dies aus Hygiene- und Arbeitsschutzgründen ratsam. Auf der anderen Seite können so Entwicklungen und Trends der Resistenzen ermittelt und dementsprechend gehandelt werden.

Neben zwei deutschen wurden 28 englischsprachige Publikationen ausgewertet. Die englische Sprache stellt die am häufigsten für wissenschaftliche Literatur verwendete Sprache dar (Kleibel & Mayer, 2011), wodurch Forschungsergebnisse aus verschiedenen Ländern einbezogen werden konnten. Dennoch besteht die Möglichkeit, dass weitere relevante Literaturquellen existieren, welche aufgrund der Sprache von vornherein ausgeschlossen wurden. Außerdem ist eine subjektive Beeinflussung bei der Selektion möglich (Kleibel & Mayer, 2011). Hierbei ist es sinnvoll, mehrere Personen die Suchergebnisse unabhängig auswerten zu lassen, um diesen Bias zu minimieren.

In den meisten Untersuchungen konnte nicht eindeutig bestimmt werden, ob es sich um eine Übertragung von Pferd zu Mensch oder Mensch zu Pferd handelte (Albert et al., 2023; Brennan et al., 2016; Hurni et al., 2022; Islam et al., 2017; Van den Eede et al., 2013). Gerade in retrospektiven Untersuchungen nach einem MRSA-Fall, wie bei Loncaric et al. (2016), lassen sich die genauen Übertragungsketten und der Ursprung nicht eindeutig feststellen. Die Studien von Avberšek et al. (2021) und Brennan et al. (2016) beispielsweise sind in Bezug auf Pferde allein nur geringgradig repräsentativ, da zu wenige Pferde getestet wurden, um allgemeingültige Aussagen treffen zu können. Bei Walther et al. (2018) konnten keine weiteren Variablen auf ihren möglichen Einfluss getestet werden, da keine zusätzlichen Informationen abgefragt und erhoben wurden.

MRSA-Infektionen bei Menschen unterliegen nur der Meldepflicht, wenn sie im Blut oder Liquor nachgewiesen wurden. Dementsprechend besteht die Möglichkeit, dass die Ergebnisse der Studie von Cuny et al. (2015) die Situation in Deutschland nicht repräsentativ widerspiegeln, da nur diese Isolate einbezogen wurden. Bei Neradora et al. (2016) ist nicht explizit dargestellt, inwiefern Pferdekontakt bei den MRSA-positiven Personen vorhanden war. Außerdem ist abzuwägen, ob eine Selbsttestung der Menschen sinnvoll, wie im Beispiel von Brennan et al. (2016). Zwar ist stattdessen geschultes Personal nötig, aber die genommenen Proben wären anschließend aufgrund einer standardisierten Probenentnahme voraussichtlich aussagekräftiger. In Bezug auf das Tätigkeitsfeld der getesteten TierärztInnen ist bei Kittl et al. (2020) nicht eindeutig, ob diese in Kliniken oder in ambulanten Praxen tätig sind. Zu geringe MRSA-Nachweise führten außerdem teils dazu, dass keine signifikanten Risikofaktoren identifiziert werden können (Kaspar et al., 2019). In der Studie von Hurni et al. (2022) wurden nur gesunderscheinende Pferde eingeschlossen. Möglicherweise wären mehr MRSA-positive Pferde ermittelt worden, wenn kein Ausschluss der Pferde mit Krankheitssymptomen stattgefunden hätte. Wie gezeigt wurde, können Pferde, die zum Beispiel eine lokale Hautinfektion aufweisen, zusätzlich besiedelt sein. Die Ergebnisse dieser Untersuchung gelten demnach nur für gesunde Pferde und können nicht auf die gesamte Pferde-Population in der Schweiz übertragen werden. Außerdem wurden die Ausschlusskriterien in Bezug auf eine vorherige Antibiotika-Therapie innerhalb der letzten zwei Wochen und Klinikaufenthalte innerhalb der letzten sechs Monate willkürlich und nicht anhand wissenschaftlicher Erkenntnisse gesetzt (Hurni et al., 2022). In mehreren Studien (Cuny et al., 2015; Vincze et al., 2014a; Vincze et al., 2014b) wurde zudem nicht eindeutig gekennzeichnet, welche Proben aus Kliniken und welche aus Praxen stammen. Dementsprechend konnten diese nur zusammengefasst in die Ergebnisse einfließen. Die Studie von Vincze et al. (2014a) beruhte auf der freiwilligen Teilnahme der tiermedizinischen Einrichtungen nach Einsendung einer positiven Probe. Außerdem wurden nur Proben aus einem deutschen veterinärmedizinischen Labor einbezogen. Zudem ist anzumerken, dass nicht alle

VeterinärmedizinerInnen Proben zur bakteriologischen Untersuchung bei einer Infektion einsenden. Demzufolge lässt sich auch keine verallgemeinernde Aussage über die Inzidenz von MRSA unter Begleittieren treffen (Vincze et al., 2014a). Auch bei Vincze et al. (2014b) kann keine Aussage über alle Wundinfektionen getroffen werden, da nicht von allen Wundinfektionen Proben genommen und zur Untersuchung ins Labor eingeschickt werden. Dementsprechend besteht die Möglichkeit, dass die in dieser Studie ermittelten Anteile an MRSA nicht mit der Gesamtpopulation übereinstimmen. Außerdem gibt es keine einheitliche Definition für Wundabstriche, wodurch sich auf die Angaben der VeterinärmedizinerInnen beim Einsenden verlassen werden musste (Vincze et al., 2014b).

Der direkte Vergleich der Ergebnisse der einzelnen Studien ist aufgrund mehrerer Faktoren nicht einwandfrei möglich. Zum einen unterscheiden sich die einzelnen Studiendesigns in Bezug auf das Studienziel sowie die Größe und Auswahl der Stichprobe. Auch die in den Laboratorien verwendeten Materialien und Vorgänge zur Bearbeitung und Testung der Proben unterschieden sich zum Teil. Die fachliche Bewertung der einzelnen Verfahren konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt werden, sollte jedoch bei einer qualitativen Bewertung miteinbezogen werden. Zum anderen sind die Studien zum Beispiel aufgrund einer zu geringen Stichprobengröße nicht für die Gesamtheit des jeweiligen Landes repräsentativ. So lassen sich die regionalen Unterschiede und zeitliche Entwicklung der MRSA-Prävalenzen und Übertragungen nicht abschließend bewerten. Dennoch konnte durch diese Arbeit dargestellt werden, in welchen Regionen bereits Forschung durchgeführt und publiziert wurde und aus welchen noch Forschung fehlt. Auch die ermittelten Risikofaktoren bieten eine Grundlage für weiteren Forschungsbedarf. Wie die Aufführung der Risikofaktoren zeigt, können verschiedene Aspekte einen Einfluss auf die Entstehung und Verbreitung von MRSA haben. Der Fokus sollte demnach nicht auf die Anwendung von Antibiotika beschränkt sein. In mehreren der ausgewerteten Studien konnte eine Antibiotikatherapie in Bezug auf MRSA nicht als signifikanter Risikofaktor ermittelt werden (Islam et al., 2017; Kaspar et al., 2019). Nichtsdestoweniger sollte

beispielsweise der Einsatz von Probiotika als Alternativ- oder unterstützende Therapie stärker erforscht werden, da somit die Verwendung von antibiotischen Medikamenten reduziert werden könnte.

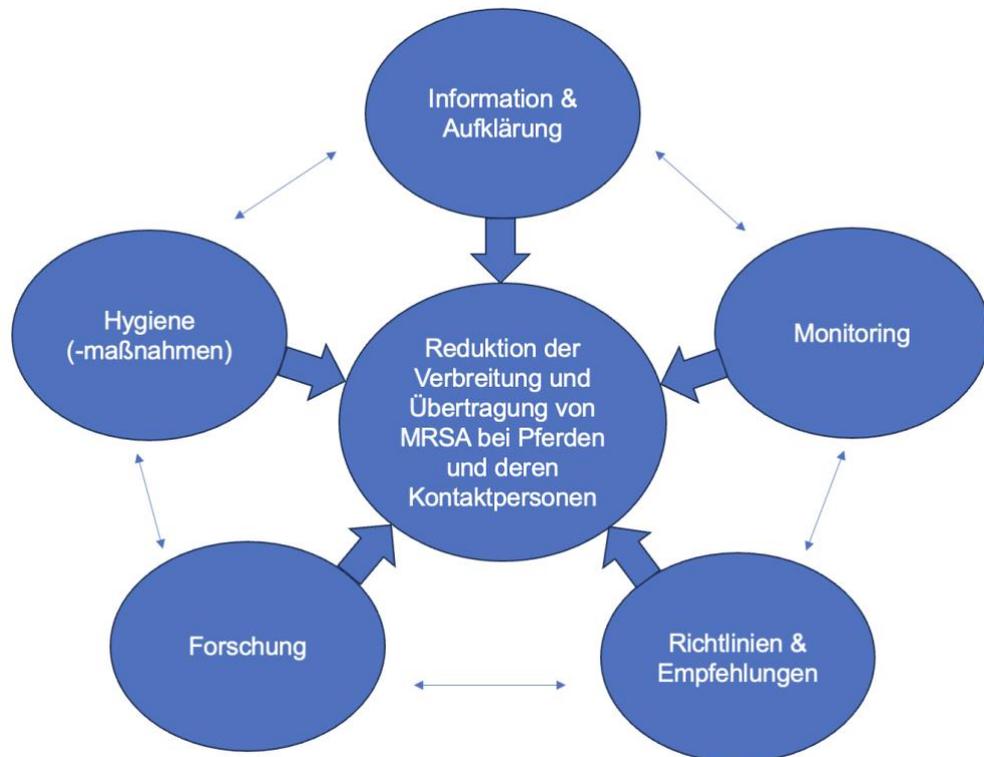


Abbildung 2: Handlungsfelder zur Reduktion der Verbreitung von MRSA und Übertragung zwischen Pferden und Kontaktpersonen (eigene Darstellung)

Anhand der ausgewerteten Ergebnisse konnten Handlungsempfehlungen für verschiedene Bereiche, wie die Veterinärmedizin und die Pferdehaltung, erarbeitet werden. Aus diesen lassen sich, wie in Abbildung 2 dargestellt, fünf Kategorien oder Felder bilden, welche gemeinsam zu einer Reduktion der weiteren Verbreitung von MRSA bei Pferden und deren Kontaktpersonen beitragen können. Diese bestehen zum einen aus nötigen Hygienemaßnahmen sowohl in den veterinärmedizinischen Einrichtungen, wie den ambulanten Pferdepraxen, als auch im allgemeinen Umgang mit Pferden; vor allem wenn ein MRSA-Nachweis vorliegt. Außerdem muss in allen Settings über das Übertragungsrisiko zielgruppenspezifisch informiert werden. Im Rahmen der

Veterinärmedizin sollten Schulungen des Personals durchgeführt und Beratungsmöglichkeiten gewährleistet sein. Auch die weiteren Kontaktpersonen, wie BesitzerInnen, Pferdepflegende oder auch Stallbetreibende sollten von diesen, gerade im Falle einer bestehenden Infektion oder Kolonisation mit MRSA, aufgeklärt werden. Ebenfalls sollte humanmedizinisches Personal für die mögliche MRSA-Besiedelung von PatientInnen mit Pferde- oder anderem Tierkontakt sensibilisiert werden. Diese wiederum sind für die Information von PatientInnen mit MRSA-Nachweis bezüglich eines Übertragungsrisikos auf weitere Menschen aber auch Tiere im Umfeld zuständig. Von fachspezifischen Organisationen, Fachgremien und vom Gesetzgeber sollten Leitlinien und offizielle Empfehlungen und Regelungen erstellt und veröffentlicht werden. Bei der Entwicklung dieser darf der Tierschutz nicht außer Acht gelassen werden. Vorschriften und Einschränkungen des Antibiotikaeinsatzes dürfen keine Gefährdung des Tierwohls darstellen. MRSA-Screenings sind im Krankenhaus wirtschaftlich sinnvoll. Die Auswirkungen von Übertragungen erzeugen Kosten über mehrere Tausend Euro. Diese können durch günstige Testungen verhindert werden (Handl, 2019). Eine Erweiterung der Meldepflicht sollte in Bezug auf multiresistente Bakterien diskutiert werden. Um Ausbrüche zeitnah identifizieren und die weitere Entwicklung einschätzen zu können, ist die Datenerhebung und Überwachung von MRSA bei Mensch und Tier erforderlich. Diese kann bereits innerhalb der Pferdepraxen und -kliniken selbstständig durchgeführt werden. Hierzu kann mit dem jeweiligen Labor Kontakt aufgenommen und um die Aufstellung der eigenen labordiagnostischen Untersuchungsergebnisse gebeten werden. Sollte dies nicht möglich sein, kann gegebenenfalls mit der praxisinternen Software gefiltert und zusammengetragen werden. Im Zuge dessen ist vor allem die Auswertung der Antibiotogramme sinnvoll, und dies nicht nur bei MRSA-Isolaten. Die Ergebnisse der eingeschlossenen Studien verdeutlichen, dass weiterer Forschungsbedarf dringend notwendig ist, um konkrete Strategien unter anderem in den genannten Feldern entwickeln zu können. Die fünf Handlungsfelder stehen dabei in enger Verbindung und Wechselwirkung. Die Information und Aufklärung der Menschen muss sowohl zu

Hygienemaßnahmen als auch über die Ergebnisse der Datenerhebung und Überwachung in Bezug auf Ausbrüche erfolgen. Die Regelungen eines einheitlichen Monitoringsystems können nur anhand wissenschaftlicher Erkenntnisse erarbeitet werden. Und wie gezeigt wurde, ist die Durchführung und Auswertung zu Risikofaktoren und Interventionsmaßnahmen notwendig, um geeignete und wirksame Hygienemaßnahmen – insbesondere für ambulante Pferdepraxen – formulieren zu können. Diese müssen wiederum auf ihre Wirksamkeit hin evaluiert und stetig verbessert werden.

### 6. Fazit und Ausblick

Der Methicillin-resistente *Staphylococcus aureus* (MRSA) stellt in Krankenhäusern und Tierkliniken eine präsente und steigende Herausforderung dar. Aber auch in der Gesellschaft insgesamt und in Tierpopulationen ist eine MRSA-Verbreitung zu beobachten. Anhand der durchgeführten systematischen Literaturrecherche konnte der aktuelle Forschungsstand zur MRSA-Verbreitung und -Übertragung bei Pferden und Kontaktpersonen in Europa dargestellt werden. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bereits einige Studien und Erkenntnisse vorliegen. MRSA kann aufgrund der geringeren Nachweise als unsichtbare Gefahr in ambulanten Pferdepraxen bezeichnet werden. Dies zeigten sowohl die Auswertung der bakteriellen Untersuchungen einer Praxis als auch die Studienergebnisse. Gerade die symptomlose Besiedelung mit MRSA kann ein Risiko für Mensch und Tier darstellen, da Übertragungen sowohl vom Pferd auf den Menschen als auch umgekehrt und über Oberflächen erfolgen können. Veterinärmedizinisches Personal mit Pferdekontakt scheint hier eine besondere Rolle einzunehmen. Aber auch anderweitiger berufsbedingter oder privater Pferdekontakt birgt ein Übertragungsrisiko sowohl für weitere Tiere als auch in die Gesamtbevölkerung. Kritische Situationen können beispielsweise bei dem Eintritt von Personen der Risikogruppe in medizinische Einrichtungen entstehen. Eine Ermittlung der konkreten Übertragungswege und Aufklärung der betreffenden Personen im Falle von MRSA-Fällen ist hierbei sinnvoll. Im Bereich der Veterinärmedizin ist eine gute Zusammenarbeit und Kommunikation zwischen einzelnen Akteuren, wie Pferdekliniken, Pferdepraxen, PferdebesitzerInnen und StallbetreiberInnen nötig, um einer Verbreitung von MRSA entgegenwirken zu können.

Die Ergebnisse dieser Arbeit haben gezeigt, dass weiterhin ein erheblicher Forschungsbedarf besteht, der auf verschiedenen Ebenen und in einer Vielzahl von Fragestellungen erfüllt werden muss, um fundierte Schlussfolgerungen zu treffen und weitere konkrete Handlungsempfehlungen zu entwickeln. Diese werden dringend benötigt, um nachhaltig der Verbreitung von MRSA und

weiteren Antibiotikaresistenzen entgegenwirken zu können. Eine Kooperation nach dem One Health-Prinzip ist unerlässlich auf dem Weg dieses Ziel zu erreichen.

Um über diese Arbeit hinaus für die Thematik beziehungsweise Problematik und das Übertragungsrisiko von MRSA auch in ambulanten Pferdepraxen zu sensibilisieren, ist eine Überarbeitung und Zusammenfassung der Ergebnisse für eine Publikation im Deutschen Tierärzteblatt der Bundestierärztekammer e.V. in Planung. Die Reduktion von Antibiotikaresistenzen sollte fortan in allen Bereichen stärker in den Fokus gerückt werden, damit zur Behandlung von Infektionen bei Mensch und Tier auch in Zukunft noch wirksame Antibiotika zur Verfügung stehen.

## Literaturverzeichnis

- Albert, E., Sahin-Tóth, J., Horváth, A., Papp, M., Biksi, I., & Dobay, O. (2023). Genomic Evidence for Direct Transmission of mecC-MRSA between a Horse and Its Veterinarian. *Antibiotics (Basel, Switzerland)*, *12*(2), 408. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12020408>
- Antimicrobial Resistance Collaborators. (2022). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *Lancet* *399*, 629–655. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0)
- Avberšek, J., Golob, M., Papić, B., Dermota, U., Grmek Košnik, I., Kušar, D., Ocepek, M., & Zdovc, I. (2021). Livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: Establishing links between animals and humans on livestock holdings. *Transboundary and emerging diseases*, *68*(2), 789–801. <https://doi.org/10.1111/tbed.13745>
- Bergström, K., Bengtsson, B., Nyman, A., & Grönlund Andersson, U. (2013). Longitudinal study of horses for carriage of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* following wound infections. *Veterinary microbiology*, *163*(3-4), 388–391. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2013.01.004>
- Boyen, F., Smet, A., Hermans, K., Butaye, P., Martens, A., Martel, A., & Haesebrouck, F. (2013). Methicillin resistant staphylococci and broad-spectrum  $\beta$ -lactamase producing Enterobacteriaceae in horses. *Veterinary microbiology*, *167*(1-2), 67–77. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2013.05.001>
- Brennan, G. I., Abbott, Y., Burns, A., Leonard, F., McManus, B. A., O'Connell, B., Coleman, D. C., & Shore, A. C. (2016). The Emergence and Spread of Multiple Livestock-Associated Clonal Complex 398 Methicillin-Resistant and Methicillin-Susceptible *Staphylococcus aureus* Strains among Animals and Humans in the Republic of Ireland, 2010-2014. *PLoS one*, *11*(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149396>

- Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL). (2021, 12. Oktober). *Abgabemengen von Antibiotika in der Tiermedizin leicht gestiegen*. [https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/05\\_tierarzneimittel/2021/2021\\_10\\_12\\_PI\\_Abgabemengen\\_Antibiotika\\_Tiermedizin.html](https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/05_tierarzneimittel/2021/2021_10_12_PI_Abgabemengen_Antibiotika_Tiermedizin.html)
- Bundesministerium für Gesundheit (BMG). (2023). *DART 2030 - Deutsche Antibiotika-Resistenzstrategie*. [https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3\\_Downloads/A/Antibiotika-Resistenz-Strategie/DART\\_2030\\_bf.pdf](https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/A/Antibiotika-Resistenz-Strategie/DART_2030_bf.pdf)
- Bundestierärztekammer e.V. (BTK). (2018). Die neue TÄHAV ist in Kraft – Inhalte und Hintergründe aus dem Ausschuss für Arzneimittel- und Futtermittelrecht der Bundestierärztekammer e.V. *Deutsches Tierärzteblatt*, 66(4). <https://www.bundestieraerztekammer.de/btk/dtbl/archiv/artikel/4/2018/die-neue-taehav-ist-in-kraft>
- Carfora, V., Caprioli, A., Grossi, I., Pepe, M., Alba, P., Lorenzetti, S., Amoruso, R., Sorbara, L., Franco, A., & Battisti, A. (2016). A methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) Sequence Type 8, spa type t11469 causing infection and colonizing horses in Italy. *Pathogens and disease*, 74(4). <https://doi.org/10.1093/femspd/ftw025>
- Couto, N., Belas, A., Kadlec, K., Schwarz, S., & Pombo, C. (2015). Clonal diversity, virulence patterns and antimicrobial and biocide susceptibility among human, animal and environmental MRSA in Portugal. *The Journal of antimicrobial chemotherapy*, 70(9), 2483–2487. <https://doi.org/10.1093/jac/dkv141>
- Crespo-Piazuelo, D., & Lawlor, P. G. (2021). Livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (LA-MRSA) prevalence in humans in close contact with animals and measures to reduce on-farm colonisation. *Irish veterinary journal*, 74(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s13620-021-00200-7>

- Cuny, C., Abdelbary, M. M. H., Köck, R., Layer, F., Scheidemann, W., Werner, G., & Witte, W. (2015). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* from infections in horses in Germany are frequent colonizers of veterinarians but rare among MRSA from infections in humans. *One health (Amsterdam, Netherlands)*, 2, 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2015.11.004>
- Deiters, C., Günnewig, V., Friedrich, A. W., Mellmann, A., & Köck, R. (2015). Are cases of Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* clonal complex (CC) 398 among humans still livestock-associated? *International journal of medical microbiology: IJMM*, 305(1), 110–113. <https://doi.org/10.1016/j.ijmm.2014.11.007>
- Deutsche Reiterliche Vereinigung e.V. (FN). (2023). *Jahresbericht 2022*. [https://www.pferd-aktuell.de/shop/downloadable/download/sample/sample\\_id/340/](https://www.pferd-aktuell.de/shop/downloadable/download/sample/sample_id/340/)
- Dierich, M.P. & Fille, M (2020). Allgemeines. In: S. Suerbaum, G.D. Burchard, S.H.E. Kaufmann & T.F. Schulz (Hrsg.), *Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie* (9. Auflage), 933-934. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Elsevier. (2023, 21. September). *What is Scopus about? - Scopus: Access and Use Support Center*. [https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a\\_id/15100/supporthub/scopus/related/1/](https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/15100/supporthub/scopus/related/1/) (Letzter Zugriff: 07. Oktober 2023)
- Europäische Arzneimittel-Agentur (EMA). (2015). *Reflection paper on the risk of antimicrobial resistance transfer from companion animals*. [https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/reflection-paper-risk-antimicrobial-resistance-transfer-companion-animals\\_en.pdf](https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/reflection-paper-risk-antimicrobial-resistance-transfer-companion-animals_en.pdf)
- European Food Safety Authority & European Centre for Disease Prevention and Control. (2022). The European Union Summary Report on Antimicrobial Resistance in zoonotic and indicator bacteria from humans, animals and

food in 2019–2020. *EFSA Journal* 20(3), 7209.

<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7209>

Federspil, P., Federspil, P. A., & Geipel, U. (2009). Methicillinresistente Staphylokokken (MRSA, MRSE) im Nasen-, Nasennebenhöhlenbereich und Sputum. *HNO*, 57(4), 395–407. <https://doi.org/10.1007/s00106-009-1919-y>

Garcia-Alvarez, L., Dawson, S., Cookson, B., & Hawkey, P. (2012). Working across the veterinary and human health sectors. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 67(suppl\_1), 37-49.

Gatermann, S. (2020). Staphylokokken. In: S. Suerbaum, G.D. Burchard, S.H.E. Kaufmann & T.F. Schulz (Hrsg.), *Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie* (9. Auflage), 249-260. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Gehlen, H. & Blessinger, S.C. (2020). Hygienemanagement in Pferdebetrieben – Literaturübersicht. *Berliner und Münchner Tierärztliche Wochenschrift* 2020, 133. <https://www.vetline.de/system/files/frei/BMTW-10.23761439-0299-2020-1-Gehlen.pdf>

Gehlen, H., Simon, C., Reinhold-Fritzen, B., Lübke-Becker, A., Kauter, A., Walther, B., Cuny, C., Köck, R. & Rösler, U. (2020). Basis-Hygienemaßnahmen für den Pferdeterarzt in Praxis und Klinik. *Berliner und Münchner Tierärztliche Wochenschrift* 2020, 133.

<https://www.vetline.de/system/files/frei/10.23761439-0299-2020-3-Gehlen.pdf>

Gesellschaft für Pferdemedizin (GPM). (2019). *Hygienemanagement-Leitfaden 2020 - GPM – Fachinformation*. Frankfurt. <https://gpm-vet.de/shop/product/9-hygieneleitfaden#>

Guérin, F., Fines-Guyon, M., Meignen, P., Delente, G., Fondrinier, C., Bourdon, N., Cattoir, V., & Léon, A. (2017). Nationwide molecular epidemiology of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* responsible for horse

infections in France. *BMC microbiology*, 17(1), 104.

<https://doi.org/10.1186/s12866-016-0924-z>

Haenni, M., Châtre, P., Dupieux-Chabert, C., Métayer, V., Bes, M., Madec, J. Y., & Laurent, F. (2017). Molecular Epidemiology of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* in Horses, Cats, and Dogs Over a 5-Year Period in France. *Frontiers in microbiology*, 8, 2493.

<https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02493>

Handl, G. (2019). *Angewandte Hygiene, Infektionslehre und Mikrobiologie: für Gesundheits- und Krankenpflege, Pflegefachassistenz und Pflegeassistenz*. (3. Auflage). Wien, Österreich: Facultas Verlags- und Buchhandels AG.

Harkins, C. P., Pichon, B., Doumith, M., Parkhill, J., Westh, H., Tomasz, A., de Lencastre, H., Bentley, S. D., Kearns, A. M., & Holden, M. T. G. (2017). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* emerged long before the introduction of methicillin into clinical practice. *Genome biology*, 18(1), 130.

<https://doi.org/10.1186/s13059-017-1252-9>

Heller, J., & Hughes, K. (2013). MRSA in horses. *In Practice*, 35(1), 30-35.

<https://bvajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1136/inp.f14>

Hiramatsu, K., Ito, T., Tsubakishita, S., Sasaki, T., Takeuchi, F., Morimoto, Y., Katayama, Y., Matsuo, M., Kuwahara-Arai, K., Hishinuma, T., & Baba, T. (2013). Genomic Basis for Methicillin Resistance in *Staphylococcus aureus*. *Infection & chemotherapy*, 45(2), 117-136.

<https://doi.org/10.3947/ic.2013.45.2.117>

Hurni, J. I., Kaiser-Thom, S., Gerber, V., Keller, J. E., Collaud, A., Fernandez, J., Schwendener, S., & Perreten, V. (2022). Prevalence and whole genome-based phylogenetic, virulence and antibiotic -resistance characteristics of nasal -*Staphylococcus aureus* in healthy Swiss horses. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*, 164(7), 499-512. <https://doi.org/10.17236/sat00360>

- Idelevich, E., Lanckohr, C., Horn, D., Wieler, L.H., Becker, K. & Köck, R. (2016). Antibiotika-resistente Erreger in Deutschland. *Bundesgesundheitsbl.* 59, 113–123. <https://doi.org/10.1007/s00103-015-2261-z>
- Islam, M. Z., Espinosa-Gongora, C., Damborg, P., Sieber, R. N., Munk, R., Husted, L., Moodley, A., Skov, R., Larsen, J., & Guardabassi, L. (2017). Horses in Denmark Are a Reservoir of Diverse Clones of Methicillin-Resistant and -Susceptible *Staphylococcus aureus*. *Frontiers in microbiology*, 8, 543. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00543>
- Kaiser-Thom, S., Gerber, V., Collaud, A., Hurni, J., & Perreten, V. (2022). Prevalence and WGS-based characteristics of *Staphylococcus aureus* in the nasal mucosa and pastern of horses with equine pastern dermatitis. *BMC veterinary research*, 18(1), 79. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-03053-y>
- Kaspar, U., von Lützu, K., Schlattmann, A., Rösler, U., Köck, R., & Becker, K. (2019). Zoonotic multidrug-resistant microorganisms among non-hospitalized horses from Germany. *One health (Amsterdam, Netherlands)*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2019.100091>
- Khairullah, A. R., Sudjarwo, S. A., Effendi, M. H., Ramandinianto, S. C., Widodo, A., & Riwu, K. H. P. (2022). A review of horses as a source of spreading livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* to human health. *Veterinary world*, 15(8), 1906–1915. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.1906-1915>
- Khillare, R. S., & Bhave, S. S. (2018). Occupational hazards associated with veterinarians and their control measures. *J. Foodborne Zoonot. Dis*, 6(02), 13-17. [http://www.jakraya.com/journal/pdf/16-jfzdArticle\\_4.pdf](http://www.jakraya.com/journal/pdf/16-jfzdArticle_4.pdf)
- Kittl, S., Brodard, I., Heim, D., Andina-Pfister, P., & Overesch, G. (2020). Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* Strains in Swiss Pigs and Their Relation to Isolates from Farmers and Veterinarians. *Applied and environmental microbiology*, 86(5). <https://doi.org/10.1128/AEM.01865-19>

- Kleibel, V., & Mayer, M. (2011). *Literaturrecherche für Gesundheitsberufe* (2. Auflage). Facultas AG, Wien.
- Kozak, A., Wendeler, D., Schedlbauer, G. & Nienhaus, A. (2012). Unfälle und Berufskrankheiten bei Beschäftigten in Tierarztpraxen - Fallzahlen der Jahre 2007 bis 2011. *Deutsches Tierärzteblatt* 9(12), 1230-1236.  
<https://www.bundestieraerztekammer.de/btk/dtbl/archiv/artikel/9/2012/unfaelle-und-berufskrankheiten-bei-beschaeftigten-in-tierarztpra>
- Mehraj, J., Akmatov, M. K., Strömpl, J., Gatzemeier, A., Layer, F., Werner, G., Pieper, D. H., Medina, E., Witte, W., Pessler, F., & Krause, G. (2014). Methicillin-sensitive and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* nasal carriage in a random sample of non-hospitalized adult population in northern Germany. *PloS one*, 9(9).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107937>
- Loncaric, I., Künzel, F., Klang, A., Wagner, R., Licka, T., Grunert, T., Feßler, A. T., Geier-Dömling, D., Rosengarten, R., Müller, E., Reissig, A., Spersger, J., Schwarz, S., Ehrlich, R., & Monecke, S. (2016). Carriage of methicillin-resistant staphylococci between humans and animals on a small farm. *Veterinary dermatology*, 27(3). <https://doi.org/10.1111/vde.12321>
- Neradova, K., Jakubu, V., Pomorska, K., & Zemlickova, H. (2020). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in veterinary professionals in 2017 in the Czech Republic. *BMC veterinary research*, 16(1), 4.  
<https://doi.org/10.1186/s12917-019-2223-z>
- Okuma, K., Iwakawa, K., Turnidge, J. D., Grubb, W. B., Bell, J. M., O'Brien, F. G., Coombs, G. W., Pearman, J. W., Tenover, F. C., Kapi, M., Tiensasitorn, C., Ito, T., & Hiramatsu, K. (2002). Dissemination of new methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* clones in the community. *Journal of clinical microbiology*, 40(11), 4289–4294. <https://doi.org/10.1128/JCM.40.11.4289-4294.2002>

- One Health High-Level Expert Panel (OHHLEP), Adisasmito, W. B., Almuhairi, S., Behraves, C. B., Bilivogui, P., Bukachi, S. A., Casas, N., Cediell Becerra, N., Charron, D. F., Chaudhary, A., Ciacci Zanella, J. R., Cunningham, A. A., Dar, O., Debnath, N., Dungu, B., Farag, E., Gao, G. F., Hayman, D. T. S., Khaitsa, M., Koopmans, M. P. G., ... Zhou, L. (2022). One Health: A new definition for a sustainable and healthy future. *PLoS pathogens*, 18(6).  
<https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1010537>
- Parisi, A., Caruso, M., Normanno, G., Latorre, L., Miccolupo, A., Fraccalvieri, R., Intini, F., Manginelli, T., & Santagada, G. (2017). High Occurrence of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* in Horses at Slaughterhouses Compared with Those for Recreational Activities: A Professional and Food Safety Concern? *Foodborne pathogens and disease*, 14(12), 735–741. <https://doi.org/10.1089/fpd.2017.2300>
- Petinaki, E., & Spiliopoulou, I. (2012). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* among companion and food-chain animals: impact of human contacts. *Clinical microbiology and infection: the official publication of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 18(7), 626–634. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2012.03881.x>
- Petinaki, E., & Spiliopoulou, I. (2015). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* colonization and infection risks from companion animals: current perspectives. *Veterinary medicine (Auckland, N.Z.)*, 6, 373–382.  
<https://doi.org/10.2147/VMRR.S91313>
- Robert Koch-Institut (RKI). (2013). Eigenschaften, Häufigkeit und Verbreitung von MRSA in Deutschland – Update 2012/2012. *Epidemiologisches Bulletin* 21/2013.  
[https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2013/Ausgaben/21\\_13.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2013/Ausgaben/21_13.pdf?__blob=publicationFile)
- Robert Koch-Institut (RKI). (2016, 19. Mai). *RKI-Ratgeber - Staphylokokken-Erkrankungen, insbesondere Infektionen durch MRSA*. Robert Koch-Institut.

[https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber\\_Staphylokokken\\_MRSA.html](https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber_Staphylokokken_MRSA.html) (letzter Zugriff: 07.10.2023)

Robert Koch-Institut (RKI). (2021). *Infektionsepidemiologisches Jahrbuch meldepflichtiger Krankheiten für 2020*, Berlin 2021.

[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)

Robert Koch-Institut (RKI). (2023). Aktuelle Statistik meldepflichtiger Infektionskrankheiten. *Epidemiologisches Bulletin* 23/2023.

[https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2023/Ausgaben/23\\_23.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2023/Ausgaben/23_23.pdf?__blob=publicationFile)

Rodrigues, A. C., Belas, A., Marques, C., Cruz, L., Gama, L. T., & Pomba, C. (2018). Risk Factors for Nasal Colonization by Methicillin-Resistant Staphylococci in Healthy Humans in Professional Daily Contact with Companion Animals in Portugal. *Microbial drug resistance (Larchmont, N.Y.)*, 24(4), 434–446. <https://doi.org/10.1089/mdr.2017.0063>

Silva, V., Monteiro, A., Pereira, J. E., Maltez, L., Igrejas, G., & Poeta, P. (2022). MRSA in Humans, Pets and Livestock in Portugal: Where We Came from and Where We Are Going. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 11(10), 1110. <https://doi.org/10.3390/pathogens11101110>

Taylor, L. H., Latham, S. M., & Woolhouse, M. E. (2001). Risk factors for human disease emergence. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 356(1411), 983–989. <https://doi.org/10.1098/rstb.2001.0888>

Van den Eede, A., Martens, A., Floré, K., Denis, O., Gasthuys, F., Haesebrouck, F., Van den Abeele, A., & Hermans, K. (2013). MRSA carriage in the equine community: an investigation of horse-caretaker couples. *Veterinary microbiology*, 163(3-4), 313–318. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2012.12.038>

- Verbeek, L., Rabold, D., Hartig, A., Stephan, S., Deus, E., Otte, I., Beutling, A., Schollmeyer, K., de Coninck, P., Höppner, K., Saal, K., Vogler, T., Hach, L., Steinmetz, E., Benner, T., Derksen, L., Militzer, N., Probst, C., & Teichert, U. (2023). One Health: Eine Sichtweise des informellen ministeriellen Netzwerkes. *Bundesgesundheitsbl* 66, 593–598. <https://doi.org/10.1007/s00103-023-03706-3>
- Verkola, M., Järvelä, T., Järvinen, A., Jokelainen, P., Virtala, A.-M., Kinnunen, P.M., & Heikinheimo, A. (2021). Infection prevention and control practices of ambulatory veterinarians: A questionnaire study in Finland. *Vet Med Sci*. 2021; 7: 1059–1070. <https://doi.org/10.1002/vms3.464>
- Vincze, S., Brandenburg, A. G., Espelage, W., Stamm, I., Wieler, L. H., Kopp, P. A., Lübke-Becker, A., & Walther, B. (2014a). Risk factors for MRSA infection in companion animals: results from a case-control study within Germany. *International journal of medical microbiology: IJMM*, 304(7), 787–793. <https://doi.org/10.1016/j.ijmm.2014.07.007>
- Vincze, S., Stamm, I., Kopp, P. A., Hermes, J., Adlhoch, C., Semmler, T., Wieler, L. H., Lübke-Becker, A., & Walther, B. (2014b). Alarming proportions of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in wound samples from companion animals, Germany 2010-2012. *PloS one*, 9(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085656>
- Walther, B., Klein, K. S., Barton, A. K., Semmler, T., Huber, C., Merle, R., Tedin, K., Mitrach, F., Lübke-Becker, A., & Gehlen, H. (2018). Equine Methicillin-Resistant Sequence Type 398 *Staphylococcus aureus* (MRSA) Harbor Mobile Genetic Elements Promoting Host Adaptation. *Frontiers in microbiology*, 9, 2516. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02516>
- Wegner, C., Hübner, N. O., Gleich, S., Thalmaier, U., Krüger, C. M., & Kramer, A. (2013). One-day point prevalence of emerging bacterial pathogens in a nationwide sample of 62 German hospitals in 2012 and comparison with the results of the one-day point prevalence of 2010. *GMS hygiene and infection control*, 8(1). <https://doi.org/10.3205/dgkh000212>

- Wieler, L.H. (2020). One Health. In: S. Suerbaum, G.D. Burchard, S.H.E. Kaufmann & T.F. Schulz (Hrsg.), *Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie* (9. Auflage), 45-49. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Wieler, L., Walther, B., Vincze, S., Guenther, S., Lübke-Becker, A. (2015). Infections With Multidrug-Resistant Bacteria - Has the Post-Antibiotic Era Arrived in Companion Animals? In: A. Sing (Hrsg.). *Zoonoses - Infections Affecting Humans and Animals*. Springer, Dordrecht.  
[https://doi.org/10.1007/978-94-017-9457-2\\_17](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9457-2_17)
- World Health Organization (WHO). (2015). *Worldwide country situation analysis: response to antimicrobial resistance*. Geneva, Switzerland.  
[https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/163468/9789241564946\\_eng.pdf;sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/163468/9789241564946_eng.pdf;sequence=1)
- World Health Organization (WHO). (2020). Zoonoses. *www.who.int*.  
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/zoonoses> (Letzter Zugriff: 23. Juli 2023)
- Ziesing, S. & Fille, M. (2020). Resistenz. In: S. Suerbaum, G.D. Burchard, S.H.E. Kaufmann & T.F. Schulz (Hrsg.), *Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie* (9. Auflage), 939 ff. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

## Anhang

### Anhang 1: Suchstring PubMed

((("horse-caretaker"[All Fields] OR "equine veterinar\*"[All Fields] OR "horse veterinar\*"[All Fields] OR "horse\*"[All Fields] OR ("equines"[All Fields] OR "horses"[MeSH Terms] OR "horses"[All Fields] OR "equine"[All Fields]) OR "companion animals"[All Fields] OR "farm animals"[All Fields] OR "farm horse\*"[All Fields]) AND ("methicillin resistant staphylococcus aureus"[MeSH Terms] OR ("methicillin resistant"[All Fields] AND "staphylococcus"[All Fields] AND "aureus"[All Fields]) OR "methicillin resistant staphylococcus aureus"[All Fields] OR "mrsa"[All Fields] OR (("methicillin resistance"[MeSH Terms] OR ("methicillin"[All Fields] AND "resistance"[All Fields]) OR "methicillin resistance"[All Fields] OR ("methicillin"[All Fields] AND "resistant"[All Fields]) OR "methicillin resistant"[All Fields]) AND "staphylococc\*"[All Fields] AND ("aureu"[All Fields] OR "aureus"[All Fields])) OR (("zoonotic"[All Fields] OR "zoonotical"[All Fields] OR "zoonotically"[All Fields] OR "zoonotics"[All Fields]) AND "multidrug resistan\*"[All Fields])) AND ("risk factors"[All Fields] OR ("epidemiology"[MeSH Subheading] OR "epidemiology"[All Fields] OR "prevalence"[All Fields] OR "prevalence"[MeSH Terms] OR "prevalance"[All Fields] OR "prevalences"[All Fields] OR "prevalence s"[All Fields] OR "prevalent"[All Fields] OR "prevalently"[All Fields] OR "prevalents"[All Fields]) OR ("carriage"[All Fields] OR "carriages"[All Fields]) OR "nasal cavity"[All Fields] OR "occurrence"[All Fields] OR ("transmissability"[All Fields] OR "transmissable"[All Fields] OR "transmissibilities"[All Fields] OR "transmissibility"[All Fields] OR "transmissible"[All Fields] OR "transmissibles"[All Fields] OR "transmission"[MeSH Subheading] OR "transmission"[All Fields] OR "transmissions"[All Fields]) OR ("prevent"[All Fields] OR "preventability"[All Fields] OR "preventable"[All Fields] OR "preventative"[All Fields] OR "preventatively"[All Fields] OR "preventatives"[All Fields] OR "prevented"[All Fields] OR "preventing"[All Fields] OR "prevention and control"[MeSH Subheading] OR ("prevention"[All Fields] AND "control"[All Fields]) OR "prevention and control"[All Fields] OR "prevention"[All Fields] OR "prevention s"[All Fields] OR "preventions"[All Fields] OR "preventive"[All Fields] OR "preventively"[All Fields] OR "preventives"[All Fields] OR "prevents"[All Fields])) AND ((fha[Filter]) AND (fft[Filter]) AND (2012/1/1:2023/8/16[pdat]) AND (english[Filter] OR german[Filter]))

## Anhang 2: Übersicht der eingeschlossenen Studien und Reviews

Nr.	Kurz-beleg	Titel	Land	Zeitraum	Ziel der Studie/ Forschungs-frage
	<i>Studien</i>				
1	Albert et al., 2023	Genomic Evidence for Direct Transmission of mecC-MRSA between a Horse and Its Veterinarian	Ungarn	Dezember 2017, August 2019 - Januar 2020	Genetische Analyse und Vergleich zwischen mecC-MRSA-Isolaten zweier Pferde und eines Tierarztes
2	Avberšek et al., 2021	Livestock-associated methicillin-resistant Staphylococcus aureus: Establishing links between animals and humans on livestock holdings	Slowenien	November 2014 - Mai 2017	Untersuchung möglicher LA-MRSA-Übertragungen zwischen Tieren und Menschen in ländlichen Gebieten
3	Bergström et al., 2013	Longitudinal study of horses for carriage of methicillin-resistant Staphylococcus aureus following wound infections	Schweden	2008 - 2010	Langzeitstudie zur Dauer einer MRSA-Besiedlung bei Pferden nach Wundinfektion

## Anhang

4	Brennan et al., 2016	The Emergence and Spread of Multiple Livestock-Associated Clonal Complex 398 Methicillin-Resistant and Methicillin-Susceptible <i>Staphylococcus aureus</i> Strains among Animals and Humans in the Republic of Ireland	Irland	2010-2014	Untersuchung der Ausbreitung von LA-CC398 MSSA und MRSA Stämmen bei Tieren und Menschen in Irland
5	Carfora et al., 2016	A methicillin-resistant <i>Staphylococcus aureus</i> (MRSA) Sequence Type 8, spa type t11469 causing infection and colonizing horses in Italy	Italien	Mai 2014 – 2015	Untersuchung eines MRSA-Infektions-Falles eines Pferdes in Bezug auf Weiterverbreitung in Stall und Klinik, Risikofaktoren und Übertragung auf weitere Tiere und Menschen
6	Couto et al., 2015	Clonal diversity, virulence patterns and antimicrobial and biocide susceptibility among human, animal and environmental MRSA in Portugal	Portugal	2010 (2 Pferde) Studie insgesamt 2001 – 2014	Identifikation der Clonalen Typen von <i>S. aureus</i> bei Tieren, Menschen mit Tier-Kontakt und der Umgebung/Umwelt

## Anhang

7	Cuny et al., 2015	Methicillin-resistant <i>Staphylococcus aureus</i> from infections in horses in Germany are frequent colonizers of veterinarians but rare among MRSA from infections in humans	Deutschland	2006 - 2015	Untersuchung, inwiefern typische Pferde-MRSA bei menschlichen Infektionen nachgewiesen werden
8	Guérin et al., 2017	Nationwide molecular epidemiology of methicillin-resistant <i>Staphylococcus aureus</i> responsible for horse infections in France	Frankreich	2007 - 2013	Prävalenz und Charakterisierung von MRSA-Infektionen von Pferden in Frankreich
9	Haenni et al., 2017	Molecular Epidemiology of Methicillin-Resistant <i>Staphylococcus aureus</i> in Horses, Cats, and Dogs Over a 5-Year Period in France	Frankreich	2010 - 2015	Charakterisierung von MRSA Isolaten von Begleittieren (Pferde, Hunde und Katzen) in Frankreich

## Anhang

10	Hurni et al., 2022	Prevalence and whole genome-based phylogenetic, virulence and antibiotic -resistance characteristics of nasal - Staphylococcus aureus in healthy Swiss horses	Schweiz	Januar bis August 2020	Verbreitung und Prävalenz von nasaler MRSA-Besiedelung bei gesunden Pferden in der Schweiz
11	Islam et al., 2017	Horses in Denmark Are a Reservoir of Diverse Clones of Methicillin-Resistant and - Susceptible Staphylococcus aureus	Dänemark	April bis August 2015	Sind Pferde in Dänemark ein Reservoir für MRSA CC398? Und Vergleich mit menschlichen Isolaten
12	Kaiser-Thom et al., 2022	Prevalence and WGS-based characteristics of Staphylococcus aureus in the nasal mucosa and pastern of horses with equine pastern dermatitis	Schweiz	Keine Angabe	Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Mauke und MRSA bei Pferden

## Anhang

13	Kaspar et al., 2019	Zoonotic multidrug-resistant microorganisms among non-hospitalized horses from Germany	Deutschland	Mai 2015 - März 2016	Prävalenz der Besiedelung mit MRSA und Extended spectrum betalactamase producing <i>Enterobacteriaceae</i> (ESBL-E) bei nicht-hospitalisierten Pferden in Deutschland
14	Kittl et al., 2020	Methicillin-Resistant <i>Staphylococcus aureus</i> Strains in Swiss Pigs and Their Relation to Isolates from Farmers and Veterinarians	Schweiz	2017 (TierärztInnen und LandwirtInnen, Pferde), Mastschweine von 2009 - 2017	Prävalenz und Verbreitung von (LA-)MRSA bei schweizer TierärztInnen und LandwirtInnen
15	Loncaric et al., 2016	Carriage of methicillin-resistant staphylococci between humans and animals on a small farm	Österreich	Keine Angabe	Retrospektive Untersuchung eines MRSA-Falles auf einem kleinen Hof mit verschiedenen Tieren und Menschen
16	Neradova et al., 2020	Methicillin-resistant <i>Staphylococcus aureus</i> in veterinary professionals in 2017 in the Czech Republic	Tschechien	September 2017	Prävalenz und Charakterisierung von MRSA bei Personen, die in der Tiermedizin tätig sind

## Anhang

17	Parisi et al., 2017	High Occurrence of Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus in Horses at Slaughterhouses Compared with Those for Recreational Activities: A Professional and Food Safety Concern?	Italien	2014 - 2015	Prävalenz und Charakterisierung von MRSA bei Renn-, Zucht-, Reit und Schlachtpferde und Kontaktpersonen in Italien.
18	Van den Eede et al., 2013	MRSA carriage in the equine community: an investigation of horse-care taker couples	Belgien	2010 - 2011	Untersuchung von gesunden Mensch-Pferd-Paaren von verschiedenen Höfen auf MRSA-Besiedlung und Analyse von möglichen Risikofaktoren
19	Vincze et al., 2014a	Risk factors for MRSA infection in companion animals: results from a case-control study within Germany	Deutschland	März 2010 - September 2011	Untersuchung des Einflusses von praxis- und tier-bezogenen Variablen auf das Risiko einer MRSA-Infektion bei Begleittieren (Hunde, Katzen, Pferde) im Vergleich zu MSSA-Infektionen
20	Vincze et al., 2014b	Alarming proportions of methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA) in wound samples from companion animals, Germany 2010-2012	Deutschland	November 2010 bis März 2012	Erkenntnisgewinn zur Verbreitung und Charakterisierung von MRSA in Wundabstrichen von Begleittieren (Hunde, Katzen und Pferde) in Deutschland

## Anhang

21	Walther et al., 2018	Equine Methicillin-Resistant Sequence Type 398 Staphylococcus aureus (MRSA) Harbor Mobile Genetic Elements Promoting Host Adaptation	Deutschland	2014 und 2015	MRSA-Screening von Pferden bei Eintritt in Pferdeklinik und Analyse der Eigenschaften der multiresistenten und zoonotischen Bakterien.
	<i>REVIEWS</i>				
22	Boyen et al., 2016	Methicillin resistant staphylococci and broad-spectrum $\beta$ -lactamase producing Enterobacteriaceae in horses			Review zur klinischen Relevanz von MRS und broad-spectrum Beta-lactamase-producing Enterobacteriaceae bei Pferden
23	Crespo-Piazuelo & Lawlor, 2021	Livestock-associated methicillin-resistant Staphylococcus aureus (LA-MRSA) prevalence in humans in close contact with animals and measures to reduce on-farm colonization			Review zur Prävalenz v MRSA bei VeterinärmedizinerInnen, Farmern und anderen Kontaktpersonen, Alternativtherapie, Präventionsstrategien

## Anhang

24	Garcia-Alvarez et al., 2012	Working across the veterinary and human health sectors			Review zu MRSA und gram-negativen Bakterien und Empfehlungen für die berufliche Exposition im Veterinärsektor
25	Gehlen & Blessinger, 2020	Hygienemanagement in Pferdebetrieben – Literaturübersicht			Review zum Hygienemanagement in Pferdebetrieben
26	Gehlen et al., 2020	Basis-Hygienemaßnahmen für den Pferdetierarzt in Praxis und Klinik			Review zur Basishygiene in der Pferdemedizin: Hygienekonzepte, Biosicherheit, Infektionsprävention
27	Khairullah et al., 2022	A review of horses as a source of spreading livestock-associated methicillin-resistant Staphylococcus aureus to human health			Review zu LA-MRSA bei Pferden; u.a. Risikofaktoren und Möglichkeiten die Verbreitung zu verhindern
28	Petinaki & Spiliopoulou, 2012	Methicillin-resistant Staphylococcus aureus among companion and food-chain animals: impact of human contacts			Review zur Epidemiologie von MRSA bei verschiedenen Tieren und Kontaktpersonen und Kontrollstrategien

## Anhang

---

29	Petinaki & Spiliopoulou, 2015	Methicillin-resistant Staphylococcus aureus colonization and infection risks from companion animals: current perspectives			Review zu MRSA Infektionen und Kolonisierungen bei Begleittieren, Handlungsempfehlungen
30	Silva et al. 2022	MRSA in Humans, Pets and Livestock in Portugal: Where We Came from and Where We Are Going.	Portugal		Review zur Entwicklung von MRSA bei Tieren und Menschen in Portugal

## Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit ohne fremde Hilfe selbständig erarbeitet und verfasst habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Hamburg, 09. Oktober 2023

*Ort, Datum*

\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_

*Unterschrift Julia Sophie Meyer*