

**Auswirkung alternativer Prophylaxemittel auf Antibiotikaeinsatz,  
Leistungs- und Tierwohlparameter beim Masthuhn -  
Eine prospektive Feldstudie in fünf deutschen Masthuhnbetrieben**

von

Sebastian Josef Sterk

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

Auswirkung alternativer Prophylaxemittel auf Antibiotikaeinsatz,  
Leistungs- und Tierwohlparameter beim Masthuhn -  
Eine prospektive Feldstudie in fünf deutschen Masthuhnbetrieben

von

Sebastian Josef Sterk

aus Friedrichshafen

München 2024

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Departement  
der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Pharmakologie, Toxikologie und Pharmazie

Arbeit angefertigt unter der Leitung von  
Univ.-Prof. Dr. Hermann Ammer

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

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

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Hermann Ammer

Korreferent/in: Univ.-Prof. Dr. Michael H. Erhard

Tag der Promotion: 6. Juli 2024

**INHALTSVERZEICHNIS**

<b>I.</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>Literaturübersicht .....</b>	<b>2</b>
1	Masthuhnproduktion in Deutschland .....	2
1.1	Aktuelle Produktionsmenge .....	2
1.2	Produktionszyklus .....	2
1.3	Haltungsformen beim Masthuhn .....	3
1.4	Genetik und Leistungsdaten .....	4
1.5	Erfassung von Tierwohlindikatoren beim Masthuhn .....	5
2	Antibiotikaeinsatz in der Masthuhnproduktion .....	7
2.1	Rechtliche Rahmenbedingungen und Erfassung des Antibiotikaeinsatzes beim Masthuhn .....	7
2.2	Registrierte Abgabemengen antibiotischer Arzneimittel beim Masthuhn .....	9
2.3	Gesetzliche Vorgaben und strategische Ansätze zur Reduzierung des Antibiotikaeinsatzes beim Masthuhn .....	11
3	Alternative Prophylaxemittel.....	12
3.1	Rechtliche Einordnung von Futtermittelzusatzstoffen .....	13
3.2	Rechtliche Einordnung von als Ergänzungsfuttermittel eingesetzten Einzelfuttermitteln .....	14
3.3	Produktkategorien.....	15
3.3.1	Probiotika .....	15
3.3.2	Präbiotika.....	18
3.3.3	Pflanzenextrakte / Phyto gene Aromazusatzstoffe .....	19
3.3.4	Huminsäuren.....	21
3.3.5	Säurezusätze .....	23
3.3.6	Klinoptilolithe.....	25

---

<b>III.</b>	<b>Fragestellung.....</b>	<b>27</b>
<b>IV.</b>	<b>Material und Methoden .....</b>	<b>28</b>
1	Untersuchungsgut .....	28
1.1	Teilnehmende Betriebe.....	28
1.2	Eingesetzte alternative Prophylaxemittel .....	30
1.3	Untersuchungsplan .....	32
2	Erfasste und untersuchte Parameter.....	33
2.1	Erfassung des Antibiotikaeinsatzes .....	33
2.2	Erfassung der durchgangsbezogenen Leistungsparameter .....	34
2.3	Erfassung tierbasierter Tierwohlindikatoren (Tierbonitur) .....	37
3	Statistische Auswertung .....	40
3.1	Auswertung der Leistungsdaten aus den Mastdurchgängen.....	40
3.1.1	Berechnung der Kennzahlen.....	41
3.1.2	Vorauswertung retrospektiver Mastdurchgänge.....	42
3.1.3	Berechnung relativer Kennzahlen .....	42
3.1.4	Statistische Tests .....	43
3.2	Auswertung der tierbasierten Tierwohlindikatoren (Boniturergebnisse) .....	44
<b>V.</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>46</b>
1	Allgemeine Ergebnisse und Ergebnisse der statistischen Vorauswertung .....	46
1.1	Zeitraum und Umfang der Untersuchungen .....	46
1.2	Festgestellte Abweichungen im geplanten Versuchsaufbau .....	46
1.3	Ergebnis der Vorauswertung retrospektiver Mastdurchgänge .....	49
2	Ergebnisse der prospektiven Mastdurchgänge unter dem Einsatz alternativer Prophylaxemittel .....	50
2.1	Antibiotikaeinsatz.....	51
2.2	Leistungsparameter.....	54

---

2.2.1	Ergebnisse der Veränderungen der Leistungsparameter mit Prophylaxemittleinsatz betriebs- und durchgangsübergreifend.....	54
2.2.2	Ergebnisse der Veränderungen der Leistungsparameter mit Prophylaxemittleinsatz auf Betriebsebene.....	55
2.2.3	Ergebnisse der Veränderungen der Leistungsparameter ausgewertet nach Prophylaxemittelkategorie .....	62
2.2.3.1	Aromastoffe .....	62
2.2.3.2	PPEM.....	65
2.2.3.3	Huminsäuren.....	65
2.2.3.4	Klinoptilolithe.....	67
2.2.3.5	Säuren .....	68
3	Ergebnisse der Erfassung tierbasierter Tierwohlindikatoren (Tierbonitur) .....	70
3.1	Häufigkeitsverteilung der Bonitierungsergebnisse gesamt .....	70
3.2	Boniturergebnisse auf Einzeldurchgangsebene und auf Betriebsebene	72
3.3	Boniturergebnisse ausgewertet nach Prophylaxemittelkategorie .....	75
3.3.1	Aromastoffe .....	75
3.3.2	PPEM.....	77
3.3.3	Huminsäuren.....	77
3.3.4	Klinoptilolithe.....	79
3.3.5	Säuren .....	79
<b>VI.</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>81</b>
1	Diskussion des Versuchsaufbaus und der Methodik .....	81
1.1	Datengrundlage und Studiendesign .....	81
1.2	Praxiserprobung und Datenerfassung .....	83
1.3	Statistische Auswertung .....	87
2	Antibiotikaeinsatz unter dem Einsatz alternativer Prophylaxemittel ....	88

---

3	Leistungs- und Tierwohlparameter unter dem Einsatz alternativer Prophylaxemittel.....	91
3.1	Beobachtete Effekte betriebs- und durchgangsübergreifend.....	91
3.2	Beobachtete Effekte nach Prophylaxemittelkategorie.....	93
3.2.1	Aromastoffe.....	93
3.2.2	PPEM.....	97
3.2.3	Huminsäuren.....	99
3.2.4	Klinoptilolithe.....	102
3.2.5	Säuren.....	103
<b>VII.</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>105</b>
<b>VIII.</b>	<b>Summary.....</b>	<b>108</b>
<b>IX.</b>	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>110</b>
<b>X.</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>112</b>
<b>XI.</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>113</b>
<b>XII.</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>140</b>
<b>XIII.</b>	<b>Danksagung.....</b>	<b>145</b>

---

## Abkürzungsverzeichnis

AMG	Arzneimittelgesetz
AntiMin-Pro	Akronym der Projekts Antibiotikaminimierung durch alternative Prophylaxemaßnahmen
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
DART	Deutsche Antibiotika-Resistenzstrategie
EFSA	European Food Safety Authority
EU	Europäische Union
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FMR	Feed Materials Register
ITW	Initiative Tierwohl
Kap.	Kapitel
kg	Kilogramm
lt.	laut
max.	Maximum
min.	Minimum
MW	Mittelwert
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
pKs	negativ dekadischer Logarithmus der Gleichgewichtskonstante einer Säure
pro	prospektiv

PPEM	Probiotika, Prä-/Probiotika-Kombinationen, Effektive Mikroorganismen
retro	retrospektiv
S.	Seite
s.	siehe
s.a.	siehe auch
s.o.	siehe oben
SD	Standardabweichung
sog.	sogenannte
TAMG	Tierarzneimittelgesetz
TierSchNutzV	Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung
VO	Verordnung
WQAP	Welfare Quality® Assessment protocol for poultry
z.B.	zum Beispiel
ZDG	Zentralverband der Deutschen Geflügelwirtschaft e.V.

## I. Einleitung

Gemäß Schätzungen der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) wurden im Jahr 2021 insgesamt 136 Millionen Tonnen Fleisch von weltweit mehr als 85 Milliarden Hühnern produziert (FAO, 2021c). Ergänzt um das Fleisch von Puten, Enten und anderem Geflügel, ist Geflügelfleisch damit das global am häufigsten konsumierte Fleisch (FAO, 2021a, 2021b). In Deutschland hat sich die Fleischproduktion mit Masthühnern in den letzten 20 Jahren mengenmäßig mehr als verdoppelt und betrug im Jahr 2021 insgesamt 1,086 Millionen Tonnen (ZDG, 2022). National und global betrachtet wurden diese beachtlichen Produktionsmengen nicht zuletzt durch eine Professionalisierung der Haltungssysteme und ständige Optimierung der Produktionsprozesse ermöglicht (OVIÉDO-RONDÓN, 2022). Ein Ende der Optimierungsprozesse ist noch nicht in Sicht, da Prognosen von einem weiteren Anstieg der Nachfrage nach tierischem Protein ausgehen und auch, da Produktivität und Effizienz als zentrale Maßnahme zur Reduktion schädlicher Treibhausemissionen in der Tierhaltung gesehen werden (FAO, 2023).

Aktuelle Zahlen aus Erhebungen der Therapiehäufigkeit und der Antibiotikaverbrauchsmengen legen dar, dass der erfreuliche Rückgang des Antibiotikaeinsatzes in der deutschen Nutztierhaltung auf Masthühner nicht zutrifft. Als einzige Tier- bzw. Nutzungsart konnte hier, ausgehend von den Werten aus dem Jahr 2014, kein Rückgang der Therapiehäufigkeit beobachtet werden (FLOR et al., 2023). Dies lässt die Frage aufkommen, ob alternative, nicht medikamentöse Prophylaxemittel zur Einsparung von Antibiotika beitragen können.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es zu untersuchen, ob der Einsatz alternativer Prophylaxemittel, aus den Bereichen Ergänzungsfuttermitteln, respektive Futtermittelzusatzstoffe, Auswirkung auf Antibiotikaeinsatz, Leistungsparameter und tierbasierte Tierwohlparameter bei Masthühnern besitzt. Hierfür fand auf fünf deutschen Mastbetrieben mit unterschiedlichen Haltungsformen über jeweils neun Mastdurchgänge der prospektive Einsatz alternativer Prophylaxemittel statt. Die parallele Auswertung von Vergleichsställen sowie eine umfassende, retrospektive Datenerhebung, ermöglichen eine Beurteilung der eingesetzten alternativen Prophylaxemittel.

## **II. Literaturübersicht**

### **1 Masthuhnproduktion in Deutschland**

#### **1.1 Aktuelle Produktionsmenge**

Das in Deutschland zum Verzehr produzierte Fleisch von Hühnern stammt größtenteils von speziell zur Mast aufgezogenen Jungmasthühnern. So gingen im Jahr 2022 von insgesamt 1,752 Millionen Tonnen produziertem Geflügelfleisch, 1,387 Millionen Tonnen auf Hühner und davon wiederum 1,079 Millionen Tonnen auf speziell zur Mast aufgezogene Jungmasthühner zurück (ZDG, 2023) (im Folgenden als Masthühner bezeichnet). Betrug die Anzahl der in Deutschland aufgezogenen Masthühner im Jahr 1996 noch rund 43,4 Millionen Tiere, hat sich diese Zahl bis 2013 mit 97,1 Millionen Tieren mehr als verdoppelt. Seit dem ist ein leichter Rückgang zu verzeichnen. So wurden 2020 noch 92,4 Millionen Masthühner in Deutschland gehalten (BLE, 2023a). Hielten im Jahr 2003 noch 10.860 Betriebe Masthühner, so sank die Anzahl der Betriebe, trotz absolut zunehmender Tierzahl, auf rund 3.830 im Jahr 2020 (ZDG, 2023). Im Jahr 2020 wurden in Deutschland 1,3 Millionen Masthühner auf 441 Betrieben nach den Kriterien ökologischer Erzeugung aufgezogen (BLE, 2023b). Die hierbei erzeugte Menge von 26.480 Tonnen (AHRENS, 2023) beträgt somit rund 2,45 % des durch Masthühnern produzierten Fleisches in Deutschland. Der durchschnittliche Fleischverbrauch von Masthühnern pro Kopf in Deutschland betrug im Jahr 2022 15,0 kg (ZDG, 2023). Der Selbstversorgungsgrad Deutschlands mit Fleisch von Hühnern betrug im Jahr 2022 etwa 105,5% (ZDG, 2023).

#### **1.2 Produktionszyklus**

Die Produktion der großen Tierzahlen macht eine Organisation der Masthuhnhaltung und vor- wie nachgelagerter Prozesse notwendig (OVIEDO-RONDÓN, 2022) und kann nach HOY et al. (2016) in folgende sieben Stufen unterteilt werden:

1. Zuchtunternehmen (Leistungserfassung und Selektion)
2. Großelterntierbetriebe (I. Vermehrungsstufe)
3. Elterntierbetriebe (II. Vermehrungsstufe)
4. Brütereien (Erzeugung der Masthuhnküken)
5. Mastbetriebe (Aufzucht und Mast)
6. Schlachthof
7. Handel

Während in der Mast traditionell zwischen Kurz- (32 - 34 Tage), Mittellang- (40 - 42 Tage) und Langmast (Hennen 40 - 45 Tage bzw. Hähne 50 - 60 Tage) unterschieden werden kann, machen Kurz- und Mittellangmast ca. 95 % der Hähnchenfleischproduktion in Deutschland aus (HOY et al., 2016). In der Regel werden in diesen beiden Mastformen männliche und weibliche Tiere gemeinsam gehalten und über den o.g. Zeitraum in Ställen mit Bodenhaltung aufgezogen (ELLENDORFF, 2006). Nachdem die Küken in der Brüterei geschlüpft sind, idealerweise in einem Schlupffenster von weniger als 36 Stunden (MEIJERHOF, 2022), werden diese nach Sortierung, Trennung von den Eischalen und den nicht geschlüpften Eiern, Impfung und Zählung (DE JONG & BUTTERWORTH, 2021a) zu den Mastbetrieben transportiert. Das Groß der in Deutschland aufgezogenen Masthühner findet sich in landwirtschaftlichen Betrieben, die mit der Küken liefernden Institution vertragliche Vereinbarungen über die Abnahme der schlachtreifen Tiere haben (VAN HORNE & ACHTERBOSCH, 2008). Dies wird auch als vertikale Integration bezeichnet (HIEMSTRA & NAPEL, 2013). Die Fütterung erfolgt in der Regel ad libitum mit an die jeweilige Wachstumsphase angepassten Mischfuttermitteln. Im Verlauf der Mast auch mit ansteigendem Getreideanteil ganzer oder gebrochener Körner, z.B. in Form von beigemischttem Weizen (MEYER & KAMPHUES, 2014). Es haben sich proteinreduzierte Futtermischungen etabliert, da eine Reduzierung des Proteingehalts im Futter ohne Abstriche bei der Mastleistung möglich ist, sofern die Aminosäuren Lysin, Methionin, Threonin und Tryptophan ausreichend, z.B. in Form von Futtermittelzusatzstoffen, supplementiert werden (JEROCH et al., 2020). Bei einer Ergänzung mit ungebrochenem Weizen kann die Futtermittelverwertung, trotz reduzierten Proteingehalten in den Rationen, konstant gehalten werden (NAEEM et al., 2023). Bevor die Küken eines neuen Mastdurchgangs eingestallt werden, muss eine Reinigung und Desinfektion des Stalls inklusive sämtlicher Tränke- und Futtereinrichtungen erfolgen (TIERSCHNUTZTV, 2021b).

### **1.3 Haltungformen beim Masthuhn**

Die Mindestanforderungen an die Haltung von Nutztieren zu Erwerbszwecken sind in Deutschland in der Tierschutznutztierhaltungsverordnung definiert (TIERSCHNUTZTV, 2021a). Der vierte Abschnitt der Verordnung beinhaltet Vorschriften zur Haltung von Masthühnern und legt u.a. neben der erforderlichen Anzahl an Tränkenippeln (ein Tränkenippel je 15 Tiere), der Länge der Futterschalen (0,66 cm je kg Gesamtlebendgewicht bei Rundtrögen) auch Anforderungen an die

Einstreubeschaffenheit („trocken“, „locker“, „scharrfähig“) sowie eine maximale Besatzdichte (39 kg Lebendgewicht/m<sup>2</sup>) fest. Diese Obergrenze wird für die teilnehmenden Betriebe der freiwilligen initiative Tierwohl (ITW) auf 35 kg Lebendgewicht je m<sup>2</sup> abgesenkt, die im Durchschnitt über drei Mastdurchgänge nicht überschritten werden darf. Darüber hinaus ist hier eine zusätzliche Beschäftigungsmöglichkeit je angefangene 100 m<sup>2</sup> nutzbare Stallfläche, die „bepick-“ und bewegbar sein muss, anzubieten. Diese und weitere Maßnahmen zielen darauf ab, das Tierwohl zu erhöhen und werden ab dem Jahr 2024 durch einen freiwilligen Preisaufschlag durch die Schlachtunternehmen honoriert (TIERWOHL, 2023). Darüber hinaus werden den Tieren im sog. Privathof-Konzept u.a. auch Sitzstangen, weiteres Beschäftigungsmaterial, z.B. in Form von Strohballen, sowie Zugang zu einem Außenklimabereich gewährt. Die maximale Besatzdichte ist hier im Mittel über drei Durchgänge auf 25 kg/m<sup>2</sup> festgelegt und die Tagezunahmen sind auf 45 Gramm je Tag begrenzt (WIESENHOF PRIVATHOF, 2013). Mindestanforderungen für die Haltung nach ökologischen Kriterien sind in der VERORDNUNG(EU)2018/848 (2018) definiert. Die maximale Besatzdichte beträgt hierbei maximal 21 kg/m<sup>2</sup>, ergänzt um eine Auslauffläche von 4 m<sup>2</sup> je Tier bzw. 2,5 m<sup>2</sup> bei Mobilställen. In Ökobetrieben dürfen maximal 4.800 Masthühner gemeinsam in einem Stallabteil gehalten werden und das Mindestschlachtalter beträgt, sofern es sich nicht um Masthühner einer explizit langsam wachsenden Genetik handelt, 81 Tage.

#### 1.4 Genetik und Leistungsdaten

Die Abstammung des Haushuhns wird von den Spezies der Gattung *Gallus* der südostasiatischen Kammhühner vermutet (PETERS et al., 2022). Während im Zuge der Domestikation spezielle Zuchtformen als Hühnerrassen weltweit für unterschiedliche Nutzungsrichtungen selektiert wurden, fand aus diesen ab den 1960er Jahren einhergehend mit der Etablierung effizienter Zuchtprogramme in privatwirtschaftlichen Unternehmen eine gezielte Selektion in Lege- und Mast-Linien für die Lebensmittelproduktion statt (WILLAM & SIMIANER, 2017). Dies bedeutete einen enormen Zuchtfortschritt (HOY et al., 2016). Der Markt der Broilereltern-tierproduktion wird von zwei weltweit agierenden Konzernen dominiert (DE JONG & EMOUS, 2017; HUBBARDBREEDERS, 2018). Für die sich global unterscheidenden Umweltbedingungen, Produktionsbedingungen und Absatzmärkte stellen die Zuchtunternehmen unterschiedliche Zuchtrichtungen von Masthybriden zur Verfügung (WILLAM & SIMIANER, 2017). Diese werden durch gezielte

Hybridisierung über fünf Generationen aus drei bis vier Pedigree-Linien vermehrt (ANTHONY, 2017). Wenngleich offizielle Verkaufszahlen nicht veröffentlicht sind, ist davon auszugehen, dass in Deutschland derzeit vorrangig Masthybriden der Genetiken Ross 308 und Cobb gehalten werden, neben diverser Genetik für den ökologischen Markt (HIEMSTRA & NAPEL, 2013). Zu den Leistungsdaten werden von den Firmen Orientierungswerte auf den Webseiten der Unternehmen veröffentlicht. So wird für das Masthuhn „Ross 308“ bei einem Gewicht von 2998 Gramm an Masttag 42 eine Futtermittelverwertung von 1,531 angegeben. Die Firma Cobb gibt an Masttag 42 ein Zielgewicht von 3278 Gramm und eine Futtermittelverwertung von 1,555 für den „Cobb500 Broiler“ an. Die durchschnittlichen Tageszunahmen werden mit 70 (Ross) bzw. 77,1 (Cobb) Gramm angegeben (AVIAGEN, 2022; COBB-VANTRESS, 2022).

### **1.5 Erfassung von Tierwohlindikatoren beim Masthuhn**

Im Jahr 2009 wurden durch das von der europäischen Kommission geförderte Projekt „Welfare Quality® research project“ Protokolle zur Evaluierung tierwohlbezogener Indikatoren veröffentlicht. Demnach kann bei Masthühnern Tierwohl anhand Kriterien beurteilt werden, die sich an den Kategorien „Good feeding“, „Good housing“, „Good health“ und „Appropriate behaviour“ orientieren (WELFARE QUALITY, 2009). Eine Evaluation der konkreten Indikatoren kann je nach Parameter durch Observation der Tierumgebung oder direkt am Tier erfolgen. Da Masthühner in großen Stückzahlen gehalten werden, kann es effizient sein, tierbasierte Tierwohlindikatoren während des Schlachtvorgangs zu erfassen. Aber auch die stichprobenartige Erfassung an Einzeltieren bereits im Mastdurchgang ist möglich (BUTTERWORTH, 2013). Über die tierbasierten Tierwohlindikatoren hinaus („Animal-based Measures“) kann die Beurteilung von Managementfaktoren und von auf dem Betrieb vorhandenen Ressourcen ergänzend zur Evaluierung des Tierwohls herangezogen werden (FORKMAN & KEELING, 2009). Beispiele für diese, auch als sog. „Resource- and Management-based Measures“ bezeichneten Indikatoren, sind z.B. das Stallklima, die Beleuchtung, die Einstreuqualität oder das zur Verfügung stellen von Futter auf dem Transport von der Brüterei in den Maststall (WEEKS & BUTTERWORTH, 2004). Das Welfare Quality® Assessment protocol for poultry (WQAP) nennt in der Kategorie „Good health“ die Kriterien Lahmheiten, Veränderungen an Fersenbeinhöckern und Fußballen der Masthühner sowie die Mortalität und die Anzahl selektierter Tiere in der Aufzucht als Parameter.

Abmagerung der Tiere am Schlachthof und die Anzahl der Tränkeeinrichtungen auf der Farm lassen Rückschlüsse auf das Tierwohl innerhalb der Kategorie „Good feeding“ zu. Die Kategorie „Good housing“ kann beispielsweise über die Sauberkeit des Gefieders, die Einstreuqualität und auch über das Temperaturverhalten, im Sinne von Zusammendrängen oder Hecheln der Tiere, beurteilt werden (WELFARE QUALITY, 2009). Zur Evaluierung der Kategorie „Appropriate behaviour“ sind nicht für alle Kriterien plausible Messgrößen bei Masthühner vorhanden, jedoch kann physiologisches Verhalten anhand aufmerksamer oder reduzierter Mensch-Tier-Interaktion auch beim Masthuhn beurteilt werden (DE JONG & BUTTERWORTH, 2021c). Da die Beurteilung mehrerer Parameter auf Einzeltierebene sehr zeitaufwendig ist, gibt es Untersuchungen zur Vereinfachung des WQAP (DE JONG et al., 2016). Eine Alternative stellt das „transect walk“-Modell nach MARCHEWKA et al. (2013) dar, welches sich als robust erwiesen hat (BENSASSI et al., 2019). Der Untersucher zählt während der Durchquerung des Stalls auf definierten Pfaden die Anzahl immobiler, lahmender, schmutziger, kranker, sterbender und toter Masthühner. Im Vergleich zum WQAP werden hierbei weniger Parameter erfasst, so bleibt das Sozialverhalten unberücksichtigt und Verletzungen der Haut, Fußballen und Fersenbeinhöcker können leicht übersehen werden (DE JONG & BUTTERWORTH, 2021c). Die Kriterien der transect-walks können mittels einer kostenlos zur Verfügung gestellten App erfasst werden (DAIA, 2015).

Neben der gesetzlich verankerten, zweimal täglichen Inaugenscheinnahme der Masthühner durch den Halter (TIERSCHNUTZTV, 2021e), werden bestimmte Tierwohlparameter am Schlachthof routinemäßig erfasst. Da die Messung der Fußballengesundheit ein akzeptiertes Instrument zur Beurteilung der Masthuhnhaltung und des Tierwohls auf Betriebsebene ist (WELFARE QUALITY, 2009; DE JONG & BUTTERWORTH, 2021c), wird in der Tierschutznutztierhaltungsverordnung bei einem gehäuften Auftreten von Kontaktdermatitiden eine Mitteilung an die zuständige Behörde gefordert (TIERSCHNUTZTV, 2021d). Dies erfordert eine systematische Beurteilung der Fußballenveränderungen durch Amtstierärzte am Schlachthof (LAV, 2021). Stellenweise findet diese Beurteilung der Fußballengesundheit an deutschen Geflügelschlachthöfen mittels Kamerasystemen statt (LOUTON H, 2018). Diese eignet sich, um zwischen gesunden und erkrankten Fußballen zu differenzieren, mit Abstrichen bei der Schweregradklassifizierung

mittlerer Scores (HEITMANN et al., 2018; PILLER, 2020). Neuere Untersuchungen befassen sich auch mit der automatischen Erfassung des Tierverhaltens (LI et al., 2020) oder der kamerabasierten Erfassung von Läsionen an den Fersenbeinhöckern beim Masthuhn (LOUTON et al., 2022a). Ein weiterer Indikator für Tierwohl ist die während der Aufzucht auftretende Mortalitätsrate (WELFARE QUALITY, 2009). Diese wird vom Tierhalter täglich erfasst und außerdem bei der Anlieferung der Herde dem Schlachthof ermittelt (TIERSCHNUTZTV, 2021c). Über beim Schlachtprozess aufgrund Genussuntauglichkeit verworfener Tiere erhält der Landwirt einen Bericht über die Verwurfsursachen. Neben diesen gesetzlich verankerten Instrumenten zur Erfassung von Tierwohlparametern gibt es auch Ansätze privatwirtschaftlicher Institutionen, z.B. der Integrationen oder von Unternehmensberatungen, Tierwohlparameter systematisch zu erfassen und diese für Managemententscheidungen auf Betriebsebene zu nutzen (DE JONG & BUTTERWORTH, 2021c). Beispiele hierfür sind die App Aviapp® (HUVEPHARMA, 2022) oder Handbücher der Integrationen (DE JONG & VAN HARN, 2012). Generell wird angenommen, dass die Verbrauchernachfrage nach Masthuhnfleisch aus Haltungsformen mit höheren Tierwohlstandards steigen wird (AUGÈRE-GRANIER et al., 2019). Es ist daher Gegenstand aktueller Untersuchungen, inwiefern tierbasierte Tierwohlindikatoren von unterschiedlichen Haltungs- oder Stallformen abhängig sind (LOUTON et al., 2018). Tierwohlparameter werden auch bei der Ausgestaltung von Tierschutzlabeln berücksichtigt (RAUCH et al., 2017; LOUTON et al., 2019). Ein Vergleich der drei niederländischen Haltungsformen „Conventional“, „Dutch Retail Broiler“ und „Better life system“ kam zum Ergebnis, dass Parameter für Tierwohl, angelehnt an das WQAP, in den beiden Haltungsformen mit höheren Standards „Dutch Retail Broiler“ und „Better life system“ signifikant besser sind als in der Haltungsform „Conventional“ (DE JONG et al., 2022).

## **2 Antibiotikaeinsatz in der Masthuhnproduktion**

### **2.1 Rechtliche Rahmenbedingungen und Erfassung des Antibiotikaeinsatzes beim Masthuhn**

Zum 28. Januar 2022 trat in Deutschland das neue Tierarzneimittelgesetz (TAMG) als eigenständige Rechtsnorm in Kraft, wodurch die nationalen Vorschriften des Tierarzneimittelrechtes an die Bestimmungen der Verordnung (EG) 2019/6 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 angepasst wurden (TAMG, 2022). Antimikrobiell wirksame Arzneimittel dürfen in der EU bei Tieren

weder routinemäßig noch um Wachstum oder Ertrag zu fördern eingesetzt werden. Die Verschreibung setzt die tierärztliche Diagnose einer Infektionskrankheit voraus und muss die klinische oder eine andere angemessene Prüfung des Gesundheitszustandes des Tieres oder der Tiergruppe beinhalten (VERORDNUNG(EU)2019/6, 2018). Vorrangig sind für Tiere jene Wirkstoffe einzusetzen, die gemäß Artikel 106 zugelassen sind. Eine Umwidmung kann im Therapienotstand entsprechend Artikel 113 stattfinden. Für lebensmittelliefernde Tiere beschränkt sich die Anzahl zugelassener Wirkstoffe auf jene, für die Rückstandshöchstmengen gemäß Artikel 14 der VERORDNUNG(EU)2009/470 (2009) festgelegt sind. Für Masthühner, die nach ökologischen Kriterien gehalten werden und deren Mastzyklus in der Regel weniger als ein Jahr beträgt gilt weiterhin, dass sie nur als ökologische/biologische Erzeugnisse verkauft werden dürfen, wenn sie nicht mehr als einmal antibiotisch behandelt wurden (VERORDNUNG(EU)2018/848, 2018).

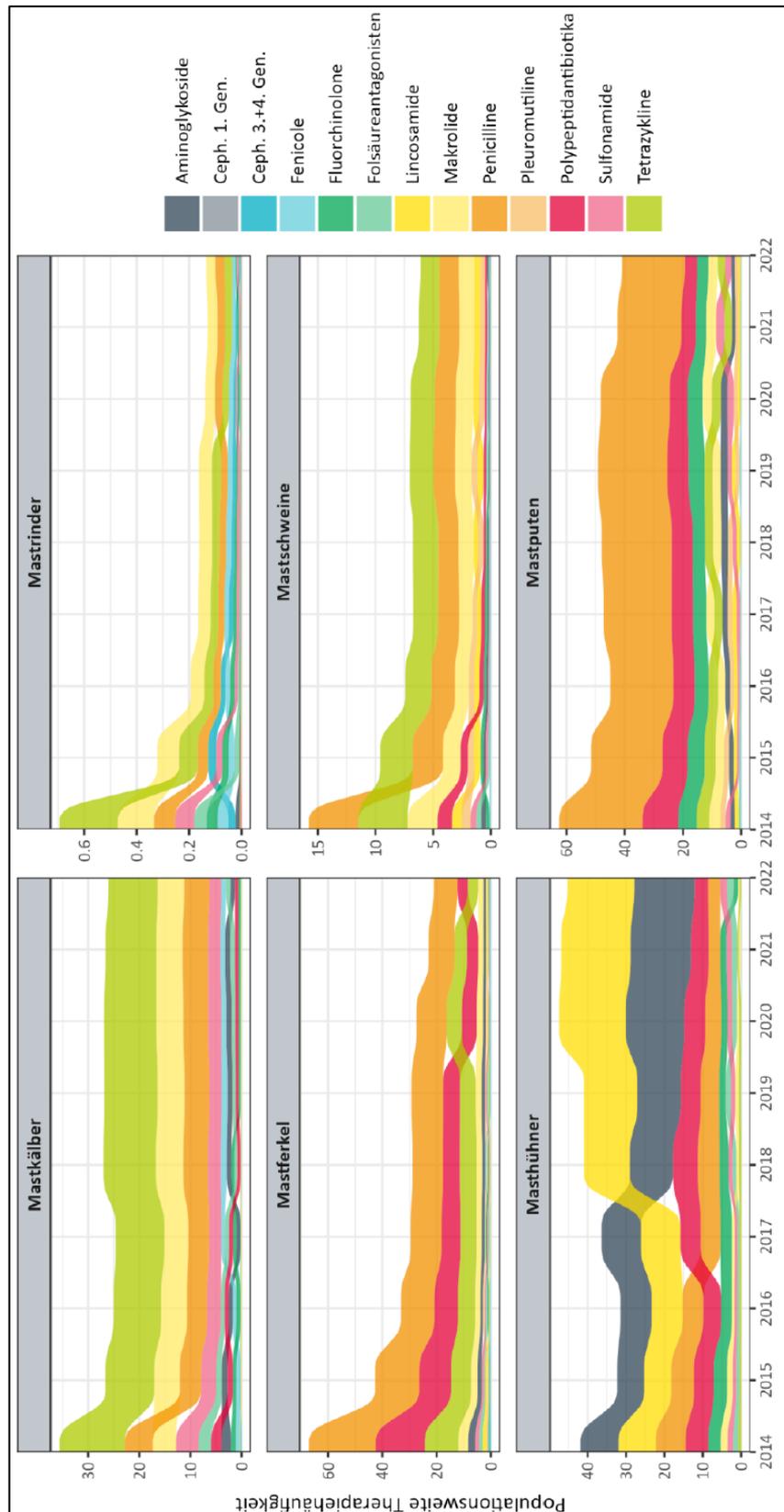
Gemäß § 56 TAMG erfolgt bei allen in Anlage 1 des Gesetzes genannten Tierarten eine Meldung des Antibiotikaeinsatzes durch den behandelnden Tierarzt. Anlage 1 des Gesetzes schließt „zur Gewinnung von Fleisch bestimmte Hühner ab dem Zeitpunkt des Schlüpfens“ ein (TAMG, 2022). Über die erhobenen und ausgewerteten Daten dieser Meldungen veröffentlicht das Bundesinstitut für Risikobewertung bis zum 31. August des jeweils folgenden Jahres einen Wissenschaftsbericht. Neben der Veröffentlichung der nach Wirkstoffklassen stratifizierten Verbrauchsmengen antibiotischer Wirkstoffe je Tier- bzw. Nutzungsart erhält dieser Bericht auch die Veröffentlichung der jeweiligen, populationsweiten Therapiehäufigkeit (FLOR et al., 2023). Die Ermittlung der Therapiehäufigkeiten erfolgt gemäß § 57 TAMG. Es wird zwischen einer betrieblichen und einer populationsweiten Therapiehäufigkeit unterschieden. Die populationsweite Therapiehäufigkeit bezieht sich auf die gesamte Tierpopulation einer Nutzungsart in Deutschland. Sie gibt die Anzahl an antibiotischen Behandlungstagen bezogen auf den durchschnittlichen jährlichen Tierbestand einer Nutzungsart innerhalb der Bundesrepublik an (TAMG, 2022). Diese Kennzahl wurde für die unterschiedlichen Tier- und Nutzungsarten in der Vergangenheit auf der Basis halbjährlicher Betrachtungszeiträume ermittelt. Ab dem Betrachtungszeitraum 2023 wird die populationsweite Therapiehäufigkeit nicht mehr halbjährlich, sondern zum besseren Vergleich der Jahreswerte bezogen auf das ganze Jahr berechnet (FLOR et al., 2023). Die betriebliche Therapiehäufigkeit ist eine ebenfalls rechnerische, anhand gemeldeter Arzneimittelanwendungen,

ermittelte Größe und spiegelt die Anzahl der Anwendungstage mit Antibiotika im Halbjahr, bezogen auf die durchschnittlich gehaltene Tierzahl einer Nutzungsart, je Halbjahr, in einem Betrieb wider. Bei Masthuhn haltenden Betrieben bezieht sich diese halbjährliche Zahl somit auf mehrere Mastdurchgänge. Die betriebliche Therapiehäufigkeit wird verwendet, um eine betriebsvergleichende Einordnung der Betriebe nach ihrem Antibiotikaeinsatz vorzunehmen. Dies erfolgt über die Ermittlung der bundesweiten jährlichen Kennzahlen 1 und 2. Die Kennzahl 1 bildet definitionsgemäß den Wert der betrieblichen Therapiehäufigkeit ab, unter dem 50 Prozent aller erfassten Betriebe liegen (Median). Die Kennzahl 2 entspricht jenen Wert, unter dem 75 Prozent der Betriebe liegen (drittes Quartil) (TAMG, 2022).

## **2.2 Registrierte Abgabemengen antibiotischer Arzneimittel beim Masthuhn**

Gemäß dem Wissenschaftsbericht des Bundesinstituts für Risikobewertung wurden im Jahr 2022 bei Masthühnern in der Bundesrepublik Deutschland 51,8 Tonnen Antibiotika eingesetzt, was einem Rückgang um 6,2 Tonnen im Vergleich zum Vorjahreszeitraum entsprach. Mit 17,6 Tonnen entfiel die größte Teilmenge eingesetzter Wirkstoffe auf die Wirkstoffklasse der Polypeptidantibiotika, gefolgt von Penicillinen mit 12,2 Tonnen und Aminoglykosiden mit 9,31 Tonnen. Die populationsweite Therapiehäufigkeit für Masthühner betrug 45,3 Tage, dem höchsten Wert aller ausgewerteten Nutzungsarten im Jahr 2022 (**Abbildung 1**, S. 10). Verglichen mit dem Vorjahreszeitraum sank die populationsweite Therapiehäufigkeit bei Masthühnern um 1,63 Behandlungstage. Die ausgewertete populationsweite Therapiehäufigkeit je Wirkstoffklasse ergab, dass die meisten Behandlungstage bei Masthühnern auf Lincosamide (14,472 Behandlungstage) und Aminoglykoside (15,754 Behandlungstage) entfielen (FLOR et al., 2023). Dass trotz dieser hohen Anzahl an Behandlungstagen diese Wirkstoffgruppen in den absoluten Verbrauchsmengen nicht die größten Kohorten darstellen, resultiert möglicherweise daraus, dass ihr Einsatz beim Masthuhn zur Bekämpfung einer Infektion mit *Enterococcus cecorum* erfolgt. Diese erfolgt in den ersten Lebenstagen, an denen die Tiere noch ein geringes Körpergewicht aufweisen (SCHREIER et al., 2022). Bei einer Umfrage unter europäischen Geflügeltierärzten, hinsichtlich relevanter Erkrankungen bei Masthühnern aus dem Jahr 2020, wurden Probleme des Bewegungsapparats, eine mögliche Folge einer *Enterococcus cecorum*-Infektion, sowie Infektionen mit

**Abbildung 1:** Visualisierte Darstellung der populationsweiten Therapiehäufigkeit nach Nutzungsarten und Wirkstoffklassen © BfR für die Jahre 2014 bis 2022. Erschienen im Wissenschaftsbericht „Therapiehäufigkeit und Antibiotika-Verbrauchsmengen 2022“ des Bundesinstitut für Risikobewertung vom 31. August 2023 (FLOR et al., 2023) (mit freundlicher Genehmigung).



*Enterococcus* selbst auf dem zweiten bzw. dritten Rang gelistet. Lediglich die Kükenqualität und die Jungtiersterblichkeit wurden als noch wichtiger eingestuft (OVIEDO-RONDÓN, 2022). Antibiotika können bei Masthühnern selbst in subtherapeutischen Dosen leistungssteigernde Effekte bewirken (MEHDI et al., 2018). Ein Verbot dieser Substanzen ist daher mit ökonomischen Konsequenzen behaftet, wie CARDINAL et al. (2019) in einer Hochrechnung zeigen. Der Einsatz von Antibiotika als Leistungsförderer ist in der EU verboten (VERORDNUNG(EU)2009/470, 2009), um dem Auftreten resistenter Bakterien entgegenzuwirken (CHANTZIARAS et al., 2014). In der Geflügelhaltung sind für eine Vielzahl unterschiedlicher Bakterienspezies Resistenzen gegen antibiotische Wirkstoffe beschrieben (NHUNG et al., 2017). Beim Masthuhn sind Antibiotikaresistenzen u.a. für die Kommensalen *Escherichia coli* (ROTH et al., 2019; MANDAL et al., 2022) und *Staphylococcus aureus* (MULDERS et al., 2010; KASPAR et al., 2020) nachgewiesen. Für beide Erreger wurde auch eine Besiedlung von Betreuungs- und Schlachtpersonal festgestellt (MULDERS et al., 2010; GEENEN et al., 2013; HUIJBERS et al., 2015).

### **2.3 Gesetzliche Vorgaben und strategische Ansätze zur Reduzierung des Antibiotikaeinsatzes beim Masthuhn**

Mit der Verordnung (EG) 2003/1831 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. September 2003 über Zusatzstoffe zur Verwendung in der Tierernährung wurde festgelegt, dass Antibiotika ab dem 01. Januar 2006 nicht mehr als Futtermittelzusatzstoffe verwendet werden dürfen (VERORDNUNG(EG)1831/2003, 2003). Im Jahre 2008 wurde die Deutsche Antibiotika-Resistenzstrategie (DART) verabschiedet, welche mit der Verabschiedung der DART 2020 im Jahre 2015 (BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT, 2023a) bzw. der DART 2030 im Jahre 2023 (BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT, 2023b) fortgeführt wird. Aus dem Abschlussbericht der DART 2020 geht hervor, dass die Vermeidung von Infektionen die wichtigste Maßnahme zur Verringerung des Antibiotika-Verbrauchs ist (BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT, 2023a). In den Berichtszeitraum fiel auch die 16. Novelle des deutschen Arzneimittelgesetzes (AMG). Mit der am 1. April 2014 in Kraft getretenen 16. AMG-Novelle wurde in den §§ 58a bis 58d das sog. Antibiotika-Minimierungskonzept eingeführt, das den Einsatz von Antibiotika in der Nutztierhaltung erfassen und verringern soll. Am 28. Januar 2022 ist das TAMG in Kraft getreten und hat die bisher im AMG enthaltenen

veterinärmedizinischen Bestimmungen abgelöst, wobei die Bestrebungen des Antibiotika-Minimierungskonzepts in den §§ 54 bis 61 des TAMG fortgeführt werden (TAMG, 2022). Bis zum Jahr 2030 soll die eingesetzte Antibiotikamenge bei allen gehaltenen Tieren um 50 Prozent im Vergleich zum Jahr 2018 reduziert werden (BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT, 2023b). Neben der kritischen Prüfung der Haltungsbedingungen und -systeme, auch in Hinblick auf deren Begünstigung von Infektionskrankheiten, werden in dem Strategiepapier der deutschen Bunderegierung auch eine bedarfsgerechte Ernährung, gezielte Impfmaßnahmen, die tierzüchterische Orientierung an Vitalität und Robustheit sowie Futterkomponenten mit förderlichen Wirkungen auf die physiologische Funktion des Verdauungstrakts und dessen Mikrobioms als mögliche Einflussfaktoren zur Verringerung des Antibiotikaeinsatzes genannt. Ein konkretes Instrument zur Reduktion des Antibiotikaeinsatzes ist in § 58 des TAMG festgelegt. Alle Betriebe, die in ihrer betrieblichen Therapiehäufigkeit die Kennzahl 1 überschreiten (s.a. Kap. II.2.1 Rechtliche Rahmenbedingungen und Erfassung des Antibiotikaeinsatzes beim Masthuhn), sind unter Hinzuziehung eines Tierarztes angehalten zu prüfen, welche Gründe zu dieser Überschreitung geführt haben und wie die betriebliche Therapiehäufigkeit verringert werden kann. Liegt die betriebliche Therapiehäufigkeit über der bundesweiten jährlichen Kennzahl 2, ist darüber hinaus ein Maßnahmenplan zur Reduktion des Antibiotikaeinsatzes zu erstellen und der zuständigen Behörde zu übermitteln (TAMG, 2022).

### **3 Alternative Prophylaxemittel**

Aufgrund des strikten Verbots antimikrobiell wirksame Arzneimittel routinemäßig oder zur Leistungssteigerung einzusetzen (VERORDNUNG(EU)2019/6, 2018) besteht bei Masthühnern ein gesteigertes Interesse, die Gesundheit der Tiere und die Produktivität durch natürliche Alternativen zu fördern (MOORE, 2017; MEHDI et al., 2018; MAHESH et al., 2021; OGBUEWU et al., 2022). Die Unterteilung von Zusatzstoffen als Alternativen zu antibiotischen Tierarzneimitteln, kann nach GRIGGS and JACOB (2005) in Prä- und Probiotika, organische Säuren und Pflanzenextrakte erfolgen. Darüber hinaus wurden im Rahmen der vorliegenden Dissertation Stoffe aus den Gruppen der Huminsäuren und Klinoptilolithe eingesetzt. Die für den Methodenteil dieser Arbeit relevanten Gruppen werden, im Anschluss an die zunächst folgende Abhandlung über die rechtliche Einordnung von Futtermittelzusatzstoffen, dargestellt.

### 3.1 Rechtliche Einordnung von Futtermittelzusatzstoffen

Die VERORDNUNG(EG)1831/2003 (2003) definiert Regeln für den Einsatz von Zusatzstoffen zur Verwendung in der Tierernährung innerhalb der Europäischen Union. Futtermittelzusatzstoffe werden gemäß Artikel 2 Absatz 2 Punkt a) der Verordnung definiert als

*„... Stoffe, Mikroorganismen oder Zubereitungen, die keine Futtermittel-Ausgangserzeugnisse oder Vormischungen sind und bewusst Futtermitteln oder Wasser zugesetzt werden, um insbesondere eine oder mehrere der in Artikel 5 Absatz 3 genannten Funktionen zu erfüllen.“*

Die in Artikel 5 Absatz 3 aufgeführten Funktionen sind die positive Beeinflussung der Beschaffenheit des Futtermittels oder der tierischen Erzeugnisse, die positive Beeinflussung der Farbe von Zierfischen- oder vögeln, die Deckung des Ernährungsbedarfs, die positive Beeinflussung der ökologischen Folgen der Tierproduktion oder der Tierproduktion generell sowie eine kokzidiostatische oder histomonostatische Wirkung. Zusatzstoffe werden gemäß Artikel 6 der Verordnung in technologische, sensorische, ernährungsphysiologische und zootechnische Zusatzstoffe sowie in Kokzidio- und Histomonostatika kategorisiert und innerhalb dieser Kategorien, in Funktionsgruppen unterteilt (VERORDNUNG(EG)1831/2003, 2003). Futtermittelzusatzstoffe werden also bewusst dem Tierfutter zugesetzt, um bestimmte Wirkungen im Tier, konsekutiv Lebensmittel oder in der Umwelt des Tieres zu erreichen (MEYER & KAMPHUES, 2014). Vor der Inverkehrbringung müssen Futtermittelzusatzstoffe zugelassen werden. Hierfür ist gemäß Artikel 7 Absatz 3 Nr. d) der VERORDNUNG(EG)1831/2003 (2003) erforderlich, dass Nachweise über die zu erzielenden Effekte des Zusatzstoffes, z.B. in Form von durchgeführten Untersuchungen, erbracht werden. Dies kann entfallen, wenn der Zusatzstoff nachweisbar „seit langem“ verwendet wird (VERORDNUNG(EG)429/2008, 2008). Zugelassene Futtermittelzusatzstoffe werden in einem Gemeinschaftsregister der Europäischen Kommission veröffentlicht (BVL, 2023a). Stand 01. Januar 2024 sind insgesamt 1.394 Futtermittelzusatzstoffe in der EU zugelassen (COMMISSION, 2024). In Deutschland führt das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit Listen mit den für Futtermittel zugelassenen Zusatzstoffen, die jedoch zu Informationszwecken dienen und nicht rechtsverbindlich sind (BVL, 2023b). Futtermittelzusatzstoffe werden definitionsgemäß selten in Reinform, sondern in

der Regel als sog. Ergänzungsfuttermittel dargeboten. Bei einem Ergänzungsfuttermittel handelt es sich per Definition um ein Mischfuttermittel, das einen hohen Gehalt an bestimmten Stoffen, z.B. Futtermittelzusatzstoffen, aufweist. Aufgrund der Zusammensetzung wird es nicht als alleiniges Futter verabreicht, sondern ergänzt eine Ration in Verbindung mit anderen Futtermitteln (VERORDNUNG(EU)2009/767, 2009).

### **3.2 Rechtliche Einordnung von als Ergänzungsfuttermittel eingesetzten Einzelfuttermitteln**

Nicht alle in Futtermittelrationen ergänzend zugesetzte Einzelkomponenten unterliegen dem Rechtscharakter eines Futtermittelzusatzstoffes. Bisweilen werden auch Einzelfuttermittel in definierten, teils kleinen Mengen, einer Futterration beigefügt, um einen gewünschten Effekt zu erzielen, was zunächst der o.g. Definition eines Futtermittelzusatzstoffes entspricht. Einzelfuttermittel sind nicht zulassungspflichtig (MEYER & KAMPHUES, 2014), jedoch werden sie im Katalog der Einzelfuttermittel der VERORDNUNG(EU)2013/68 (2013) aufgeführt. Um den Anforderungen nach Artikel 24 Absatz 6 der VERORDNUNG(EU)2009/767 (2009) nachzukommen, werden neue Einzelfuttermittel in ein elektronisches Register aufgenommen, wenn sie das erste Mal auf den Markt kommen. Dieses Register ist im Internet unter [www.feedmaterialsregister.eu](http://www.feedmaterialsregister.eu) abrufbar (JEROCH et al., 2019). Ein Beispiel für eine Kategorie von Einzelfuttermitteln, die als ergänzende Futtermittelkomponenten für Masthühner auf dem Markt verfügbar sind, sind die Huminsäuren enthaltende Einzelfuttermittel Leonardit und Torf (VERORDNUNG(EU)2013/68, 2013) sowie gemäß EU Feed Material Register „organische Mineralien mit hohem Huminsäuregehalt“ (FMR, 2024b). Während Probiotika als Futtermittelzusatzstoffe zugelassen werden (VERORDNUNG(EG)1831/2003, 2003), sind Fermentationsprodukte, die effektive Mikroorganismen enthalten, als Einzelfuttermittel für die Tierernährung verfügbar (FMR, 2024a).

### 3.3 Produktkategorien

#### 3.3.1 Probiotika

Lebende Mikroorganismen, die in einer adäquat verabreichten Menge einen positiven Effekt auf die Gesundheit des Empfängers erwirken, werden als Probiotika bezeichnet (KAUR et al., 2021). In der Tierernährung werden u.a. Spezies der Gattungen *Bacillus*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Saccharomyces*, *Streptococcus* oder deren Dauerformen (Sporen) eingesetzt (MEYER & KAMPHUES, 2014). Futtermittelrechtlich werden Probiotika als Futtermittelzusatzstoffe der Kategorie 4 „zootechnische Zusatzstoffe“ in Funktionsgruppe b „Darmflorastabilisatoren: Mikroorganismen oder andere chemisch definierte Stoffe, die bei der Verfütterung an Tiere eine positive Wirkung auf die Darmflora haben“ zugeordnet oder der Kategorie 1 „technologische Zusatzstoffe“, wenn sie als Konservierungsmittel „Futtermittel vor den schädlichen Auswirkungen von Mikroorganismen oder deren Metaboliten schützen“ (VERORDNUNG(EG)1831/2003, 2003). Die Zulassung von Produkten mit undefinierter Zusammensetzung an Bakterienspezies als Futtermittelzusatzstoff ist innerhalb des europäischen Futtermittelrechts derzeit nicht möglich (MOORE, 2017). Jedoch finden Fermentationsprodukte, die ebenfalls lebende Mikroorganismen in einer nicht genau definierten Zusammensetzung enthalten, rechtlich als Einzelfuttermittel in der Tierernährung Anwendung (FMR, 2024a).

Nach MOORE (2017) können die beim Geflügel verwendeten Probiotika in vier Hauptkategorien aufgeteilt werden. So kann zwischen Produkten zur Competitive Exclusion, Einzelstammprodukten, Produkten aus mehreren Stämmen und Synbiotika unterschieden werden. Als „Competitive Exclusion“ wird die direkte Verdrängung eines oder mehrerer spezifischer Pathogene bezeichnet. Das Konzept basiert auf der Theorie, dass Probiotika bestimmte Nischen besetzen, die dann nicht länger für unerwünschte Pathogene zur Verfügung stehen. Dies kann durch Produkte basierend auf einem spezifischen probiotischen Bakterium oder durch Produkte, die aus mehreren Bakterienstämmen bestehen, erzielt werden (KAYAL et al., 2022). Neben der Verdrängung pathogener Mikroorganismen entstehen durch Stoffwechselaktivitäten der Probiotika Metabolite, die auch als Postbiotika zusammengefasst werden. Man vermutet, dass jene postbiotischen Metabolite wie z.B. organische Säuren, Endo- und Exotoxine, Enzyme, Peptide, Polysaccharide oder andere lösliche Produkte des probiotischen Stoffwechsels maßgeblich zur Wirkweise der

Probiotika beitragen (LOH et al., 2021). Weiterhin wird vermutet, dass die von Probiotika ausgehenden immunmodulatorischen Effekte zu den nach der Verabreichung beobachteten Effekten, insbesondere zu einer besseren Resistenz gegen Infektionserkrankungen, beitragen (AL-KHALAIFAH, 2018). Neben Competitive Exclusion und Effekten auf das intestinale Immunsystem werden auch Auswirkungen auf die enterale Mucinsekretion als entscheidende Effekte der Probiotikaapplikation angesehen (EL-HACK et al., 2020). Leistungssteigernde Effekte durch Probiotika beim Geflügel können von einer verringerten Mortalität, über eine verbesserte Futtermittelverwertung bis hin zu besseren Lege- und Mastleistungen reichen (PATTERSON & BURKHOLDER, 2003; JHA et al., 2020). Die Einflüsse auf die Futtermittelverwertung werden dabei mit einer Steigerung der Enzymsekretion in Zusammenhang gebracht (RAMLUCKEN et al., 2020). Um Probiotika eine gute Nahrungsgrundlage zu verschaffen, können sie mit Präbiotika (s.a. Kap. 3.3.2 Präbiotika) als sog. Synbiotika kombiniert werden (JEROCH et al., 2019).

In der Tierhaltung scheinen insbesondere *Bacillus spp.*, *Enterococcus spp.*, *Lactobacillus spp.* und *Saccharomyces spp.* als Probiotika von Bedeutung zu sein (PATTERSON & BURKHOLDER, 2003). Beim Masthuhn werden u.a. durch Probiotika mit Bakterien der Gattung *Bacillus* konkrete Effekte angenommen. Diese Gattung hat den Vorteil, dass die versporteten Dauerformen lange und gut lagerbar sind, was ihren Einsatz in der Geflügelfütterung begünstigt (RAMLUCKEN et al., 2020). Beispielhaft konnten BISWAS et al. (2023) nachweisen, dass die Verabreichung von *Bacillus subtilis* und *Bacillus licheniformis* in Konzentrationen von 0,01 und 0,02 % über das Futter die Mastleistung und Futtermittelverwertung verbessern konnte. In einer anderen mit *Bacillus subtilis* supplementierten Versuchsgruppe konnte beobachtet werden, dass ein Einfluss auf die Fleisch- und Knochenqualität vorhanden war. So wiesen Masthühner, die das Probiotikum erhielten, eine höhere Calcium- und Phosphor-Serumkonzentration, stabilere Tibiaknochen sowie eine bessere Fleischqualität, im Sinne weniger eingelagertem Wasser, auf (MOHAMMED et al., 2021). Ein Mehrstamm-Probiotikum aus drei *Bacillus spp.* konnte bei einem Infektionsversuch mit dem Erreger *Clostridium perfringens* zu einer signifikant verringerten Mortalität, bei gesteigerten Gewichtszunahmen und verbesserter mortalitätsbereinigter Futtermittelverwertung in der supplementierten Herde führen (SANDVANG et al., 2021). Neben Probiotika, die aus einzelnen Bakterienstämmen bestehen, wurde auch der Einsatz von Multistamm-Probiotika bei

Masthühnern untersucht. Eine aktuelle Studie kam zu dem Ergebnis, dass die Sprühapplikation eines Multistamm-Probiotikums aus *Bacillus spp.* und *Lactobacillus spp.* den Schweregrad einer experimentellen aviären Influenzainfektion bei Masthühnern reduzieren und die Gewichtszunahme steigern kann (RASAEI et al., 2023). Im Vergleich zu Masthühnern, die mit den antimikrobiellen Wirkstoffen Chlortetracyclin und Salinomycin behandelt wurden, wiesen die Tiere einer Vergleichsgruppe, die *Lactobacillus plantarum* als orales Probiotikum erhielten, eine signifikant bessere Futterverwertung sowie eine gesteigerte Immunantwort im Sinne von signifikant höheren Serum Immunglobulin-Konzentrationen auf (GAO et al., 2017). Auch Probiotika anderer Bakterienkulturen, wie z.B. *Enterococcus faecium*, wurden bei Masthühnern unter Versuchsbedingungen untersucht und konnten zu einer nachweislich verringerten Salmonellenausscheidung führen (OLSEN et al., 2022). Andererseits gibt es Studien, bei denen der vergleichende Einsatz von *Bacillus spp.*, *Lactobacillus spp.*, präbiotischen Mannan-Oligosacchariden aus *Saccharomyces cerevisiae*, sowie Fructo-Oligosacchariden jeweils keinen signifikanten Effekt auf die Futterverwertung im Vergleich zu der Kontrollgruppe bewirken konnte (AL-KHALAIFA et al., 2019).

Eine kombinierte Anwendung unterschiedlicher Probiotikastämme findet auch in Form von Präparaten statt, die als Effektive Mikroorganismen bezeichnet werden. Neben nicht näher klassifizierten Milchsäurebakterien und Hefestämmen können auch photosynthetisch aktive Cyanobakterien, Actinomyceten und andere fakultativ anaerobe Mikroorganismen enthalten sein, wobei die genaue Zusammensetzung meist nicht definiert ist (HIGA & PARR, 1995). Effektive Mikroorganismen werden durch Fermentation von pflanzlichen Ausgangsprodukten wie Kräutern und Zuckerrohrmelasse in wässriger Lösung gewonnenen (EZZULDDIN & JWHER, 2022). Beim Masthuhn werden sowohl bei der Verabreichung über das Futter als auch über das Tränkwasser verbesserte Futteraufnahmen und Tageszunahmen beschrieben. Die Futterverwertung war dabei besser und die Serum-Cholesterolspiegel niedriger als in der Vergleichsgruppe (ESATU et al., 2011). Neben einer Steigerung der Futteraufnahme konnte histologisch eine Verlängerung der Darmzotten im Jejunum, bei einer vermehrten Anzahl an Becherzellen nachgewiesen werden. Ebenso wurde eine erhöhte Lymphozyten-Konzentrationen im Blut bei mit effektiven Mikroorganismen supplementierten Masthühnern nachgewiesen (JWHER et al., 2013). CISZEWSKI et al. (2022) stellten bei der gemeinsamen Verabreichung

von effektiven Mikroorganismen und Klinoptilolithen weniger Schleimhautläsionen nach einem Infektionsversuch mit *Eimeria tenella* fest. In einer anderen Studie konnte JWHER (2014) bei Masthühnern einen signifikant höheren Anstieg des Antikörpertiters nach der Impfung gegen Newcastle Disease feststellen, als in einer Vergleichskohorte ohne effektive Mikroorganismen.

### 3.3.2 Präbiotika

Präbiotika sind Oligosaccharide, die insbesondere von probiotisch wirksamen Mikroorganismen fermentiert werden und so zu deren Vermehrung beitragen. Durch den Wirtsorganismus selbst können sie nicht verstoffwechselt werden. Für Präbiotika gibt es in der VERORDNUNG(EG)1831/2003 (2003) über Zusatzstoffe zur Verwendung in der Tierernährung (Futtermittelzusatzstoffe) noch keine eigene Funktionsgruppe. Präbiotika sind jedoch Bestandteil von pflanzlichen Einzelfuttermitteln wie z.B. Inulin aus Topinamburknollen (JEROCH et al., 2019) oder Mannose enthaltende Oligosaccharide aus den Zellwänden von *Saccharomyces cerevisiae* (GADDE et al., 2017; ZHEN et al., 2023). Häufig eingesetzte Präbiotika sind Inulin, Fructo-, Galacto- und Xylo-Oligosaccharide, Lactulose, Lactosucrose und resistente Stärke (VINAYAK et al., 2021). Eigenschaften eines idealen Präbiotikums sind zum einen die Resistenz gegen Umweltbedingungen in dem zu applizierenden Verdauungstrakt. Dazu gehört, dass es weder resorbiert noch von den originär vorhandenen Verdauungsenzymen und des intestinalen Mikrobioms verstoffwechselt wird. Außerdem sind Präbiotika, wenn bei der Metabolisierung durch das Mikrobiom kurzkettige Fettsäuren entstehen, auch Energielieferant (ATTRI et al., 2021). Neben der Förderung des Wachstums probiotisch aktiver Mikroorganismen wird für bestimmte Präbiotika eine Neutralisierung von Bakterien-Antigenen vermutet wie z.B. die Bindung von Mannose an Typ 1 Fimbrien, wodurch die Organbesiedelung und Erregerausscheidung von *Salmonella* Enteritidis bei Masthühnern reduziert werden konnte (AGUNOS et al., 2007). Veränderungen auf das intestinale Mikrobiom durch Mannose enthaltende *Saccharomyces*-Präbiotika (ZHEN et al., 2023) oder eine Verbesserung der durchschnittlichen Tageszunahmen und die Reduktion der caecalen *Campylobacter*-Kolonialisierung (FROEBEL et al., 2019) konnten in Untersuchungen beim Masthuhn nachgewiesen werden. Stellenweise findet auch die gezielte Kombination von Präbiotika mit mehreren Probiotikastämmen statt. PRENTZA et al. (2023) konnten für ein solches Produkt, bestehend aus *Bifidobacterium* spp., *Enterococcus* spp., *Lactobacillus* spp. und Fructo-

Oligosacchariden, eine signifikante Verbesserung in Leistungsparametern wie der Futtermittelverwertung, dem Schlachtgewicht und der Mortalitätsrate bei Masthühnern feststellen.

### 3.3.3 Pflanzenextrakte / Phyto gene Aromazusatzstoffe

In der Kategorie „sensorische Zusatzstoffe“ der VERORDNUNG(EG)1831/2003 (2003) über Zusatzstoffe zur Verwendung in der Tierernährung werden die Funktionsgruppen Farbstoffe und Aromastoffe unterschieden. Farbstoffe sollen die Farbe von Futtermitteln, die Farbe von Lebensmitteln tierischen Ursprungs oder die Farbe von Zierfischen und -vögeln positiv beeinflussen. Aromastoffe sollen den Geruch oder die Schmackhaftigkeit von Futtermitteln verbessern (VERORDNUNG(EG)1831/2003, 2003). In der Geflügelernährung werden Zusatzstoffe dieser Funktionsgruppen als Farbstoffe zur Beeinflussung von Eidotter und Schlachtkörper sowie zur Appetitsteigerung eingesetzt, wenngleich letzterer Effekt bei Geflügel umstritten ist (JEROCH et al., 2019). Neben sensorischen Eigenschaften werden in weiter gefassteren Definitionen als phyto gene Aromazusatzstoffe auch pflanzliche Bestandteile bezeichnet, die eine Verbesserung der Futterqualität oder der Leistung bewirken (WINDISCH et al., 2008). Der Verarbeitungsgrad phyto gener Aromazusatzstoffe bis zu ihrem Einsatz in Geflügelfutter ist vielseitig und kann von im Ganzen verarbeiteten Pflanzen, über speziell verarbeitete Pflanzenteile, bis hin zur Verwendung extrahierter sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe reichen (JEROCH et al., 2019). Phyto gene Aromazusatzstoffe werden als Alternativen zu antibiotischen Leistungsförderern sowohl in vivo, als auch in vitro gezielt zur Bekämpfung bakterieller Infektionskrankheiten beim Geflügel untersucht (GRIGGS & JACOB, 2005). Als bioaktive phytochemische Inhaltsstoffe können neben Polyphenolen (GADDE et al., 2017), zu denen bspw. Flavonoide und Tannine gehören (SCICUTELLA et al., 2021), u.a. auch Alkaloide, Glykoside, Saponine und Terpene in Pflanzen vorkommen (SHAKYA, 2016). Eine ausführliche Übersicht über die Vielfalt an pflanzlichen Zusatzstoffen, die in der Geflügelernährung eingesetzt werden und ihre möglichen Wirkmechanismen, geben BRENES and ROURA (2010). So werden als Wirkmechanismen, neben der sensorischen Verbesserung und damit gesteigerten Akzeptanz des Futters, auch die antioxidativen Eigenschaften sowohl auf das Epithel des Intestinaltraktes als auch auf das intestinale Mikrobiom aufgeführt. Darüber hinaus wird vermutet, dass eine Kombination aus Förderung der Sekretion von Verdauungsenzymen, eine bakterizide oder

bakteriostatische Wirkung und die Vergrößerung intestinaler Oberflächen in Summe zu einer Verbesserung der Futtermittelverwertung führt, wie sie in einer Studie für Thymol (u.a. *Thymus vulgaris*) und Anethol (*Pimpinella anisum*) bei Masthühnern nachgewiesen wurde (AMAD et al., 2013). Von bioaktiven Substanzen werden nach Resorption auch metabolische Effekte vermutet (BRENES & ROURA, 2010). So konnten FLEES et al. (2021) in einer Studie bei drei Kombinationspräparaten mit jeweils multiplen, phyto-genen Inhaltsstoffen eine gesteigerte Leberenzymaktivität und eine gesteigerte Synthese von Muskelprotein bei Masthühnern im Vergleich zu Tieren der Kontrollgruppe beobachten.

Pflanzen, die komplett oder nach Extraktion der Bestandteile in der Geflügelernährung eingesetzt werden, sind nach einem Review von SEIDAVI et al. (2021) z.B. echter Thymian (*Thymus vulgaris*), gemeine Wegwarte (*Cichorium intybus*), echter Koriander (*Coriandrum sativum*), echte Aloe (*Aloe vera*), Golpar (*Heracleum persicum*), Kurkuma (*Curcuma longa*) oder echtes Süßholz (*Glycyrrhiza glabra*). Obwohl sich der Zusatz bestimmter phyto-gener Aromazusatzstoffe seit längerer Zeit in der Geflügelernährung etabliert hat, sind nicht immer wissenschaftliche Untersuchungen über die tatsächliche Wirksamkeit der Zusätze vorhanden, bzw. die Wirkmechanismen nicht vollständig geklärt (APPLEGATE et al. (2010). Zu berücksichtigen ist, dass der Inhalt aktiver Substanzen einer Pflanze variieren und bspw. von dem Pflanzenteil, der Anbauregion, der Erntezeit und von Verarbeitungsschritten abhängig sein kann (WINDISCH et al., 2008). ABDELLI et al. (2021) kommen außerdem zu dem Resümee, dass der korrekte Ort und der Zeitpunkt, an der die aktive Komponente nach oraler Aufnahme freigesetzt wird, einen Einfluss auf die Wirkung zeigen. Dies unterstreicht auch eine Vergleichsstudie, in der ein matrixverkapselter phyto-gener Futtermittelzusatzstoff und ein nicht verkapselter, pulverförmiger phyto-gener Futtermittelzusatzstoff an Masthühner verabreicht wurde. Dabei wurde mit dem Ersteren eine bessere Mastleistungen erzielt (HAFEEZ et al., 2016). Neben der Untersuchung von Leistungsparametern ist auch der Effekt phyto-gener Aromazusatzstoffe auf die Emissionen aus der Tierhaltung Gegenstand der Forschung. Ein Präparat mit essentiellen Ölen, Flavonoiden, Alkaloiden, Tanninen, Terpenen und Saponin aus koreanischer Pinie (*Pinus koraiensis*) konnte als Futtermittelzusatzstoff bei Masthühnern neben einer Steigerung der Leistungsdaten auch die Ammoniakemissionen reduzieren (LI et al., 2015). Studien befassen sich auch mit dem Effekt phyto-gener Aromazusatzstoffe unter bestimmten

äußeren Belastungseinflüssen, z.B. mit der Erprobung von Thymianzusätzen (*Thymus vulgaris*) als Monopräparat (ATTIA et al., 2018) oder als Kombinationspräparat zusammen mit Zitronensäften (*Citrus limon*) (BEHBOUDI et al., 2016) bei Masthühnern, die unter hohen Außentemperaturen aufgezogen werden. Andere Untersuchungen wiederum beschäftigen sich mit dem Effekt phytogener Aromazusatzstoffe unter dem Einfluss von Infektionserkrankungen. Eine bakterielle Infektionserkrankung mit hoher wirtschaftlicher Bedeutung beim Masthuhn ist die durch *Clostridium perfringens* ausgelöste nekrotisierend Enteritis (EL-HACK et al., 2022). Durch den Einsatz eines pulverförmigen aus Kurkuma (*Curcuma longa*) gewonnenen Zusatzstoffes konnten die Mortalitätsrate und Futtermittelverwertung signifikant gesenkt werden (ALI et al., 2020). Auch durch die Supplementierung von Thymol, als Bestandteil z.B. von echtem Thymian (*Thymus vulgaris*) oder Oregano (*Origanum vulgare*), konnten lindernde Effekte auf das Krankheitsbild der nekrotisierenden Enteritis und leistungssteigernde Effekte beobachtet werden (MITSCH et al., 2004; DU & GUO, 2021). Neben sekundären Pflanzeninhaltsstoffen enthalten manche Pflanzen zudem präbiotische Eigenschaften (s.a. Kap. II.3.3.2 Präbiotika). Diese synergistische Wirkung, aber auch die Kombination aus Aromastoffpräparaten und Probiotika, wurden untersucht. So wurden die Effekte eines aus *Yucca schidigera* gewonnenen phyto-genen Aromazusatzstoffes, der zudem präbiotische Eigenschaften besitzt und einem Multistamm-Probiotikum, bestehend aus *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus coagulans*, bei Masthühnern untersucht. Die Leistungsdaten und pathologischen Veränderungen der an nekrotisierend Enteritis erkrankten Masthühner unterschieden sich dabei jedoch nicht signifikant zur Kontrollgruppe (CALIK et al., 2019).

### 3.3.4 Huminsäuren

Huminsäuren bilden die größte Gruppe innerhalb der Huminstoffe, einer heterogenen Gruppe organischer Verbindungen, die bei natürlichen Abbauprozessen pflanzlicher oder tierischer Materialien in Böden entstehen. Huminsäuren kommen gemeinsam mit anderen Huminstoffen in den unterschiedlichsten Zusammensetzungen als Polykondensate in der Erdkruste, z.B. in Ackerböden, Humus und Torf vor und besitzen eine breite Varietät in ihrem molekularen Aufbau. Die relative Molekülmasse der Huminsäuren ist von 600 bis 1.000 angegeben in der Verbindung als Huminstoffe bis 500.000 (HUNNIUS et al., 2010), weshalb sie nach oraler Aufnahme nur teilweise resorbiert werden (KÜHNERT & KNAUF, 2006). Chemische

Charakteristika, die viele Huminsäuren vereinen, sind einerseits Polycarboxylgruppen und andererseits schwach saure Phenolgruppen. Resultierend aus ihrer chemischen Struktur verfügen sie über komplex- und ionenbindende Eigenschaften und sind durch hydrophobe und hydrophile Eigenschaften zur Molekülbindung, aber auch zur Bildung freier Radikale fähig (MACCARTHY, 2001). Die Salze der Huminsäuren werden als Huminate bezeichnet. An der Luft zersetzen sich Huminsäuren mit Hilfe von Mikroorganismen zu Kohlenstoffdioxid und Wasser (HUNNIUS et al., 2010).

Bei Huminsäuren handelt es sich futtermittelrechtlich nicht um Futtermittelzusatzstoffe, sondern um Einzelfuttermittel, weshalb sie keine Einzelzulassung benötigen (s.a. Kapitel 3.2 Rechtliche Einordnung von als Ergänzungsfuttermittel eingesetzten Einzelfuttermitteln). Huminsäuren werden mit unterschiedlichen Ansätzen in der Humanmedizin sowie in der Landwirtschaft u.a. als Komponenten in Futtermitteln bei landwirtschaftlichen Nutztieren eingesetzt (PRIYA & MADHU, 2021). Als Effekte durch die orale Aufnahme von Huminsäuren werden verdauungsfördernde, antimikrobielle sowie antiresorptive und adsorptive Eigenschaften vermutet (KÜHNERT & KNAUF, 2006). Neben antioxidativen und antiphlogistischen Eigenschaften werden auch die Modellierung der gastrointestinalen Immunantwort und die Beeinflussung des intestinalen Mikrobioms als Gründe für den Einsatz genannt (MARÍA DE LOURDES et al., 2022). Über ihre Eigenschaften als polymere Komplexbildner ist die Adsorption von Schwermetallen oder bakteriellen Toxinen denkbar (VAŠKOVÁ et al., 2023). Andererseits auch eine Beeinflussung der Mineralstoffresorption. So wurden bei Masthühnern in Fütterungsversuchen mit Huminsäuren u.a. niedrigere Blut-Calciumspiegel als in Vergleichsgruppen nachgewiesen (RATH et al., 2006; JAĎUTTOVÁ et al., 2019; NAD et al., 2021). Neben Veränderungen hämatologischer Parameter wurden beim Masthuhn auch Leistungsparameter wie Gewichtsentwicklung und Futtermittelverwertung untersucht. Letztere konnte durch die Supplementierung von Huminsäuren signifikant gesteigert werden (ARIF et al., 2016). In histologischen Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass die Darmzottenlänge bei Masthühnern durch huminsäurehaltige Futterzusätze zunahm (TAKLIMI et al., 2012). Keine signifikant bessere Futtermittelverwertung, aber einen höheren Brustfleischanteil und zudem höhere Serum Immunglobulinspiegel sowie eine signifikante Vergrößerung der Organe des Immunsystems in Form höherer Thymusgewichte, konnten LIU et al. (2024) in einer aktuellen

Studie feststellen. Die Autoren vermuten, dass diese Effekte einer Veränderung des intestinalen Mikrobioms zu Grunde liegen könnten. In einer weiteren Studie konnten ebenfalls Veränderungen in der Zusammensetzung des intestinalen Mikrobioms, bei einer gesteigerten Futtermittelverwertung in den ersten sieben Lebenstagen, einer Stimulation der Lipase- und Amylaseaktivität im Jejunum sowie einer reduzierten Ammoniakausscheidung durch den Zusatz von Huminsäuren zum Futter bei Masthühnern beobachten (TANG et al., 2023).

### 3.3.5 Säurezusätze

Auch Präparate auf der Basis organischer Säuren finden als Futtermittelzusatzstoffe Zulassung. Organische Säuren finden sich in verschiedenen Funktionsgruppen der VERORDNUNG(EG)1831/2003 (2003) wieder. So können organische Säuren als Konservierungsstoffe, Antioxidationsmittel, Säureregulatoren, in der Sammelkategorie Vitamine, Provitamine und chemisch definierte Stoffe mit ähnlicher Wirkung und als sonstige zootechnische Zusatzstoffe Anwendung finden. Beispiele für beim Geflügel als Futtermittelzusatzstoffe zugelassene organische Säuren sind Ameisensäure (auch als Ammonium- und Kaliumdiformiat), Apfelsäure, Ascorbinsäure (auch als Calcium- und Natriumascorbat), Ascorbylpalmitat, Benzoesäure (auch als Natriumbenzoat), Essigsäure (auch als Calcium- und Natriumacetat), Fumarsäure, Milchsäure (auch als Calciumlactat), Sorbinsäure (auch als Kaliumsorbat), Propionsäure (auch als Ammonium-, Calcium- und Natriumpropionat) und Zitronensäure (BVL, 2023b; COMMISSION, 2024). Organische Säuren werden Geflügelfutter einerseits beigefügt, um durch eine gezielte Absenkung des pH-Wertes antimikrobiellem Verderb im Futtermittel entgegenzuwirken (MEYER & KAMPHUES, 2014). Andererseits erhofft man sich positive Auswirkungen auf den Verdauungstrakt des Huhns und dessen Intermediärstoffwechsel. So wird angenommen, dass die Absenkung des pH-Werts im Darm das Wachstum fakultativ darmpathogener Keime hemmen und durch Interaktionen mit dem Darmepithel dessen Sekretionsleistung fördern kann. Eine durch die Säuren generelle Verminderung der absoluten intestinalen Keimzahlen geht mit einem reduzierten Nährstoffverbrauch des Mikrobioms einher, sodass mehr Nährstoffe dem Tier zur Verfügung stehen. Das Wirtstier ist weniger stark bakteriellen Stoffwechselprodukten ausgesetzt. Darüber hinaus können einige organische Säuren resorbiert und verstoffwechselt werden, also Energie liefern. Über eine Azidifizierung des Chymus erhofft man sich eine bessere Denaturierung und Verdaulichkeit von

Futterproteinen (JEROCH et al., 2019; KHAN et al., 2022). Die lokale Immunantwort im Darm soll durch die Verabreichung von organischen Säuren ebenso gefördert werden wie die umfangreichere Resorption von Spuren- und Mengenelementen, da diese durch Säuren aus organischer Matrix gelöst werden können (QUI, 2023). Organische Säuren können entweder über das Futter beigemischt oder über die Tränkwasserleitung appliziert werden (YADAV et al., 2016). Eine Tränkwasserapplikation erhöht die Steuerbarkeit (RICHTER et al., 2009). Bei letzterer wird außerdem der Vorteil postuliert, dass organische Säuren einen hygienisierenden Effekt auf die Tränkwasserlinie haben. Eine solche erfolgt jedoch erst in Konzentrationen, die bei der Dauergabe während eines Mastdurchgangs nicht erzielt werden (CARVALHO et al., 2022). Nachteilig kann sich erweisen, dass ein in den Leitungen eventuell vorhandener Biofilm (MAES et al., 2019) zur Neutralisierung der Säuren führen kann, bevor diese am Wirkort ankommen (CARVALHO et al., 2022). Die eingesetzten organischen Säuren sind schwache Säuren, mit pKs-Werten zwischen 3 und 5 (KHAN & IQBAL, 2016). Die Wirkkapazitäten der Säuren sind von ihrem pKs-Wert, der verabreichten Konzentration und der Applikationsroute abhängig, was zu durchaus heterogenen Ergebnissen führen kann (GADDE et al., 2017). So konnten in Untersuchungen mit Zitronensäure als Futtermittelzusatzstoff bessere Futtermittelerwertungen bei Masthühnern erzielt werden (CHOWDHURY et al., 2009). Die Verabreichung dieser Säure ging mit einer Steigerung der oralen Bioverfügbarkeit von Calcium einher (ISLAM, 2012; LIESEGANG et al., 2012; KATOCH et al., 2023). Eine andere Studie konnte dagegen keine Steigerung der Mineralstoffresorption durch Ameisen- und Propionsäure nachweisen (HAFEZ et al., 2014). RODJAN et al. (2018) konnten durch die Verabreichung von organischen Säuren keine Verbesserung der Körpergewichtszunahme oder der Futtermittelerwertung im Vergleich zur Kontrolle feststellen. Dagegen konnten sie eine bessere Rohfaserverdaulichkeit und eine signifikante Verkürzung der Darmzotten im Duodenum der Masthühner beobachten. Dass die Vermehrungsrate pathogener Keime durch organische Säuren eingedämmt werden kann, konnte bei deren gemeinsamen Verabreichung mit essenziellen Fettsäuren in einem Infektionsversuchen mit *Salmonella* Enteritidis bei Legehennen bzw. Masthühnern gezeigt werden (ZHANG et al., 2019; HU et al., 2023). Ein flüssiges Ergänzungsfuttermittel auf der Basis von Benzoe-, Essig-, Propion- und Sorbinsäure führte bei Masthühnern zu einer signifikanten Abnahme der Besiedelung der Kloake mit

*Campylobacter* (SZOTT et al., 2022). Die Verabreichung eines Präparats auf Sorbin- und Zitronensäurebasis, das zusätzlich pflanzliche Aromastoffe enthielt, konnte in untersuchten Masthühnern zu einer signifikanten Verbesserung der Futtermittelverwertung sowie zu einer verbesserten Barrierefunktion des Darmepithels führen (BIALKOWSKI et al., 2023). Eine retrospektive Metanalyse basierend auf 121 Publikationen zum Einsatz organischer Säuren beim Masthuhn kam zu dem Ergebnis, dass die parallele Verabreichung mehrerer organischer Säuren zu besseren Ergebnissen führt als die Verabreichung einer einzelnen organischen Säure (POLYCARPO et al., 2017).

### 3.3.6 Klinoptilolithe

Klinoptilolithe sind natürlich vorkommende Zeolithe, die sich aus hydrierten Aluminiumsilikaten ( $\text{AlO}_4$  und  $\text{SiO}_4$ ) vulkanischen Ursprungs zusammensetzen (MUMPTON & FISHMAN, 1977). Ihr kristalliner, gerüstartiger, tetraedrischer, molekularer Aufbau (ARMBRUSTER & GUNTER, 2001) befähigt Klinoptilolithe Wasser, Ionen und Toxine zu binden (MASTINU et al., 2019). Klinoptilolithe werden bei unterschiedlichen Tierarten als Futtermittelzusatzstoffe eingesetzt und auch die Verwendung bei Geflügel wird seit geraumer Zeit untersucht (NAKAUE & KOELLIKER, 1981; AMON et al., 1997; PAPAIOANNOU et al., 2005; SCHNEIDER et al., 2017). Durch die Adsorption von Toxinen erhofft man sich durch den Einsatz von Klinoptilolithen eine mildernde Wirkung bei Mykotoxikosen und Intoxikationen mit Schwermetallen. Über Effekte auf den Calcium- und Phosphatstoffwechsel kann der Metabolismus von Spuren- und Mengenelementen beeinflusst werden. Außerdem werden supportive Effekte bei Diarrhoe über noch ungeklärte Mechanismen beobachtet (PAPAIOANNOU et al., 2005). Durch die Adsorption von Ammoniak wird eine Verringerung der Schadgasemission vermutet (MCCRORY & HOBBS, 2001).

SUCHÝ et al. (2006) konnten durch den Zusatz von Klinoptilolithen in Konzentrationen in Höhe von 1 bzw. 2 % des Futters dosisabhängig eine bessere Zunahme des Körpergewichts bei Masthühnern nachweisen. KARAMANLIS et al. (2008) dagegen konnten bei einer Klinoptilolithkonzentration von 2 % im Futter keine signifikanten Unterschiede beobachten. In letztgenannter Studie konnte in der darüber hinaus untersuchten Ammoniak-Luftkonzentrationen keine Verringerung durch den Zusatzstoff gemessen werden. In Untersuchungen der Einstreufeuchte bei

Masthühnern konnte durch den Zusatz von 1%, 2% oder 3% Klinoptilolithen zum Futter eine Verbesserung der Einstreuqualität und in Konzentrationen von 2 % und 3 % auch eine Verbesserung der Futtermittelverwertung bestimmt werden (NIKOLAKAKIS et al., 2013). Die Supplementierung von Klinoptilolithen führte zu einer Zunahme der Zottenlänge im Dünndarm sowie zu einer Verringerung der Salmonellenausscheidung (WU et al., 2013a). Weitere Untersuchungen bei Masthühnern bestätigen, dass die durch Aflatoxine im Futter bedingten negativen Effekte auf Gewichtsentwicklung und Futtermittelverwertung durch den Zusatz von Klinoptilolithen ausgeglichen werden können (OGUZ & KURTOGLU, 2000). Es konnten keine Veränderungen auf hämatologische und serumchemische Parameter im Vergleich zur Kontrollgruppe festgestellt werden, wohl aber konnten durch Aflatoxin verursachte Einflüsse auf die Phosphorkonzentration abgemildert werden (OGUZ et al., 2000). Die Resorption von Aflatoxin B 1 und Ochratoxin A wurde in einer Studie bei männlichen Masthühnern durch ein Klinoptilolith enthaltendes Produkt derart verringert, dass die Toxinspiegel im Gewebe niedriger als in der Kontrollgruppe waren (RAJ et al., 2021). Dass der Einsatz von Klinoptilolithen gemeinsam mit effektiven Mikroorganismen unter Infektionsdruck eine Verbesserung in den Leistungsparametern (Gewichtsentwicklung der Masthühner) erzielen kann, zeigte ein Infektionsversuch mit *Eimeria tenella* (CISZEWSKI et al., 2022).

### III. Fragestellung

Die Therapiehäufigkeit mit antibiotischen Tierarzneimitteln befindet sich bei Masthühnern trotz gesetzlich verankerter Vorgaben zur Reduktion des Antibiotikaeinsatzes auf einem hohen Niveau (FLOR et al., 2023). Eine Vielzahl der routinemäßig in der Geflügelhaltung eingesetzten Prophylaxemittel besitzt einen positiven Einfluss auf die Tiergesundheit, wodurch sich von diesen Produkten ein großes Potential zur Einsparung von Antibiotika erhofft wird. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Einfluss alternativer Prophylaxemittel auf den Einsatz von Antibiotika beim Masthuhn unter Feldbedingungen zu untersuchen. Dabei wurden neben den Verschreibungsmengen noch weitere tierbezogene Leistungsparameter erhoben, die Rückschlüsse auf das Tierwohl ermöglichen.

Eine wesentliche Bedeutung für die Aussagekraft der Studie besitzt das Studiendesign, da eine Vielzahl von Variablen das Ergebnis beeinflussen können. Mögliche Faktoren stellen z.B. betriebsindividuelle, durchgangsindividuelle, stallindividuelle und tierindividuelle Variablen dar. Für jedes eingesetzte alternative Prophylaxemittel wurde deshalb die Auswertung auf einen parallel bewirtschafteten Vergleichsstall bezogen. Die Überprüfung der betriebsindividuellen Variablen findet zudem bei derselben Anzahl retrospektiver Mastdurchgänge statt. Die Auswertung retrospektiver Mastdurchgänge soll dazu dienen, zwei parallel bewirtschaftete Ställe eines Betriebes hinsichtlich etwaiger Stallunterschiede und externer Einflussfaktoren zu untersuchen, um hieraus Rückschlüsse für die statistische Auswertung der prospektiv erhobenen Mastdurchgänge zu erhalten. Dadurch können etwaige Varianzen in den „Outcome“-Parametern festgestellt und falls erforderlich bei der Auswertung berücksichtigt werden. So soll verhindert werden, dass über den Beobachtungszeitraum auftretende Veränderungen nicht fehlerhaft als Effekt dem alternativen Prophylaxemittel beigemessen werden. Produktübergreifend soll deshalb evaluiert werden, ob der Einsatz alternativer Prophylaxemittel unter Praxisbedingungen einen Effekt gegenüber einem Vergleichsstall mit denselben Haltungsbedingungen mit sich bringt, auch im Vergleich zu einem vergleichbaren retrospektiven Betrachtungshorizont. Eine Ausnahme stellt in dieser Hinsicht die Tierbonitur dar, deren Durchführung retrospektiv nicht möglich ist.

## **IV. Material und Methoden**

Die vorliegende Dissertation wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes des Lehrstuhles für Pharmakologie, Toxikologie und Pharmazie der Ludwig-Maximilians-Universität München erstellt. Das Projekt mit dem Namen „AntiMin-Pro“ (Antibiotikaminimierung in der Geflügelhaltung: Alternative Prophylaxemaßnahmen) wurde von dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, als Teil der Modell- und Demonstrationsvorhaben Tierschutz im Bundesprogramm Nutztierhaltung, durch einen Beschluss des deutschen Bundestages gefördert. Projektträger war die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. Im Rahmen des Projekts, das gemeinsam mit Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL Deutschland e.V. durchgeführt wurde, fand eine Praxiserprobung von alternativen Prophylaxemaßnahmen und -mitteln auf drei Legehennen-, fünf Mastputen- und fünf Masthuhnbetrieben statt.

Die Betreuung der fünf Masthuhnbetriebe erfolgte durch den Lehrstuhl für Pharmakologie, Toxikologie und Pharmazie der Ludwig-Maximilians-Universität München. Die wissenschaftliche Arbeit umfasste die Planung und Koordination des prospektiven Einsatzes alternativer Prophylaxemittel über neun Mastdurchgänge je Betrieb. Es erfolgte eine systematische Erfassung und Auswertung von Leistungs- und Tierwohlparametern, inklusive dem Antibiotikaeinsatz, sowohl für die prospektiven Mastdurchgänge mit Prophylaxemitelesinsatz als auch für retrospektive Mastdurchgänge. Des Weiteren wurden je Betrieb drei Bestandsbesuche zur Untersuchung von Masthühnern auf tierbasierte Tierwohlparameter in Form von Tierbonituren durchgeführt.

### **1 Untersuchungsgut**

#### **1.1 Teilnehmende Betriebe**

Die im Rahmen dieser Dissertation begleiteten und ausgewerteten fünf Masthuhnhaltenden Betriebe stammten aus den Bundesländern Bayern (zwei Betriebe), Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein (jeweils ein Betrieb). Alle fünf Betriebe bezogen Ihre Masthühner als Küken am ersten Lebenstag von an Integrationen angeschlossenen Brütereien und lieferten die aufgezogenen Masthühner nach erfolgter Aufzucht an jeweils dieselbe Integration zur Schlachtung wieder ab.

Die im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen an der Erprobung der alternativen Prophylaxemittel teilnehmenden Betriebe halten Masthühner nach unterschiedlichen Haltungsformen. Vier der fünf Betriebe hielten die Masthühner im Beobachtungszeitraum nach konventionellen Handlungsstandards, ein Betrieb nach den Vorgaben für ökologische Landwirtschaft. Von den vier konventionellen Betrieben hielt ein Betrieb seine Tiere nach den Kriterien der Haltungsstufe 3 (s.a. Kap. II.1.3 Haltungsformen beim Masthuhn). Alle fünf Betriebe verfügten über mindestens zwei Ställe. Zwei Betriebe verfügten über zwei Ställe, zwei Betriebe über drei Ställe und ein Betrieb über vier Ställe an einem Standort, wobei pro Betrieb jeweils zwei Ställe bei der Datenauswertung teilnehmen sollten. Das alternative Prophylaxemittel wurde in jeweils einem Stall pro Betrieb eingesetzt. Der zweite Stall eines Betriebes diente als Kontrollgruppe und wurde jeweils parallel und nach derselben Haltungsform bewirtschaftet. Das bedeutet, es wurde parallel dieselbe Genetik, über dieselbe Mastdauer aufgezogen und bis auf einen Betrieb auch jeweils die identische Tierzahl in beiden Ställen eingestallt.

Zur Vereinfachung des Versuchsaufbaus wird im Folgenden jener Stall eines Betriebes, in dem prospektiv ein alternatives Prophylaxemittel eingesetzt wurde, als „Stall 2“ und der parallel bewirtschaftete Vergleichsstall, ohne alternatives Prophylaxemittel, als „Stall 1“ bezeichnet. Zur Anonymisierung werden die Betriebe mit den Nummern „1“, „2“, „3“, „4“ und „5“ nummeriert.

Die innerhalb eines Betriebes weitestgehend baugleichen Ställe verfügten je nach Betrieb über eine Kapazität von jeweils 4.800, 15.000, 30.000 oder 39.900 Mastplätze, wobei sich die tatsächliche Besatzdichte an den maximalen Besatzdichten der jeweiligen Haltungsformen orientierte (s.a. Kap. II.1.3 Haltungsformen beim Masthuhn) und durch den Versuchsaufbau nicht vorgegeben wurde. In einem Betrieb unterschieden sich die ansonsten baugleichen Ställe durch ihre Grundfläche und durch zusätzlich eingebrachte, erhöhte Ebenen in einem Stall. Dadurch hatten die beiden Ställe auf diesem Betrieb eine unterschiedliche Kapazität von rund 33.000 bzw. 47.000 Mastplätzen. Ein- und Ausstallungstermine erfolgten in den Ställen eines Betriebes jeweils parallel, sodass sich die Mastdauer zwischen den beiden Ställen eines Betriebes während der parallel stattfindenden Mastdurchgänge nicht unterschied. Der nach ökologischen Gesichtspunkten erzeugende Betrieb verfügte über zwei baugleiche Ställe für die Endmast ab dem ca. 26. Masttag, in dem

die Masthühner bis zur Endausstallung mit ca. 63 Tagen untergebracht waren. Bei den Ställen wurde zu denselben Zeiten Zugang zu einem Auslauf gewährt. Die Aufzucht der Küken fand auf diesem Betrieb gemeinsam mit einem anderen Betrieb in drei Abteilen eines separaten Aufzuchtstalles statt, wobei die Küken aller Abteile stets dieselbe Genetik und Herkunft hatten.

Die Fütterung erfolgte auf allen Betrieben mit Alleinfuttermitteln für Masthühner, angepasst an die jeweilige Haltungsform. Drei der vier konventionellen Betriebe ergänzten die Futtermittelnationen durch die Beimischung von Weizen, mit ansteigender Konzentration im Mastverlauf. Das Fütterungsregime unterschied sich zwischen den beiden Ställen eines Betriebes nicht. Abweichungen im Fütterungsregime sind im Ergebnisteil aufgeführt (s.a. V.1.2 Festgestellte Abweichungen im geplanten Versuchsaufbau). Mit Ausnahme der bereits im Vorfeld bekannten, zusätzlichen Stalleinrichtung in Form erhöhter Sitzebenen in einem Stall auf einen Betrieb, waren die beiden Vergleichsställe eines Betriebes mit derselben Regelungstechnik und Stalleinrichtungen ausgestattet. Abgesehen von der Installation von Vorrichtungen für die Applikation der alternativen Prophylaxemittel wurden im Beobachtungszeitraum keine baulichen Veränderungen an den Ställen vorgenommen. Alle Betriebe wurden durch qualifizierte Personen mit einer fachspezifischen Ausbildung in Form einer Berufsausbildung zum Landwirt oder in Form eines Studiums der Agrarwissenschaften geleitet. Weitere Managementmaßnahmen wie z.B. Klimasteuerung, Einstreu, Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen oder Anzahl der täglichen Tierkontrollen unterschieden sich betriebsintern zwischen den retro- und prospektiv ausgewerteten Mastdurchgängen bzw. zwischen den beiden ausgewerteten Ställen nicht. Auch hier werden mögliche Abweichungen im Ergebnisteil aufgeführt (s.a. V.1.2 Festgestellte Abweichungen im geplanten Versuchsaufbau).

## **1.2 Eingesetzte alternative Prophylaxemittel**

Die im Rahmen der Untersuchungen eingesetzten alternativen Prophylaxemittel wurden gemeinsam mit den Betriebsinhabern sowie nach Rücksprache mit den bestandsbetreuenden Tierärzten ausgewählt. Es handelte sich dabei ausnahmslos um auf dem Markt zugelassene und gemäß den Regularien für das Futtermittelrecht einsatzfähige Futtermittelzusatzstoffe oder Einzelfuttermittel, die frei verkäuflich waren und somit keiner tiermedizinischen Indikationsstellung unterlagen. Die tierärztliche Betreuung blieb während des kompletten Beobachtungszeitraums

unverändert bei den bestandsbetreuenden Tierärzten. Die Therapie mit Tierarzneimitteln, z.B. in Form antibiotischer Wirkstoffe, wurde zu keiner Zeit durch den Aufbau der Studie eingeschränkt. Sie erfolgte unabhängig auf Indikation der bestandsbetreuenden Tierärzte. Das bedeutet auch, dass die Applikation von alternativen Prophylaxemitteln für den Zeitraum pausiert wurde, indem Tierarzneimittel oder Impfstoffe über das Tränkwasser eingesetzt wurden. Die Anwendung der ausgewählten alternativen Prophylaxemittel erfolgte gemäß den Empfehlungen der Herstellerangaben. Abweichungen hiervon erfolgten in Einzelfällen planmäßig und sind im Ergebnisteil der entsprechenden Prophylaxemittelkategorien genannt (s.a. Kap. V.1.2 Festgestellte Abweichungen im geplanten Versuchsaufbau). Anwendungsrouten waren oral über das Futter, oral über das Tränkwasser oder über die Einstreu. Bei oral über das Futter oder Tränkwasser eingesetzten alternativen Prophylaxemitteln erfolgte eine Zumischung über vorinstallierte Feststoff- oder Flüssigdosierer. Für vier alternative Prophylaxemittel erfolgte die Zumischung zum Futter bereits in den Futtermühlen der Betriebe. Die Sondermischungen wurden zeitgerecht durch die Futtermühlen auf dem jeweiligen Betrieb in das Futtersilo des entsprechenden Stalles bereitgestellt und beinhalteten ansonsten phasengerecht die exakt selben Komponenten des im Vergleichsstall eingesetzten Futters. Insgesamt neun der 15 alternativen Prophylaxemittel wurden über das Futter eingesetzt, davon vier als Sondermischungen über Futtermühlen. Bei vier alternativen Prophylaxemitteln erfolgte eine Verabreichung über das Tränkwasser, zwei alternative Prophylaxemittel wurden vor der Einstellung der Küken auf der Einstreu ausgebracht. Der Vergleichsstall erhielt dieselbe Menge derselben Einstreuart, auf einem Betrieb Dinkelspelz und auf einem Betrieb Strohpellets. Die Applikationsdauer der alternativen Prophylaxemittel war bei sieben alternativen Prophylaxemitteln temporär, sie wurden an drei bis acht Masttagen angewandt (s.a. **Tabelle 23**, Anhang S. 140). Die über die Einstreu eingebrachten alternativen Prophylaxemittel wurden ebenfalls als temporär gewertet. Acht alternative Prophylaxemittel wurden kontinuierlich während der gesamten Mastdauer eingesetzt, davon sechs über das Futter und zwei über das Tränkwasser. Aus markenrechtlichen Gründen werden die genauen Handelsnamen der eingesetzten alternativen Prophylaxemittel nicht genannt. Die Präparate lassen sich in Anlehnung an GRIGGS and JACOB (2005), ergänzt um Huminsäuren und Klinoptilolithe, in die in Kap. II.3.3 aufgeführten Produktkategorien einordnen (**Tabelle 1**). Zwei Präparate mit präbiotischen Bestandteilen waren

Kombinationspräparate mit einem oder mehreren Probiotika-Stämmen (Synbiotika). Die Gruppierung erfolgte mit den anderen Probiotika und den effektiven Mikroorganismen in der Kategorie „Probiotika, Prä-/Probiotika-Kombinationen, Effektive Mikroorganismen“ (PPEM). Zu beachten ist, dass diese Einordnung nicht zwingend der aktuellen futtermittelrechtlichen Zuordnung in Futtermittelzusatzstoffe bzw. Einzelfuttermittel entspricht (s.a. Kap. II.3.1 Rechtliche Einordnung von Futtermittelzusatzstoffen und Kap. II.3.2 Rechtliche Einordnung von als Ergänzungsfuttermittel eingesetzten Einzelfuttermitteln). Die Zusammensetzungen der Produkte laut Herstellerangaben, die genauen Applikationszeitpunkte und die Zuordnung zu den Mastdurchgängen und Betrieben sind in **Tabelle 23** (Anhang, S. 140) aufgeführt.

**Tabelle 1:** Produktkategorien eingesetzter alternativer Prophylaxemittel, Applikationsroute, Applikationsdauer und Anzahl (n = Anzahl eingesetzter Präparate). <sup>1</sup>Für die genaue Applikationsdauer bei nicht kontinuierlich eingesetzten Präparaten s.a. **Tabelle 23** Anhang S. 140.

Produktkategorie	Applikationsroute	Applikationsdauer <sup>1</sup>	n
Aromastoffe	Futter oder Wasser	temporär oder kontinuierlich	4
Probiotika, Prä-/Probiotika-Kombinationen, Effektive Mikroorganismen (PPEM)	Futter oder Wasser	temporär oder kontinuierlich	5
Huminsäuren	Futter	kontinuierlich	2
Klinoptilolithe	Futter oder Einstreu	temporär oder kontinuierlich	2
Säuren	Wasser	kontinuierlich	2

### 1.3 Untersuchungsplan

Zu Projektbeginn fand auf jedem Betrieb ein Bestandsbesuch zur Vorstellung des Projekts und des Versuchsaufbaus statt. Im Zuge dieser fünf Bestandsbesuche wurde außerdem die Möglichkeit zur Applikation alternativer Prophylaxemittel eruiert. Ebenso wurden möglicherweise vorhandene betriebsindividuelle Problemfelder erörtert, um die Auswahl der einzusetzenden alternativen Prophylaxemittel gemeinsam mit den Landwirten vorzunehmen.

Auf jedem der fünf Betriebe wurden über neun Mastdurchgänge alternative Prophylaxemittel in einem Stall eingesetzt, wobei nach jeweils drei Mastdurchgängen ein Wechsel des alternativen Prophylaxemittels erfolgte. Auf jedem Betrieb fand die parallele Bewirtschaftung eines Vergleichsstalles statt, in dem das alternative Prophylaxemittel nicht eingesetzt wurde (Kontrollgruppe). Für beide Ställe eines Betriebes wurden Antibiotikaeinsatz und Leistungsparameter (s.a. Kap. IV.2 Erfasste und untersuchte Parameter) während neun prospektiver Mastdurchgänge erhoben. Dieselben Parameter wurden zusätzlich für jeweils neun retrospektive Mastdurchgänge rückwirkend erfasst.

Während der Praxiserprobung fanden je Betrieb drei weitere Bestandsbesuche statt. Die Terminierung erfolgte jeweils in der letzten Mastwoche des letzten der drei Mastdurchgänge mit dem alternativen Prophylaxemittel. Hierbei fand ein Erfahrungsaustausch über das bisher eingesetzte alternative Prophylaxemittel und über möglicherweise aufgetretene Abweichungen im Versuchsaufbau statt. Außerdem wurden an diesen Terminen die Tierbonituren zur Erfassung tierbasierter Tierwohlparameter in beiden Ställen durchgeführt (s.a. Kap. IV.2.3 Erfassung tierbasierter Tierwohlintikatoren (Tierbonitur)). **Abbildung 2** (S. 34) zeigt den Ablauf der durchgeführten Praxiserprobung und die in der Datenerfassung berücksichtigten Mastdurchgänge exemplarisch anhand Betrieb 1.

## **2 Erfasste und untersuchte Parameter**

### **2.1 Erfassung des Antibiotikaeinsatzes**

Zur Erfassung des Einflusses alternativer Prophylaxemittel auf die Einsatzhäufigkeit antibiotischer Tierarzneimittel bei Masthühnern wurden in jedem Mastdurchgang die Anzahl der Behandlungstage mit antibiotischen Wirkstoffen (Behandlungsdauer), der Behandlungszeitpunkt, der eingesetzte Wirkstoff, sowie die Indikation der Medikation erfasst. Jede erstmalige Anwendung eines Wirkstoffes wird für die Auswertung als eine neue Behandlungsepisode definiert. Fand ein gleichzeitiger Einsatz von mehr als einem antibiotischen Tierarzneimittel statt, so wurden sowohl die Behandlungstage als auch die Behandlungsepisoden getrennt für jedes Präparat erfasst. Die Erfassung erfolgte stallspezifisch auf Erfassungsbögen gemeinsam mit den weiteren durchgangsbezogenen Leistungsparametern (s.a. **Abbildung 9**, Anhang, S. 141).

**Abbildung 2:** Schematische Darstellung der Praxiserprobung und der ausgewerteten Mastdurchgänge am Beispiel von Betrieb 1.

Betrieb 1					
	Durchgang	Stall	Projekt-Durchgang		
Auswertung 9 retrospektiver Mastdurchgänge	1	Stall 1	retrospektiv		
	2	Stall 2	retrospektiv		
	3	Stall 1	retrospektiv		
	4	Stall 2	retrospektiv		
	5	Stall 1	retrospektiv		
	6	Stall 2	retrospektiv		
	7	Stall 1	retrospektiv		
	8	Stall 2	retrospektiv		
	9	Stall 1	retrospektiv		
	10	Stall 2	retrospektiv		
	11	Stall 1	retrospektiv		
	12	Stall 2	retrospektiv		
	13	Stall 1	retrospektiv		
	14	Stall 2	retrospektiv		
	15	Stall 1	retrospektiv		
	16	Stall 2	retrospektiv		
	17	Stall 1	retrospektiv	Betriebs besuch	
	18	Stall 2	retrospektiv		
Auswertung 9 prospektiver Mastdurchgänge	alternatives Prophylaxemittel A	19	Stall 1	prospektiv Kontrolle	Bonitur
		20	Stall 2	prospektiv (Prophylaxe 1)	
		21	Stall 1	prospektiv Kontrolle	
		22	Stall 2	prospektiv (Prophylaxe 1)	
		23	Stall 1	prospektiv Kontrolle	
		24	Stall 2	prospektiv (Prophylaxe 1)	
	alternatives Prophylaxemittel B	25	Stall 1	prospektiv Kontrolle	Bonitur
		26	Stall 2	prospektiv (Prophylaxe 2)	
		27	Stall 1	prospektiv Kontrolle	
		28	Stall 2	prospektiv (Prophylaxe 2)	
		29	Stall 1	prospektiv Kontrolle	
		30	Stall 2	prospektiv (Prophylaxe 2)	
	alternatives Prophylaxemittel C	31	Stall 1	prospektiv Kontrolle	Bonitur
		32	Stall 2	prospektiv (Prophylaxe 3)	
		33	Stall 1	prospektiv Kontrolle	
		34	Stall 2	prospektiv (Prophylaxe 3)	
		35	Stall 1	prospektiv Kontrolle	
		36	Stall 2	prospektiv (Prophylaxe 3)	

## 2.2 Erfassung der durchgangsbezogenen Leistungsparameter

Die Auswahl der zu erfassenden Leistungsparameter erfolgte in Anlehnung an das Studiendesign vergleichbarer Untersuchungen zur Wirksamkeit alternativer Prophylaxemittel (s.a. Kap. II.3.3 Produktkategorien) und anhand der vom Zentralverband der Deutschen Geflügelwirtschaft e.V. veröffentlichten Kennzahlen für die Masthuhnhaltung (ZDG, 2022). Darüber hinaus wurden Kriterien herangezogen, die entsprechend der Fachliteratur Rückschlüsse auf die Produktionsleistung und

Herdengesundheit zulassen (BERG & BUTTERWORTH, 2021; SARMIENTO-GARCÍA et al., 2021; DE JONG et al., 2022; SARICA et al., 2022). Neben diesen Leistungs-/„Outcome“-Parametern als abhängige Variablen wurden als unabhängige Variablen äußere Einflussfaktoren erfasst, darunter auch Parameter, die für die teilnehmenden Landwirte aus betrieblicher Sicht als relevant eingestuft werden. Hierzu zählen unter anderem das Alter der Elterntierherde der eingestellten Masthuhnküken. Zur Erfassung der Daten wurde jedem Betrieb für jeden retro- und prospektiven Mastdurchgang ein Erfassungsbogen als Exceltabelle zur Verfügung gestellt (**Abbildung 9**: Erfassungsbogen durchgangsbezogene Daten, Anhang S. 141). Der Erfassungsbogen war so konzipiert, dass er bei Bedarf ausgedruckt und handschriftlich ausgefüllt werden konnte. Die Erfassung erfolgte analog des Antibiotikaeinsatzes stallspezifisch. Der Erfassungsbogen wurde so konzipiert, dass die Daten der parallelen Mastdurchgänge in Stall 1 und 2 eines Betriebes auf demselben Erfassungsbogen festgehalten werden. In Fällen, in denen der Erfassungsbogen nicht in elektronischer Form ausgefüllt werden konnte, erfolgte die Bereitstellung der Daten durch Bildmaterial der Stallkarten, Mastauswertungen, Schlachtberichte und Abgabe- und Anwendungsbelegen. Diese Daten wurden anschließend selbst in die elektronischen Erfassungsbogen transferiert. Bei Bedarf komplettierten abschließende Videokonferenzen mit den Landwirten die Vervollständigung der Erfassungsbögen.

Zur genauen Zuordnung eines Mastdurchgangs wurden das Ein- und Ausstellungsdatum erfasst. Für einige Parameter wie das Ein- und Ausstellungsdatum, die Zahl der eingestellten Tiere, das Gesamtlebendgewicht bei der Ausstallung und die eingestellte Genetik bestand auf den Betrieben eine gesetzliche Dokumentationspflicht (TIERSCHNUTZTV, 2021a). Diese Daten wurden routinemäßig auf jedem der Betriebe in den Betriebsunterlagen dokumentiert. Aus diesen Daten konnten die exakte Mastdauer, stattgefundenen Vorgriffe und die Jahreszeit ausgelesen werden. Die Mastdurchgänge wurden anhand ihres Einstellungsdatums in die Quartale eins bis vier eingeteilt (Quartal 1 = 1. Januar bis 31. März, Quartal 2 = 1. April bis 30. Juni, Quartal 3 = 1. Juli bis 30. September und Quartal 4 = 1. Oktober bis 31. Dezember). Neben der Genetik der eingestellten Masthuhnküken wurde auch der Schlupfort in Form des Namens der Brüterei und das Alter der Elterntierherde erfasst. Das Alter der Elterntierherde wurde betriebspezifisch unterschiedlich, entweder in Form der Produktionswoche oder in Form der Lebenswoche, in Wochen

dokumentiert. Für Betriebe, in denen eine Dokumentation der Lebenswoche obligat war, wurde die Produktionswoche der Elterntierherde durch den Abzug von 20 Wochen errechnet, da dies als angenommener Legebeginn und Produktionsstart bei Masthuhnelterntieren angenommen wird (DE JONG & BUTTERWORTH, 2021b). Die Kategorisierung des Alters der Elterntierherde erfolgte in drei Alterskategorien: In Alterskategorie 1 fielen Elterntierherden, die sich zwischen der ersten und 15. Produktionswoche befanden. Zur Alterskategorie 2 wurden jene Elterntierherden gerechnet, die sich in der 16. bis zur 30. Produktionswoche befanden. Alle Elterntierherden ab der 31. Produktionswoche wurden zur Alterskategorie 3 gezählt. Stamme die eingestellte Kükenherde eines Stalls aus Elterntierherden unterschiedlichen Alters, wurde die Produktionswoche der Elterntierherde des größten Anteils der Küken zur Klassifizierung herangezogen. Die Kategorisierung der Haltungform fand in drei Kategorien statt. Kategorie 1 wurden die Betriebe der konventionellen Haltungform zugeordnet, Kategorie 2 der Betrieb der konventionellen Haltungform mit erweiterten Handlungsrichtlinien in Form der Haltungstufe 3 und Kategorie 3 wurde der nach ökologischen Gesichtspunkten wirtschaftende Betrieb zugeordnet.

Zusätzlich wurden der Futter- und Wasserverbrauch, ebenso der betriebsintern oder von der Integration berechnete Wert der Futterverwertung erfasst. Sofern ein solcher Wert nicht vorhanden war, erfolgte die Berechnung der Futterverwertung bezogen auf den am Schlachthof angelieferten Kilogramm Lebendgewicht, d.h. die verbrauchte Gesamtfuttermenge in Kilogramm dividiert durch das Lebendgewicht angelieferte Masthühner in Kilogramm. Daten des Schlachtprozesses wie die verwertbaren Kilogramm, die Anzahl und das Gewicht der verworfenen Tierkörper in Kilogramm, sowie die am Schlachthof erhobenen Fußballenscores, wurden, sofern nicht bereits von den Betriebsleitern auf den Erfassungsbögen vermerkt, aus den Schlachtberichten entnommen. Bei Mastdurchgängen, in denen ein Vorgriff erfolgte, wurden die Daten für Vorgriff und Endausstallung getrennt erfasst. Im Futter enthaltene Kokzidiostatika, durchgeführte Schutzimpfungen sowie, neben dem Einsatz von Antibiotika, der weitere Einsatz von Medikamenten, wurden ebenfalls stallspezifisch dokumentiert. Darüber hinaus enthielt jeder Erfassungsbogen je Stall ein Freitextfeld zur Erfassung weiterer Maßnahmen hinsichtlich Tränkwasser und Fütterung wie z.B. Anpassung der Fütterung oder die Verabreichung von Vitamin- oder Mineralstoffmischungen. Ein zweites Freitextfeld war für weitere

Anmerkungen vorhanden, um Anpassungen im Betriebsablauf wie bspw. allgemeine Hygiene- und Managementmaßnahmen oder andere Einflussfaktoren wie besondere Witterungseinflüsse oder aufgetretene Störungen in der Herdenentwicklung zu dokumentieren.

Ergänzende Felder zu ökonomischen Kennzahlen ergänzten den Erfassungsbogen. Diese Daten wurden nicht im Rahmen der vorliegenden Dissertation, sondern von den Projektpartnern im Rahmen des zu veröffentlichenden Abschlussberichts ausgewertet (Hinweise zum Gesamtprojekt s.a. Kap. IV Material und Methoden).

### **2.3 Erfassung tierbasierter Tierwohlintikatoren (Tierbonitur)**

Für jedes der über drei Mastdurchgänge in Folge eingesetzte alternative Prophylaxemittel fand im letzten Mastdurchgang eine Tierbonitur von 50 Masthühnern im Stall mit dem alternativen Prophylaxemittel (Stall 2), sowie von 50 Masthühnern im Vergleichsstall (Stall 1) statt. Wie unter den Ausführungen zu Material und Methoden der erfassten Leistungsparameter beschrieben (s.a. IV.2.2 Erfassung der durchgangsbezogenen Leistungsparameter), befanden sich der Stall mit alternativem Prophylaxemittel und der Vergleichsstall auf demselben Betrieb. Einstellung und Ausstallung erfolgten zeitgleich und im Management gab es keine Abweichungen. Die Bonitur fand in beiden Ställen an demselben Tag und stets innerhalb der letzten sieben Tage vor der Endausstallung statt. Um geschlechtsspezifische Fehler bei der Häufigkeit bestimmter Beurteilungskriterien auszugleichen, wurde abwechselnd ein weibliches und ein männliches Tier bonitiert. Das Geschlecht wurde dabei anhand des in der letzten Mastwoche vorhandenem Geschlechtsdimorphismus, z.B. anhand der Kammbildung, identifiziert. Die Bonitur fand in jedem Stall an zwei unterschiedlichen Stellen statt, die mindestens die Hälfte der längsten Stallinnenstanz voneinander entfernt waren. Gemeinsam mit der Betriebsleitung oder einer Vertretung wurden bei einem der täglichen Tierkontrollgänge zunächst etwas mehr als schätzungsweise 25 Masthühner mit Hilfe eines transportablen Kunststoff-Trenngitters (Firma Lubing, Barnstorf, Deutschland) eingekreist. Im Anschluss erfolgte eine Einzeltierbeurteilung nach einem einheitlichen Bonitierungsschema, bis 25 Tiere beurteilt waren. Dasselbe Vorgehen wurde ein weiteres Mal an einer anderen Stelle im Stall wiederholt, bis auch hier insgesamt 50 Tiere bonitiert waren. Die Bonitur der Tiere fand stets durch dieselbe Person statt. Neben der Betriebsleitung oder einer Vertretungsperson und der bonitierenden Person, war eine weitere

Hilfsperson zur Dokumentation der Bonitierungergebnisse anwesend. Als Zielgröße für die Anzahl zu bonitierender Tiere, wurden insgesamt 1.500 Masthühner festgelegt (drei Bonituren auf fünf Betrieben, 50 Masthühner in jeweils zwei Ställen).

Die Auswahl der bonitierten tierbasierten Tierwohlintikatoren erfolgte in Anlehnung an das Welfare Quality Assessment protocol for poultry (WELFARE QUALITY, 2009) anhand publizierter Vorgaben (WEEKS & BUTTERWORTH, 2004; BERG & BUTTERWORTH, 2021; LAV, 2021; IPWA, 2022) sowie in Orientierung am Versuchsaufbau vergleichbarer Studien zur Bestimmung tierbasierter Tierwohlintikatoren beim Masthuhn (BERGMANN et al., 2016; RAUCH et al., 2017; LOUTON et al., 2018; LOUTON et al., 2019; MOHAMMED et al., 2021; DE JONG et al., 2022). Als Beurteilungskriterien wurden der Verschmutzungsgrad, der Gefiederzustand, Hautverletzungen, Veränderungen der Haut an den Fersenbeinhöckern (Fersenbeinhöcker) und Veränderungen der Sohlenfläche an den Fußballen (Fußballengesundheit) festgelegt. Bei jedem Masthuhn wurde zunächst das Geschlecht notiert. Jedes Beurteilungskriterium wurde mit der Bewertung „0“, „1“ oder „2“ eingestuft, wobei „0“ der bestmöglich erzielbare und „2“ der schlechtestmöglich erzielbare Wert (Score) darstellte. Score 0 wurde vergeben, wenn keine Abweichung von der Norm festzustellen war. Score 0 wurde z.B. beim Beurteilungskriterium Verschmutzungsgrad vergeben, wenn Gefieder und Tierkörper frei von jeglicher Verschmutzung waren. Score 1 stellte eine leichtgradige Abweichung von der Norm dar, z.B. leichtgradige Verschmutzung mit Kot im Gefieder oder am Tierkörper. Score 2 stellte eine mehr als leichtgradige Abweichung der Norm dar, z.B. mehr als leichtgradiger Stallschmutz an Tierkörper oder Gefieder, z.B. in Form von anhaftender konkrementartiger Kotadnexe. Die Abgrenzung der Hautverletzungen erfolgte durch Schätzung der Größe bzw. Tiefe, wobei ein Maximalwert von zehn Millimeter Länge oder einem Millimeter Tiefe als Grenzwert zwischen Score 1 und Score 2 festgelegt wurde. Die weiteren Definitionen zur Klassifizierung der Bewertungskriterien sind in **Tabelle 2** bis **Tabelle 6** definiert. Pro Besuch wurden alle Ergebnisse je Stall auf einem tabellarischen Vordruck erfasst (**Abbildung 12**: Erfassungsbogen Tierbonitur, Anhang S. 144).

**Tabelle 2:** Klassifizierung des Beurteilungskriteriums Verschmutzungsgrad.

Score	Definition
0	Gefieder und Ständer vollständig sauber
1	Gefieder oder Ständer leichtgradig verschmutzt
2	Gefieder oder Ständer deutlich verschmutzt (z.B. Kotadnexe)

**Tabelle 3:** Klassifizierung des Beurteilungskriteriums Gefiederzustand.

Score	Definition
0	Gefiederzustand unversehrt
1	Einzelne Federn nicht intakt
2	Mittel- und hochgradige Gefiederschäden

**Tabelle 4:** Klassifizierung des Beurteilungskriteriums Hautverletzungen

Score	Definition
0	Haut am gesamten Körper unversehrt
1	Höchstens eine Hautverletzung mit einer maximalen Länge von zehn Millimetern oder einer maximalen Tiefe von einem Millimeter
2	Mehr als eine Hautverletzung oder eine Hautverletzung mit einer Gesamtlänge von mehr als zehn Millimetern oder einer Tiefe von mehr als einem Millimeter

**Tabelle 5:** Klassifizierung des Beurteilungskriteriums Fersenbeinhöcker.

Score	Definition
0	Haut im Bereich beider Fersenbeinhöcker unversehrt
1	Leichtgradige pathologische Veränderungen (z.B. leichtgradige Rötung der Haut) im Bereich eines oder beider Fersenbeinhöcker
2	Deutliche pathologische Veränderungen (z.B. Hyperkeratose, Arthritis, mehr als leichtgradige Rötung der Haut) im Bereich eines oder beider Fersenbeinhöcker

**Tabelle 6:** Klassifizierung des Beurteilungskriteriums Fußballengesundheit.

Score	Definition
0	Haut im Bereich beider Sohlenballen unverseht
1	Leichtgradige pathologische Veränderungen (z.B. Hyperkeratose) im Bereich eines oder beider Sohlenballen
2	Deutliche pathologische Veränderungen (z.B. Läsion) im Bereich eines oder beider Sohlenballen

### 3 Statistische Auswertung

Die Datenauswertung erfolgte mit dem Programm Excel<sup>®</sup> für Microsoft (Version 2311, Microsoft Corporation, Redmond, USA). Die statistischen Berechnungen im Programm SPSS<sup>®</sup> Statistics (Version 29.0.1.0(171), IBM SPSS - IBM Corporation, Armonk, USA) erfolgten mit Unterstützung durch Privatdozent Dr. Sven Reese (Arbeitsgruppe Informationstechnologie in der Tiermedizin und Statistik, Tierärztliche Fakultät, Ludwig-Maximilians-Universität München).

#### 3.1 Auswertung der Leistungsdaten aus den Mastdurchgängen

Alle auf Betriebsebene erhobenen abhängigen Variablen (Antibiotikaeinsatz und Leistungsdaten der Mastdurchgänge) sowie alle erfassten unabhängigen Variablen (z.B. äußere Einflussfaktoren) wurden aus den Erfassungsbögen in eine Excel-Tabelle übertragen. Jedem erfassten Mastdurchgang wurde über den Betrieb, die Stallnummer und eine fortlaufende Mastdurchgangs-Nummer ein eindeutiger Code zugeordnet. Jeder durch den Betrieb übermittelte Wert wurde durch Vergleich mit den Werten vorangegangener und nachfolgender Mastdurchgänge plausibilisiert. Aufgrund der unterschiedlichen Betriebsgrößen und der auf Betriebsebene geringfügig schwankenden Einstellungszahlen ist ein Vergleich absoluter Werte der erfassten Leistungsparameter nicht aussagekräftig. Für die weiterführende statistische Auswertung wurden deshalb masthuhnspezifische Kennzahlen (im Folgenden als Kennzahlen bezeichnet) und masthuhnspezifische relative Kennzahlen (im Folgenden als relative Kennzahlen bezeichnet) berechnet. Für die Auswertung des Antibiotikaeinsatzes wurden die absoluten Behandlungstage und Behandlungsepisoden herangezogen.

### 3.1.1 Berechnung der Kennzahlen

Aus den erfassten Leistungsparametern (s.a. Kapitel 2.2 Erfassung der durchgangsbezogenen Leistungsparameter) wurden für jeden erfassten Mastdurchgang eines Stalls sechs Kennzahlen zur weiteren Evaluation des Einsatzes alternativer Prophylaxemittel berechnet. Dies waren:

1. „Stallmortalität in %“
2. „Gesamtverluste inkl. Verwurf in %“
3. „Verwurf Kilogramm in %“
4. „Futterverwertung“
5. „verwertbare Kilogramm pro eingestalltes Masthuhnküken“
6. „Durchschnittscore Fußballen Schlachthof“

Die Kennzahl „Stallmortalität in %“ spiegelt die Mortalitätsrate eines Mastdurchgangs wider und wurde berechnet, indem die am Schlachthof angelieferte Gesamtzahl an Tieren eines Mastdurchganges durch die Anzahl eingestallter Tiere dividiert und mit dem Faktor 100 multipliziert wurde. Die Kennzahl „Gesamtverluste inkl. Verwurf %“ beinhaltet zusätzlich die Anzahl der am Schlachtprozess verworfener Tiere, also die Gesamtanzahl nicht verwertbarer Tiere eines Mastdurchgangs. Von der Anzahl eingestallter Tiere wurde hierfür neben der am Schlachthof angelieferten Gesamtzahl an Tieren auch die Anzahl verworfener Tierkörper abgezogen, sodass die verbleibende Anzahl an Tierkörpern für die Lebensmittelproduktion verblieb. Diese Zahl wurde anschließend durch die Anzahl eingestallter Tiere dividiert und mit dem Faktor 100 multipliziert. Die Verwurfmenge in Kilogramm pro Mastdurchgang wurde in Form der verwertbaren Kilogramm geteilt durch die angelieferten Kilogramm relativiert und mit dem Faktor 100 multipliziert und als Kennzahl „Verwurf Kilogramm %“ festgehalten. Die Futterverwertung wurde, wenn nicht bereits durch den Landwirt angegeben, durch Berechnung der verbrauchten Gesamtfuttermenge in Kilogramm geteilt durch die am Schlachthof angelieferten Gesamtmenge Masthühner in Kilogramm ermittelt. Um Einflüsse eines alternativen Prophylaxemittels auf das erzielte Endgewicht in Relation zu der initial eingestellten Tierzahl zu bemessen, wurde die Gesamtmenge an verwertbaren Kilogramm durch die Anzahl eingestallter Masthuhnküken dividiert. Die Kennzahl „verwertbare Kilogramm pro eingestalltes Masthuhnküken“ bewertet somit einen erzielten verwertbaren Ertrag an Masthuhnfleisch gemittelt pro eingestalltes Tier. Als letzte

Kennzahl wurde ein „Durchschnittscore Fußballen Schlachthof“ berechnet. Da nicht alle Schlachthöfe bei der Beurteilung der Fußballen in der Stufe 2 zwischen den Abstufungen 2a bzw. 2b differenzieren, wurde, sofern eine differenzierte Beurteilung vorhanden war, diese zunächst durch Addition der Stufen 2a und 2b in einer einheitlichen Stufe 2 zusammengefasst. Auf Betrieben, in denen eine partielle Vorausstallung von Tieren („Vorgriff“) stattfand, wurden die im Vorgriff erzielten Ergebnisse der Fußballenbeurteilung mit den Ergebnissen der Endausstallung über den Faktor der jeweils angelieferten Tiere und der Gesamtanzahl für jede Beurteilungsstufe gemittelt. Im Anschluss erfolgte für jeden Mastdurchgang die Berechnung eines Durchschnittscores der Fußballen, indem der relative Anteil an Tieren einer Stufe mit dem Faktor 0 bei Stufe 0, bzw. Faktor 1 bei Stufe 1 und Faktor 2 bei Stufe 2 multipliziert und anschließend die drei Produkte addiert wurden.

### **3.1.2 Vorauswertung retrospektiver Mastdurchgänge**

Vor der Auswertung der Mastdurchgänge mit alternativen Prophylaxemitteln wurde durch die Vorauswertung der retrospektiven Mastdurchgänge ( $n = 90$ ) aller Betriebe in einem linearen Modell (s.a. Kapitel IV.3.1.4 Statistische Tests) untersucht, ob die externen Einflussfaktoren (unabhängige Variablen) Alterskategorie der Elterntierherde, Genetik, Haltungform und Jahreszeit einen Einfluss auf die „Outcome“-Parameter in Form der berechneten Kennzahlen (abhängige Variablen) besitzen.

### **3.1.3 Berechnung relativer Kennzahlen**

Da trotz weitestgehend baugleicher Gegebenheiten innerhalb beider Ställe eines Betriebes möglicherweise dennoch ein stallspezifischer Fehler bei den Kennzahlen vorhanden sein kann, wurde für die sechs berechneten Kennzahlen für jeden retro- und prospektiven Mastdurchgang eine Differenz zwischen Stall 1 und Stall 2 gebildet. Diese Differenz wurde im Anschluss durch den Wert von Stall 1 dividiert und mit dem Faktor 100 multipliziert, wodurch eine prozentuale Abweichung der Differenz zwischen Stall 1 und Stall 2 generiert werden konnte. Die allgemeine Formel dieser als „relative Kennzahl 1“ bis „relative Kennzahl 6“ bezeichneten Kennzahlen ist in **Abbildung 3** dargestellt.

Alle alternativen Prophylaxemittel wurden in den prospektiven Mastdurchgängen in dem betriebsübergreifend als Stall 2 bezeichneten Stall eingesetzt. Bei allen

**Abbildung 3:** Formel zur Berechnung der relativen Kennzahlen, zur Darstellung der relativen Abweichungen zwischen Stall 1 und Stall 2.

$$\text{relative Kennzahl } x = \frac{(\text{Kennzahl } x_{\text{Stall 1}} - \text{Kennzahl } x_{\text{Stall 2}})}{\text{Kennzahl } x_{\text{Stall 1}}} * 100$$

Kennzahlen, in denen ein möglichst niedriger Wert ein überlegenes Ergebnis darstellt, also bei den Kennzahlen 1 bis 4 und bei Kennzahl 6 („Stallmortalität in %“, „Gesamtverluste inkl. Verwurf in %“, „Verwurf Kilogramm in %“, „Futterverwertung“ und „Durchschnittscore Fußballen Schlachthof“), bedeutet ein positives Ergebnis der relativen Kennzahl, dass Stall 2 ein gegenüber Stall 1 bessere Ergebnisse erzielt hat. Bei Kennzahl 5 („verwertbare Kilogramm pro eingestalltes Masthuhnküken“) stellt ein möglichst hoher Wert ein überlegenes Ergebnis dar, weshalb ein negatives Ergebnis der relativen Kennzahl 5 einer Überlegenheit in dieser Kennzahl von Stall 2 gegenüber Stall 1 entspricht.

Die Auswertung der relativen Kennzahlen erfolgte in unterschiedlichen Gruppierungen. Betriebsübergreifend wurden alle Werte je relativer Kennzahl in retrospektiv und prospektiv gruppiert, um zu untersuchen, ob sich ein allgemeiner, betriebsübergreifender Effekt durch den prospektiven Einsatz alternativer Prophylaxemittel im Vergleich zu den retrospektiven Mastdurchgängen zeigt. Als gruppierte Auswertung wurden die pro- und retrospektiven relativen Kennzahlen einerseits auf Betriebsebene einander gegenübergestellt. Andererseits erfolgte eine Auswertung betriebsübergreifend nach den fünf Kategorien (s.a. II.3.3 Produktkategorien) eingesetzter alternativer Prophylaxemittel.

### 3.1.4 Statistische Tests

Für die Vorauswertung retrospektiver Mastdurchgänge fand die Untersuchung der abhängigen „Outcome“-Variablen (Stallmortalität in %, Gesamtverluste inkl. Verwurf in %, Verwurf Kilogramm in %, Futterverwertung, verwertbare Kilogramm pro eingestalltes Küken, Durchschnittscore Fußballen Schlachthof, Behandlungstage) in einem generalisierten linearen Modell unter Berücksichtigung der externen Einflussfaktoren Alterskategorie der Elterntierherde, Genetik respektive Haltungform und Jahreszeit als unabhängige Variablen mittels Wald Chi-Square Test statt. Der Effekt eines externen Einflussfaktors wurde ab einem P-Wert unter 0,05 ( $p <$

0,05) als signifikant angesehen. Für die berechneten (masthuhnspezifischen) relativen Kennzahlen (s.a. Kapitel 3.1.3 Berechnung relativer Kennzahlen) wurde für jede gruppierte Auswertung das arithmetische Mittel, der Medianwert, die Varianz und die Standardabweichung berechnet. Die Überprüfung der relativen Kennzahlen 1 bis 6 (metrische Parameter) mittels Shapiro-Wilk-Test ergab, dass diese nicht normalverteilt sind, weshalb die weitere Analyse mittels dem nichtparametrischen Mann-Whitney-U-Test erfolgte. Da unifaktorielle Analysemethoden, wie der Mann-Whitney-U-Test, die zum Teil vorhandene Abhängigkeiten der Daten nicht berücksichtigt, wurden Hinweise auf signifikante Ergebnisse in einem generalisierten, multifaktoriellen Modell überprüft, das die Betriebszugehörigkeit der jeweiligen retro- und prospektiven relativen Kennzahlen berücksichtigt. SPSS gibt bei der Durchführung des Mann-Whitney-U-Tests sowohl die asymptotische Signifikanz als auch eine exakte Signifikanz aus. Während bei ausreichend großen Stichproben ( $n_1 + n_2 > 30$ ) die asymptotische Signifikanz berücksichtigt werden kann, wird bei darunter liegender Stichprobenanzahl die exakte Signifikanz verwendet (SCHWARZ, 2023). Ein P-Wert kleiner als 0,05 ( $p < 0,05$ ) wurde als signifikant festgelegt. Die betriebsübergreifende Zusammenhangsanalyse für die Anzahl antibiotischer Behandlungstage in parallel stattfindenden Mastdurchgängen (Vergleichsdurchgänge) mit mindestens einer antibiotischen Behandlung in Stall 1 oder Stall 2 fand sowohl für die retrospektiven, als auch für die prospektiven Mastdurchgänge mit dem Korrelationskoeffizienten für metrische Variablen nach Pearson statt.

### **3.2 Auswertung der tierbasierten Tierwohllindikatoren (Boniturergebnisse)**

Die Einzelergebnisse der bonitierten Masthühner wurden ebenfalls in eine Excel-Tabelle überführt, wobei jedem bonitierten Masthuhn ein eindeutiger Code, bestehend aus Betriebsnummer, Stallnummer, Mastdurchgangsnummer und fortlaufender Tiernummer zugeordnet wurde. Analog zu dem Vorgehen bei der Auswertung der Leistungsparameter der Mastdurchgänge erfolgte auch bei den kategorialen Ergebnissen der Tierbonitur eine weiterführende Auswertung in unterschiedlichen Gruppierungen. Neben der betriebsübergreifenden, deskriptiven Auswertung wurden Effekte auf Einzeldurchgangsebene und auf Betriebsebene untersucht. Für die Ebene Betrieb wurden die jeweils drei bonitierten Mastdurchgänge aus Stall 1 eines Betriebes den drei bonitierten Mastdurchgängen aus Stall 2 gegenübergestellt.

Daneben fand auch die betriebsübergreifende Untersuchung gruppiert nach den Kategorien der eingesetzten alternativen Prophylaxemittel statt. Bei letzterer Gruppierung wurden die Ergebnisse der bonitierten Masthühner, die alternative Prophylaxemittel aus derselben Kategorie erhielten, jenen Ergebnissen der Masthühner zeitgleicher Mastdurchgänge derselben Betriebe ohne alternativem Prophylaxemittel gegenübergestellt. Zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen den Ställen mit und ohne alternativen Prophylaxemiteleinsatz wurde das arithmetische Mittel der erzielten Scores durch Multiplikation der relativen Häufigkeiten mit dem Faktor 0, 1 und 2 für die entsprechenden Scores (Score 0 = Faktor 0; Score 1 = Faktor 1; Score 2 = Faktor 2) und anschließende Addition dieser Produkte berechnet. Neben der Berechnung des Durchschnittscores wurde die prozentuale Häufigkeit der einzelnen Scores in Kreuztabellen berechnet. Für die Berechnung signifikanter Unterschiede ordinalskalierten Datenreihen stehen in SPSS verschiedene Test-Modelle, wie z.B. der Chi-Quadrat-Test oder die Effektgrößen nach Kendall's tau-b oder Somers' d zur Verfügung. Da die Ergebnisse der Häufungen innerhalb der Scores rangabhängig sind, konnten die Signifikanzen der Unterschiede mittels dem nicht-parametrischen Effektmaß und Korrelationskoeffizienten nach Somers' d berechnet werden, der im Gegensatz zu Kendall's tau-b die Ranginformation berücksichtigt. Auch hier wurde ein P-Wert kleiner als 0,05 ( $p < 0,05$ ) als signifikant festgelegt.

## **V. Ergebnisse**

### **1 Allgemeine Ergebnisse und Ergebnisse der statistischen Vor- auswertung**

#### **1.1 Zeitraum und Umfang der Untersuchungen**

Über die systematische Erfassung von neun retro- und neun prospektiven Mastdurchgängen, in jeweils zwei Stallungen, auf fünf Masthuhn haltenden Betrieben, konnten insgesamt 180 Mastdurchgänge über einen Zeitraum von zweieinhalb Jahren ausgewertet werden. In der Summe wurden dadurch Leistungsdaten von 4.527.411 Masthühnern erfasst. Das früheste Einstalldatum der ausgewerteten Mastdurchgänge war der 15. April 2021, die Endausstallung des letzten ausgewerteten Mastdurchgangs war am 07. November 2023. In den 45 prospektiven Mastdurchgängen wurde ab dem 25. Juli 2022 auf fünf Betrieben über jeweils drei Mastdurchgänge in Folge ein alternatives Prophylaxemittel eingesetzt. Insgesamt konnte der prospektive Einsatz von 15 Produkten untersucht werden. Alle drei Mastdurchgänge fand auf jedem Betrieb eine Tierbonitur in dem Stall mit alternativem Prophylaxemittel sowie in dem Vergleichsstall statt. Folglich konnten 15 Tierbonituren durchgeführt werden.

#### **1.2 Festgestellte Abweichungen im geplanten Versuchsaufbau**

Wenngleich für die Betriebsauswahl das Vorhandensein von zwei baugleichen und identisch bewirtschafteten Ställen vorausgesetzt wurde, kam es zu nachfolgend geschilderten Abweichungen vom geplanten Versuchsaufbau. Da die Abweichungen z.T. Auswirkungen in der Datenauswertung nach sich zogen und damit bei der Dateninterpretation zu berücksichtigen sind, werden sie dem Ergebnisteil und der Diskussion vorangestellt.

Bauliche Unterschiede zwischen den beiden teilnehmenden Ställen eines Betriebes waren, mit Ausnahme der im Voraus bereits bekannten und im Methodenteil näher geschilderten baulichen Abweichungen auf einem einzelnen Betrieb, nicht ersichtlich (s.a. Kap. IV.1.1 Teilnehmende Betriebe; Anmerkung: Erhöhte Ebenen und höhere eingestellte Tierzahl in einem Stall). In einem Betrieb stellte sich während der Praxiserprobung heraus, dass die beiden baugleichen Ställe nur über dasselbe Futtersilo angesteuert werden konnten, also die verbrauchte Futtermenge zwischen den beiden teilnehmenden Ställen nicht separat erfasst werden konnte. Auf diesem Betrieb musste deshalb in den prospektiven Mastdurchgängen Nummer vier bis

sechs ein anderer, ansonsten baugleicher und nach denselben Kriterien an die Hal-  
tungsform bewirtschafteter Vergleichsstall als Kontrollgruppe fungieren. Das für  
diese drei Mastdurchgänge als Sondermischung konzipierte Futter mit dem alterna-  
tiven Prophylaxemittel, konnte nur in diesem zusätzlichen Stall separat verabreicht  
werden. Dieser Stall erhielt außerdem eine Weizenbeimischung in Höhe von 5 bis  
12 % zum Alleinfutter. Während für die Berechnung der prospektiven relativen  
Kennzahlen die Werte des konstanten Vergleichsstalles herangezogen werden wur-  
den, konnten retrospektiv keine Vergleichsdaten erfasst werden. Diese drei Mast-  
durchgänge wurden daher von der weiterführenden Auswertung für die Propyla-  
xemittelkategorien ausgeschlossen. Während der anderen prospektiven Mastdurch-  
gängen konnten die beiden ursprünglich geplanten Ställe ausgewertet werden, da  
der Einsatz der alternativen Prophylaxemittel dort nicht über das Futter(-silo) er-  
folgte. Eine separate Futterverwertung je Stall konnte für diese Mastdurchgänge  
daher nicht erfolgen. Im Ergebnisteil wird deshalb an entsprechender Stelle auf die  
in die Auswertung einfließende, reduzierte Wertemenge bei der Futterverwertung  
(relative Kennzahl 4) hingewiesen. Außerdem setzte der Betrieb in den beiden ei-  
gentlich am Projekt teilnehmenden Vergleichsställen in den retrospektiven Mast-  
durchgängen Nummer eins bis sieben sowie in den prospektiven Mastdurchgängen  
Nummer fünf, sechs und acht in der Hauptfütterungsphase ein Futter mit reduzier-  
tem Energiegehalt ein. In derselben Fütterungsphase der übrigen Mastdurchgänge  
des Beobachtungszeitraums wurde ein Standardfutter mit ähnlicher Zusammenset-  
zung aber höherem Energiegehalt eingesetzt. Da dieser Wechsel jeweils synchron  
in den beiden Vergleichsställen stattfand, ist davon auszugehen, dass er die Kenn-  
zahlen beider Ställe und somit auch die zur Auswertung herangezogenen relativen  
Kennzahlen in gleichem Maße beeinflusste.

Bei einem weiteren Betrieb konnte die in den Mastdurchgängen verbrauchte Ge-  
samfuttermenge in sechs retrospektiv ausgewerteten Mastdurchgängen und in ei-  
nem prospektiv ausgewerteten Mastdurchgang nicht festgestellt werden. Die Ab-  
weichung der Futterverwertung zwischen den Ställen (relative Kennzahl 4) konnte  
entsprechend nur für weniger Mastdurchgängen berechnet werden.

Auf einem anderen Betrieb wurde die Konzentration von beigemischtem Weizen  
im laufenden Beobachtungszeitraum verändert und ab dem prospektiven Mast-  
durchgang Nummer fünf von 50 % auf 36 % in beiden ausgewerteten Ställen

abgesenkt. In den prospektiven Mastdurchgängen Nummer acht und Nummer neun betrug der Weizenanteil in Stall 2 36,4 % und lag damit 0,4 % höher als im Vergleichsstall. Die Bereitstellung eines Futters mit alternativem Prophylaxemittel als Sondermischung erfolgte in einem Mastdurchgang in der ersten Futterlieferung versehentlich in beiden Ställen, sodass auch der Vergleichsstall in den ersten zwölf von insgesamt 115 Tonnen Futter, das Futter mit dem alternativen Prophylaxemittel erhielt.

Die auf den konventionellen Betrieben dem Futter standardmäßig beigefügten kokzidiostatischen Futtermittelzusatzstoffe wurden durch die Futtermühlen im Beobachtungszeitraum mehrfach angepasst und konnten im Zuge des Beobachtungszeitraums nicht beeinflusst werden. Sie waren jedoch in den parallel stattfindenden Mastdurchgängen beider Ställe eines Betriebes jeweils identisch. Der Wasserverbrauch konnte nicht in allen Betrieben zuverlässig ermittelt werden, weshalb er bei der Auswertung unberücksichtigt bleibt.

Ein Betrieb wechselte im Beobachtungszeitraum die Integration, womit sich die Herkunft der Masthuhnküken, die eingestellte Tierzahl, die Mastdauer, das Mastendgewicht sowie das Alleinfutter ab dem prospektivem Mastdurchgang Nummer 6, nicht jedoch die Haltungsform und die Genetik veränderten. Außerdem wurde nach dem Wechsel der Integration die Futtermittelverwertung durch die neue Integration nicht mehr bezogen auf die angelieferten, sondern auf die verwertbaren Kilogramm mitgeteilt. Diese Änderung in der Berechnung erfolgte analog zu dem Integrationswechsel für beide Ställe des Betriebes zu demselben Zeitpunkt. Da für die weiterführende Auswertung mit den Differenzen zwischen Stall 1 und Stall 2 als relative Kennzahlen gerechnet wurde (s.a. Kap. IV.3.1.3 Berechnung relativer Kennzahlen), ist die einheitliche Berechnung der Futtermittelverwertung für beide Ställe entscheidend. Die Daten beider Ställe konnten daher in Form der relativen Kennzahlen in die Gesamtauswertung einfließen. Auch der mögliche Einfluss auf die tierbasierten Tierwohlparameter war somit ab demselben Zeitpunkt für beide Ställe verändert.

Bei den von den Schlachthöfen übermittelten Daten zu den Fußballenscores war nicht ersichtlich, ob diese maschinell oder visuell durch einen Amtsveterinär erfasst wurden. Es wurde daher die Annahme getroffen, dass dies auf ein und demselben Schlachthof eines Betriebes im Beobachtungszeitraum konstant erfolgte. Außer in einem Mastdurchgang, in welchem die Tiere eines Stalls aufgrund eines positiven

Salmonellenbefundes in einem separaten Schlachthof verarbeitet wurden, fand die Verarbeitung aller anderen, parallel stattfindender Mastdurchgänge aus den beiden Ställen eines Betriebes auf jeweils demselben Schlachthof statt.

Das Impfreime unterschied sich innerhalb der beiden Ställe eines Betriebes nicht. Im Beobachtungszeitraum führte ein Betrieb eine ergänzende Impfung gegen *Escherichia coli* in den prospektiven Mastdurchgängen Nummer acht und Nummer neun durch. Diese Maßnahme erfolgte jedoch synchron für beide ausgewerteten Ställe des Betriebes, sodass der Einfluss auf die relativen Kennzahlen als konstant angenommen wird. In zwei retrospektiven Mastdurchgängen fand auf einem Betrieb eine Behandlung mit dem Antiprotozoikum Amproliumhydrochlorid statt. Diese Behandlung erfolgte in beiden Mastdurchgängen in beiden Ställen jeweils synchron, d.h. über denselben Behandlungszeitraum. Weitere Behandlungen mit verschreibungspflichtigen Tierarzneimitteln, außer den erfassten Behandlungstagen mit antibiotischen Wirkstoffen, fanden nicht statt.

### **1.3 Ergebnis der Vorauswertung retrospektiver Mastdurchgänge**

Vor der Auswertung der Mastdurchgänge mit alternativen Prophylaxemitteln erfolgte eine gemeinsame Vorauswertung neun retrospektiver Mastdurchgänge je Stall und für jeden Betrieb (insgesamt  $n = 90$  Mastdurchgänge). Dadurch sollte der Einfluss externer Faktoren beispielhaft auf einen Teil der als „Outcome“-Parameter gewählten Kennzahlen untersucht werden. Hierzu fand eine statistische Untersuchung der Abhängigkeit der Kennzahlen Stallmortalität in %, Verwurf Kilogramm in %, Futtermittelverwertung, verwertbare kg pro eingestalltes Masthuhnküken und der Behandlungstage hinsichtlich der Einflussfaktoren Alterskategorie der Elterntierherde, Genetik, respektive Haltungform und Jahreszeit in einem linearen Modell statt.

Die Auswertung der retrospektiven Mastdurchgänge ergab, dass die Stallmortalität in % (min. 0,03 %; max. 9,36 %; AV 3,01 %; SD 1,99) nicht signifikant von dem Alter der Elterntierherde ( $p = 0,075$ ), jedoch signifikant von der Jahreszeit ( $p < 0,001$ ) und der Haltungform ( $p < 0,001$ ) abhängig war.

Der prozentuale Verwurf, der am Schlachthof angelieferten Kilogramm (min. 0,15 %; max. 12,01 %; AV 2,20 %; SD 2,47) war nicht signifikant von dem Alter der Elterntierherde ( $p = 0,574$ ) oder der Jahreszeit ( $p = 0,150$ ), jedoch signifikant von der Haltungform abhängig ( $p < 0,001$ ).

Die Futtermittelverwertung (min 1,483; max. 2,450; AV 1,726; SD 0,2524) hing signifikant von der Haltungform ( $p < 0,001$ ) ab. Keinen Einfluss auf die Futtermittelverwertung konnte ausgehend von der Alterskategorie der Elterntierherde ( $p = 0,436$ ) und der Jahreszeit ( $p = 0,457$ ) beobachtet werden.

Die pro eingestalltem Masthuhnküken erzielten verwertbaren Kilogramm (min. 1,75 kg; max. 2,74 kg; AV 2,24 kg; SD 0,21) waren von der Haltungform ( $p < 0,001$ ) ebenso abhängig wie von der Jahreszeit ( $p < 0,001$ ). Die Alterskategorie der Elterntierherde spielte in den vorliegenden Daten keine signifikante Rolle ( $p = 0,236$ ).

Auf die Anzahl an Behandlungstagen mit Antibiotika (min. 0; max. 17; AV 2,76; SD 3,808) hatten in den retrospektiv erhobenen Daten die Jahreszeit ( $p = 0,263$ ) und die Alterskategorie der Elterntierherde ( $p = 0,327$ ) keinen signifikanten Einfluss. Der Einfluss der Haltungform auf den Antibiotikaeinsatz war in den retrospektiv ausgewerteten Mastdurchgängen signifikant ( $p < 0,001$ ).

Die Ergebnisse dieser Vorauswertung führten zu der Auswertung der weiteren Ergebnisse über die zwischen Stall 1 und Stall 2 berechneten relativen Kennzahlen. Die relativen Kennzahlen wurden jeweils zwischen den beiden parallel stattfindenden Mastdurchgängen von Stall 1 (ohne alternativem Prophylaxemittel) und Stall 2 (mit alternativem Prophylaxemittel) eines Betriebes berechnet, sodass der jahreszeitliche Einfluss und der Einfluss der Haltungform auf beide Ställe jeweils identisch waren. Das alternative Prophylaxemittel stellte die einzige abweichende unabhängige Variable zwischen Stall 1 und Stall 2 dar.

## **2 Ergebnisse der prospektiven Mastdurchgänge unter dem Einsatz alternativer Prophylaxemittel**

Während die Auswertung der Leistungsparameter der prospektiven Mastdurchgänge unter Einsatz alternativer Prophylaxemittel mittels der relativen Kennzahlen zwischen Stall 1 und Stall 2 erfolgte (um den Einfluss externer Faktoren wie Haltungform und Jahreszeit zu standardisieren), ist die Darstellung des Antibiotikaeinsatzes in Form relativer Abweichungen zwischen beiden Ställen beim Vorliegen absoluter Nullwerte in einem Stall (null Behandlungstage) nicht möglich. Die Ergebnisse des Antibiotikaeinsatzes werden deshalb anhand absoluter Werte und separat von den ausgewerteten Leistungsparametern dargestellt.

## 2.1 Antibiotikaeinsatz

In dem gesamten Beobachtungszeitraum wurden acht verschiedene antibiotische Wirkstoffe eingesetzt (**Tabelle 7**). Die kumulierte Anzahl an Behandlungstagen bezogen auf die ausgewerteten Ställe betrug retrospektiv 126 Behandlungstage in Stall 1 und 122 Behandlungstage in Stall 2. Prospektiv wurden an 180 Behandlungstagen in Stall 1 und an 181 Behandlungstagen in Stall 2 Antibiotika eingesetzt. In letzterem fand der Einsatz der alternativen Prophylaxemittel statt.

**Tabelle 7:** Kumulative, betriebsübergreifende Anzahl an Behandlungstagen nach eingesetzten antibiotischen Wirkstoffen im Stallvergleich und im Vergleich retro- und prospektiver Mastdurchgänge (n = 180 Mastdurchgänge) A = Anzahl der Behandlungstage gesamt, B = Anzahl der Behandlungsepisoden gesamt.

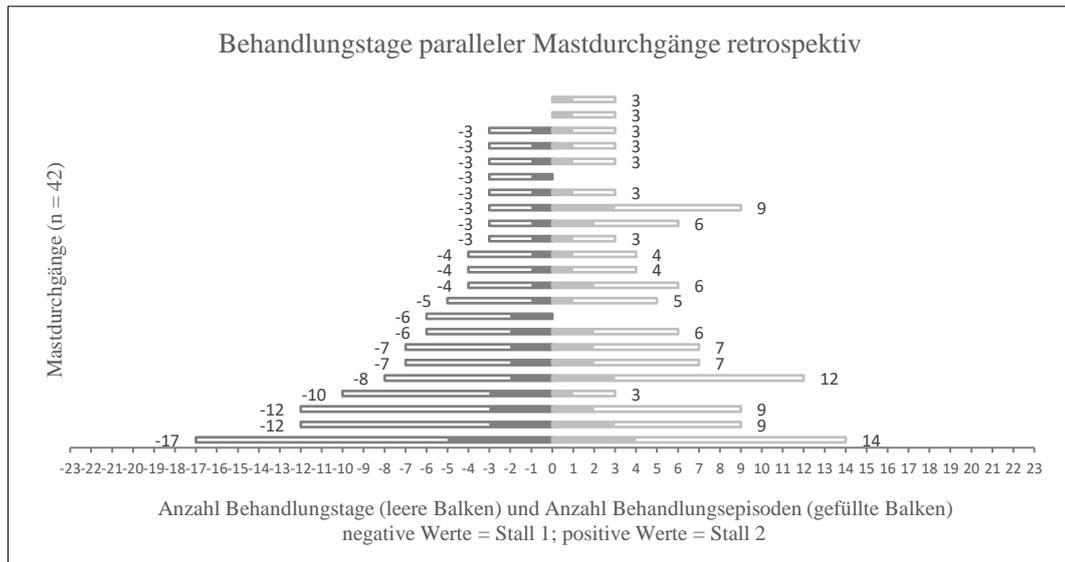
		Amoxicillin	Colistin	Doxycyclin	Enrofloxacin	Lincomycin/ Spectinomycin	Sulfaclozin	Trimethoprim/ Sulfamethoxazol	Tylosin	A	B
retro	Stall 1	33	27	0	11	32	3	17	3	126	36
	Stall 2	25	24	0	14	32	3	21	3	122	36
pro	Stall 1	64	6	5	32	60	0	13	0	180	46
	Stall 2	59	6	5	32	60	0	19	0	181	48

In den retrospektiv ausgewerteten Mastdurchgängen (n = 90) fand in 42 Mastdurchgängen an 248 Behandlungstagen ein Einsatz antibiotischer Tierarzneimittel statt. Die Anzahl der Behandlungstage innerhalb eines Mastdurchgangs betrug zwischen drei und 17 Behandlungstagen. Die Behandlungstage verteilten sich innerhalb eines Mastdurchgangs auf bis zu fünf Behandlungsepisoden, wobei in 23 Mastdurchgängen eine einzelne Behandlungsepisode stattfand. 32 der 72 Behandlungsepisoden wurden in den ersten fünf Masttagen begonnen. Während vier Mastdurchgängen fand eine antibiotische Therapie nur in einem der beiden parallel stattfindenden Mastdurchgänge eines Betriebes statt. Ansonsten fand, wenn eine mindestens einmalige Behandlung in einem Stall stattfand, auch eine mindestens einmalige Behandlung des anderen Stalls statt (**Abbildung 4**, S. 53). Bezogen auf die Anzahl der Behandlungstage von Stall 1 und Stall 2 betrug die Pearson-Korrelation in den retrospektiven Mastdurchgängen  $r = 0,4738$ .

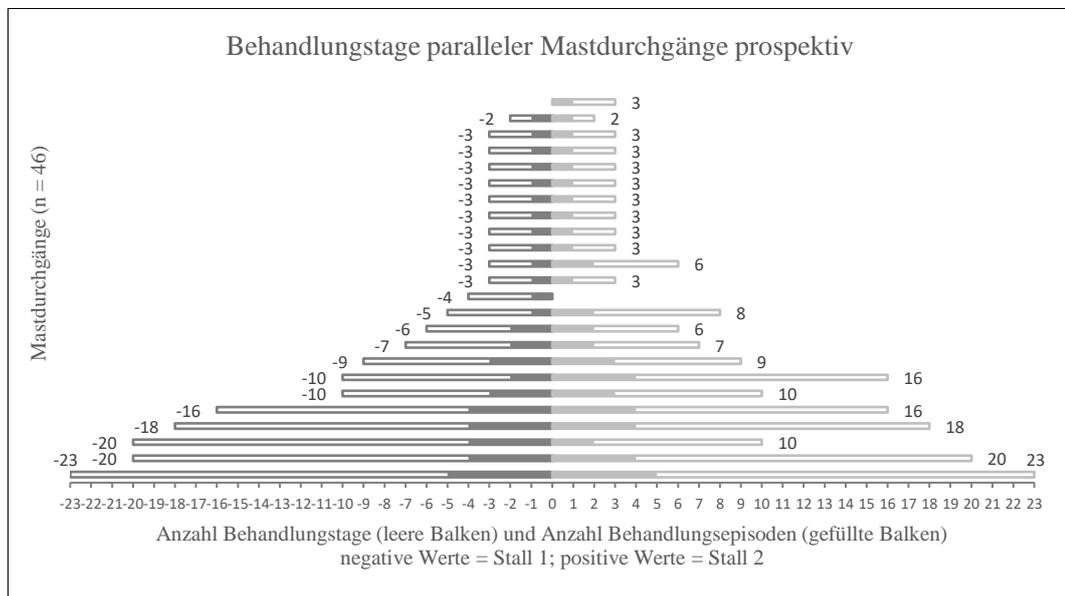
In den prospektiven Mastdurchgängen (n= 90; davon n = 45 mit alternativen Prophylaxemitteln in Stall 2) fand in insgesamt 46 Mastdurchgängen an 361 Behandlungstagen ein Einsatz antibiotischer Tierarzneimittel statt. Die Anzahl der Behandlungstage innerhalb eines Mastdurchgangs betrug zwischen zwei und 23 Behandlungstage, welche sich auf bis zu fünf Behandlungsepisoden aufteilten. In 24 Mastdurchgängen fand eine einzelne Behandlungsepisode statt. 70 der 94 Behandlungsepisoden wurden in den ersten fünf Masttagen begonnen. Die Anzahl der Behandlungstage betrug unter dem Einsatz alternativer Prophylaxemittel 181 Behandlungstage aufgeteilt auf 48 Behandlungsepisoden in 23 der 45 Mastdurchgänge. Im Vergleich hierzu fanden in den parallel stattfindenden 45 Mastdurchgängen der Vergleichsställe in ebenfalls 23 Mastdurchgängen an 180 Tagen Behandlungen mit antibiotischen Tierarzneimitteln statt, die sich auf 46 Behandlungsepisoden aufteilten. Während zwei Mastdurchgängen fand eine antibiotische Therapie ausschließlich in einem der beiden parallel stattfindenden Mastdurchgänge eines Betriebes, einmal nur im Stall mit alternativem Prophylaxemittel und einmal nur im Vergleichsstall, statt (**Abbildung 5**, S. 53). Ansonsten fand, wenn eine mindestens einmalige Behandlung in einem Stall stattfand, auch eine mindestens einmalige Behandlung des anderen Stalls statt. Die Pearson-Korrelation für die Anzahl der Behandlungstage je Stall nahm im Vergleich zu den retrospektiven Mastdurchgängen zu ( $r = 0,8327$ ).

Ein Betrieb setzte ausschließlich retrospektiv in beiden Ställen, an jeweils fünf Behandlungstagen, Antibiotika ein und konnte in den prospektiven Mastdurchgängen komplett auf Antibiotikaeinsatz verzichten. Ein Betrieb hatte in einem Stall in einem prospektivem Mastdurchgang mit alternativen Prophylaxemitteln Antibiotikaeinsatz an vier Behandlungstagen vorzuweisen, ansonsten im Beobachtungszeitraum weder retro- noch prospektiv. Ein Betrieb hatte mit 33 Behandlungstagen in den prospektiven Mastdurchgängen drei Behandlungstage mehr als in den retrospektiven Mastdurchgängen (davon 15 Behandlungstage im Vergleichsstall und 18 Behandlungstage im Stall mit alternativen Prophylaxemitteln). Ein Betrieb hatte während der retrospektiven Mastdurchgänge 98 Behandlungstage und während der prospektiven Mastdurchgängen 262 Behandlungstage zu verzeichnen (davon 133 Behandlungstage im Vergleichsstall und 129 Behandlungstage im Stall mit alternativen Prophylaxemitteln). Ein Betrieb konnte die Behandlungstage von retrospektiv 110 Behandlungstagen auf 62 Behandlungstage in den prospektiven Mastdurch-

**Abbildung 4:** Stallvergleichende Darstellung der Behandlungstage in den retrospektiven Mastdurchgängen. Balken auf derselben horizontalen Ebene visualisieren jeweils die Behandlungstage zweier parallel stattfindender Mastdurchgänge. Die negativen Werte visualisieren die Anzahl der Behandlungstage von Stall 1, die positiven Werte visualisieren die Anzahl der Behandlungstage von Stall 2. Die gefüllten Balken (ohne Zahlenwert) visualisieren die Anzahl der Behandlungsepisoden. Betriebsübergreifende Darstellung, in aufsteigender Sortierung der Behandlungstage von Stall 1. Korrelationskoeffizient nach Pearson  $r = 0,4738$ .



**Abbildung 5:** Stallvergleichende Darstellung der Behandlungstage in den prospektiven Mastdurchgängen. Balken auf derselben horizontalen Ebene visualisieren jeweils die Behandlungstage zweier parallel stattfindender Mastdurchgänge. Die negativen Werte visualisieren die Anzahl der Behandlungstage von Stall 1, die positiven Werte visualisieren die Anzahl der Behandlungstage von Stall 2. Die gefüllten Balken (ohne Zahlenwert) visualisieren die Anzahl der Behandlungsepisoden. Betriebsübergreifende Darstellung, in aufsteigender Sortierung der Behandlungstage von Stall 1. Korrelationskoeffizient nach Pearson  $r = 0,8327$ .



gängen verringern (davon 28 Behandlungstage im Vergleichsstall und 34 Behandlungstage im Stall mit alternativen Prophylaxemitteln).

## 2.2 Leistungsparameter

Für die 180 ausgewerteten Mastdurchgänge wurden je Mastdurchgangspaar jeweils sechs relative Kennzahlen für die Differenzen zwischen Stall 1 und Stall 2 auf Basis der Kennzahlen

1. „Stallmortalität in %“
2. „Gesamtverluste inkl. Verwurf in %“
3. „Verwurf Kilogramm in %“
4. „Futterverwertung“
5. „verwertbare Kilogramm pro eingestalltes Masthuhnküken“
6. „Durchschnittscore Fußballen Schlachthof“

berechnet. Mit Ausnahme für die Futterverwertung (relative Kennzahl 4) konnten so je relativer Kennzahl 90 Einzelwerte ermittelt werden. Aufgrund der unter Kapitel V.1.2 erläuterten Abweichungen im Versuchsaufbau konnten für die Futterverwertung (relative Kennzahl 4) 67 Einzelwerte berechnet werden.

### 2.2.1 Ergebnisse der Veränderungen der Leistungsparameter mit Prophylaxemittleinsatz betriebs- und durchgangsübergreifend

Für die betriebsübergreifende Gegenüberstellung aller retrospektiven und prospektiven Mastdurchgänge, die somit auch die Effekte aller eingesetzten alternativen Prophylaxemittel berücksichtigt, konnten mit Ausnahme für die Futterverwertung 90 Werte je relativer Kennzahl berücksichtigt werden. 45 Werte je relativer Kennzahl stammten aus den retrospektiven Mastdurchgängen und 45 Werte je relativer Kennzahl aus den prospektiven Mastdurchgängen. Für die Futterverwertung (relative Kennzahl 4) konnten 28 retrospektive und 39 prospektive Einzelwerte berechnet werden.

Ein positiver Werte in den relativen Kennzahlen 1 bis 4 oder 6 bedeutet ein überlegenes Ergebnis in Stall 2 gegenüber Stall 1 in der zu Grunde liegenden Kennzahl. Dahingegen bedeutet in der relativen Kennzahl 5 ein negativer Wert ein überlegenes Ergebnis in Stall 2 im Vergleich zu Stall 1 (s.a. Kapitel IV.3.1.3 Berechnung relativer Kennzahlen).

Ausgehend von den Ställen 2 (prospektiv Einsatz alternativer Prophylaxemittel) ergab sich für die gruppierte Auswertung aller prospektiven Mastdurchgänge im Vergleich zu den gesamten retrospektiven Mastdurchgängen in den relativen Kennzahlen für die Stallmortalität in % (relative Kennzahl 1), die prozentual verworfenen Kilogramm (relative Kennzahl 3), die Futtermittelverwertung (relative Kennzahl 4), sowie den Durchschnittscore der Fußballen am Schlachthof (relative Kennzahl 6) gegenüber den Ställen 1 im arithmetischen Mittel eine Verbesserung im Gegensatz zu den retrospektiven Mastdurchgängen. Wenngleich die Ställe 2 in den Kennzahlen der prozentual verworfenen Kilogramm (relative Kennzahl 3), in der Futtermittelverwertung (relative Kennzahl 4) sowie in den Durchschnittscores der Fußballen am Schlachthof (relative Kennzahl 6) im arithmetischen Mittel nach wie vor den Ställen 1 unterlegen waren. Die relativen Kennzahlen für die Gesamtverluste inkl. Verwurf in % (relative Kennzahl 2) und die verwertbaren Kilogramm pro eingestalltem Masthuhnküken (relative Kennzahl 5) verschlechterten sich in den Ställen mit alternativen Prophylaxemitteln (Stall 2) gegenüber den jeweiligen retrospektiven Durchschnittswerten. Während die Ställe 2 in den Gesamtverlusten inkl. Verwurf in % (relative Kennzahl 2) bereits retrospektiv den Ställen 1 unterlegen waren, waren die Ställe 2 in den verwertbaren Kilogramm pro eingestalltem Masthuhnküken (relative Kennzahl 5) in den retrospektiven Mastdurchgängen noch Stall 1 überlegen gewesen. Die statistische Überprüfung mittels Mann-Whitney U Test ergab, dass die Veränderungen in den relativen Kennzahlen zwischen den retro- und prospektiven Mastdurchgängen nicht signifikant sind. Die arithmetischen Mittel, Standardabweichungen und Signifikanzen für die Unterschiede zwischen den retro- und prospektiven Werten der relativen Kennzahlen sind in **Tabelle 8** (S. 56) aufgeführt.

### **2.2.2 Ergebnisse der Veränderungen der Leistungsparameter mit Prophylaxemittelleinsatz auf Betriebsebene**

Basierend auf den 36 ausgewerteten Mastdurchgängen je Betrieb konnten 18 Werte je relativer Kennzahl 1 bis 6 auf Betriebsebene berechnet werden. Für die Betriebe 1, 3 und 4 konnten in der relativen Kennzahl 5 (Futtermittelverwertung) nicht in jedem gepaarten Mastdurchgang Werte berechnet werden. Für die weiterführende Auswertung auf Betriebsebene wurden die retrospektiven bzw. die prospektiven Werte einer relativen Kennzahl gruppiert und die arithmetischen Mittel und die Standardabweichungen berechnet. Darüber hinaus wurden die arithmetischen Mittel und die Standardabweichungen für die Werte der relativen Kennzahlen von jeweils

**Tabelle 8:** Gruppierung der relativen Kennzahlen 1 bis 6 aller Mastdurchgänge betriebsübergreifend in retrospektiv und prospektiv. Arithmetische Mittel und Standardabweichungen. Die prospektiven Mastdurchgänge erhielten in Stall 2 alternative Prophylaxemittel. Wenn nicht anders angegeben n = 45 relative Kennzahlen. BZ = Betrachtungszeitraum, MW = Mittelwert, pro = prospektiv, retro = retrospektiv, SD = Standardabweichung, <sup>1</sup>Signifikanz berechnet mittels Mann-Whitney U Test für nicht-normalverteilte Daten.

rel. Kennzahl	BZ	MW	SD	p <sup>1</sup>
1	retro	- 14,11	104,36	0,323
	pro	+ 4,30	62,11	
2	retro	- 4,08	44,20	0,753
	pro	- 7,28	58,95	
3	retro	- 16,21	49,65	0,212
	pro	- 8,08	62,36	
4	retro	- 1,18 (n = 28)	7,06	0,879
	pro	- 0,56 (n = 39)	4,55	
5	retro	- 0,80	6,48	0,564
	pro	+ 0,43	4,66	
6	retro	- 17,40	67,75	0,323
	pro	- 5,04	68,31	

jenen drei Mastdurchgängen eines Betriebes mit demselben alternativen Prophylaxemittel berechnet. Zur Prüfung auf signifikante Veränderungen wurden alle Werte retrospektiver relativer Kennzahlen eines Betriebes, einerseits allen prospektiven Werten eines Betriebes und andererseits den drei Werten der Mastdurchgänge mit jeweils demselben alternativen Prophylaxemittel gegenübergestellt. Die Ergebnisse sind in **Tabelle 9** (S. 59 ff.) dargestellt. Auf jedem Betrieb wurden während den neun prospektiven Mastdurchgängen alternative Prophylaxemittel aus mindestens zwei unterschiedlichen Kategorien eingesetzt. Auf zwei Betrieben wurden alternative Prophylaxemittel aus zwei unterschiedlichen Kategorien eingesetzt, auf den drei anderen Betrieben fanden alternative Prophylaxemittel aus drei verschiedenen Kategorien Anwendung.

Auf Betrieb 1 wurden alternative Prophylaxemittel aus den drei Kategorien Aromastoffe, PPEM und Säuren eingesetzt. Für die Auswertung der Futterverwertung (Kennzahl 4) konnten retrospektiv 10 und prospektiv 16 Mastdurchgänge

Berücksichtigung finden, sodass fünf bzw. acht relative Kennzahlen für die Futterverwertung (relative Kennzahl 4) berechnet wurden. Sowohl der gruppierte Vergleich aller neun prospektiven Mastdurchgänge des Betriebes ( $n = 3$  alternative Prophylaxemittel), als auch die jeweils separate Auswertung auf Ebene der drei Mastdurchgänge mit demselben alternativen Prophylaxemittel, ergaben im Vergleich zu den retrospektiven Mastdurchgängen jeweils keine signifikanten Veränderungen.

Dieselbe Feststellung kann auch für die Betriebe 2 und 3 getroffen werden, bei denen ebenfalls keine signifikanten Veränderungen in den entsprechenden Gruppenkonstellationen auf Betriebsebene feststellbar waren. Auf Betrieb 2 wurden zwei alternative Prophylaxemittel aus der Kategorie PPEM und ein alternatives Prophylaxemittel aus der Kategorie Huminsäuren eingesetzt. Überproportionale, wenn auch nicht signifikante, Veränderungen zeigten sich über die neun prospektiven Mastdurchgänge in dem Durchschnittscore Fußballen Schlachthof (relative Kennzahl 6) und in der Futterverwertung (relative Kennzahl 4). Der Durchschnittscore Fußballen Schlachthof (relative Kennzahl 6) war retrospektiv in den Ställen 2 um durchschnittlich 12,87 % schlechter als in den Ställen 1. In der gruppierten Auswertung der neun prospektiven Mastdurchgänge war der Durchschnittscore Fußballen Schlachthof im arithmetischen Mittel in den Ställen 2 um 29,82 % besser als in den Ställen 1 ( $p = 0,161$ ). Die Futterverwertung (relative Kennzahl 4) lag retrospektiv in den Ställen 2 um durchschnittlich 0,82 % unter jener der Ställe 1. Prospektiv lag die Futterverwertung mit den alternativen Prophylaxemitteln durchschnittlich um 3,15 % oberhalb der Vergleichsställe ( $p = 0,094$ ). Auf Betrieb 3 wurden drei alternative Prophylaxemittel aus den beiden Kategorien Aromastoffe ( $n = 2$ ) und Säuren eingesetzt. Für die Berechnung der Stalldifferenzen in der Futterverwertung (relative Kennzahl 5) konnten retrospektiv nur für fünf Mastdurchgänge Werte ermittelt werden. Interessanterweise besteht auf diesem Betrieb ein deutliches Gefälle zwischen der Stallmortalität in % (relative Kennzahl 1) zwischen den beiden Ställen. Im arithmetischen Mittel der neun retrospektiven Mastdurchgänge lag die Stallmortalität in % (relative Kennzahl 1) in den Ställen 2 51,38 % über derjenigen in den Ställen 1. In den neun prospektiven Mastdurchgängen lag die Stallmortalität in % (relative Kennzahl 1) in den Ställen 2 noch um durchschnittliche 26,62 % über jener von Stall 1 ( $p = 0,222$ ). In den drei prospektiven Mastdurchgängen mit dem alternativen Prophylaxemittel aus der Kategorie Aromastoffe (pro

7-9) waren die Ställe 2 im arithmetischen Mittel in der Stallmortalität in % (relative Kennzahl 1) um 10,66 % besser als die Vergleichsställen ( $p = 0,282$ ).

Auf Betrieb 4 wurden alternative Prophylaxemittel aus den Kategorien PPEM, Aromastoffe, und Klinoptilolithe eingesetzt. Aufgrund fehlender getrennter Erfassungsmöglichkeit des Futtermittels konnte die Futtermittlverwertung (relative Kennzahl 4) hier nur zu vier prospektiven Zeitpunkten berechnet werden. In drei prospektiven Mastdurchgängen (pro 4-6) diente, im Gegensatz zu den verbleibenden Mastdurchgängen, ein anderer, baugleicher Stall desselben Betriebes als Vergleichsstall (s.a. Kap. V.1.2 Festgestellte Abweichungen im geplanten Versuchsaufbau). Für diese drei Mastdurchgänge mit einem über das Futter verabreichten alternativen Prophylaxemittel aus der Kategorie Aromastoffe ergab sich im Vergleich zu den retrospektiven Mastdurchgängen ein signifikanter Rückgang in den prozentual verworfenen Kilogramm in % (relative Kennzahl 3) ( $p = 0,009$ ). Während retrospektiv der eigentlich für den Einsatz der alternativen Prophylaxemittel verwendete Stall im Verwurf den Vergleichsstall (Stall 1) um durchschnittliche 37,68 % übersteigt, liegt der andere (Ersatz-)Stall in den drei prospektiven Mastdurchgängen mit dem alternativen Prophylaxemittel aus der Kategorie Aromastoffe in den prozentual verworfenen Kilogramm in % (relative Kennzahl 3) um durchschnittlich 47,07 % unter dem konstanten Vergleichsstall (Stall 1). Alle anderen relativen Kennzahlen unterscheiden sich nicht signifikant. Bei der gruppierten Auswertung aller prospektiven Mastdurchgänge des Betriebes konnten sich keine signifikanten Unterschiede in den relativen Kennzahlen im Vergleich zu den retrospektiven relativen Kennzahlen, auch nicht mehr für die prozentualen verworfenen Kilogramm in % (relative Kennzahl 3), zeigen.

Auf Betrieb 5 wurden alternative Prophylaxemittel der Kategorien PPEM, Huminsäuren und Klinoptilolithe eingesetzt. Bei der gruppierten Auswertung aller prospektiven Mastdurchgänge ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zu den retrospektiven Mastdurchgängen. Bei der gruppierten Auswertung auf Ebene der jeweils drei Mastdurchgänge mit demselben alternativen Prophylaxemittel ergaben sich signifikante Verbesserungen für den Stall mit Huminsäuren in der Stallmortalität in % (relative Kennzahl 1) und in den Gesamtverlusten inkl. Verwurf in % (relative Kennzahl 2). Die Stallmortalität in % (relative Kennzahl 1) lag in den retrospektiven Mastdurchgängen im arithmetischen Mittel in den Ställen 2 um 0,56 %

**Tabelle 9:** Gruppierung der relativen Kennzahlen 1 bis 6 auf Betriebsebene (Teil 1 von 3, Fortsetzung s. Folgeseiten)  
 Arithmetische Mittel und Standardabweichungen der relativen Kennzahlen 1 bis 6 nach Gruppierung der Mastdurchgänge in retrospektiv und prospektiv auf der Ebene Betrieb. Wenn nicht anders angegeben n = 3 bzw. 9 relative Kennzahlen. BZ = Betrachtungszeitraum, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, retro = retrospektiv, pro1-3 = prospektive Mastdurchgänge 1-3, pro4-6 = prospektive Mastdurchgänge 4-6, pro7-9 = prospektive Mastdurchgänge 7-9, ges. = gesamt, \* = Kategorie alternatives Prophylaxemittel, 1 = Aromastoffe, 2 = PPEM, 3 = Huminsäuren, 4 = Klinoptilolithe, 5 = Säuren, Signifikanz p berechnet mittels Mann-Whitney U Test für nicht-normalverteilte Daten, der Wert bezieht sich jeweils auf die darüber liegenden Wert in Relation zu den retrospektiven Mastdurchgängen desselben Betriebes.

	relative Kennzahl 1		relative Kennzahl 2		relative Kennzahl 3		relative Kennzahl 4		relative Kennzahl 5		relative Kennzahl 6		*
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	
<b>retro</b> (n = 9)	+ 0,70	63,98	- 3,82	49,82	- 19,86	48,05	- 0,98	4,10	+ 1,21	3,16	- 29,46	98,98	
<b>pro 1-3</b> (n = 3)	- 25,97	65,95	- 12,46	60,87	+ 17,31	41,02	+ 0,36	0,38	+ 0,99	3,10	+ 8,84	23,33	1
<b>p</b>	0,600		0,864		0,282		0,857		1,000		0,727		
<b>pro 4-6</b> (n = 3)	- 1,30	75,77	- 16,89	71,85	- 53,90	60,23	- 0,40	1,36	- 2,96	1,48	- 8,26	82,31	2
<b>p</b>	0,864		0,864		0,282		1,000		0,100		0,864		
<b>pro 7-9</b> (n = 3)	+ 11,47	16,39	+ 4,08	10,66	- 15,68	16,46	+ 1,62	1,09	- 0,45	1,55	+ 4,98	70,72	5
<b>p</b>	0,864		0,864		1,000		0,250		0,373		0,727		
<b>pro ges.</b> (n = 9)	- 5,27	53,49	- 8,42	48,34	- 17,42	48,45	+ 0,55	1,33	- 0,81	2,56	+ 1,85	56,04	1/2/5
<b>p</b>	1,000		0,730		1,000		0,524		0,222		0,605		

Fortsetzung **Tabelle 9** (Teil 2 von 3) Erläuterung s. S. 59

	relative Kennzahl 1		relative Kennzahl 2		relative Kennzahl 3		relative Kennzahl 4		relative Kennzahl 5		relative Kennzahl 6		*
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	
<b>retro</b> (n = 9)	+ 7,02	53,86	- 2,79	49,27	- 21,51	65,88	+ 0,82	5,56	- 2,91	13,13	- 12,87	71,79	
<b>pro 1-3</b> (n = 3)	+ 22,42	47,43	- 32,57	80,70	- 77,11	139,5	- 1,14	8,23	+ 5,46	4,62	+ 40,87	26,12	3
<b>p</b>	0,864		0,864		0,864		0,600		0,209		0,209		
<b>pro 4-6</b> (n = 3)	- 21,13	27,00	- 62,73	62,79	- 48,77	79,12	- 3,45	0,71	+ 3,17	4,20	- 11,26	60,91	2
<b>p</b>	0,209		0,145		1,000		0,282		0,482		1,000		
<b>pro 7-9</b> (n = 3)	- 11,99	52,24	- 13,14	47,25	- 16,13	48,36	- 4,88	3,42	- 1,07	2,69	+ 59,86	27,54	2
<b>p</b>	0,727		1,000		1,000		0,100		0,727		0,100		
<b>pro ges.</b> (n = 9)	- 3,57	42,69	- 36,14	60,34	- 47,34	87,84	- 3,15	4,76	+ 2,52	4,44	+ 29,82	48,01	3/2/2
<b>p</b>	0,489		0,436		0,931		0,094		0,436		0,161		
<b>retro</b> (n = 9)	- 51,38	113,99	- 28,08	55,85	+ 1,06	30,20	- 6,55	14,45	- 0,66	3,74	- 0,24	36,37	
<b>pro 1-3</b> (n = 3)	- 3,98	83,89	- 7,65	73,08	+ 18,53	66,61	+ 4,72	8,44	+ 1,69	3,89	+ 3,48	59,55	5
<b>p</b>	0,482		0,482		1,000		0,393		0,600		0,864		
<b>pro 4-6</b> (n = 3)	- 86,52	170,04	- 83,67	144,92	+ 4,20	7,28	- 4,26	8,66	+ 3,77	6,53	+ 3,36	5,82	1
<b>p</b>	0,600		1,000		0,727		1,000		0,373		0,864		
<b>pro 7-9</b> (n = 3)	+ 10,66	23,96	+ 12,57	24,67	+ 20,86	29,25	+ 3,28	2,02	- 6,14	10,02	- 111,20	205,33	1
<b>p</b>	0,282		0,282		0,282		0,143		0,482		0,727		
<b>pro ges.</b> (n = 9)	- 26,62	105,79	- 26,25	93,11	+ 14,53	37,38	+ 1,25	7,42	- 0,23	7,75	- 34,79	121,33	5/1/1
<b>p</b>	0,222		0,387		0,489		0,298		0,730		0,863		

Fortsetzung **Tabelle 9** (Teil 3 von 3) Erläuterung s. S. 59

	relative Kennzahl 1		relative Kennzahl 2		relative Kennzahl 3		relative Kennzahl 4		relative Kennzahl 5		relative Kennzahl 6		*
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	
<b>retro</b> (n = 9)	- 27,46	191,12	+ 9,94	29,62	- 37,68	23,39	-	-	- 1,10	3,10	+ 4,28	15,90	
<b>pro 1-3</b> (n = 3)	+ 46,42	11,95	+ 22,13	22,04	- 64,90	82,57	-	-	- 0,36	0,71	- 6,84	17,84	2
<b>p</b>	0,282		0,600		0,864		-		1,000		0,373		
<b>pro 4-6</b> (n = 3)	+ 46,45	13,78	+ 45,82	15,31	+ 47,07	22,20	- 2,87	2,05	+ 2,36	3,09	- 34,57	32,11	1
<b>p</b>	0,482		0,100		0,009		-		0,145		0,064		
<b>pro 7-9</b> (n = 3)	+ 48,30	40,21	+ 1,66	16,69	- 12,90	41,20	1,86 (n = 1)	-	+ 2,97	5,18	- 24,03	57,63	4
<b>p</b>	0,600		0,727		0,282		-		0,209		1,000		
<b>pro ges.</b> (n = 9)	+ 47,06	22,09	+ 23,20	24,82	- 10,25	67,87	- 1,68 (n = 4)	2,89	+ 1,65	3,40	- 21,81	36,26	2/1/4
<b>p</b>	0,222		0,387		0,113		-		0,190		0,161		
<b>retro</b> (n = 9)	+ 0,56	25,15	+ 4,36	29,80	- 3,04	66,01	- 0,32	1,04	- 0,55	3,88	- 48,72	81,04	
<b>pro 1-3</b> (n = 3)	+ 49,39	21,64	+ 49,17	15,63	+ 50,94	40,53	- 0,10	0,96	- 3,15	1,39	- 26,54	36,48	3
<b>p</b>	0,009		0,018		0,282		0,864		0,145		0,864		
<b>pro 4-6</b> (n = 3)	- 20,57	40,28	- 17,75	22,30	- 15,96	36,00	- 1,15	1,93	+ 0,78	4,82	+ 17,63	42,27	2
<b>p</b>	0,373		0,145		0,373		0,600		0,482		0,209		
<b>pro 7-9</b> (n = 3)	+ 0,90	10,24	+ 2,27	4,58	+ 25,20	41,38	+ 0,49	1,87	- 0,61	2,06	+ 8,05	31,10	4
<b>p</b>	0,727		0,282		0,482		0,600		1,000		0,209		
<b>pro ges.</b> (n = 9)	+ 9,90	38,89	+ 11,23	32,80	+ 20,06	44,91	- 0,25	1,60	- 0,99	3,22	- 0,28	37,76	3/2/4
<b>p</b>	0,666		0,863		0,666		0,931		0,730		0,161		

unterhalb jener der Ställe 1. In den prospektiven Mastdurchgängen konnten sich die drei Mastdurchgänge mit den Huminsäuren nochmals verbessern und lagen im arithmetischen Mittel um 49,39 % unterhalb der Stallmortalität in % der Vergleichsställe ( $p = 0,009$ ). In den Gesamtverlusten inkl. Verwurf in % (relative Kennzahl 2) lagen die Ställe 2 retrospektiv um durchschnittliche 4,36 % unterhalb von den Werten der Ställe 1. In den prospektiven Mastdurchgängen konnten sich die Ställe mit dem alternativen Prophylaxemittel aus der Kategorie Huminsäuren auf durchschnittlich 49,17 % geringere Gesamtverluste steigern ( $p = 0,018$ ).

### **2.2.3 Ergebnisse der Veränderungen der Leistungsparameter ausgewertet nach Prophylaxemittelkategorie**

Bei der gruppierten Auswertung nach den in Kapitel IV.1.2 aufgeführten Prophylaxemittelkategorien erfolgte der Vergleich aller relativen Kennzahlen der Mastdurchgänge mit alternativen Prophylaxemitteln aus derselben Kategorie mit den retrospektiven relativen Kennzahlen der entsprechenden Betriebe. Die retrospektiven Mastdurchgänge von Betrieben, in denen prospektiv kein alternatives Prophylaxemittel der jeweiligen Kategorie eingesetzt wurde sowie die prospektiven Mastdurchgänge mit alternativen Prophylaxemitteln anderer Kategorien blieben unberücksichtigt.

#### **2.2.3.1 Aromastoffe**

Es wurden vier Präparate aus der Kategorie Aromastoffe über jeweils drei Mastdurchgänge eingesetzt, sodass zwölf prospektive Mastdurchgänge ausgewertet werden konnten. Der Einsatz erfolgte auf drei unterschiedlichen Betrieben, sodass 27 retrospektive Mastdurchgänge je Stall zur Berechnung relativer Kennzahlen als Vergleichsgrößen zur Verfügung standen. Der Einsatz erfolgte für zwei der Präparate konstant über die gesamte Mastdauer hinweg als Sondermischung über das Futter. Für zwei Präparate erfolgte der Einsatz temporär über das Tränkwasser. Davon wurde ein Präparat an den Masttagen 1 bis 5 und 18 bis 20 eingesetzt, das andere Präparat fand für fünf Anwendungstage ab dem 42. Masttag Anwendung. Analog zu der Auswertung auf Betriebsebene (s.a. Kap. V.2.2.2 Ergebnisse der Veränderungen der Leistungsparameter mit Prophylaxemittleinsatz auf Betriebsebene) stand für die Auswertung der Futtermittelverwertung (relative Kennzahl 4), mit 10 retrospektiven bzw. 11 prospektiven relativen Kennzahlen nur eine reduzierte Datengrundlage zur Verfügung. Im arithmetischen Mittel konnten sich die relativen

Kennzahlen der Stallmortalität in % (relative Kennzahl 1) und des Verwurfs Kilogramm in % (relative Kennzahl 3) gegenüber den retrospektiven Mastdurchgängen verbessern. Die verbleibenden vier Kennzahlen verschlechterten sich im arithmetischen Mittel in den Ställen mit alternativem Prophylaxemittel im Vergleich zu den retrospektiven Mastdurchgängen (**Tabelle 10**, S. 63). Die einzige signifikante Ver-

**Tabelle 10:** Gruppierung der relativen Kennzahlen 1 bis 6 nach der Kategorie Aromastoffe inklusive Betrieb 4. Darstellung der arithmetischen Mittel und der Standardabweichungen für retrospektive und prospektive Mastdurchgänge. Die prospektiven Mastdurchgänge erhielten in Stall 2 alternative Prophylaxemittel der Kategorie Aromastoffe. Wenn nicht anders angegeben retrospektiv  $n = 27$  und prospektiv  $n = 12$  relative Kennzahlen. BZ = Betrachtungszeitraum, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, retro = retrospektiv, pro = prospektiv, <sup>1</sup>Signifikanz berechnet mittels Mann-Whitney U Test für nicht-normalverteilte Daten.

rel. Kennzahl	BZ	MW	SD	p <sup>1</sup>
1	retro	- 26,44	130,26	0,692
	pro	- 13,85	93,93	
2	retro	- 7,32	47,44	0,353
	pro	- 9,44	84,35	
3	retro	- 18,83	37,68	0,002
	pro	+ 22,36	28,72	
4	retro	- 3,76 (n = 10)	10,43	0,622
	pro	- 0,98 (n = 11)	5,17	
5	retro	- 0,18	3,37	0,446
	pro	+ 0,24	6,73	
6	retro	- 8,48	61,09	0,393
	pro	- 33,39	102,30	

änderung trat bei den prozentual verworfenen Kilogramm (relative Kennzahl 3) auf. Die Durchschnittswerte dieser relativen Kennzahl lagen in den retrospektiven Mastdurchgängen in den Ställen 2 im arithmetischen Mittel um 18,83 % über jenen der Ställe 1. In den prospektiven Mastdurchgängen lagen die prozentual verworfenen Kilogramm (relative Kennzahl 3) in den Ställen 2 im arithmetischen Mittel um 22,36 % niedriger als in Stall 1 ( $p = 0,002$ ). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass für einen Betrieb für den Einsatz des Aromastoffpräparates

auf einen anderen, jedoch ebenfalls baugleichen Stall desselben Betriebes ausgewichen werden musste, für den keine retrospektiven Vergleichswerte vorlagen. Die Ergebnisse der Auswertung ohne diesen Betrieb, die nur noch die neun prospektiven Mastdurchgänge der andere drei eingesetzten Aromastoffe und die zugehörigen retrospektiven Mastdurchgänge (n = 18) der verbleibenden Betriebe berücksichtigt,

**Tabelle 11:** Gruppierung der relativen Kennzahlen 1 bis 6 nach der Kategorie Aromastoffe exklusive Betrieb 4. Darstellung der arithmetischen Mittel und der Standardabweichungen für retrospektive und prospektive Mastdurchgänge. Die prospektiven Mastdurchgänge erhielten in Stall 2 alternative Prophylaxemittel der Kategorie Aromastoffe. Wenn nicht anders angegeben retrospektiv n = 18 und prospektiv n = 9 relative Kennzahlen. BZ = Betrachtungszeitraum, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, retro = retrospektiv, pro = prospektiv, <sup>1</sup>Signifikanz berechnet mittels Mann-Whitney U Test für nicht-normalverteilte Daten.

rel. Kennzahl	BZ	MW	SD	p <sup>1</sup>
1	retro	- 25,34	93,59	0,980
	pro	- 33,95	101,32	
2	retro	- 15,95	52,84	0,781
	pro	- 27,85	90,55	
3	retro	- 9,40	40,39	0,131
	pro	+ 14,12	26,56	
4	retro	- 3,76 (n = 10)	10,43	0,315
	pro	- 0,28 (n = 8)	5,91	
5	retro	+ 0,28	3,49	0,980
	pro	- 0,46	7,60	
6	retro	- 14,85	73,88	0,900
	pro	- 33,00	118,87	

sind in **Tabelle 11** (S. 64) dargestellt. Auch ohne den Betrieb 4 lagen die prozentual verworfenen Kilogramm (relative Kennzahl 3) in den prospektiven Mastdurchgängen in den Ställen mit den alternativen Prophylaxemitteln der Kategorie Aromastoffen um durchschnittlich 14,12 % niedriger als in den Vergleichsställen. Für die retrospektiven Mastdurchgängen lag diese relative Kennzahl in den Ställen 2 im arithmetischen Mittel noch um 9,40 % höher als in den Ställen 1 (Vergleichsställe). Im Gegensatz zur Auswertung mit Betrieb 4, für den nur retrospektive Vergleichs-

werte aus einem baugleichen Stall vorlagen, ist dieser überproportionale Rückgang in den Verwürfen nicht mehr signifikant ( $p = 0,131$ ). Werden die relativen Kennzahlen der prozentual verworfenen Kilogramm (relative Kennzahl 3) in einem generalisierten, multifaktoriellen Modell ausgewertet, das auch die Betriebszugehörigkeit, jedoch alle Betriebe der Kategorie Aromastoffe mit den o.g. Limitationen für Betrieb berücksichtigt, ergibt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den retrospektiven und prospektiven prozentual verworfenen Kilogramm ( $p = 0,007$ ).

### 2.2.3.2 PPEM

Fünf Präparate der Kategorie PPEM (Probiotika, Prä-/Probiotika-Kombinationen, Effektive Mikroorganismen) wurden in 15 prospektiven Mastdurchgängen eingesetzt. Der Einsatz erfolgte auf vier Betrieben, sodass 36 retrospektive Mastdurchgänge je Stall in dieser gruppierten Auswertung Berücksichtigung fanden. Der Einsatz der Präparate erfolgte für vier Präparate temporär an höchstens sieben aufeinanderfolgenden Masttagen und für ein fermentiertes Multistamm-Probiotikum kontinuierlich während der gesamten Mastdauer (s.a. **Tabelle 23**, Anhang S. 140). Für die vergleichende Auswertung der Futtermittelnutzung (relative Kennzahl 4) standen 23 bzw. 12 Werte zur Verfügung. Wie aus **Tabelle 12** zu entnehmen konnte der Einsatz von Probiotika in keiner relativen Kennzahl zu einer signifikanten Verbesserung führen. Die Futtermittelnutzung (relative Kennzahl 4) lag in den retrospektiven Mastdurchgängen im arithmetischen Mittel in den Ställen 2 um 0,02 % über den Vergleichswerten aus den Ställen 1. In den prospektiven Mastdurchgängen lagen die Werte für die Futtermittelnutzung (relative Kennzahl 4) in den Ställen 2 im arithmetischen Mittel um 2,47 % über den Futtermittelnutzungen der Ställe 1, was einer signifikanten Verschlechterung entspricht ( $p = 0,037$ ).

### 2.2.3.3 Huminsäuren

Zwei Präparate der Kategorie Huminsäuren wurden auf zwei unterschiedlichen Betrieben über insgesamt sechs Mastdurchgänge eingesetzt. Dieser Kategorie stehen somit 18 retrospektive Mastdurchgänge je Stall vergleichend gegenüber. Beide Huminsäurepräparate wurden über das Futter während der gesamten Mastdauer verabreicht. Auf einem Betrieb erfolgte die Zumischung der Huminsäuren mittels vorinstallierten Feststoffdosierern direkt auf dem Betrieb (500 Gramm je Tonne Futter). Auf dem anderen Betrieb erfolgt die Bereitstellung als Sondermischung über die Futtermühle (750 Gramm je Tonne Futter). Überproportionale, wenngleich

**Tabelle 12:** Gruppierung der relativen Kennzahlen 1 bis 6 nach der Kategorie PPEM. Darstellung der arithmetischen Mittel und der Standardabweichungen für retrospektive und prospektive Mastdurchgänge. Die prospektiven Mastdurchgänge erhielten in Stall 2 alternative Prophylaxemittel der Kategorie PPEM. Wenn nicht anders angegeben retrospektiv n = 36 und prospektiv n = 15 relative Kennzahlen. BZ = Betrachtungszeitraum, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, retro = retrospektiv, pro = prospektiv, <sup>1</sup>Signifikanz berechnet mittels Mann-Whitney U Test für nicht-normalverteilte Daten.

rel. Kennzahl	BZ	MW	SD	p <sup>1</sup>
1	retro	- 4,79	101,37	0,634
	pro	- 1,72	47,36	
2	retro	+ 1,92	39,47	0,247
	pro	- 17,68	50,39	
3	retro	- 20,52	52,87	0,432
	pro	- 39,93	57,81	
4	retro	- 0,02 (n = 23)	3,90	0,037
	pro	- 2,47 (n = 12)	2,59	
5	retro	- 0,84	7,04	0,756
	pro	- 0,09	3,42	
6	retro	- 21,69	73,30	0,325
	pro	+ 10,23	51,78	

nicht signifikante Unterschiede konnten im Bereich der Stallmortalität in % (relative Kennzahl 1) festgestellt werden ( $p = 0,110$ ). In den sechs prospektiven Mastdurchgängen waren diese Verluste in den Ställen mit Huminsäuren um durchschnittlich 35,9 % geringer als in den Vergleichsställen. In den 18 retrospektiven Mastdurchgängen war die Stallmortalität in % (relative Kennzahl 1) in den Ställen 2 zwar ebenfalls im arithmetischen Mittel geringer, jedoch nur um durchschnittliche 3,79 % (**Tabelle 13**). Die weiteführende statistische Auswertung in einem generalisierten, multifaktoriellen Modell, das zudem die Betriebszugehörigkeit der Mastdurchgänge mit eingesetzten Huminsäuren berücksichtigt, kommt darüber hinaus zu dem Ergebnis, dass diese Veränderungen der Stallmortalität in % (relative Kennzahl 1) signifikant waren ( $p = 0,002$ ).

**Tabelle 13:** Gruppierung der relativen Kennzahlen 1 bis 6 nach der Kategorie Huminsäuren. Darstellung der arithmetischen Mittel und der Standardabweichungen für retrospektive und prospektive Mastdurchgänge. Die prospektiven Mastdurchgänge erhielten in Stall 2 alternative Prophylaxemittel der Kategorie Huminsäuren. Wenn nicht anders angegeben retrospektiv n = 18 und prospektiv n = 6 relative Kennzahlen. BZ = Betrachtungszeitraum, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, retro = retrospektiv, pro = prospektiv, <sup>1</sup>Signifikanz berechnet mittels Mann-Whitney U Test für nicht-normalverteilte Daten.

rel. Kennzahl	BZ	MW	SD	p <sup>1</sup>
1	retro	+ 3,79	40,92	0,110
	pro	+ 35,90	36,13	
2	retro	+ 0,79	39,67	0,230
	pro	+ 8,32	68,60	
3	retro	- 12,28	64,68	0,641
	pro	- 13,09	115,60	
4	retro	+ 0,25	3,92	0,640
	pro	- 0,62	5,27	
5	retro	- 1,73	9,47	0,790
	pro	+ 1,15	5,61	
6	retro	- 30,80	76,53	0,316
	pro	+ 7,16	46,56	

#### 2.2.3.4 Klinoptilolithe

Auf zwei Betrieben wurden über insgesamt sechs prospektive Mastdurchgänge Klinoptilolithe eingesetzt. Hierbei handelte es sich bei einem Betrieb um ein pulverförmiges Präparat, das vor der Einstallung in einer Konzentration von 20 % auf der Einstreu ausgebracht und während der Mastdurchgänge zusätzlich auf feuchte Stellen nachgestreut wurde. Für jeden Mastdurchgang wurden jedoch insgesamt maximal 330 kg des Präparates auf 1.500 Kilogramm Dinkelspelzeinstreu ausgebracht. Auf dem anderen Betrieb wurde ein Präparat in Form einer Sondermischung in einer Konzentration von 0,5 % bezogen auf das Grundfutter kontinuierlich über alle Fütterungsphasen beigemischt und zusätzlich ein verwandtes, ebenfalls aus Klinoptilolith bestehendes Präparat, in einer Konzentration von 15 % zu der Einstreu auf Basis von Strohpellets vor der Einstallung der Küken eingebracht. Die dabei beobachtete Staubentwicklung ist vom Hersteller beschrieben und hatte letztlich keine unmittelbar negativen Auswirkungen. Die Futtermittelverwertung (relative

Kennzahl 4) konnte retrospektiv nur auf einem der beiden Betriebe erfasst werden, weshalb auch in den prospektiven relativen Kennzahlen der Futtermittelverwertung (relative Kennzahl 4) lediglich die Vergleichsdaten dieses einen Betriebes herangezogen wurden. Auch wenn sich die relativen Kennzahlen für die Stallmortalität in % (relative Kennzahl 1), für die prozentual verworfenen Kilogramm (relative Kennzahl 3), für die Futtermittelverwertung (relative Kennzahl 4) und für die durchschnittlich an den Schlachthöfen erzielten Fußballenscores (relative Kennzahl 6) jeweils im arithmetischen Mittel gegenüber den retrospektiven Mastdurchgängen verbesserten, war keine dieser Veränderungen signifikant (**Tabelle 14**).

**Tabelle 14:** Gruppierung der relativen Kennzahlen 1 bis 6 nach der Kategorie Klinoptilolithe. Darstellung der arithmetischen Mittel und der Standardabweichungen für retrospektive und prospektive Mastdurchgänge. Die prospektiven Mastdurchgänge erhielten in Stall 2 alternative Prophylaxemittel der Kategorie Klinoptilolithe. Wenn nicht anders angegeben retrospektiv n = 18 und prospektiv n = 6 relative Kennzahlen. BZ = Betrachtungszeitraum, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, retro = retrospektiv, pro = prospektiv, <sup>1</sup>Signifikanz berechnet mittels Mann-Whitney U Test für nicht-normalverteilte Daten.

rel. Kennzahl	BZ	MW	SD	p <sup>1</sup>
1	retro	- 13,45	133,02	0,790
	pro	+ 24,60	36,91	
2	retro	+ 7,15	28,97	0,351
	pro	+ 1,97	10,95	
3	retro	- 20,36	51,24	0,230
	pro	+ 6,15	42,42	
4	retro	- 0,32 (n = 9)	1,04	0,600
	pro	+ 0,49 (n = 3)	1,67	
5	retro	- 0,82	3,42	0,424
	pro	+1,18	4,03	
6	retro	- 22,22	62,88	0,685
	pro	- 7,99	44,99	

### 2.2.3.5 Säuren

Alternative Prophylaxemittel aus der Kategorie Säuren wurden in sechs Mastdurchgängen auf zwei Betrieben eingesetzt. Diesen prospektiven Mastdurchgängen

stehen 18 retrospektive Mastdurchgänge je Stall vergleichend zur Verfügung. Die Applikation der Präparate dieser Kategorie erfolgte über das Tränkwasser. Die Verabreichung fand jeweils kontinuierlich während der gesamten Mastdauer und in der jeweiligen vom Hersteller empfohlenen Konzentration statt. Lediglich bei der Verabreichung von Medikamenten und Impfstoffen oder in speziellen Reinigungsphasen des Tränkeleitungssystems wurde die Verabreichung unterbrochen. Für die Futtermittelverwertung (relative Kennzahl 4) standen retrospektiv Werte für 10 relative

**Tabelle 15:** Gruppierung der relativen Kennzahlen 1 bis 6 nach der Kategorie Säuren. Darstellung der arithmetischen Mittel und der Standardabweichungen für retrospektive und prospektive Mastdurchgänge. Die prospektiven Mastdurchgänge erhielten in Stall 2 alternative Prophylaxemittel der Kategorie Säure. Wenn nicht anders angegeben retrospektiv n = 18 und prospektiv n = 6 relative Kennzahlen. BZ = Betrachtungszeitraum, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, retro = retrospektiv, pro = prospektiv, <sup>1</sup>Signifikanz berechnet mittels Mann-Whitney U Test für nicht-normalverteilte Daten.

rel. Kennzahl	BZ	MW	SD	p <sup>1</sup>
1	retro	- 25,34	93,59	0,386
	pro	+ 3,75	54,72	
2	retro	- 15,95	52,84	0,463
	pro	- 1,79	47,15	
3	retro	- 9,40	40,39	0,841
	pro	+ 1,42	47,27	
4	retro	- 3,76 (n = 10)	10,43	0,129
	pro	+ 3,17 (n = 6)	5,64	
5	retro	+ 0,28	3,49	0,894
	pro	+ 0,62	2,90	
6	retro	- 14,85	73,88	0,217
	pro	+ 4,23	58,48	

Kennzahlen zur Verfügung. Retrospektiv ergaben diese relativen Kennzahlen, dass die Futtermittelverwertung (relative Kennzahl 4) in den Ställen 2 im arithmetischen Mittel um 3,76 % schlechter als in den Ställen 1 war. In den prospektiven Mastdurchgängen war die Futtermittelverwertung (relative Kennzahl 4) in den Ställen 2 mit den dann verabreichten alternativen Prophylaxemitteln der Kategorie Säuren im

arithmetischen Mittel um 3,17 % besser ( $p = 0,129$ ). Wird die Betriebszugehörigkeit der jeweiligen retro- und prospektiven relativen Kennzahlen in einem generalisierten, multifaktoriellen Modell berücksichtigt, ist die Verbesserung in der Futtermittelverwertung (relative Kennzahl 4) signifikant ( $p = 0,023$ ). Die anderen relativen Kennzahlen wiesen keine signifikanten Veränderungen auf (**Tabelle 15**).

### 3 Ergebnisse der Erfassung tierbasierter Tierwohlindikatoren (Tierbonitur)

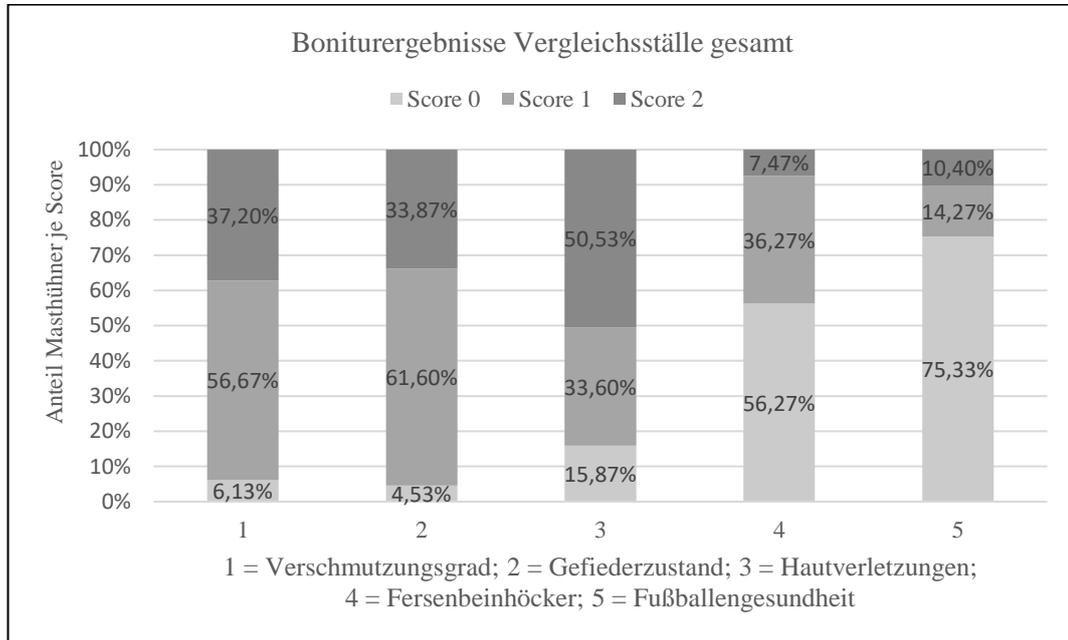
#### 3.1 Häufigkeitsverteilung der Bonitierungergebnisse gesamt

Jedes alternative Prophylaxemittel wurde über drei Mastdurchgänge eingesetzt. Jeweils in der letzten Mastwoche fand ein Betriebsbesuch zur Erfassung tierbasierter Tierwohlparameter (= Tierbonitur) statt. Auf jedem Betrieb fand somit im Beobachtungszeitraum an drei Zeitpunkten, jeweils einmal je eingesetztem alternativem Prophylaxemittel, eine Tierbonitur statt. Bei jedem Betriebsbesuch wurden jeweils 50 Tiere an zwei Stellen in Stall 1 und 2 bonitiert. In der Gesamtheit konnten auf den fünf Projektbetrieben insgesamt 1.500 Masthühner beurteilt werden. Die in den untersuchten Beurteilungskriterien festgestellten Scores sind betriebsübergreifend gehäuft für die Ställe mit alternativen Prophylaxemitteln (Stall 2) sowie für die Vergleichsställe (Stall 1) in **Tabelle 16** dargestellt. Das arithmetische Mittel der einzelnen Beurteilungskriterien wurde durch Multiplikation der relativen Häufigkeiten

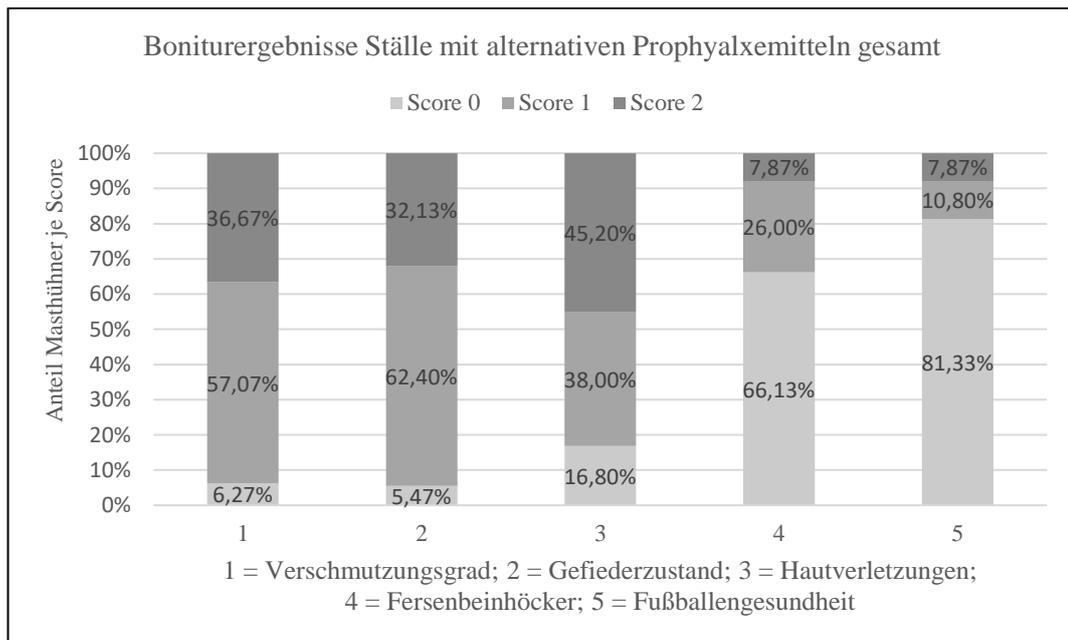
**Tabelle 16:** Absolute Häufigkeiten je Score und Beurteilungskriterium aller untersuchten Masthühner ( $n = 1.500$ ). Darstellung stallvergleichend Vergleichsstall (Stall 1) und dem Stall mit alternativem Prophylaxemittel (Stall 2), MW = arithmetisches Mittel der erzielten Scores

Stall	Verschmutzungsgrad		Gefiederzustand		Hautverletzungen		Fersenbeinhöcker		Fußballengesundheit	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Score 0	46	47	34	41	119	126	422	496	565	610
Score 1	425	428	462	468	252	285	272	195	107	81
Score 2	279	275	254	241	379	339	56	59	78	59
MW	1,31	1,30	1,29	1,27	1,35	1,28	0,51	0,42	0,35	0,27

**Abbildung 6:** Grafische Darstellung der Verteilung der Boniturergebnisse der Vergleichsställe gesamt. Vergleichende Darstellung der prozentualen Verteilung der pro Beurteilungskriterium erzielten Einzelscores bei den Masthühnern (n = 750), die in den Vergleichsställen ohne alternative Prophylaxemittel gehalten wurden.



**Abbildung 7:** Grafische Darstellung der Verteilung der Boniturergebnisse der Ställe mit alternativen Prophylaxemitteln gesamt. Vergleichende Darstellung der prozentualen Verteilung der pro Beurteilungskriterium erzielten Einzelscores bei den Masthühnern (n = 750), die in den Vergleichsställen mit alternativen Prophylaxemitteln gehalten wurden.



mit den entsprechenden Scores berechnet (s.a. Kapitel IV.3.2 Auswertung der tierbasierten Tierwohlintikatoren (Boniturergebnisse)). Die prozentualen Verteilungen der Boniturergebnisse sind in **Abbildung 6** und **Abbildung 7** (S. 71) grafisch dargestellt. Beispielfotos der pathologischen Abweichungen (Score 1 und 2) sind in **Abbildung 8** dargestellt.

### 3.2 Boniturergebnisse auf Einzeldurchgangsebene und auf Betriebsebene

Die arithmetischen Mittel der je Beurteilungskriterium erzielten Scores sind für jeden untersuchten Stall, nach den fünf Betrieben und 15 Mastdurchgängen sortiert, in **Tabelle 17** aufgeführt und beziehen sich jeweils auf 50 bonitierte Tiere pro Stall ( $n = 50$  Masthühner). Für jeden Betrieb sind ergänzend die Durchschnittswerte

**Abbildung 8:** Beispielfotografien für Score 1 und 2 der erfassten tierbasierten Tierwohlintikatoren (Teil 1 von 2) Kachel a = Score 1, Kachel b = Score 2; 1 = Verschmutzungsgrad, 2 = Gefiederzustand, 3 = Hautverletzungen, 4 = Fersenbeinhöcker, 5 = Fußballengesundheit.

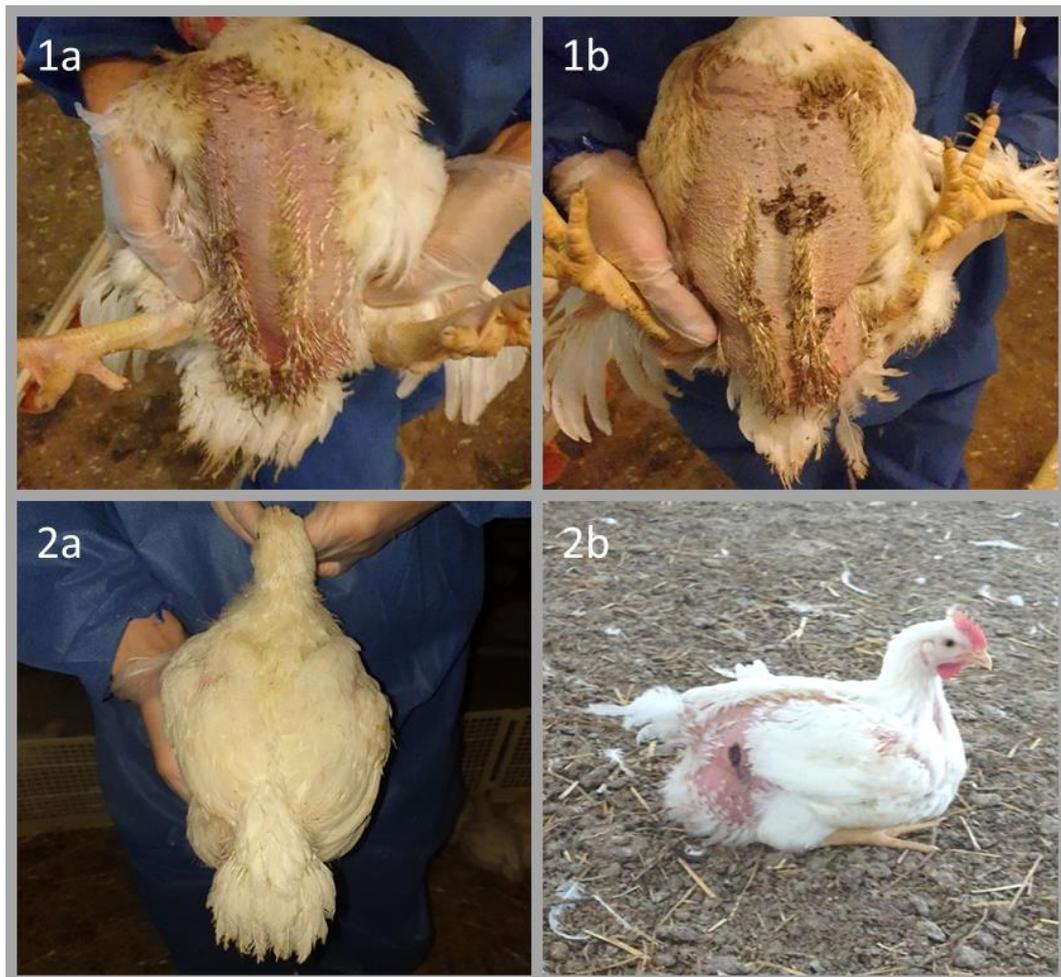
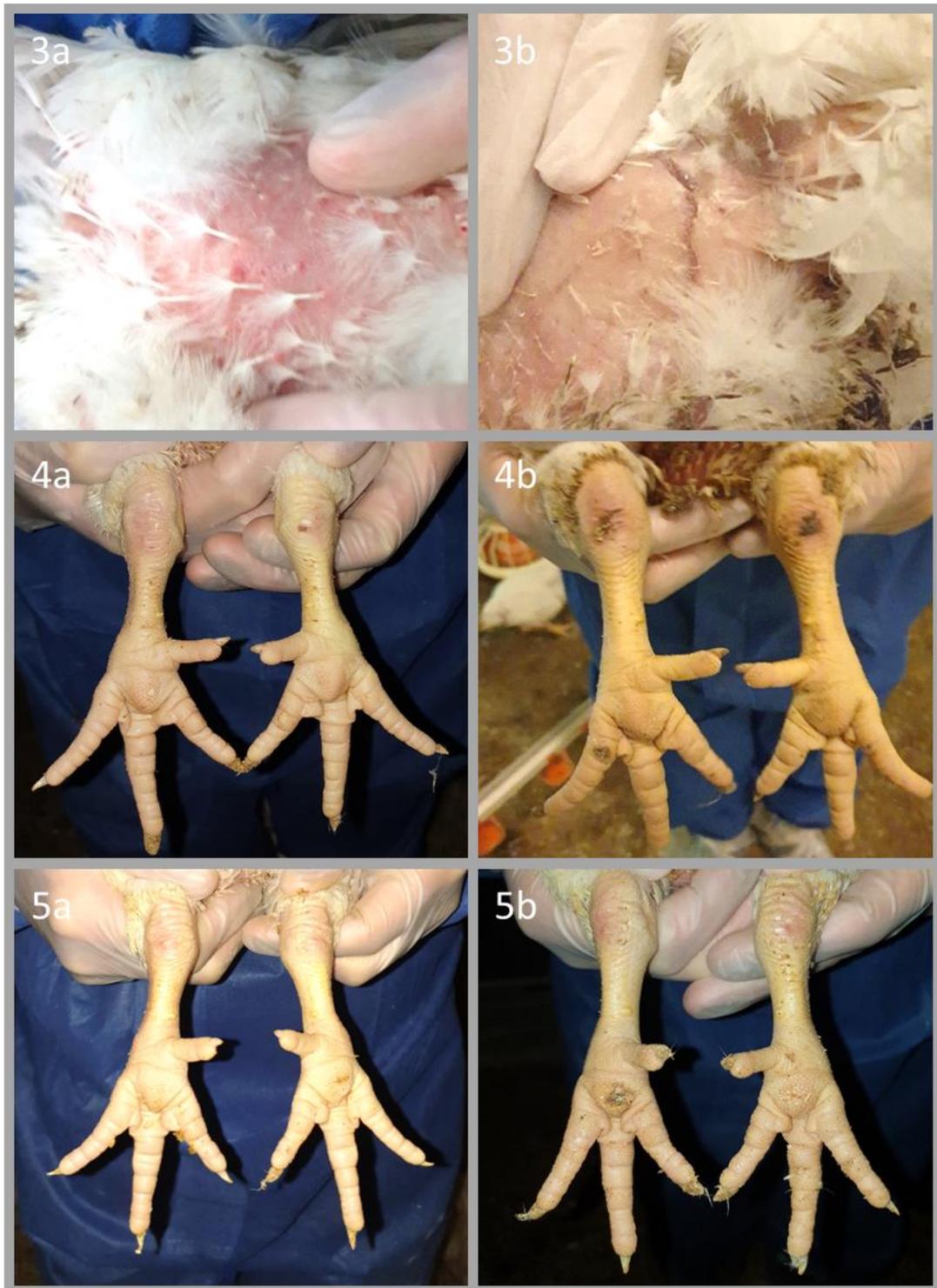


Abbildung 8: (Teil 2 von 2)



über alle drei Tierbonituren je Stall und Beurteilungskriterium enthalten ( $n = 150$  Masthühner). Bei den fünf untersuchten Beurteilungskriterien Verschmutzungsgrad, Gefiederzustand, Hautverletzungen, Fersenbeinhöcker und Fußballengesundheit waren auf Einzeldurchgangsebene an neun Boniturzeitpunkten insgesamt zwölfmal signifikante Unterschiede eines Beurteilungskriteriums zwischen Stall 1 und Stall 2 zu verzeichnen. Diese signifikanten Unterschiede verteilten sich auf vier der fünf Betriebe: In einem Mastdurchgang auf Betrieb 1 waren der Verschmutzungsgrad ( $p = 0,002$ ), der Gefiederzustand ( $p = 0,009$ ) und die Untersuchungen auf Hautverletzungen ( $p = 0,013$ ) in dem Stall mit alternativem Prophylaxemittel aus der Kategorie Aromastoffe signifikant besser als im Vergleichsstall. In einem Mastdurchgang auf Betrieb 5 gab es gleichzeitig signifikante Unterschiede in den Fersenbeinhöckern ( $p = 0,004$ ) und in der Fußballengesundheit ( $p = 0,001$ ). Letztere waren im Vergleichsstall besser, während die Fersenbeinhöcker im Stall mit alternativem Prophylaxemittel aus der Kategorie Huminsäuren besser waren. Signifikante Verbesserungen in einem einzelnen Beurteilungskriterium gab es in einem weiteren Mastdurchgang mit Huminsäuren in den Fersenbeinhöckern ( $p < 0,001$ ) auf Betrieb 2 und in einem Mastdurchgang mit Klinoptilolithen auf Betrieb 4, ebenfalls in der Position Fersenbeinhöcker ( $p = 0,031$ ). In einem Mastdurchgang mit Klinoptilolithen auf Betrieb 5 konnten signifikant weniger bzw. leichtgradigere Hautverletzungen als in dem Vergleichsstall festgestellt werden ( $p = 0,047$ ). In Mastdurchgängen mit Produkten aus der Kategorie PPEM konnten in einem Mastdurchgang auf Betrieb 2 signifikante Verbesserungen in dem Beurteilungskriterium Fersenbeinhöcker ( $p = 0,005$ ) und in zwei weiteren Mastdurchgängen jeweils signifikante Verbesserungen in dem Beurteilungskriterium Fußballengesundheit (jeweils  $p < 0,001$ ) festgestellt werden (Betriebe 2 und 5).

Zusammengefasst waren auf Ebene der einzelnen Mastdurchgänge zweimal im Verschmutzungsgrad, einmal im Gefiederzustand, zweimal bei den Hautverletzungen, viermal bei den Fersenbeinhöckern und dreimal bei der Fußballengesundheit signifikante Unterschiede in den Beurteilungskriterien vorhanden. Zweimal in Mastdurchgängen mit alternativen Prophylaxemitteln aus der Kategorie Aromastoffe, dreimal in Mastdurchgängen mit alternativen Prophylaxemitteln der Kategorie PPEM, zweimal in Mastdurchgängen mit alternativen Prophylaxemitteln aus der Kategorie Huminsäuren, zweimal in Mastdurchgängen mit alternativen Prophylaxemitteln aus der Kategorie Klinoptilolithe.

Die Auswertung auf Betriebsebene, d.h. die Boniturergebnisse der drei Ställe mit alternativen Prophylaxemitteln eines Betriebes verglichen mit den Ergebnissen der drei parallel bonitierten Mastdurchgänge der Vergleichsställe eines Betriebes, so dass jeweils Boniturergebnisse von zweimal 150 Masthühnern verglichen wurden, ergab in vier Beurteilungskriterien signifikante Unterschiede, auf drei verschiedenen Betrieben. So unterschieden sich mastdurchgangsübergreifend auf den Betrieben 2, 3 und 5 die Ergebnisse der Fersenbeinhöcker ( $p = 0,011$ ,  $p = 0,028$ , und  $p = 0,005$ ) und auf Betrieb 2 außerdem die Ergebnisse der Fußballengesundheit ( $p < 0,001$ ) signifikant über den Beobachtungszeitraum von drei Bonituren, im Vergleich zu den Ergebnissen der Vergleichsstalls.

### 3.3 Boniturergebnisse ausgewertet nach Prophylaxemittelkategorie

#### 3.3.1 Aromastoffe

Gruppirt nach der Prophylaxemittelkategorie konnten die vier unterschiedlichen Präparate aus der Kategorie „Aromastoffe“ zu einer signifikanten Verbesserung im Verschmutzungsgrad ( $p = 0,016$ ) und bei den Läsionen an den Fersenbeinhöckern ( $p = 0,015$ ) der bonitierten Masthühner im Vergleich zu den Kontrollställen führen. Wenngleich die Fußballengesundheit, der Gefiederzustand und die Hautverletzungen im arithmetischen Mittel ebenfalls verbessert waren, waren diese Veränderungen nicht signifikant (**Tabelle 18**).

**Tabelle 17:** (s. S. 76) Arithmetische Mittel der je Beurteilungskriterium und Bonitur erzielten Scores. Dargestellt nach den fünf untersuchten Betrieben auf Einzeldurchgangsebene, sowie kumuliert im Vergleich jeweils drei bonitierter Mastdurchgänge eines Betriebes. Stall 1 = Stall ohne alternativem Prophylaxemittel, Stall 2 = Stall mit alternativem Prophylaxemittel, \* = Kategorie alternatives Prophylaxemittel, 1 = Aromastoffe, 2 = Probiotika, Prä-/Probiotika-Kombinationen, Effektive Mikroorganismen (PEEM), 3 = Huminsäuren, 4 = Klinoptilolithe, 5 = Säuren, Signifikanz  $p$  der Unterschiede zwischen Stall 1 und Stall 2 berechnet mittels Effektmaß und Korrelationskoeffizient nach Somers' d.

Tabelle 17: Boniturergebnisse Betriebsübersicht (Hinweise u. Legende s. S. 75).

	Stall	Verschmutzungsgrad		Gefiederzustand		Hautverletzungen		Fersenbeinhöcker		Fußballengesundheit		*	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
Betrieb 1	Bonitur I	AV (n = 50)	1,94	1,72	1,24	1,06	1,06	0,74	0,52	0,32	1,14	0,96	1
		p	<b>0,002</b>		<b>0,009</b>		<b>0,013</b>		0,059		0,276		
	Bonitur II	AV (n = 50)	1,04	1,20	1,10	1,14	1,68	1,60	0,84	0,94	0,14	0,12	2
		p	0,067		0,677		0,501		0,428		0,971		
	Bonitur III	AV (n = 50)	1,56	1,58	1,36	1,28	1,18	1,12	1,20	1,42	0,34	0,32	5
		p	0,840		0,389		0,664		0,077		0,833		
		AV (n = 150)	1,51	1,50	1,23	1,16	1,31	1,15	0,85	0,89	0,54	0,47	
	p	0,777		0,167		0,072		0,638		0,491			
	Betrieb 2	Bonitur I	AV (n = 50)	1,24	1,22	1,50	1,42	1,76	1,60	0,42	0,06	0,24	0,12
p			0,871		0,484		0,213		< 0,001		0,334		
Bonitur II		AV (n = 50)	1,08	1,02	1,64	1,48	1,32	1,34	0,56	0,24	0,70	0,46	2
		p	0,534		0,102		0,922		<b>0,005</b>		0,249		
Bonitur III		AV (n = 50)	1,04	1,18	1,24	1,24	1,36	1,36	0,62	0,88	0,92	0,22	2
		p	0,266		0,849		0,945		0,064		< 0,001		
		AV (n = 150)	1,12	1,14	1,46	1,38	1,48	1,43	0,53	0,39	0,62	0,27	
p		0,701		0,275		0,526		<b>0,011</b>		< 0,001			
Betrieb 3		Bonitur I	AV (n = 50)	1,54	1,60	1,38	1,36	1,30	1,38	0,26	0,12	0,22	0,22
	p		0,544		0,781		0,570		0,070		0,848		
	Bonitur II	AV (n = 50)	1,10	1,08	1,24	1,28	1,52	1,32	0,48	0,46	0,34	0,22	1
		p	0,843		0,883		0,119		0,615		0,126		
	Bonitur III	AV (n = 50)	1,18	1,12	1,06	1,24	0,96	1,06	0,28	0,14	0,04	0,02	1
		p	0,541		0,093		0,493		0,081		0,557		
		AV (n = 150)	1,27	1,27	1,23	1,29	1,26	1,25	0,34	0,24	0,20	0,15	
	p	0,985		0,354		0,864		<b>0,028</b>		0,176			
	Betrieb 4	Bonitur I	AV (n = 50)	1,02	0,98	1,18	1,22	1,26	1,20	0,18	0,22	0,00	0,00
p			0,655		0,729		0,587		0,479		-		
Bonitur II		AV (n = 50)	1,42	1,18	1,30	1,22	1,30	1,46	0,40	0,30	0,02	0,02	1
		p	<b>0,037</b>		0,530		0,287		0,373		1,000		
Bonitur III		AV (n = 50)	1,00	1,10	1,16	1,20	1,36	1,26	0,44	0,20	0,00	0,00	4
		p	0,467		0,617		0,415		<b>0,031</b>		-		
		AV (n = 150)	1,15	1,09	1,21	1,21	1,31	1,31	0,34	0,24	0,01	0,01	
p		0,356		0,901		0,867		0,148		1,000			
Betrieb 5		Bonitur I	AV (n = 50)	1,84	1,90	1,38	1,32	1,38	1,44	0,50	0,22	0,66	1,20
	p		0,370		0,529		0,654		<b>0,004</b>		<b>0,001</b>		
	Bonitur II	AV (n = 50)	1,06	1,12	1,34	1,38	0,92	0,74	0,18	0,06	0,46	0,10	2
		p	0,612		0,703		0,256		0,060		< 0,001		
	Bonitur III	AV (n = 50)	1,60	1,56	1,28	1,16	1,84	1,64	0,80	0,68	0,04	0,00	4
		p	0,777		0,268		<b>0,047</b>		0,359		0,149		
		AV (n = 150)	1,50	1,53	1,33	1,29	1,38	1,27	0,49	0,32	0,39	0,43	
	p	0,791		0,449		0,201		<b>0,005</b>		0,898			

**Tabelle 18:** Boniturergebnisse Aromastoffe. Absolute (oberer Wert) und relative Häufigkeiten (unterer Wert), sowie arithmetische Mittel der je Beurteilungskriterium erzielten Scores, bei der gruppierten Auswertung der Ergebnisse nach der Prophylaxemittelkategorie Aromastoffe und Vergleichsställe. Insgesamt  $n = 400$  Masthühner. Stall 2 = Boniturergebnisse der Ställe mit alternativem Prophylaxemittel der Kategorie Aromastoffe, Stall 1 = Boniturergebnisse der zugehörigen Vergleichsställe, AV = arithmetisches Mittel, Signifikanz  $p$  der Unterschiede zwischen Stall 1 und Stall 2 berechnet mittels Effektmaß und Korrelationskoeffizient nach Somers' d.

Stall	Verschmutzungsgrad		Gefiederzustand		Hautverletzungen		Fersenbeinhöcker		Fußballengesundheit	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Score 0	7 0,018	12 0,030	15 0,075	13 0,065	38 0,190	40 0,200	124 0,620	148 0,740	147 0,735	158 0,790
Score 1	104 0,260	121 0,303	128 0,640	134 0,670	82 0,410	91 0,455	68 0,340	43 0,215	29 0,145	23 0,115
Score 2	89 0,223	67 0,168	57 0,285	53 0,265	80 0,400	69 0,345	8 0,040	9 0,045	24 0,120	19 0,095
MW	1,410	1,275	1,210	1,200	1,210	1,145	0,420	0,305	0,385	0,305
p	0,016		0,814		0,345		0,015		0,199	

### 3.3.2 PPEM

Signifikante Veränderungen in den Boniturergebnissen konnten bei den fünf eingesetzten alternativen Prophylaxemitteln aus der Kategorie PPEM in der Kategorie Fußballengesundheit beobachtet werden. Die erzielten Scores waren in den Ställen mit alternativen Prophylaxemittel dieser Kategorie signifikant besser ( $p < 0,001$ ), als in den Vergleichsställen (**Tabelle 19**, S. 78).

### 3.3.3 Huminsäuren

In den bonitierten Mastdurchgängen mit Huminsäuren, konnten signifikant weniger Läsionen an den Fersenbeinhöckern im Vergleich zu den Tieren der Vergleichsställe festgestellt werden ( $p < 0,001$ ). So waren 87 von 100 Tiere ohne jegliche Läsion, während dies in den beiden Vergleichsställen nur bei 56 von 100 Tieren der Fall war. Der Gefiederzustand und die Hautverletzungen waren im arithmetischen Mittel ebenfalls in den Ställen mit den Huminsäuren besser. Die Fußballengesundheit und der Verschmutzungsgrad waren im arithmetischen Mittel in den Vergleichsställen besser. (**Tabelle 20**, S.78).

**Tabelle 19:** Boniturergebnisse PPEM. Absolute (oberer Wert) und relative Häufigkeiten (unterer Wert), sowie arithmetische Mittel der je Beurteilungskriterium erzielten Scores, bei der gruppierten Auswertung der Ergebnisse nach der Prophylaxemittelkategorie PPEM und Vergleichsställe. Insgesamt n = 500 Masthühner. Stall 2 = Boniturergebnisse der Ställe mit alternativem Prophylaxemittel der Kategorie PPEM, Stall 1 = Boniturergebnisse der zugehörigen Vergleichsställe, Signifikanz p der Unterschiede zwischen Stall 1 und Stall 2 berechnet mittels Effektmaß und Korrelationskoeffizient nach Somers´ d.

Stall	Verschmutzungsgrad		Gefiederzustand		Hautverletzungen		Fersenbeinhöcker		Fußballengesundheit	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
<b>Score 0</b>	26 0,104	23 0,092	12 0,048	16 0,064	46 0,184	48 0,192	150 0,600	152 0,608	176 0,704	214 0,856
<b>Score 1</b>	186 0,744	179 0,716	151 0,604	145 0,580	81 0,324	92 0,368	81 0,324	79 0,316	37 0,148	27 0,108
<b>Score 2</b>	38 0,152	48 0,192	87 0,348	89 0,356	123 0,492	110 0,440	19 0,076	19 0,076	37 0,148	9 0,036
<b>MW</b>	1,048	1,100	1,300	1,292	1,308	1,248	0,476	0,468	0,444	0,180
<b>p</b>	0,251		0,950		0,329		0,868		< 0,001	

**Tabelle 20:** Boniturergebnisse Huminsäuren. Absolute (oberer Wert) und relative Häufigkeiten (unterer Wert), sowie arithmetische Mittel der je Beurteilungskriterium erzielten Scores, bei der gruppierten Auswertung der Ergebnisse nach der Prophylaxemittelkategorie Huminsäuren und Vergleichsställe. Insgesamt n = 200 Masthühner. Stall 2 = Boniturergebnisse der Ställe mit alternativem Prophylaxemittel der Kategorie Huminsäuren, Stall 1 = Boniturergebnisse der zugehörigen Vergleichsställe, Signifikanz p der Unterschiede zwischen Stall 1 und Stall 2 berechnet mittels Effektmaß und Korrelationskoeffizient nach Somers´ d.

Stall	Verschmutzungsgrad		Gefiederzustand		Hautverletzungen		Fersenbeinhöcker		Fußballengesundheit	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
<b>Score 0</b>	1 0,010	2 0,020	0 0,000	1 0,010	8 0,080	10 0,100	56 0,560	87 0,870	68 0,680	60 0,600
<b>Score 1</b>	44 0,440	40 0,40	56 0,560	61 0,610	27 0,270	28 0,280	42 0,420	12 0,120	19 0,190	14 0,140
<b>Score 2</b>	55 0,550	58 0,58	44 0,440	38 0,380	65 0,650	62 0,620	2 0,020	1 0,010	13 0,130	26 0,260
<b>MW</b>	1,540	1,560	1,440	1,370	1,570	1,520	0,460	0,140	0,450	0,660
<b>p</b>	0,721		0,346		0,618		< 0,001		0,108	

### 3.3.4 Klinoptilolithe

Die zwei eingesetzten alternativen Prophylaxemittel aus der Kategorie Klinoptilolithe konnten zu einer signifikanten Verbesserung der Fersenbeinhöcker führen ( $p = 0,042$ ). Die Hautverletzungen waren im arithmetischen Mittel weniger stark ausgeprägt, jedoch nur bei zwei Tieren mehr als in der Vergleichsgruppe gar nicht vorhanden. Zwar wiesen die Masthühner in den Ställen mit diesen alternativen Prophylaxemitteln ausnahmslos tadellose Fußballen auf, es waren jedoch auch in den beiden Vergleichsställen bei nur zwei Tieren leichtgradige Veränderungen an den Fußballen vorhanden (**Tabelle 21**).

**Tabelle 21:** Boniturergebnisse Klinoptilolithe. Absolute (oberer Wert) und relative Häufigkeiten (unterer Wert), sowie arithmetische Mittel der je Beurteilungskriterium erzielten Scores, bei der gruppierten Auswertung der Ergebnisse nach der Prophylaxemittelkategorie Klinoptilolithe und Vergleichsställe. Insgesamt  $n = 200$  Masthühner. Stall 2 = Boniturergebnisse der Ställe mit alternativem Prophylaxemittel der Kategorie Klinoptilolithe, Stall 1 = Boniturergebnisse der zugehörigen Vergleichsställe, Signifikanz  $p$  der Unterschiede zwischen Stall 1 und Stall 2 berechnet mittels Effektmaß und Korrelationskoeffizient nach Somers' d.

Stall	Verschmutzungsgrad		Gefiederzustand		Hautverletzungen		Fersenbeinhöcker		Fußballengesundheit	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
<b>Score 0</b>	12 0,120	10 0,100	6 0,060	11 0,110	7 0,070	9 0,090	49 0,490	63 0,630	98 0,980	100 1,000
<b>Score 1</b>	46 0,460	47 0,470	66 0,660	60 0,600	26 0,260	37 0,370	40 0,400	30 0,300	2 0,020	0 0,000
<b>Score 2</b>	42 0,420	43 0,430	28 0,280	29 0,290	67 0,670	54 0,540	11 0,110	7 0,070	0 0,000	0 0,000
<b>MW</b>	1,300	1,330	1,220	1,180	1,600	1,450	0,620	0,440	0,020	0,000
<b>p</b>	0,783		0,703		0,068		0,042		0,153	

### 3.3.5 Säuren

Keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zu den Kontrollställen konnten bei den bonitierten Tieren festgestellt werden, die als alternative Prophylaxemittel Präparate aus der Kategorie Säuren erhielten. In den Beurteilungskriterien Verschmutzungsgrad, bei den Hautverletzungen und den Fersenbeinhöckern schnitten die Tiere des Vergleichsstalls im arithmetischen Mittel besser ab, während bei der Beurteilung des Gefiederzustandes und der Fußballengesundheit die Tiere mit den

alternativen Prophylaxemitteln Säuren im arithmetischen Mittel besser abschneiden konnten (**Tabelle 22**).

**Tabelle 22:** Boniturergebnisse Säuren. Absolute (oberer Wert) und relative Häufigkeiten (unterer Wert), sowie arithmetische Mittel der je Beurteilungskriterium erzielten Scores, bei der gruppierten Auswertung der Ergebnisse nach der Prophylaxemittelkategorie Säuren und Vergleichsställe. Insgesamt n = 200 Masthühner. Stall 2 = Boniturergebnisse der Ställe mit alternativem Prophylaxemittel der Kategorie Säuren, Stall 1 = Boniturergebnisse der zugehörigen Vergleichsställe, Signifikanz p der Unterschiede zwischen Stall 1 und Stall 2 berechnet mittels Effektmaß und Korrelationskoeffizient nach Somers' d.

Stall	Verschmutzungsgrad		Gefiederzustand		Hautverletzungen		Fersenbeinhöcker		Fußballengesundheit	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
<b>Score 0</b>	0 0,000	0 0,000	1 0,010	0 0,000	20 0,200	19 0,190	43 0,430	46 0,460	76 0,760	78 0,780
<b>Score 1</b>	45 0,450	41 0,410	61 0,61	68 0,680	36 0,360	37 0,370	41 0,410	31 0,310	20 0,200	17 0,170
<b>Score 2</b>	55 0,550	59 0,590	38 0,380	32 0,320	44 0,440	44 0,440	16 0,160	32 0,320	4 0,040	5 0,050
<b>MW</b>	1,550	1,590	1,370	1,320	1,240	1,250	0,730	0,872	0,280	0,270
<b>p</b>	0,567		0,432		0,941		0,846		0,779	

## **VI. Diskussion**

### **1 Diskussion des Versuchsaufbaus und der Methodik**

#### **1.1 Datengrundlage und Studiendesign**

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es die Auswirkungen unterschiedlicher alternativer Prophylaxemittel, die über das Futter oder das Tränkwasser verabreicht und/oder über die Einstreu in der Tierumgebung angewandt wurden, bei Masthühnern zu untersuchen. In der Summe wurden in 45 von 180 ausgewerteten Mastdurchgängen alternative Prophylaxemittel eingesetzt. Neben der Erfassung des Antibiotikaeinsatzes wurden auch Leistungsparameter und tierbasierte Tierwohlindikatoren erfasst und ausgewertet. Über die Erfassung sich im Betrachtungszeitraum möglicherweise verändernder unabhängiger Variablen sollte der Einfluss anderer Faktoren, vor Prophylaxemittleinsatz, in einer Vorauswertung geprüft werden.

Die Vorauswertung retrospektiver Mastdurchgänge ergab, dass die Haltungform und die Jahreszeit signifikanten Einfluss auf die Stallmortalität in % und die verwertbaren Kilogramm pro eingestalltem Masthuhnküken haben. Die Haltungform hatte zudem Einfluss auf die Futtermittelverwertung, den prozentualen Verwurf am Schlachthof sowie auf die Anzahl antibiotischer Behandlungstage. Auch aus der Literatur ist bekannt, dass die Haltungform, die in der Regel mit einer anderen Genetik einhergeht (AGGREY et al., 2017), einen wesentlichen Einfluss auf Leistungsparameter besitzt (WEIMER et al., 2020). Auch auf den Verwurf (FORSETH et al., 2023) und auf tierbasierte Tierwohlparameter (HARTCHER & LUM, 2020) sind Effekte durch die zu Grunde liegende Genetik und Haltungform beim Masthuhn bekannt.

Der in den hier durchgeführten Untersuchungen beobachtete signifikante Unterschied der Haltungform kann nicht allgemein auf die jeweilige Haltungform übertragen werden, da in den vorliegenden Daten für zwei Haltungformen jeweils nur ein einzelner Betrieb Berücksichtigung fand (je ein Betrieb für Haltungsstufe 3 und ökologische Erzeugung). Für die statistische Auswertung war dieses Erkenntnis insofern jedoch relevant, dass die Beurteilung der alternativen Prophylaxemittel nicht mit dem Vergleich der absoluten Leistungskennzahlen erfolgen konnte. Im Studiendesign stand auf jedem Betrieb ein weitestgehend baugleicher Vergleichsstall derselben Haltungform zur Verfügung, über dessen Vergleich Effekte gemessen wurden. Aufgrund der zeitgleichen Ein- und Ausstallung der jeweiligen

Vergleichsdurchgänge innerhalb eines Betriebes konnte außerdem der äußere Einflussfaktor der Jahreszeit, betriebsbezogen für beide Ställe eines Betriebes, als standardisiert angesehen werden.

Bestimmte äußere Einflussfaktoren wie z.B. das Alter der Elterntierherde konnten mit der Vorauswertung für irrelevant erklärt werden. Die Kategorisierung der Elterntierherde fand nach dem Alter jener Elterntierherde statt, von welcher der größte Anteil der Masthuhnküken eines Stalles abstammte. Da das Infektionsgeschehen bei Masthühnern auf Herdenebene dynamisch sein kann (GROVES, 2017; COLLETT & SMITH, 2020), ist in diesem Zusammenhang nicht auszuschließen, dass auch ein kleiner Anteil an Küken, der bei der Zuordnung der Alterskategorie nach o.g. Definition keine Berücksichtigung fand, eine Eintragsquelle für eine Infektion sein kann, die sich auf das Ergebnis des gesamten Mastdurchganges auswirken kann.

Unter Berücksichtigung der Betriebspyramide der Masthuhnproduktion (s.a. Kapitel II.1.2 Produktionszyklus) muss festgestellt werden, dass die vorliegenden Untersuchungen zu den alternativen Prophylaxemitteln lediglich auf der Ebene 5 der Mastbetriebe, stattfanden. Eine Vielzahl vorgelagerter Einflussfaktoren wie die Tiergesundheit, das Impfreime oder die Fütterung der Elterntiere, konnten bei der Datenerhebung nicht erfasst werden, obwohl bekannt ist, dass die Gesundheit der Elterntiere einen großen Einfluss auf den Erfolg eines Mastdurchganges haben kann (DE JONG & EMOUS, 2017). So kann bereits das Alter der Elterntiere, der Ablegeort und die Hygiene der Bruteier einen Einfluss auf die Schlupfrate (PERIĆ et al., 2022) und auch die Brut einen Einfluss auf die Kükengesundheit besitzen (MEIJERHOF, 2022). Es ist weiterhin nachgewiesen, dass durch die Zeitspanne bis zu der ersten Futterraufnahme der Masthühner die Zusammensetzung deren intestinalen Mikrobioms nachhaltig beeinflusst werden kann (MISKA et al., 2022). Zwar können diese Einflussfaktoren auf Betriebsebene zwischen den beiden Vergleichsställen als weitestgehend standardisiert betrachtet werden, da Brut und Kükenherkunft für beide Ställe jeweils identisch waren, mit Abweichungen in der Elterntierherden. Für die unterschiedlichen Betriebe und somit auch für die eingesetzten alternativen Prophylaxemittel waren diesbezüglich jedoch unterschiedliche Voraussetzungen vorhanden. Eine Standardisierung könnte erreicht werden, wenn bspw. lediglich Masthuhn haltende Betriebe bestimmter Integrationen für den Einsatz

alternativer Prophylaxemittel akquiriert werden oder wenn der Einsatz alternativer Prophylaxemittel in einer bestimmten Haltungform untersucht würde. Gegebenenfalls könnte, um weitere Einflussfaktoren auszuschließen, auch auf eine Masthuhnkükenkohorte mit Abstammung aus einer einzigen Elterntierherde zurückgegriffen werden.

## **1.2 Praxiserprobung und Datenerfassung**

Die Tatsache, dass die Erprobung der alternativen Prophylaxemittel unter Praxisbedingungen stattfand, zog Abweichungen im geplanten Versuchsaufbau nach sich, die nicht vorhersehbar waren und in dem Vorkapitel zu den Ergebnissen aufgeführt sind (s.a. Kap. V.1.2 Festgestellte Abweichungen im geplanten Versuchsaufbau). Die alternativen Prophylaxemittel wurden bis auf eine Ausnahme in den vorliegenden Untersuchungen stets in demselben Stall eines Betriebes eingesetzt. In einem Betrieb musste für den Einsatz eines alternativen Prophylaxemittels während drei Mastdurchgängen ein zusätzlicher Stall herangezogen werden, da das alternative Prophylaxemittel über das Futter verabreicht wurde und in dem eigentlich vorgesehenen Stall eine losgelöste Futterapplikation vom Vergleichsstall nicht möglich war. In allen anderen Mastdurchgängen dienten auf allen Betrieben ansonsten stets dieselben Ställe für den Einsatz der alternativen Prophylaxemittel bzw. als Vergleichsställe. Zwar waren bis auf einen Betrieb, der in einem Stall erhöhte Ebenen installiert hatte, die beiden Ställe eines Betriebes baugleich, dennoch sind mögliche stallspezifische Fehler nicht auszuschließen. Die Volatilität zwischen den Ergebnissen baugleicher Stelle kommt auch durch die teils sehr hohen Standardabweichungen der relativen Kennzahlen zum Ausdruck. In dem hier vorliegenden Studiendesign konnten über den Vergleich der prospektiven relativen Kennzahlen zu Vergleichswerten retrospektiver relativer Kennzahlen (Veränderungen zwischen Stall 1 und Stall 2) konstant auftretende, stallspezifische Fehler berücksichtigt werden. Da gewisse alternative Prophylaxemittel möglicherweise erst unter ganz bestimmten Bedingungen Effekte erzielen, könnte in künftigen Untersuchungen dennoch ein alternierender Einsatz der alternativen Prophylaxemittel in beiden Ställen, zum Ausgleich stallspezifischer Faktoren, elegant sein. Dies wäre zum einen mit höheren Anschaffungskosten verbunden, da die Installation von Applikationseinrichtungen alternativer Prophylaxemittel dann in beiden Ställen erfolgen müsste und zum anderen mit einem höheren Aufwand für die das alternative Prophylaxemittel applizierende Person.

Die Auswahl der alternativen Prophylaxemittel wurde nach einer Betriebsbegehung gemeinsam mit der Betriebsleitung und z.T. mit den bestandsbetreuenden Tierärzten vorgenommen. Zwar dürfen alle im Rahmen der Untersuchungen eingesetzten alternativen Prophylaxemittel keine Indikation im Sinne einer pharmakologischen Wirkung aufweisen und sind als Futtermittelzusatzstoffe oder Einzelfuttermittel frei verkäuflich. Auf der anderen Seite postulieren Untersuchungen unter Versuchsbedingungen, dass alternative Prophylaxemittel in bestimmten Infektionsversuchen überlegene Effekte im Vergleich zur Kontrollgruppe bewirken konnten (OLSEN et al., 2022; RASAEI et al., 2023) oder unter bestimmten äußeren Haltungsbedingungen, wie z.B. Hitzestress (BEHBOUDI et al., 2016), signifikante Effekte erzielen. Die „richtige“ Auswahl des alternativen Prophylaxemittels auf die betriebsspezifischen Probleme stellt möglicherweise ein entscheidender Faktor für die Erzielung gewünschter Effekte dar, was wiederum ohne abgegrenzte Indikationen nicht möglich ist. Im Endeffekt wäre ein Ansatzpunkt diese Problematik zu umgehen, eine noch größere Anzahl an Mastdurchgängen in die prospektive Praxiserprobung aufzunehmen und signifikante Veränderungen mit der Untersuchung von Einflussfaktoren wie z.B. nachgewiesenem Infektionsgeschehen zu korrelieren. Fraglich ist, ob bei einer Teilmenge der Produkte, deren genaue Zusammensetzung nicht offengelegt ist, eine plausible Untersuchung auf die gewünschten Effekte möglich ist. Da die Zusammensetzung, gerade von pflanzlich basierten alternativen Prophylaxemitteln (WINDISCH et al., 2008) aber auch von anderen naturstoffbasierten alternativen Prophylaxemitteln, wie z.B. Klinoptilolithen schwanken kann (WU et al., 2013b), müsste die genaue Produktzusammensetzung ggf. mit Labormethoden validiert werden.

Möglicherweise führt auch erst die Kombination von alternativen Prophylaxemitteln zu einem überlegenen Ergebnis. Explizit für Masthühner konnte beispielsweise gezeigt werden, dass der kombinierte Einsatz organischer Säuren und phytogener Aromazusatzstoffe zu besseren Ergebnissen in der Futtermittelfermentation und Tageszunahmen führen konnte als der jeweils alleinige Einsatz der Substanzen (BASMACIOĞLU-MALAYOĞLU et al., 2016). In einem anderen Versuch konnte gezeigt werden, dass die Kombination eines Multistamm-Probiotikums und Zitronensäure zu besseren Ergebnissen in der Futtermittelfermentation führen konnte, als der alleinige Einsatz. Nicht jedoch, wenn jeweils zusätzlich ein Aromastoff in Form von Knoblauchpulver ergänzt wurde (ELBAZ et al., 2021). CISZEWSKI et al.

(2022) untersuchten die Kombination von Klinoptilolithen und effektiven Mikroorganismen und konnten hierbei in einem Infektionsversuch mit *Eimeria tenella* weniger stark ausgeprägte Läsionen des Darmepithels im Vergleich zu der Kontrollgruppe beobachten. Effekte sind möglicherweise also nicht nur von Mittelkombinationen, sondern auch von dem Infektionsdruck gewisser Erreger abhängig, was auch Studien mit alternativen Prophylaxemitteln zur Prävention der nekrotisierenden Enteritis belegen (EL-HACK et al., 2022). Für Folgeuntersuchungen zu alternativen Prophylaxemitteln unter Praxisbedingungen wäre also auch einerseits der Einsatz von Mittelkombination interessant und andererseits die engmaschige Kontrolle auf klinisch oder subklinisch in Erscheinung tretende Infektionserkrankungen ratsam.

Die in einem Mastdurchgang erzielbare Fleischmenge kann durch die partielle Vorausstallung (Vorgriff) maßgeblich beeinflusst werden. Die Grenzen für die Besatzdichten bestimmter Haltungsrichtlinien, z.B. nach ITW, gelten nicht als harte Grenzen je Mastdurchgang, sondern dürfen im Mittel über drei Mastdurchgänge nicht überschritten werden (TIERWOHL, 2023). Ggf. muss also durch eine angepasste Zahl vorzugreifender Tiere das in einem Mastdurchgang final zu erzielende Gewicht der Tiere gemindert oder aus betriebswirtschaftlicher Sicht erhöht werden. Dieser Steuerung des zu erzielenden Endgewichts darf nicht als Effekt, positiv wie negativ, einem alternativem Prophylaxemittel zugeschrieben werden. Da diese Anpassung vorzugreifender Tiere azyklisch nach betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten und nicht kongruent zu dem vorliegenden Studiendesign erfolgte, konnte die absolut und verwertbare Fleischmenge vor diesem Hintergrund in den vorliegenden Untersuchungen nicht in Relation zu den eingesetzten alternativen Prophylaxemitteln ausgewertet werden. Um in Folgeprojekten die Auswertung der erzielten Körpergewichte großer Tierzahlen, auch hinsichtlich eines Prophylaxemittelleinsatzes unter Praxisbedingungen, über mehrere Mastdurchgänge hinweg auswerten zu können, wären bspw. Kooperationsvereinbarungen mit Landwirten hinsichtlich nicht maximaler Auslastung der Besatzdichte, unter Verzicht der partiellen Vorausstallung (Vorgriff) denkbar.

Für alle ausgewerteten Leistungsdaten fand der Vergleich anhand Differenzen zwischen Stall 1 und Stall 2 (relative Kennzahlen) eines Betriebes statt. Hierfür wird angenommen, dass die Art und Weise der Erfassung der zu Grunde liegenden Daten

für Stall 1 und 2 je Betrieb auf identische Art und Weise und im Beobachtungszeitraum konstant erfolgte. Auf allen Betrieben waren Betriebsleitung und der Ansprechpartner für das Projekt im Beobachtungszeitraum konstant. Für Daten aus nachgelagerten Prozessen wie z.B. für die von den Schlachthöfen übermittelten Fußballenscores, kann eine absolute Kontinuität bei der Erfassung zwar angenommen, aber nicht garantiert werden. Zwar wurden die Daten für die Fußballenscores auf Mastdurchgangsebene (relative Kennzahl 6) aus den schriftlich übermittelten Schlachtberichten übernommen oder von den Betriebsleitern zur Verfügung gestellt. Jedoch unterscheiden sich die automatischen Systeme zur Erfassung der Fußballengesundheit einerseits auf den Schlachthöfen regional (HEITMANN et al., 2018; LOUTON et al., 2022b), andererseits findet die Beurteilung von Fußballen bei Masthühnern z.T. händisch/manuell statt (TIERWOHL, 2023). Durch die Auswertung mittels relativer Kennzahlen konnten auch diese Unterschiede zwischen den Betrieben relativiert werden, auch da die Tiere aus beiden Ställen eines Betriebes, bis auf eine Ausnahme in den parallelen Mastdurchgängen, jeweils in denselben Schlachthöfen verarbeitet wurden. Die Studien von LOUTON et al. (2022b) und HEITMANN et al. (2018) bescheinigen jedoch auch, dass insbesondere zwischen den mittleren Scores durchaus Ungenauigkeiten in den Erfassungssystemen bestehen. Sollte sich also ein alternatives Prophylaxemittel explizit auf die Fußballenveränderungen oder andere Kontaktdermatitiden wie Läsionen an den Fersenbeinhöckern auswirken, wäre die pathohistologische Untersuchung als Goldstandard hinzuzuziehen, um eine Gradifizierung der Pathologien vorzunehmen (MICHEL et al., 2012). Aufgrund der regionalen Verteilung der Schlachthöfe in mehreren Bundesländern und der Anzahl von 90 prospektiven Mastdurchgängen war ein Beobachterabgleich des Erfassungsverfahrens am Schlachthof in den vorliegenden Untersuchungen nicht möglich.

Anders verhielt es sich bei der im Stall durchgeführten Erhebung der tierbasierten Tierwohlintikatoren, die bei allen 1.500 Masthühnern einheitlich durch dieselbe Person stattfand. Jedes der fünf Beurteilungskriterien wurde bei der Bonitur aufsteigend nach Schweregrad (Pathologie) in die drei Scores 0, 1 und 2 abgestuft. In der Literatur erfolgt die Abstufung bisweilen differenzierter. So unterscheidet bspw. das WQAP bei der Fußballengesundheit und den Fersenbeinhöcker in vier Grade (WELFARE QUALITY, 2009). Aber auch die dreistufige Abstufung ist etabliert, bspw. in Schweden (EKSTRAND et al., 1998). Die Abstufungen der

Beurteilungskriterien müssen zur Skalierungen eindeutig voneinander abgrenzbar sein (EID et al., 2010). Score 0 ist eindeutig, im Sinne keiner makroskopisch erkennbaren pathologischen Abweichungen definiert. Die Abstufung zwischen den beiden Scores 1 und 2 erfolgt nach einer leichtgradigen Abweichung und mehr als leichtgradigen Abweichungen, weshalb in Verbindung mit nur einer bonitierenden Person eine hohe Reproduzierbarkeit der Zuordnung zur Skalierung angenommen wird. Da für einzelne Parameter wie der Fußballengesundheit eine Zunahme von Prävalenz und Stärkegrad der Läsionen im Mastverlauf beschrieben ist (KAUKONEN et al., 2016), fand die Erfassung der tierbasierten Tierwohlintikatorens jeweils an einem der letzten sieben Tage vor der Endausstallung des Mastdurchganges statt. Ein noch engeres Zeitfenster für die Terminierung der Tierbonituren konnte aus betrieblichen, organisatorischen, aber auch epidemiologischen Gründen nicht gewählt werden, da zwischen jedem Betriebsbesuch mindestens 48 Stunden Geflügelfreiheit vorausgesetzt wurde.

### **1.3 Statistische Auswertung**

Über das Vorgehen mit der Berechnung masthuhnspezifischer Kennzahlen, die wiederum jeweils in Relation zu dem Vergleichsstall desselben Betriebes gesetzt wurden, konnten sechs relative Kennzahlen generiert werden. Diese relativen Kennzahlen veranschaulichen somit die Abweichungen parallel stattfindender Mastdurchgänge in zwei Ställen desselben Betriebes. In den hier vorliegenden Untersuchungen wurden die beiden Ställe eines Betriebes jeweils nach denselben Anforderungen an die Haltungsformen bewirtschaftet. Über die Berechnung mehrerer relativer Kennzahlen für aufeinanderfolgende Mastdurchgänge ließen sich die einzelnen Mastdurchgänge bzw. stattfindende Veränderungen zwischen Stall 1 und Stall 2 im Zeitverlauf vergleichend darstellen. Für die Auswertung der Effekte alternativer Prophylaxemittel gilt in den hier vorliegenden Untersuchungen somit die zentrale Annahme, dass mögliche Effekte, unter sonst gleichen Bedingungen, über Veränderungen in den relativen Kennzahlen (= prozentualen Abweichung zwischen Stall 1 und Stall 2), ersichtlich waren. Das auf diese Weise aufgestellte Modell berücksichtigt über einen retrospektiven Betrachtungshorizont von neun Mastdurchgängen Differenzen zwischen Stall 1 und Stall 2 für jeden Betrieb. Unklar bleibt, inwiefern diese relativen Kennzahlen, respektive die Stalldifferenzen der Betriebe bei einem größeren Betrachtungszeitraum an Volatilität zu- oder abnehmen

würden. Dies könnte in einer Auswertung von einer noch größeren Anzahl an Mastdurchgängen überprüft werden.

In der statistischen Auswertung der drei aufeinanderfolgenden Mastdurchgänge mit demselben alternativen Prophylaxemittel konnte nur bei einem alternativen Prophylaxemittel in zwei der sechs relativen Kennzahlen signifikante Unterschiede im Vergleich zu den neun retrospektiven Vergleichsdurchgängen festgestellt werden. Dass nicht mehr signifikante Effekte auftraten, könnte zum einen der geringen Anzahl zu Grunde liegender Mastdurchgänge ( $n = 3$ ) je alternativem Prophylaxemittel geschuldet sein. In Kombination mit schwachen Ausprägungen werden diese in den statistischen Tests nicht als signifikant erkannt. Mit der durchgeführten gruppierten Auswertung nach Prophylaxemittelkategorien konnte die Anzahl an Vergleichsdurchgängen und die Anzahl prospektiver Mastdurchgänge innerhalb der Prophylaxemittelkategorien zusammengefasst werden. Dass dadurch einzelne signifikante Effekte vorhanden waren, lässt sich neben der höheren Anzahl an Werten auch dadurch erklären, dass alternative Prophylaxemittel aus derselben Kategorie ähnliche Effekte erzielen können (GADDE et al., 2017). Für eine explizite Aussage zu einzelnen alternativen Prophylaxemitteln kann nach den vorliegenden Untersuchungen daher festgehalten werden, dass eine Studienaufbau mit einem Einsatzhorizont von drei Mastdurchgängen in der Regel (hier in 14 von 15 alternativen Prophylaxemitteln) nicht ausreichend ist, um Effekte von alternativen Prophylaxemitteln unter Praxisbedingungen bei Masthühnern zu untersuchen.

## **2 Antibiotikaeinsatz unter dem Einsatz alternativer Prophylaxemittel**

Die vorliegenden Untersuchungen konnten betriebsübergreifend keine Reduktion des Antibiotikaeinsatzes beim Masthuhn durch alternative Prophylaxemittel zeigen. Zwei der fünf Betriebe hatten in den prospektiven Mastdurchgängen weniger Behandlungstage vorzuweisen als in derselben Anzahl retrospektiv ausgewerteter Mastdurchgänge. Darunter ein Betrieb, der retrospektiv ausschließlich während einem Mastdurchgang je Stall Antibiotika einsetzen musste, prospektiv komplett auf Antibiotikaeinsatz verzichten konnte. Der einzige Betrieb mit einem überproportionalen Rückgang in der Anzahl der Behandlungstage konnte diese um 48 Tage senken, was einem Rückgang um 43,63 % entspricht. Dieser Betrieb wechselte im Beobachtungszeitraum jedoch die Integration und die Reduktion des

Antibiotikaeinsatzes fand auf diesem Betrieb in beiden Ställen statt (prospektiv 28 und 34 Behandlungstage in Stall 1 und 2). Die auf diesem Betrieb beobachteten Effekte sind also nicht den alternativen Prophylaxemitteln zuzuschreiben. Da zwei Betriebe entweder nur retro- oder nur prospektiv Antibiotika einsetzten, muss die Betriebsauswahl von einem ökologisch erzeugenden Betrieb, bzw. eines Betriebs der Haltungsstufe 3 für Untersuchungen zu Antibiotikareduktion durchaus kritisch hinterfragt werden. Folglich ist nicht auszuschließen, dass alternative Prophylaxemittel in einer Untersuchung mit mehreren Betrieben, die hohen Antibiotikaeinsatz vorweisen, möglicherweise Effekte hinsichtlich einer Reduktion zeigen könnten.

In dem vorliegenden Projekt blieb die Indikation zur Einleitung einer antibiotischen Therapie bewusst zu jeder Zeit bei den bestandsbetreuenden Tierärzten, ohne Rücksicht auf den stattfindenden Einsatz eines alternativen Prophylaxemittels. Da die Behandlung mit antimikrobiellen Wirkstoffen bei Wirtschaftsgeflügel in der Regel auf Herdenebene und oral über das Tränkwasser erfolgt (RICHTER et al., 2009), wurden die über das Tränkwasser applizierten, alternativen Prophylaxemittel, vor der Antibiotikaapplikation entfernt. Denkbar wäre, dass ein krankheitsmildernder Effekt eines alternativen Prophylaxemittels durch die vor- oder nachgelagerte Antibiotikatherapie nicht sichtbar wurde, da diese den Effekten alternativer Prophylaxemittel möglicherweise überlegen sind. Aus ethischen Gründen wäre ein Unterbleiben der indizierten Therapien jedoch selbstverständlich nicht statthaft gewesen. Untersuchungen mit dem Ziel der Überprüfung krankheitslimitierender Effekte alternativer Prophylaxemittel trotz einer bekannten Infektion, unter Verzicht einer Pharmakotherapie, bleiben daher Versuchsbedingungen unter einer strengen Überwachung der Tiergesundheit vorbehalten (CISZEWSKI et al., 2022; HU et al., 2023).

Für die ausgewerteten Ställe war in den hier vorliegenden Daten eine gewisse Synchronität für den Antibiotikaeinsatz vorhanden (s.a. **Abbildung 4** u. **Abbildung 5**, S. 53). So entfielen von den insgesamt 88 Mastdurchgängen mit Antibiotikaeinsatz 82 auf parallel in Stall 1 und Stall 2 stattfindende Mastdurchgänge. Umgekehrt formuliert, fand nur in sechs von 88 Mastdurchgängen mit Antibiotikaeinsatz, nicht auch mindestens eine einmalige Therapie im zeitlich bewirtschafteten Vergleichsstall statt. Auch der Einsatz alternativer Prophylaxemittel konnte diese Synchronität

nicht beeinflussen und 44 von 46 therapierten prospektiven Mastdurchgänge verteilten sich auf 22 jeweils zeitgleich eingestellte Mastdurchgangspaare. Bezogen auf die Anzahl der Behandlungstage in den Ställen 1 und 2 betrug der Korrelationskoeffizient nach Pearson in den prospektiven Mastdurchgängen mit Antibiotikaeinsatz  $r = 0,8327$  und nahm im Vergleich zu den retrospektiven Mastdurchgängen zu ( $r = 0,4738$ ).

Woher diese im Voraus nicht bekannte beobachtete Synchronität der Behandlungszeitpunkte beider Ställe auf Betriebsebene resultiert, war nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung. Fest steht jedoch, dass aufgrund der großen Tierbestände und möglicher dynamischer Infektionsgeschehen auf Herdenebene die Therapie von Masthühnern herausfordernd sein kann und sich die z.T. hochkontagiösen Erreger auf Betriebsebene schnell zwischen den Ställen eines Betriebes ausbreiten können (COLLETT & SMITH, 2020). Ansatzpunkte für eine weiterführende Untersuchung der festgestellten Synchronität von antibiotischen Behandlungen auf Betriebsebene könnten z.B. die Analyse innerbetrieblicher, stallbezogener Hygienemaßnahmen sein. Aber auch die routinemäßige Untersuchung synchroner Eintragsquellen für bakterielle Infektionen, auch in klinisch gesunden Herden, sowie das Gesundheitsmonitoring der Elterntierherden hinsichtlich vertikal übertragbarer Infektionserreger oder maternaler Antikörperspiegel, können Ansätze sein (GROVES, 2017). Letzteres auch deshalb, weil eine auffällige Häufung des Antibiotikaeinsatzes in den ersten Masttagen beobachtet werden konnte. Insgesamt 88 der 166 im Beobachtungszeitraum dokumentierten Behandlungsepisoden wurden in den ersten fünf Masttagen initiiert. Da Managementfehler betriebsübergreifend als Ursache eher unwahrscheinlich sind, kann daraus gefolgert werden, dass Pathogenese und Präventionsmaßnahmen, insbesondere von Erkrankungen der ersten Lebenstagen, beim Masthuhn noch näher untersucht werden müssen. Beim Masthuhn existiert über die nahezu vollständige vertikale Integration (VAN HORNE & ACHTERBOSCH, 2008) die Besonderheit, dass hinsichtlich Erkrankungen der ersten Lebenstagen, Infektionszeitpunkt und Ausbruch der Erkrankung auf zwei unterschiedlichen Betrieben erfolgen kann. Die Erfassung der Behandlungshäufigkeiten mit antibiotischen Tierarzneimitteln und die Berechnung der Therapieindizes erfolgt derzeit für den Betrieb, auf welchem der Ausbruch und folglich die Therapie der Erkrankung eintritt (s.a. Kap. II.2.1 Rechtliche Rahmenbedingungen und Erfassung des Antibiotikaeinsatzes beim Masthuhn).

### 3 Leistungs- und Tierwohlparameter unter dem Einsatz alternativer Prophylaxemittel

#### 3.1 Beobachtete Effekte betriebs- und durchgangsübergreifend

Die betriebsübergreifende, kumulierte Auswertung aller relativer Kennzahlen ergab, dass zwischen den retrospektiven und prospektiven Mastdurchgängen (prospektiv = alternative Prophylaxemittel in Stall 2) keine signifikanten Veränderungen auftraten. Daraus kann gefolgert werden, dass ein generell synergistischer Effekt durch die untersuchten alternativen Prophylaxemittel nicht vorhanden ist. Auch bei der kumulierten Auswertung auf Betriebsebene, d.h. bei dem Vergleich der relativen Kennzahlen der retrospektiven und prospektiven Mastdurchgänge eines Betriebes, sind keine signifikanten Unterschiede vorhanden. Die Einteilung der 15 eingesetzten alternativen Prophylaxemittel in fünf Kategorien ergibt, dass auf zwei Betrieben je zwei der drei alternativen Prophylaxemittel aus derselben Kategorie stammen und in den verbleibenden drei Betrieben stets drei verschiedene Mittelkategorien auf einem Betrieb Anwendung finden. Die in der Literatur beschriebenen Ansatzpunkte alternativer Prophylaxemittel sind divers und unterscheiden sich insbesondere von Kategorie zu Kategorie (s.a. Kapitel II3.3 Produktkategorien). Während sich Prä- und Probiotika stabilisierend auf die Darmgesundheit auswirken (MOORE, 2017), zielen andere wie Klinoptilolithe, auf eine Neutralisierung enteraler Toxine ab (PAPAIOANNOU et al., 2005). Aber selbst innerhalb einer Prophylaxemittelkategorie sind unterschiedliche Effekte denkbar, wie die vergleichenden Untersuchungen zu unterschiedlichen organischen Säuren (POLYCARPO et al., 2017) oder von organischen Säuren und unterschiedlichen pflanzlichen Inhaltsstoffen (SCICUTELLA et al., 2021) zeigen. Die große Variabilität der eingesetzten alternativen Prophylaxemittel (s.a. **Tabelle 23**: Liste der Zusammensetzungen der eingesetzten alternativen Prophylaxemittel, Anhang S. 140) könnte die Ursache sein, weshalb bei der mittelübergreifenden Auswertung keine signifikanten Veränderungen in den relativen Kennzahlen beobachtet werden konnten.

Bei der kumulativen Betrachtung der Ergebnisse der Tierbonitur fällt auf, dass das beste Durchschnittsergebnis, sowohl in den Ställen mit als auch in den Ställen ohne alternativem Prophylaxemitteln, in dem Beurteilungskriterium Fußballengesundheit erzielt werden konnte. So wiesen von jeweils 750 Masthühnern 610 Tiere (81,33 %) in den Ställen mit alternativen Prophylaxemitteln und 565 Tiere (75,33

%) in den Ställen ohne alternative Prophylaxemittel tadellose Fußballen auf. Dass die erzielten Scores der Fußballengesundheit im Vergleich zu den anderen Beurteilungskriterien im arithmetischen Mittel am besten abschneiden konnten, könnte möglicherweise daran liegen, dass dieser Parameter routinemäßig an allen Schlachthöfen erfasst wird und dadurch ein gewisser veterinärbehördlicher, aber auch finanzieller Druck auf gute Ergebnisse in diesem Parameter vorhanden ist, was Managemententscheidungen hinsichtlich Optimierung der Fußballenqualität auf Betriebsebene beeinflussen könnte. Es könnte jedoch auch rein zufällig der Betriebsauswahl geschuldet sein, dass fünf Betriebe mit vergleichsweise wenigen Problemen in der Fußballengesundheit an dem Projekt teilnahmen. Zumindest konnte auch in anderen Untersuchungen gezeigt werden, dass z.B. Fersenbeinhöcker im Mittel schlechter als die Fußballen bei in Deutschland gehaltenen Masthühnern abschneiden (RÖSLER, 2016; LOULTON et al., 2018), wenngleich in diesen Untersuchungen ein anderes Scoringsystem verwendet wurde. Den schlechtesten Durchschnittswert in einem Beurteilungskriterium wiesen mit einem Durchschnittsscore von 1,35 die Tiere in den Ställen ohne alternative Prophylaxemittel in dem Beurteilungskriterium Hautverletzungen auf. Von 750 Tieren wiesen nur 119 Tiere (15,87 %) keinerlei Hautverletzungen auf. Auch in den Ställen mit alternativen Prophylaxemitteln stellten Hautverletzungen ein großes Problem dar. Mit 126 Tieren lag der Anteil von Tieren ohne Hautverletzungen um 0,93 Prozentpunkte höher (16,80 %) als in den Vergleichsställen. Eine Studie zu Verwurfsursachen bei Masthühnern an einem deutschen Schlachthof konnte tiefe Dermatitisen als Hauptgrund identifizieren (JUNGHANS et al., 2022). Aber auch in andere Ländern stellen Hautverletzungen einen häufigen Grund für Verwürfe von Masthühnern an den Schlachthöfen dar (FORSETH et al., 2023).

Die Auswertung der Boniturergebnisse auf Einzeldurchgangsebene konnte 17-mal, die kumulierte Auswertung auf Betriebsebene (Zusammenfassung der drei Bonituren eines Betriebes nach Ställen) viermal signifikante Unterschiede in einem Beurteilungskriterium zwischen Stall mit und ohne alternativem Prophylaxemittel zeigen. Eine Ergebnisinterpretation auf Einzeldurchgangsebene kann insofern nur eingeschränkt erfolgen, da zwar jeweils 50 Masthühner je Stall untersucht wurden, jedoch ausschließlich während eines einzelnen Einsatzzyklus eines alternativen Prophylaxemittels. Um die Anzahl an Mastdurchgängen mit ähnlichen alternativen Prophylaxemitteln zu erhöhen und beobachtete Effekte zu erhärten, fand deshalb

analog zu den ausgewerteten Leistungsparametern eine Auswertung nach Prophylaxemittelkategorien statt. Die zuvor durchgeführte durchgangsübergreifende, jedoch betriebsspezifische Auswertung der drei durchgeführten Bonituren eines Betriebes ergab, dass kein Betrieb über alle drei Bonituren hinweg in einem Stall signifikant bessere Ergebnisse als im Vergleichsstall erzielen konnte. Signifikante Unterschiede auf Einzeldurchgangsebene, die sich nicht über drei Bonituren bestätigen, sprechen also einerseits nicht für stallspezifische Fehler auf Betriebsebene, andererseits waren durch den Wechsel der alternativen Prophylaxemittel keine einheitlichen Gegebenheiten vorausgesetzt. Bei der kumulativen Auswertung der Ergebnisse auf Betriebsebene fällt auf, dass die drei Bonituren eines Betriebes zusammengefasst signifikante Unterschiede zwischen Stall 2 und Stall 1 hervorbringen konnten. Dies könnte einerseits für einen konstanten, stallspezifischen Fehler oder aber für synergistische Effekte der alternativen Prophylaxemittel sprechen. Diese signifikanten Unterschiede verteilen sich auf insgesamt vier Beurteilungskriterien in drei Betrieben. Auf den Betrieben 3 und 5 waren die Fersenbeinhöcker in den Ställen mit drei unterschiedlichen, alternativen Prophylaxemitteln in der Summe signifikant besser ( $p = 0,028$  bzw.  $p = 0,005$ ). Auf Betrieb 2 waren die Fersenbeinhöcker ( $p = 0,011$ ) und die Fußballengesundheit ( $p < 0,001$ ) in der übergreifenden Auswertung über drei Mastdurchgänge signifikant besser. Bei letzterem Betrieb wurden zwei der drei alternative Prophylaxemittel aus derselben Kategorie eingesetzt, was einen synergistischen Effekt erklären könnte. Stallspezifische Fehler könnten letztlich untersucht werden, wenn vor dem Einsatz alternative Prophylaxemittel wiederholt Tierbonituren stattgefunden hätten und die Ergebnisse der Ställe im Voraus verglichen worden wären. Die Berücksichtigung stallspezifischer Fehler hätte dann analog zu dem Vorgehen bei der Auswertung des Leistungsdaten der Mastdurchgänge durch eine Auswertung mittels relativer Unterschiede zwischen Stall 1 und Stall 2 im zeitlichen Verlauf unter dem Einsatz alternativer Prophylaxemittel erfolgen können.

## **3.2 Beobachtete Effekte nach Prophylaxemittelkategorie**

### **3.2.1 Aromastoffe**

Die gruppierte Auswertung der eingesetzten alternativen Prophylaxemitteln nach Produktkategorien ergab für die Produktkategorie Aromastoffe einen überproportionalen, jedoch nicht signifikanten Rückgang der prozentual verworfenen Kilogramm (relative Kennzahl 3;  $p = 0,131$ ). Hierbei konnte der auf Betrieb 4

eingesetzte Aromastoff keine Berücksichtigung finden (s.a. **Tabelle 9**, S. 59, pro 4-6), auch wenn dort die prozentual verworfenen Kilogramm (relative Kennzahl 3) ebenfalls überproportional, im arithmetischen Mittel um 47,07 %, unterhalb der Verwürfe des Vergleichsstalles lagen. Da für den Einsatz des Aromastoffpräparates in diesem Betrieb kurzfristig auf einen dritten Stall des Betriebes ausgewichen werden musste, wäre der Vergleich zu den retrospektiven relativen Kennzahlen des eigentlichen Stallpaares nicht mit dem hier vorliegenden Auswertungsmodell vereinbar. Da dieser Ersatzstall dennoch baugleich war und nach derselben Haltungsform bewirtschaftet wurde, fand die ausschließlich prospektive Erhebung tierbasierter Tierwohlparameter wie gewohnt statt.

Bei der gruppierten statistischen Auswertung der tierbasierten Tierwohlparameter, wurde für die Masthühner, die als alternative Prophylaxemittel Präparate aus der Kategorie Aromastoffe erhielten, eine signifikante Verbesserung der Beurteilungskriterien Verschmutzungsgrad ( $p = 0,016$ ) und Fersenbeinhöcker ( $p = 0,015$ ) im Vergleich zu den Masthühnern ohne diese Mittel festgestellt. Zwei der vier berücksichtigten Mastdurchgänge waren auch auf Einzeldurchgangsebene in dem Beurteilungskriterium Verschmutzungsgrad signifikant besser (s.a. **Tabelle 17**, S. 76). Da die Masthühner der anderen beiden bonitierten Mastdurchgänge (andere alternative Prophylaxemittel) dieser Betriebe in diesen Ställen jedoch jeweils nicht signifikant sauberer waren, wird kein stallspezifischen Fehler angenommen, wenngleich sich dies nur durch Vergleichsbonituren ohne jeglichen Prophylaxemiteleinsetz bestätigen ließe (s.a. Kap. VI.3.1 Beobachtete Effekte betriebs- und durchgangsübergreifend). In dem Beurteilungskriterium Fersenbeinhöcker war auf Einzeldurchgangsebene kein signifikanter Unterschied feststellbar, sondern erst bei der gruppierten Auswertung durch die Zusammenfassung der Ergebnisse aller prospektiven Mastdurchgänge unter dem Einsatz der Aromastoffe.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurden die Verwurfsursachen nicht differenziert betrachtet. Daten der deutschlandweiten Erhebung für Genussuntauglichkeitsründe beim Masthuhn identifizieren für das Jahr 2022 tiefe Dermatitis (4,1 Millionen Beanstandungen) und Bauchwassersucht (Aszites) (rund 2 Millionen Beanstandungen) als Hauptverwurfsursachen (DESTATIS, 2022). Eine ähnliche Verteilung von Ursachen für die Verwürfe, mit Hautverkratzungen und Aszites als die beiden häufigsten Gründe, wurde auch von JUNGHANS et al. (2022)

beobachtet. Hautverletzungen können auch bei Masthühnern langsam wachsender Genetik auftreten (LOUTON et al., 2019), jedoch ist die Inzidenz bei schnellwachsenden und schweren Linien häufiger (WESTERMAIER, 2015; FORSETH et al., 2023). In der Regel werden Hautverletzungen beim Masthuhn durch Sekundärinfektionen mit *Escherichia coli* aufrechterhalten (MESSIER et al., 1993). Aszites, als zweithäufigste bei Masthühnern beobachtete Verwurfsursache, geht mit pulmonaler Hypertension und Rechtsherzversagen einher, während die vollständige Ätiologie noch ungeklärt ist, werden genetische Komponenten und umweltbedingte Einflussfaktoren, wie schlechte, sauerstoffarme Luftqualität, vermutet (CRESPO, 2020). Ein deutlicher Zusammenhang wird zwischen Aszites und hohen Tiergewichten gesehen (HARTCHER & LUM, 2020).

Pathologische Veränderungen an den Fersenbeinhöckern sind bei Masthühnern nicht selten Kontaktdermatitiden und können analog zu Veränderungen der Fußballen aus feuchter Einstreu resultieren (DE JONG et al., 2014; BERG & BUTTERWORTH, 2021). Ebenso werden ein hohes Tier- respektive Schlachtgewicht, die Fütterung und die Genetik als prädisponierende Faktoren für ein vermehrtes Auftreten von Läsionen an den Fersenbeinhöckern diskutiert (SØRENSEN et al., 2000; KJAER et al., 2006; HASLAM et al., 2007; ASK, 2010). Die Einstreu- feuchte ist neben der Abhängigkeit von Umgebungsfaktoren wie Luftfeuchtigkeit, Besatzdichte, Umgebungstemperatur, letztlich auch maßgeblich von einer erhöhten Wasseraufnahme- und Ausscheidung durch das Geflügel abhängig (MEYER & KAMPHUES, 2014). Die Wasseraufnahme wird beim Geflügel durch die Fütterung beeinflusst, sodass diese über die Einstreuqualität auch die Prävalenz von Kontaktdermatitiden beeinflussen kann (SWIATKIEWICZ et al., 2017). Die gleichzeitige Zunahme im Verschmutzungsgrad und das Auftreten höhergradige Läsionen an den Fersenbeinhöckern in den Vergleichsställen konnte auch in anderen an Masthühnern durchgeführten Untersuchungen beobachtet werden und war dort darüber hinaus mit einem verlängertem Liegeverhalten oder schlechtem Gangbild assoziiert. Z.B. stellten ABEYESINGHE et al. (2021) fest, dass ein verlängertes Liegen bei Masthühnern eine Verschlechterung des Verschmutzungsgrades und vermehrtem Auftreten von Läsionen an den Fersenbeinhöckern einhergeht. GRANQUIST et al. (2019) konnten zeigen, dass Masthühner mit einem schlechten Gangbild auch signifikant öfter an Läsionen der Fußballen und Fersenbeinhöcker litten und einen signifikant schlechteren Verschmutzungsgrad des Gefieders aufwiesen.

JUNGHANS et al. (2022) vermuten, dass feuchtere Einstreu durch ein Verkleben der scharfen Krallen zu weniger Hautverletzungen führen kann, was niedrigere Verwürfe erklären könnte. Da in den hier vorliegenden Untersuchungen sowohl der Durchschnittscore Fußballen Schlachthof (relative Kennzahl 6), als auch die Fußballenergebnisse der Tierbonitur nicht signifikant schlechter waren und die Läsionen an den Fersenbeinhöckern und der Verschmutzungsgrad signifikant besser waren, ist nicht von einer schlechteren Einstreuqualität als Ursache für die reduzierten Verwürfe auszugehen. Sowohl der Rückgang in den prozentual verworfenen Kilogramm (relative Kennzahl 3) als auch die signifikante Verbesserung in den tierbasierten Tierwohlindikatoren Verschmutzungsgrad und Fersenbeinhöckerläsionen könnten jeweils aus einem reduzierten Körpergewicht der Tiere resultieren.

Studien zur Auswirkung pflanzlicher Futtermittelzusatzstoffe auf Kontaktdermatiden bei Masthühnern gibt es derzeit nur wenige, wie auch YILMAZ (2024) in einer aktuellen Literaturstudie feststellt. Die Studienlage, inwiefern Aromastoffe das Wachstumsverhalten und Endgewicht der Masthühner beeinflusst, ist widersprüchlich und vielfach konnte durch die Supplementierung von Aromastoffen kein Effekt auf das erzielte Körpergewicht nachgewiesen werden (BOTSOGLOU et al., 2002; JANG et al., 2007; AMAD et al., 2013). Dahingegen konnten in anderen Studien eine signifikante Verbesserungen der Körpergewichte bei Masthühnern durch die Verabreichung einer Mischung aus Kräutern und Pflanzenextrakten (KHATTAK et al., 2014; DOKOU et al., 2023) oder durch ein Monopräparat aus Oregano (PENG et al., 2016) nachgewiesen werden. Die große Anzahl pflanzlicher Komponenten und deren synergistische oder antagonistische Wirkung könnten Ursache für diese nicht einheitlichen Ergebnisse sein (BRENES & ROURA, 2010). Langsamere Wachstumsraten gehen beim Masthuhn mit einer besseren Befiederung einher (ZHOU et al., 2024), was zu einem besseren Schutz vor Hautverletzungen und damit zu geringeren Verwürfen führen könnte. Ob von den in Aromastoffen enthaltenen Polyphenole oder ätherischen Ölen beruhigende Effekte ausgehen und dadurch weniger Hautverletzungen ausgelöst werden, ist in Studien bislang nicht untersucht. Eine vermehrte Agilität der Tiere muss ohnehin nicht zu vermehrtem Auftreten von Hautverletzungen führen, könnte eine bessere Beweglichkeit auch bedeuten, dass sich Tiere unter hoher Besatzdichte besser aus dem Weg gehen können (FORSETH et al., 2023), voraus gesetzt die zur Verfügung stehende Stallfläche lässt dies zu. Denkbar wäre, dass die signifikant besseren Fersenbeinhöcker

und der signifikant bessere Verschmutzungsgrad auf einem generell besseren Zustand des weniger belasteten Bewegungsapparates leichterer Tiere beruhen und sich die Tiere dadurch außerdem besser ausweichen und vor Verkratzungen schützen konnten, was den Rückgang bei den Verwürfen erklären könnte. Eine nähere Untersuchung dieser Kausalität könnte in Folgestudien einerseits z.B. durch Ganganalysen, durch Analyse des Liegeverhaltens oder durch Wiegen der Tiere untersucht werden. Effekte auf das Körpergewicht durch den Einsatz von Aromastoffen könnten auch unter Praxisbedingungen untersucht werden, wenn der Versuchsaufbau den Verzicht der partiellen Vorausstallung (Vorgriff) über mehrere Mastdurchgänge enthält. So könnte über mehrere Mastdurchgänge hinweg ein nicht durch den Vorgriff beeinflusstes Durchschnittsgewicht der Tiere gemessen werden und der Effekt von Aromastoffen auf das Gewicht der Tiere unter Praxisbedingungen ermittelt werden.

### 3.2.2 PPEM

Die gruppierte Auswertung der 15 prospektiven Mastdurchgänge, die Präparate aus der Kategorie Probiotika, Prä-/Probiotika-Kombinationen und Effektive Mikroorganismen (PPEM) als alternative Prophylaxemittel erhielten, ergab eine signifikante Verschlechterung in der relativen Kennzahl 4 (Futterverwertung). War die Futterverwertung in den retrospektiven Mastdurchgängen in den Ställen 2 gegenüber den Ställen 1 durchschnittlich 0,02 % schlechter, nahm dies auf durchschnittliche 2,47 % in den prospektiven Mastdurchgängen zu ( $p = 0,037$ ). Zur Veränderung der Futterverwertung von Masthühnern während dem Einsatz von Prä- und Probiotika finden sich in der Literatur widersprüchliche Angaben. Eine aktuelle Studie mit insgesamt 1620 Masthühnern kommt zu dem Ergebnis, dass die Futterverwertung durch ein Probiotikum bestehend aus *Bacillus subtilis* und *Bacillus licheniformis* eine signifikante Verbesserung der Futterverwertung im Vergleich zu der Kontrollgruppe erzielen konnte (BISWAS et al., 2023). Dahingegen konnte PARK et al. (2020) für *Bacillus subtilis* keine signifikante Verbesserung der Futterverwertung nachweisen, wobei das Studiendesign insgesamt 84 Masthühner einschloss. Studien zum Einsatz effektiver Mikroorganismen (Multistamm-Probiotika) konnten an 60 bzw. 240 Masthühnern eine signifikante Verbesserung der Futterverwertung nachweisen (ESATU et al., 2011; JWHER et al., 2013). Auch Untersuchungen zu *Saccharomyces cerevisiae* konnten einerseits zu einer verbesserten Futterverwertung bei  $n = 320$  Masthühnern führen (WANG et al., 2021).

Andererseits gibt es auch Studien, bei denen der vergleichende Einsatz von *Bacillus spp.*, *Lactobacillus spp.*, präbiotischen Mannan-Oligosacchariden aus *Saccharomyces cerevisiae*, sowie Fructo-Oligosacchariden jeweils keine signifikanten Unterschiede in der Futtermittelverwertung zur Kontrollgruppe bewirken konnten (ALKHALAIFA et al., 2019). Ein Synbiotikum aus *Bifidobacterium spp.*, *Enterococcus spp.*, *Lactobacillus spp.* und Fructo-Oligosacchariden, konnte in einer Untersuchung von in sechs Ställen mit jeweils mehr als 5.000 Masthühnern zu einem signifikantem Rückgang der Mortalität und zu einer signifikanten Verbesserung der Futtermittelverwertung führen (PRENTZA et al., 2023). Auf Betrieb 4 fand ein Präparat mit ähnlicher Zusammensetzung Anwendung (pro 1-3) und konnte ebenso zu rückläufigen Effekten in der prozentualen Stallmortalität (relative Kennzahl 1) führen, die im arithmetischen Mittel in Stall 2 46,42 % niedriger als in Stall 1 waren (SD 11,95), die Veränderung zu den retrospektiven Mastdurchgängen war jedoch nicht signifikant ( $p = 0,282$ ). Die Futtermittelverwertung konnte auf diesem Betrieb nicht erfasst werden. Für die anderen eingesetzten Präparate konnte ein signifikanter Rückgang der Futtermittelverwertung (relative Kennzahl 4) festgestellt werden ( $p = 0,037$ ). Dies könnte möglicherweise dem Versuchsaufbau unter Praxisbedingungen und den großen Tierzahlen geschuldet sein. Eine systematische Meta-Analyse, die u.a. Ergebnisse zur Futtermittelverwertung aus 46 Studien zum Einsatz von Probiotika bei Masthühnern einschloss kam zu dem Ergebnis, dass signifikante Veränderungen ausnahmslos bei Studien mit weniger als 600 Masthühnern auftraten (BLAJMAN et al., 2014). Darüber hinaus wurde nur eines der hier eingesetzten Präparate der Kategorie PPEM kontinuierlich während der gesamten Mastdauer eingesetzt, während alle anderen Präparate an höchstens sieben Masttagen Anwendung fanden. Während als Mechanismen der Probiotika die Stabilisierung des intestinalen Mikrobioms und ein bessere Abwehrlage gegenüber Infektionserregern durch Immunmodulation vermutet werden, sind außerdem Nachweise der Stimulation des Darmzotten und damit eine Vergrößerung der intestinalen Oberfläche nachgewiesen (RAMLUCKEN et al., 2020). Von letzteren wird u.a. auch die Theorie der besseren Futtermittelverwertung abgeleitet, wobei in diesem Zusammenhang auch genannt wird, dass die Wirksamkeit von Probiotika von dem Gesundheitsstatus der Herde abhängig ist (YAQOOB et al., 2022).

Im Vergleich zu den Tieren der Vergleichsställe schnitten die Masthühner die alternative Prophylaxemittel der Kategorie PPEM erhielten, signifikant besser in dem

Beurteilungskriterium Fußballengesundheit ab ( $p < 0,001$ ). In zwei dieser fünf ausgewerteten Mastdurchgänge war auch auf Einzeldurchgangsebene bereits eine signifikante Verbesserung erkennbar (jeweils  $p < 0,001$ ). Analog zu den signifikanten Ergebnissen in der Fußballengesundheit der Tierbonitur, verbesserten sich auch die aus den Schlachthofdaten übermittelten Fußballenscores (relative Kennzahl 6) im arithmetischen Mittel zu dem Vergleichsstall, jedoch nicht signifikant ( $p = 0,325$ ). Einen positiven Einfluss auf die Fußballengesundheit von Masthühnern durch Probiotika konnten BONOS et al. (2021) und BRUGALETTA et al. (2020) feststellen. Eine schlechte Fußballenqualität wird bei Masthühnern in der Regel durch eine schlechte, feuchte Einstreuqualität begünstigt (SHEPHERD & FAIRCHILD, 2010; DE JONG et al., 2014). Die Einstreuqualität ist maßgeblich von unterschiedlichen Managementfaktoren, aber auch von der Wasseraufnahme und -ausscheidung der Masthühner abhängig (MEYER & KAMPHUES, 2014). Einen großen Einfluss auf die Einstreuqualität und damit die Fußballengesundheit hat auch die Fütterung der Tiere (SWIATKIEWICZ et al., 2017). Über eine Stabilisierung der Darmgesundheit wird eine stabilere Kotkonsistenz erreicht (EL-HACK et al., 2020) und das Verdrängen pathogener Keime reduziert die Prävalenz infektiös bedingter Diarrhoen (DONG et al., 2024), so die erklärenden Mechanismen, wie Probiotika zu einer besseren Einstreuqualität und dadurch gesünderen Fußballen führen könnten. Ein weiterer diskutierter Effekt ist die Besiedlung positiver Keime auf die Umgebung und die Haut der Tiere, sodass ein positives, schützendes Hautmilieu entsteht (YILMAZ, 2024). Als größtes Organ des Körpers hat die Haut eine maßgebliche Schutzfunktion, die u.a. durch eine natürliche Mikroflora aufrechterhalten wird (ROSS et al., 2019). Gezielte Untersuchungen zur natürlichen mikrobiellen Hautflora beim Huhn gibt es laut RYCHLIK et al. (2023) bis dato jedoch kaum.

### 3.2.3 Huminsäuren

Für die alternativen Prophylaxemittel der Kategorie Huminsäuren konnte in einem generalisierten, multifaktoriellen Modell das die Betriebszugehörigkeit berücksichtigt, ein signifikanter Rückgang in der Stallmortalität in % (relative Kennzahl 1) im Vergleich zu den retrospektiven Mastdurchgängen festgestellt werden ( $p = 0,002$ ). Als einzige relative Kennzahl war dieser Effekt auch beim Vergleich der relativen Kennzahlen auf Einzelbetriebsebene (Betrieb 5) mittels Mann-Whitney U Test signifikant ( $p = 0,009$ ), wo außerdem der Rückgang in den Gesamtverlusten inkl. Verwurf (relative Kennzahl 2) für signifikant erklärt werden konnte ( $p = 0,018$ ).

Bei der Auswertung der tierbasierten Tierwohlintikatoren konnte eine signifikante Verbesserung der Läsionen der Fersenbeinhöcker festgestellt werden. In den Ställen mit alternativen Prophylaxemitteln der Kategorie Huminsäuren lag der Anteil von Tieren mit tadellosen Fersenbeinhöckern um 31 Prozentpunkte höher als in den Vergleichsställen ( $p < 0,001$ ). Während die Fußballengesundheit in einem Betrieb signifikant schlechter war ( $p = 0,001$ ), zeigten sich auf dem anderen Betrieb ( $p = 0,334$ ) sowie in der Gesamtbetrachtung beider Betriebe ( $p = 0,108$ ) jeweils keine signifikanten Differenzen in diesem Beurteilungskriterium. Gegensätzlich zu dieser in der Bonitur beobachteten, signifikanten Verschlechterung der Fußballengesundheit auf einem Betrieb, sind die Ergebnisse der Auswertung des Durchschnittscore Fußballen Schlachthof (relative Kennzahl 6), wo eine überproportionale, wenn auch nicht signifikante Verbesserung der im arithmetischen Mittel erzielten Scores für die Ställe mit Huminsäuren beobachtet werden konnte. Einerseits kann dies dennoch plausibel sein, da die Erfassung der tierbasierten Tierwohlintikatoren nur in einem Mastdurchgang erfolgte, während für die Auswertung der Mastdurchgänge jeweils alle drei Mastdurchgänge eines Betriebes einbezogen werden konnten. Dass die im Stall befundeten Ergebnisse der Fußballengesundheit bei Masthühnern durchaus von den Ergebnissen am Schlachthof abweichen können, konnten auch LOUTON et al. (2020) feststellen.

Die Supplementierung der Huminsäuren erfolgte in den vorliegenden Untersuchungen präparatabhängig zu 500 bis 750 Gramm pro Tonne Futter. Auf dem Betrieb, der die höhere Dosierung einsetzte, fand gegen Ende der Mastdurchgänge jeweils eine prozentuale Erhöhung der Weizenbeimischung zur Futtermischung statt, sodass auch dort am Mastende von einer 0,05 %igen Huminsäurenkonzentration im Futter ausgegangen werden kann. In dieser Konzentration konnte in den hier vorliegenden Untersuchungsergebnissen keine signifikante Veränderung in der Futtermittelverwertung (relative Kennzahl 4) festgestellt werden. Dies geht auch mit den Untersuchungen von LIU et al. (2024) einher, die mit Konzentrationen zwischen 0,05 % und 0,3 % ebenfalls keine Verbesserungen der Futtermittelverwertung beobachten konnten. TANG et al. (2023) konnten bei einer Supplementierung von 0,15% - 0,5% in den ersten sieben Masttagen, nicht jedoch über die gesamte Mastdauer, eine Verbesserung der Futtermittelverwertung beobachten. Dem gegenüber stehen Untersuchungen von ARIF et al. (2016), in denen mit ähnlichen Konzentrationen ab 0,15 % bis 0,3 %, nicht jedoch darunter, eine signifikante Steigerung der Futtermittelverwertung im Vergleich

zur Kontrollgruppe erzielt werden konnte. Auch TAKLIMI et al. (2012) konnten eine gesteigerte Futterverwertung bei Huminsäurekonzentrationen von 0,1 %, 0,2 % und 0,3 % beobachten. Möglicherweise waren die in der vorliegenden Studie die untersuchten Herstellerempfehlungen von 0,05 % bzw. 0,075 % zu gering, um Auswirkungen auf die Futterverwertung zu messen. Die signifikant reduzierte Stallmortalität in % könnte auf eine Stabilisierung der Darmgesundheit zurückzuführen sein. Sowohl TANG et al. (2023) und LIU et al. (2024) konnten signifikante Veränderungen nach der Verabreichung von Huminsäuren in der Zusammensetzung des intestinalen Mikrobioms beobachten. Während in der ersten Studie außerdem gezeigt wurde, dass die Integrität der Darmwand durch Huminsäuren gestärkt werden kann, konnte in der zweiten Studie ein Anstieg der Serumimmunglobulinkonzentration festgestellt werden. Beides könnte für eine bessere Resistenz gegenüber Infektionskrankungen sprechen und somit eine mögliche Ursache für die signifikant verringerte Stallmortalität in % (relative Kennzahl 1) sein.

Läsionen an den Fersenbeinhöckern und Fußballen können bei Masthühnern aus feuchter Einstreu resultieren (DE JONG et al., 2014; BERG & BUTTERWORTH, 2021), hängen aber auch maßgeblich mit dem Tiergewicht der Tiere zusammen (KJAER et al., 2006; HASLAM et al., 2007). Gezielte Untersuchungen zum Einfluss von Huminsäuren auf tierbasierte Tierwohlintikatoren sind kaum vorhanden. In einer Untersuchung konnten durch die Supplementierung von Huminsäuren über das Futter und in der Einstreu keine signifikanten Effekte auf die Fußballengesundheit bei Masthühnern festgestellt werden. Läsionen an den Fersenbeinhöckern wurden dabei nicht evaluiert (SEVIM et al., 2021). Die Fußballenqualität konnte sich in den hier vorliegenden Untersuchungen durch die Huminsäuren ebenfalls nicht verbessern, sondern auf einem Betrieb wurde eine signifikante Verschlechterung festgestellt. Wenngleich die Einstreuqualität nicht evaluiert wurde, ist nicht von einer besseren Einstreuqualität als Ursache für die hochsignifikante Verbesserung der Läsionen an den Fersenbeinhöckern auszugehen. Ein verändertes Bewegungsmuster oder Liegeverhalten, sodass zwar die Fußballen, jedoch nicht die Haut der Fersenbeinhöcker mit der Einstreu in Kontakt standen, wurde mit der Verabreichung von Huminsäuren bislang nicht beschrieben und konnte in den vorliegenden Untersuchungen nicht evaluiert werden. Als Fazit müsste in Folgeuntersuchungen eine Evaluation der Einstreu in Kombination mit der Beobachtung des Liegeverhaltens der Tiere erfolgen (ABEYESINGHE et al., 2021), um die hier festgestellte

Divergenz zwischen dem eigentlich positiv korrelierten Auftreten von Fersenbeinläsionen und der Fußballen zu erklären (HASLAM et al., 2007).

### 3.2.4 Klinoptilolithe

In der Kategorie der Klinoptilolithe konnte in keiner der relativen Kennzahlen eine signifikante Veränderung evaluiert werden. Für die Futtermittelverwertung (relative Kennzahl 4) standen neun retro- und drei prospektive Mastdurchgänge eines einzelnen Betriebes zur Verfügung, da auf dem anderen Betrieb keine stallspezifische Erfassung der Futtermenge möglich war. Eine signifikante Veränderung ergab die Erhebung der tierbasierten Tierwohlindikatoren, wo es zu einer signifikanten Verbesserung der Läsionen an den Fersenbeinhöckern bei den Masthühnern mit alternativen Prophylaxemitteln der Kategorie Klinoptilolithe kam. Die Normalerweise positive Korrelation zwischen den Parametern Fersenbeinhöckerläsionen und der Fußballengesundheit (HASLAM et al., 2007) konnte hier nicht beobachtet werden, da auf beiden Betrieben in den Vergleichsställen ebenfalls eine sehr gute Fußballenqualität vorherrschte (s.a. **Tabelle 21**, S. 79). Während SUCHÝ et al. (2006) und KARAMANLIS et al. (2008) bei Klinoptilolith-Konzentrationen von 1 % bis 2 % im Futter keine signifikanten Verbesserungen in der Futtermittelverwertung beobachteten, konnten NIKOLAKAKIS et al. (2013) für Konzentrationen von 2 % und 3 % eine signifikante Verbesserung der Futtermittelverwertung feststellen. In der hier vorliegenden prospektiven Untersuchung wurden die Klinoptilolithe, bei dem Betrieb, dessen Futtermittelverwertung in der Auswertung Berücksichtigung finden konnte, zu 0,5 % des Futters beigemischt und außerdem zu 15 % der Einstreu appliziert. Die gesicherte orale Aufnahme betrug somit maximal 0,5 % des Futters, weshalb unter Anbetracht der o.g. Ergebnisse der Studie von NIKOLAKAKIS et al. (2013) eine höhere Klinoptilolith-Konzentration hätte gewählt werden können. Andererseits konnten in anderen Studien ab einer Konzentration von bereits 1 % im Futter nachteilige Effekte beobachtet werden (ABDELRAHMAN et al., 2023). Letztlich werden die wechselhaften Effekte auch auf die schwankende natürliche Zusammensetzung (Reinheit) und die Partikelgröße der untersuchten Klinoptilolithe zurückgeführt (WU et al., 2013a).

Dass durch den Einsatz der Klinoptilolithe keine signifikanten Effekte auf die Leistungsparameter (relative Kennzahlen) festgestellt werden konnten, könnte sich möglicherweise dadurch erklären, dass die förderlichen Eigenschaften der

alternativen Prophylaxemittel aus dieser Kategorie in besonders hohem Maße von dem Vorliegen negativer Einflussfaktoren abhängig sind. So kann sich die beschriebene feuchtigkeitsbindende Wirkung der Klinoptilolithe (MASTINU et al., 2019) nur bei feuchter Einstreu in einer Verbesserung der Fußballenqualität niederschlagen. Die in Studien gezeigte protektive Wirkung bei mit Aflatoxinen kontaminiertem Futter (OGUZ & KURTOGLU, 2000; RAJ et al., 2021) kann sich ebenfalls nur zeigen, wenn eine solche Problematik vorliegt. Die kombinierte Applikation eines Multistamm-Probiotikums und Klinoptilolithen konnten bei mit *Eimeria tenella* infizierten Masthühnern zu signifikant weniger Läsionen des Darmepithels im Vergleich zu der Kontrollgruppe führen (CISZEWSKI et al., 2022). Der Zusatz von Klinoptilolithe konnte auch die Salmonellenausscheidung von Masthühnern reduzieren (AL-NASSER et al., 2011; WU et al., 2013a). Da Enteritiden beim Geflügel auch mit einer schlechten Einstreuqualität (MEYER & KAMPHUES, 2014) und daher mit einer schlechten Fußballengesundheit einhergehen, ist denkbar, dass sich die Effekte auf tierbasierte Tierwohlintikatoren wie Kontaktdermatitiden, insbesondere auch bei dem Auftreten enteraler Infektionserkrankungen durch Klinoptilolithe, lindern lassen. Bei Untersuchung der Einstreufeuchte konnte in Studien bei Masthühnern gezeigt werden, dass diese durch Klinoptilolithe reduziert werden kann (KARAMANLIS et al., 2008; NIKOLAKAKIS et al., 2013).

### 3.2.5 Säuren

Während die weiterführende statistische Auswertung der Futterwertung (relative Kennzahl 4) in einem generalisierten, multifaktoriellen Modell eine signifikante Verbesserung in den Mastdurchgängen mit alternativen Prophylaxemitteln aus der Kategorie Säuren ergab ( $p = 0,023$ ) ergab, konnten in der Tierbonitur keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Hinsichtlich der Ergebnisse der Futterwertung muss Beachtung finden, dass hier nur eine kleine Anzahl an Mastdurchgängen von zehn retrospektiven bzw. sechs prospektiven Mastdurchgängen berücksichtigt ist und eine Tierbonitur somit nur in zwei Ställen mit alternativen Prophylaxemitteln und zwei zugehörigen Vergleichsställen erfolgen konnte.

Eine Verbesserung der Futtermittelverwertung durch Säurezusätze wurde bei Masthühnern mehrfach festgestellt (CHOWDHURY et al., 2009; KIM et al., 2015; GADDE et al., 2017; KHAN et al., 2022; BIALKOWSKI et al., 2023). Die Verbesserung der Futtermittelverwertung durch Säurezusätze ist deshalb eine akzeptierte Indikation für

deren Einsatz in der Geflügelernährung (JEROCH et al., 2019). Die Verbesserung wird durch z.B. durch eine pH-Wert Absenkung des Chymus und dadurch bessere Aufschließbarkeit der Futterbestandteile vermutet (QUI, 2023). Auch die nachweisliche Vergrößerung der Darmzotten und die Hemmung des Wachstums schädlicher Keime (JEROCH et al., 2019) sollen Ursache für eine gesteigerte Futterverwertung sein. Eine Steigerung der Futterverwertung konnte insbesondere für Mischpräparate, die aus mehr als einer Säure bestehen, gezeigt werden (POLYCARPO et al., 2017), was auch für eines der beiden hier eingesetzten Präparate zutrifft. Zu Untersuchung des Effekts von Säuren auf tierbasierten Tierwohllindikatoren liegen bislang nur wenige Untersuchungen vor. In vitro konnte gezeigt werden, dass organische Säuren den pH-Wert, die Ammoniakkonzentration und das Bakterienwachstum in Einstreu und Kot aus Masthuhnställen reduzieren kann (IVANOV, 2001). Da die Einstreuqualität maßgeblich von der Fütterung abhängt (SWIATKIEWICZ et al., 2017) und Säurezusätze die Verdaulichkeit des Futters beeinflussen (JEROCH et al., 2019; KHAN et al., 2022) wären auf diesem Umweg auch Auswirkungen von Säuren auf die Einstreuqualität, respektive die Inzidenz von Kontaktdermatitiden denkbar. Organische Säuren haben einen nachweislichen Effekt auf die Mineralstoffabsorption bei Masthühnern und eine Steigerung der oralen Bioverfügbarkeit von Calcium konnte für Masthühner nachgewiesen werden (ISLAM, 2012; LIESEGANG et al., 2012; KATOCH et al., 2023). Da nutritive Defizite die Ausbildung des skelettalen Systems beeinflussen (CRESPO, 2020) und ein schlechtes Gangbild mit Kontaktdermatitiden einhergeht (GRANQUIST et al., 2019), wäre auch eine Verbesserung tierbasierten Tierwohllindikatoren durch Säuren über eine positive alimentäre Beeinflussung des Mineralstoffwechsels denkbar. Dass Effekte dieser Art nicht gesehen werden, könnte den heutzutage gut abgestimmten Futterrationen und der damit geringen Prävalenz von Unterversorgungen mit Spuren- und Mengenelementen zu verdanken sein. Zum anderen muss diskutiert werden, ob der antimikrobielle Effekt organischer Säuren auf Darmpathogene besonders während Zeiten höherer Belastung Effekte zeigen kann (KHAN et al., 2022). Durch hygienisierenden Effekte organischer Säuren auf das Tränkwasser (HAJATI, 2018), die eine ausreichend lange Einwirkzeit unter bestimmten Konzentrationen und auch Temperaturvoraussetzungen erfordern (CARVALHO et al., 2022), ist eine Senkung des Infektionsdrucks und dadurch zu höhere Leistungs- und eine Verbesserung der Tierwohlparameter denkbar (YILMAZ, 2024).

## VII. Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Auswirkungen alternativer Prophylaxemittel in Masthühnerbeständen auf den Antibiotikaeinsatz, Leistungsparameter und Tierwohlindikatoren zu untersuchen. Die evaluierten Produkte aus den Bereichen zugelassener Futtermittelzusatzstoffe oder Einzelfuttermittel konnten den fünf Kategorien phyto gene Aromazusatzstoffe, PPEM (Probiotika, Prä-/Probiotika-Kombinationen, Effektiven Mikroorganismen), Huminsäuren, Klinoptilolithe und Säuren zugeteilt werden. In einer prospektiven Untersuchung wurden insgesamt 15 alternative Prophylaxemittel auf fünf Masthuhn haltenden Betrieben eingesetzt. Die Betriebe hielten Masthühner nach drei unterschiedlichen Haltungsformen. Neben der Auswertung neun prospektiver Mastdurchgänge mit alternativen Prophylaxemitteln erfolgte auf jedem Betrieb auch eine Datenerfassung und Auswertung in einem parallel bewirtschafteten, weitestgehend baugleichen Vergleichsstall. Für beide Ställe wurden außerdem neun retrospektive Mastdurchgänge ausgewertet und in die Datenauswertung mit einbezogen. In der Summe konnten 180 Mastdurchgänge über einen zeitlichen Horizont von zweieinhalb Jahren ausgewertet werden, was einer Gesamt tierzahl von 4.527.411 eingestellten Masthühnern entspricht. Auf jedem Betrieb wurden drei unterschiedliche alternative Prophylaxemittel über jeweils drei Mastdurchgänge prospektiv eingesetzt. Für die Applikationsart und -dauer fand eine Orientierung an den jeweiligen, von den Herstellern empfohlenen, Einsatzschemata statt. Statistische Effekte wurden anhand sechs abgeleiteter relativer Kennzahlen, die jeweils die Ergebnisse des Vergleichsstalls berücksichtigen, in Relation zu den Ergebnissen retrospektiver Mastdurchgänge ausgewertet. Auf Ebene der 15 eingesetzten alternativen Prophylaxemittel konnte über die Einsatzdauer von drei Mastdurchgängen bei einem Präparat aus der Kategorie Huminsäuren in der Stallmortalität in % ( $p = 0,009$ ) und in den Gesamtverlusten inkl. Verwurf in % ( $p = 0,018$ ) eine signifikante Verbesserung verzeichnet werden. In der durchgeführten gruppierten Auswertung alternativer Prophylaxemittel nach den fünf Produktkategorien wurden die Daten der Mastdurchgänge verschiedener Betriebe zusammengefasst. Die Präparate der Kategorie Huminsäuren konnten auch in dieser Auswertung zu einer signifikanten Verringerung der Stallmortalität in % führen ( $p = 0,002$ ). Für die Präparate der Kategorie Säuren konnte eine signifikante Verbesserung der Futtermittelverwertung festgestellt werden ( $p = 0,023$ ), während die Produkte der

Kategorie PPEM zu einer signifikanten Verschlechterung der Futterverwertung führten ( $p = 0,037$ ).

Jedes der alternativen Prophylaxemittel wurde über drei aufeinanderfolgende Mastdurchgänge eingesetzt. In dem letzten dieser drei Mastdurchgänge fand eine Erfassung tierbasierter Tierwohlintikatoren (Tierbonitur) bei 50 Masthühnern aus dem Stall mit alternativem Prophylaxemittel, sowie bei 50 Masthühnern aus dem Vergleichsstall statt. Über insgesamt 15 Tierbonituren wurden 1.500 Masthühner auf die fünf Beurteilungskriterien Verschmutzungsgrad, Gefiederzustand, Hautverletzungen, Fersenbeinhöcker und Fußballengesundheit in einer dreistufigen Graduation untersucht. Messbare Effekte durch den Einsatz alternativer Prophylaxemittel konnten insbesondere in den Beurteilungskriterien Fersenbeinhöcker und in der Fußballengesundheit festgestellt werden. So wiesen in der gruppierten Auswertung nach den Prophylaxemittelkategorien Masthühner, bei denen alternative Prophylaxemitteln aus der Kategorie Aromastoffe eingesetzt wurden, signifikant weniger starke Läsionen an den Fersenbeinhöckern ( $p = 0,015$ ) und einen signifikant geringeren Verschmutzungsgrad ( $p = 0,016$ ) auf als die Tiere aus den Vergleichsställen. Bei den alternativen Prophylaxemitteln der Kategorie PPEM konnte eine signifikante Verbesserung der Fußballengesundheit festgestellt werden ( $p < 0,001$ ). Ein signifikanter Rückgang von Läsionen an den Fersenbeinhöckern wurde auch bei den Produkten der Kategorien Huminsäuren ( $p < 0,001$ ) und Klinoptilolithen ( $p = 0,042$ ) dokumentiert.

Effekte der alternativen Prophylaxemittel auf einen Rückgang des Antibiotikaeinsatzes konnten nicht beobachtet werden. Betriebsübergreifend wurden in den prospektiven Mastdurchgängen mit alternativen Prophylaxemitteln an einem Behandlungstag mehr als in den Vergleichsställen antibiotische Wirkstoffe eingesetzt. Im Vergleich zu den retrospektiven Mastdurchgängen des Stalls mit prospektivem alternativem Prophylaxemittelleinsatz nahm die Anzahl an Behandlungstagen mit antibiotischen Wirkstoffen um 59 Behandlungstage zu.

Die Untersuchungen zeigen, dass alternative Prophylaxemittel in einem groß angelegten Feldversuch auf unterschiedliche Messgrößen einschließlich tierbasierter Tierwohlintikatoren bei Masthühnern Einfluss nehmen können. Die Effekte der eingesetzten alternativen Prophylaxemittel sind heterogen und unterscheiden sich zwischen den Produktkategorien. Keine der Produktkategorien konnte in mehr als einer

der evaluierten relativen Kennzahlen signifikante Verbesserungen hervorrufen. Es konnte gezeigt werden, dass drei Mastdurchgänge in der Regel kein ausreichender Beobachtungshorizont sind, um für Einzelpräparate eine Aussage treffen zu können. Während einige der durch den Einsatz der alternativen Prophylaxemittel beobachteten Effekte auf die Leistungsparameter und die tierbasierten Tierwohlintikatoren mit den in der Literatur beschriebenen Mechanismen und Kausalketten erklärbar sind, sind zu anderen Effekten bislang widersprüchliche Erklärungen vorhanden. Dies könnte möglicherweise dem groß angelegten Studiendesign unter Praxisbedingungen geschuldet sein, das sich maßgeblich von vielen bislang zu alternativen Prophylaxemitteln durchgeführten Studien unter standardisierten Versuchsbedingungen unterscheidet. Die Durchführung weiterführender Untersuchungen zu alternativen Prophylaxemitteln unter Praxisbedingungen bei Masthühnern wäre daher angezeigt. Nicht zuletzt auch deshalb, da gezeigt werden konnte, dass der Einfluss alternativer Prophylaxemittel auf tierbasierte Tierwohlintikatoren beachtlich sein kann. Weiterführende Untersuchungen könnten sich auch auf die gezielte Untersuchung von Mittelkombinationen erstrecken. Für jene tierbasierten Tierwohlparameter, für die keine oder nur geringe Effekte beobachtet werden konnten (z.B. Hautverletzungen), sind weiterführende Untersuchungen auch hinsichtlich anderer alternativer Prophylaxemittel oder Prophylaxemaßnahmen notwendig.

## VIII. Summary

The objective of the present study was to evaluate the effects of alternative feed additives on antibiotic usage, performance, and animal-based welfare indicators on broiler-chickens. The evaluated products were eligible feed additives or simple feedstuff and could be categorized in the five categories phytogetic plant extracts, PPEM (probiotics, pre-/probiotics-combinations, effective microorganisms), humic acids, clinoptilolites and acids. In this prospective trial 15 products were tested on five broiler farms. The farms were located in four different German federal states and produced in three different kinds of husbandry systems. On each farm two similar stables were evaluated but only one got the alternative feed additive. For each stable data for nine prospective and nine retrospective fattening periods were collected. In total data from 180 fattening periods, including a total number of 4.527.411 broilers, were collected. In the prospective trial on each farm three different alternative feed additives were evaluated for three fattening periods each. The products were used as recommended in the product data sheets of the producers. Statistical analysis was done by calculating six different relative key performance indicators, that also included the results of the equal stable without the alternative feed additive, set in relation to the retrospective data. The separate evaluation of the different alternative feed additives showed that the supplementation of humic acids could significantly reduce the mortality ( $p = 0,009$ ) and the total number of losses (including number of condemnations) ( $p = 0,018$ ). A further statistical analysis was conducted and data from all fattening periods and all farms were evaluated in a total model in relation to the five product categories. In this analysis a significant reduction for mortality ( $p = 0,002$ ) was reached by using products from the category humic acids, too. While products of the category acids could significantly improve the food conversion ratio ( $p = 0,023$ ), products of the category PPEM led to a significant decline in the food conversion ratio ( $p = 0,037$ ).

Each alternative feed additive was evaluated three fattening periods in a row. In each latter of that fattening periods an evaluation of animal-based welfare indicators was made on 50 animals per stable. In 15 farm visits a total number of 1.500 broiler chickens could be examined for the five criteria soiling of plumage, feather condition, skin scratches, hock burn lesions and foot pad dermatitis. Each criterion was graduated in three scores. Differences were mainly evaluated in the criteria hock

burn lesions and foot pad dermatitis. In relation to the five product categories the broiler chickens supplemented with the phytogetic plant extracts had fewer hock burn lesions ( $p = 0,015$ ) and a cleaner plumage ( $p = 0,016$ ). With supplementation of products from the category PPEM a significant improvement in the criteria foot pad dermatitis was observed ( $p < 0,001$ ). A significant reduction of severeness of hock burn lesions could be observed when humic acids ( $p < 0,001$ ) or clinoptilolites ( $p = 0,042$ ) were used.

No reduction on the antibiotic usage in relation to the usage of alternative feed additives at all could be observed. In the prospective fattening periods with alternative feed additives overarching all farms, antibiotics were used one day more than in the comparable stables. In comparison to the same number of retrospective fattening periods, the number of treatment days with antibiotics increased by 59 in stables in which the prospective alternative feed additives were used.

In this large-scale field trial, it was shown that alternative feed additives could led to significant effects on different parameters including animal-based animal welfare indicators. The effects are various and differ between the product categories. None of the products could alter more than one relative key performance indicator. It could be observed that three fattening periods are usually not enough to test one product of alternative feed additive under practical conditions. However, some of the observed effects due to the usage of alternative feed additives could already be found in the literature, while some shown effects are contrary. One reason could be that this study design under practical in vivo conditions is not comparable to the often-used standardized experimental conditions for testing alternative feed additives. The implementation of further studies with alternative feed additives for broiler chickens should be considered. Not least because there are significant effects on animal-based welfare indicators due the usage of alternative feed additives. Further investigations could also focus on the combination of different kind of alternative feed additives. For those animal-based welfare indicators for which none or only small effects were observed (e.g. skin scratches), research, maybe also for completely new kind of alternative feed additives or other ways for enhancements, should be done.

## IX. Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b> Produktkategorien eingesetzter alternativer Prophylaxemittel .....	32
<b>Tabelle 2:</b> Klassifizierung des Beurteilungskriteriums Verschmutzungsgrad. ....	39
<b>Tabelle 3:</b> Klassifizierung des Beurteilungskriteriums Gefiederzustand.....	39
<b>Tabelle 4:</b> Klassifizierung des Beurteilungskriteriums Hautverletzungen.....	39
<b>Tabelle 5:</b> Klassifizierung des Beurteilungskriteriums Fersenbeinhöcker.....	39
<b>Tabelle 6:</b> Klassifizierung des Beurteilungskriteriums Fußballengesundheit. ....	40
<b>Tabelle 7:</b> Kumulative, betriebsübergreifende Anzahl an Behandlungstagen nach eingesetzten antibiotischen Wirkstoffen .....	51
<b>Tabelle 8:</b> Gruppierung der relativen Kennzahlen 1 bis 6 aller Mastdurchgänge betriebsübergreifend.....	56
<b>Tabelle 9:</b> Gruppierung der relativen Kennzahlen 1 bis 6 auf Betriebsebene (Teil 1 von 3, Fortsetzung s. Folgeseiten) .....	59
<b>Tabelle 10:</b> Gruppierung der relativen Kennzahlen 1 bis 6 nach der Kategorie Aromastoffe inklusive Betrieb 4. ....	63
<b>Tabelle 11:</b> Gruppierung der relativen Kennzahlen 1 bis 6 nach der Kategorie Aromastoffe exklusive Betrieb 4. ....	64
<b>Tabelle 12:</b> Gruppierung der relativen Kennzahlen 1 bis 6 nach der Kategorie PPEM. ....	66
<b>Tabelle 13:</b> Gruppierung der relativen Kennzahlen 1 bis 6 nach der Kategorie Huminsäuren. ....	67
<b>Tabelle 14:</b> Gruppierung der relativen Kennzahlen 1 bis 6 nach der Kategorie Klinoptilolithe. ....	68
<b>Tabelle 15:</b> Gruppierung der relativen Kennzahlen 1 bis 6 nach der Kategorie Säuren.....	69
<b>Tabelle 16:</b> Absolute Häufigkeiten je Score und Beurteilungskriterium aller untersuchten Masthühner (n = 1.500). ....	70
<b>Tabelle 17:</b> Boniturergebnisse Betriebsübersicht.....	76
<b>Tabelle 18:</b> Boniturergebnisse Aromastoffe. ....	77
<b>Tabelle 19:</b> Boniturergebnisse PPEM. ....	78
<b>Tabelle 20:</b> Boniturergebnisse Huminsäuren. ....	78
<b>Tabelle 21:</b> Boniturergebnisse Klinoptilolithe. ....	79
<b>Tabelle 22:</b> Boniturergebnisse Säuren. ....	80

---

<b>Tabelle 23:</b> Liste der Zusammensetzungen der eingesetzten alternativen Prophylaxemittel .....	140
---	-----

## X. Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Visualisierte Darstellung der populationsweiten Therapiehäufigkeit .....	10
<b>Abbildung 2:</b> Schematische Darstellung der Praxiserprobung und der ausgewerteten Mastdurchgänge am Beispiel von Betrieb 1. ....	34
<b>Abbildung 3:</b> Formel zur Berechnung der relativen Kennzahlen .....	43
<b>Abbildung 4:</b> Stallvergleichende Darstellung der Behandlungstage in den retrospektiven Mastdurchgängen. ....	53
<b>Abbildung 5:</b> Stallvergleichende Darstellung der Behandlungstage in den prospektiven Mastdurchgängen. ....	53
<b>Abbildung 6:</b> Grafische Darstellung der Verteilung der Boniturergebnisse der Vergleichsställe gesamt.....	71
<b>Abbildung 7:</b> Grafische Darstellung der Verteilung der Boniturergebnisse der Ställe mit alternativen Prophylaxemitteln gesamt.....	71
<b>Abbildung 8:</b> Beispielfotografien für Score 1 und 2 der erfassten tierbasierten Tierwohlintikatoren .....	72
<b>Abbildung 9:</b> Erfassungsbogen durchgangsbezogene Daten blanko (Teil 1 von 3) .....	141
<b>Abbildung 10:</b> Erfassungsbogen durchgangsbezogene Daten blanko (Teil 2 von 3) .....	142
<b>Abbildung 11:</b> Erfassungsbogen durchgangsbezogene Daten blanko (Teil 3 von 3) .....	143
<b>Abbildung 12:</b> Erfassungsbogen Tierbonitur blanko.....	144

## **XI. Literaturverzeichnis**

- Abdelli N, Solà-Oriol D, Pérez JF. Phytogetic Feed Additives in Poultry: Achievements, Prospective and Challenges. *Animals* 2021; 11: 26.
- Abdelrahman MM, Al-Baadani HH, Qaid MM, Al-Garadi MA, Suliman GM, Alobre MM, Al-Mufarrej SI. Using Natural Zeolite as a Feed Additive in Broilers Diets for Enhancing Growth Performance, Carcass Characteristics, and Meat Quality Traits. *Life* 2023; 13: 1548.
- Abeyesinghe SM, Chancellor NM, Hernandez Moore D, Chang YM, Pearce J, Demmers T, Nicol CJ. Associations between behaviour and health outcomes in conventional and slow-growing breeds of broiler chicken. *Animal* 2021; 15
- Aggrey SE, González-Cerón F, Rekaya R. Chapter 1: Genes associated with functional traits in poultry: implications for sustainable genetic improvement. In: *Achieving sustainable production of poultry meat Volume 2: Breeding and nutrition*. Applegate T, ed. Philadelphia: Burleigh Dodds Science Publishing Limited 2017: 3 - 24.
- Agunos A, Ibuki M, Yokomizo F, Mine Y. Effect of dietary  $\beta$ 1–4 mannobiose in the prevention of *Salmonella enteritidis* infection in broilers. *British Poultry Science* 2007; 48: 331-41.
- Ahrens S. Produktion von Fleisch in der ökologischen Landwirtschaft in Deutschland in den Jahren 2008 bis 2021. 2023; 05.12.2023: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/151846/umfrage/fleischproduktion-der-bio-branche-in-deutschland-seit-2008/>. 06.12.2023.
- Al-Khalaifa H, Al-Nasser A, Al-Surayee T, Al-Kandari S, Al-Enzi N, Al-Sharrah T, Ragheb G, Al-Qalaf S, Mohammed A. Effect of dietary probiotics and prebiotics on the performance of broiler chickens. *Poultry Science* 2019; 98: 4465-79.
- Al-Khalaifah HS. Benefits of probiotics and/or prebiotics for antibiotic-reduced poultry. *Poultry Science* 2018; 97: 3807-15.

- Al-Nasser A, Al-Zenki S, al Saffar O, Abdullah F, Al-Bahouh M, Mashaly M. Zeolite as a Feed Additive to Reduce Salmonella and Improve Production Performance in Broilers. *International Journal of Poultry Science* 2011; 10
- Ali M, Islam MM, Emon S. Effects of Turmeric Powder on Clostridium Perfringens Load in Broiler Chickens. *SAARC Journal of Agriculture* 2020; 18: 209-18.
- Amad AA, Wendler KR, Zentek J (2013) Effects of a phytogetic feed additive on growth performance, selected blood criteria and jejunal morphology in broiler chickens. United Arab Emirates University, Al-Ain
- Amon M, Dobeic M, Sneath RW, Phillips VR, Misselbrook TH, Pain BF. A farm-scale study on the use of clinoptilolite zeolite and De-Odorase® for reducing odour and ammonia emissions from broiler houses. *Bioresource Technology* 1997; 61: 229-37.
- Anthony NB. Chapter 2: A balanced approach to commercial poultry breeding. In: *Achieving sustainable production of poultry meat Volume 2: Breeding and nutrition*. Applegate T, ed. Philadelphia: Burleigh Dodds Science Publishing Limited 2017: 43 - 56.
- Applegate TJ, Klose V, Steiner T, Ganner A, Schatzmayr G. Probiotics and phytoGENICS for poultry: Myth or reality?1. *Journal of Applied Poultry Research* 2010; 19: 194-210.
- Arif M, Rehman A, Saeed M, Elgammal M, Arain M, Haseebbarshad M, Zakria H, Abbasi IH. Impacts of dietary humic acid supplementation on growth performance, some blood metabolites and carcass traits of broiler chicks. *The Indian journal of animal sciences* 2016; 86: 1073-8.
- Armbruster T, Gunter ME. Chapter 1: Crystal Structures of Natural Zeolites. In: *Natural Zeolites Occurrence, Properties, Applications*. David LB, Douglas WM, eds. Berlin, Boston: De Gruyter 2001: 68.
- Ask B. Genetic variation of contact dermatitis in broilers. *Poultry Science* 2010; 89: 866-75.

Attia YA, Bakhashwain AA, Bertu NK (2018) Utilisation of thyme powder (*Thyme vulgaris* L.) as a growth promoter alternative to antibiotics for broiler chickens raised in a hot climate. 15

Attri S, Singh N, Nadda AK, Goel G. Chapter 1: Probiotics and Their Potential Applications: An Introduction. In: Advances in probiotics for sustainable food and medicine. Goel G, Kumar A, eds. Singapore: Springer 2021: 1 - 26.

Augère-Granier M, Europäisches Parlament, Generaldirektion Wissenschaftlicher D (2019) The EU poultry meat and egg sector : main features, challenges and prospects : in-depth analysis. Publications Office

Aviagen (2022) Ross 308 Performance Objectives. Ed Brand RAA. 16

Basmacioğlu-Malayoğlu H, Ozdemir P, Bağriyanik HA. Influence of an organic acid blend and essential oil blend, individually or in combination, on growth performance, carcass parameters, apparent digestibility, intestinal microflora and intestinal morphology of broilers. *Br Poult Sci* 2016; 57: 227-34.

Behboudi H, Esmailipour O, Mirmahmoudi R, Mazhari M. The Influence of Drinking Water Containing Lemon Juice and Thyme Supplemented Diet on Performance and Some Blood Parameters of Broilers under Heat Stress. *Iranian Journal of Applied Animal Science* 2016; 6: 169-74.

BenSassi N, Averós X, Estevez I. Broiler Chickens On-Farm Welfare Assessment: Estimating the Robustness of the Transect Sampling Method. *Frontiers in veterinary science* 2019; 6

Berg C, Butterworth A. Chapter 4: Health and disease impacts on broiler welfare. In: *Broiler Chickens Welfare in Practice*. Manteca X, ed.: 5m Books Ltd 2021: 65 - 86.

Bergmann S, Louton H, Westermaier C, Wilutzky K, Bender A, Bachmeier J, Erhard M, Rauch E. Field trial on animal-based measures for animal welfare in slow growing broilers reared under an alternative concept suitable for the German market. *Berliner Und Munchener Tierarztliche Wochenschrift* 2016;

Bialkowski S, Toschi A, Yu L-e, Schlitzkus L, Mann P, Grilli E, Li Y. Effects of microencapsulated blend of organic acids and botanicals on growth performance, intestinal barrier function, inflammatory cytokines, and endocannabinoid system gene expression in broiler chickens. *Poultry Science* 2023; 102: 102460.

Biswas S, Kim MH, Baek DH, Kim IH. Probiotic mixture (*Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis*) a potential in-feed additive to improve broiler production efficiency, nutrient digestibility, caecal microflora, meat quality and to diminish hazardous odour emission. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2023; 107: 1065-72.

Blajman JE, Frizzo LS, Zbrun MV, Astesana DM, Fusari ML, Soto LP, Rosmini MR, Signorini ML. Probiotics and broiler growth performance: a meta-analysis of randomised controlled trials. *British Poultry Science* 2014; 55: 483-94.

BLE BfLuE. Geflügelhaltung Betriebe mit Masthühnerhaltung nach Bestandsgrößenklassen. Statistisches Bundesamt: Fachserie 3, Reihe 2.1.3; BLE (414) 2023a: <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/tierhaltung/gefluegelhaltung>. 24.11.2023.

BLE BfLuE. Betriebe mit ökologischer Masthühnerhaltung nach Bestandsgrößenklassen. Statistisches Bundesamt: Fachserie 3, Reihe 2.1.3; BLE (414) 2023b: <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/tierhaltung/gefluegelhaltung>. 24.11.2023.

Bonos E, Giannenas I, Sidiropoulou E, Stylianaki I, Tzora A, Skoufos I, Barbe F, Demey V, Christaki E. Effect of *Bacillus pumilus* supplementation on performance, intestinal morphology, gut microflora and meat quality of broilers fed different energy concentrations. *Animal Feed Science and Technology* 2021; 274: 114859.

Botsoglou NA, Florou-Paneri P, Christaki E, Fletouris DJ, Spais AB. Effect of dietary oregano essential oil on performance of chickens and on iron-induced lipid oxidation of breast, thigh and abdominal fat tissues. *British Poultry Science* 2002; 43: 223-30.

Brenes A, Roura E. Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology* 2010; 158: 1-14.

Brugaletta G, De Cesare A, Zampiga M, Laghi L, Oliveri C, Zhu C, Manfreda G, Syed B, Valenzuela L, Sirri F. Effects of Alternative Administration Programs of a Synbiotic Supplement on Broiler Performance, Foot Pad Dermatitis, Caecal Microbiota, and Blood Metabolites. *Animals (Basel)* 2020; 10

Bundesministerium für Gesundheit. Historie - Deutsche Antibiotika-Resistenzstrategie. 2023a:

<https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/praevention/antibiotika-resistenzen/dart-historie.html>. 21.01.2024.

Bundesministerium für Gesundheit. DART 2030 - Deutsche Antibiotika-Resistenzstrategie. 2023b:

<https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/praevention/antibiotika-resistenzen/dart-2030>. 21.01.2024.

Butterworth A. On-farm broiler welfare assessment and associated training. *Brazilian Journal of Poultry Science* 2013; 15: 71 - 7.

BVL BfVuL. Zulassung von Futtermittelzusatzstoffen. Braunschweig: 2023a:

[https://www.bvl.bund.de/DE/Arbeitsbereiche/02\\_Futtermittel/03\\_AntragstellerUnternehmen/05\\_Zusatzstoffe\\_FM/02\\_Zulassung\\_Zusatzstoffe/fm\\_zulassung\\_zusatzstoffe\\_node.html?cms\\_thema=Zulassung+von+Futtermittelzusatzstoffen](https://www.bvl.bund.de/DE/Arbeitsbereiche/02_Futtermittel/03_AntragstellerUnternehmen/05_Zusatzstoffe_FM/02_Zulassung_Zusatzstoffe/fm_zulassung_zusatzstoffe_node.html?cms_thema=Zulassung+von+Futtermittelzusatzstoffen).

02.01.2024.

BVL BfVuL. Liste der für Futtermittel zugelassenen Zusatzstoffe. Braunschweig: 2023b:

[https://www.bvl.bund.de/DE/Arbeitsbereiche/02\\_Futtermittel/03\\_AntragstellerUnternehmen/05\\_Zusatzstoffe\\_FM/03\\_Liste\\_zugelassene\\_Zusatzstoffe/fm\\_liste\\_zugelassener\\_zusatzstoffe\\_node.html](https://www.bvl.bund.de/DE/Arbeitsbereiche/02_Futtermittel/03_AntragstellerUnternehmen/05_Zusatzstoffe_FM/03_Liste_zugelassene_Zusatzstoffe/fm_liste_zugelassener_zusatzstoffe_node.html). 31.12.2023.

Calik A, Omara II, White MB, Evans NP, Karnezos TP, Dalloul RA. Dietary Non-Drug Feed Additive as an Alternative for Antibiotic Growth Promoters for Broilers During a Necrotic Enteritis Challenge. *Microorganisms* 2019; 7: 257.

Cardinal KM, Kipper MA, Ines , Ribeiro AML. Withdrawal of antibiotic growth promoters from broiler diets: performance indexes and economic impact. *Poultry Science* 2019; 98: 6659-67.

Carvalho D, Menezes R, Chitolina GZ, Kunert-Filho HC, Wilsmann DE, Borges KA, Furian TQ, Salle CTP, Moraes HLdS, do Nascimento VP. Antibiofilm activity of the biosurfactant and organic acids against foodborne pathogens at different temperatures, times of contact, and concentrations. *Brazilian Journal of Microbiology* 2022; 53: 1051-64.

Chantziaras I, Boyen F, Callens B, Dewulf J. Correlation between veterinary antimicrobial use and antimicrobial resistance in food-producing animals: a report on seven countries. *J Antimicrob Chemother* 2014; 69: 827-34.

Chowdhury R, Islam KMS, Khan MJ, Karim MR, Haque MN, Khatun M, Pesti GM. Effect of citric acid, avilamycin, and their combination on the performance, tibia ash, and immune status of broilers. *Poultry Science* 2009; 88: 1616-22.

Ciszewski A, Jarosz ŁS, Kalinowski M, Marek A, Grądzki Z, Grabowski S, Hejdysz M, Nowaczewski S, Rysiak A. Influence of Effective Microorganisms and Clinoptilolite on Gut Barrier Function, Intestinal Health and Performance of Broiler Chickens during Induced *Eimeria tenella* Infection. *Agriculture* 2022; 12: 2176.

Cobb-Vantress (2022) Cobb500 Broiler Performance & Nutrition Supplement (2022). In: Performance & Nutrition Supplement. Ed Cobb-Vantress

Collett SR, Smith JA. Principles of Disease Prevention, Diagnosis, and Control. In: Diseases of poultry. Swayne DE, ed. Hoboken, NJ: Wiley Blackwell 2020: 4 - 7.

Commission E (2024) Search Feed additives, Feed Additives (1458 matching records) Search options: Category/Functional group "all"; status "authorised"; Authorisation to be phased out "no"; Expiry date from "-"; Expiry date to "-"

Crespo R. Developmental, Metabolic, and Other Noninfectious Disorders. In: Diseases of poultry. Swayne DE, ed. Hoboken, NJ: Wiley Blackwell 2020: 4 - 7.

- Daia IS (2015) i-WatchBroiler. Version 2.0.5. [Mobile Application Software]
- de Jong IC, van Harn J (2012) Management Tools to Reduce Footpad Dermatitis in Broilers. Aviagen, Inc., Huntsville. 26
- de Jong IC, Gunnink H, van Harn J. Wet litter not only induces footpad dermatitis but also reduces overall welfare, technical performance, and carcass yield in broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research* 2014; 23: 51-8.
- de Jong IC, Hindle VA, Butterworth A, Engel B, Ferrari P, Gunnink H, Perez Moya T, Tuytens FAM, van Reenen CG. Simplifying the Welfare Quality® assessment protocol for broiler chicken welfare. *Animal* 2016; 10: 117-27.
- de Jong IC, Emous RAv. Chapter 11: Broiler breeding flocks: management and animal welfare. In: *Achieving sustainable production of poultry meat Volume 3: Animal health and welfare*. Applegate T, ed. Philadelphia: Burleigh Dodds Science Publishing 2017: 231 - 50.
- de Jong IC, Butterworth A. Chapter 2: Hatchery welfare. In: *Broiler Chickens Welfare in Practice*. Manteca X, ed.: 5m Books Ltd 2021a: 19 - 41.
- de Jong IC, Butterworth A. Chapter 1: Broiler breeder welfare. In: *Broiler Chickens Welfare in Practice*. Manteca X, ed.: 5m Books Ltd 2021b: 1 - 18.
- de Jong IC, Butterworth A. Chapter 6: Welfare assessment methods for broiler chickens. In: *Broiler Chickens Welfare in Practice*. Manteca X, ed.: 5m Books Ltd 2021c: 105 - 21.
- de Jong IC, Bos B, van Harn J, Mostert P, te Beest D. Differences and variation in welfare performance of broiler flocks in three production systems. *Poultry Science* 2022; 101: 101933.
- Destatis SB (2022) Als genussuntauglich beurteilte geschlachtete Tiere: Deutschland, Jahre, Untersuchungsort und Herkunft, Genussuntauglichkeitsgründe, Tierarten "Hühner (ohne Suppenhühner)"
- Dokou S, Vasilopoulou K, Bonos E, Grigoriadou K, Savvidou S, Stefanakis MK, Christaki S, Kyriakoudi A, Mourtzinou I, Tzora A, Giannenas I, Skoufos I. Effects

of Dietary Supplementation with Phytobiotic Encapsulated Plant Extracts on Broilers' Performance Parameters, Welfare Traits and Meat Characteristics. *Annals of Animal Science* 2023; 23: 1105-18.

Dong S, Li L, Hao F, Fang Z, Zhong R, Wu J, Fang X. Improving quality of poultry and its meat products with probiotics, prebiotics, and phytoextracts. *Poultry Science* 2024; 103: 103287.

Du E, Guo Y. Dietary supplementation of essential oils and lysozyme reduces mortality and improves intestinal integrity of broiler chickens with necrotic enteritis. *Anim Sci J* 2021; 92: e13499.

Eid M, Gollwitzer M, Schmitt M. Kapitel II Messtheoretische und deskriptive Grundlagen. In: *Statistik und Forschungsmethoden*. Eid M, Gollwitzer M, Schmitt M, eds. Weinheim [u.a.]: Beltz 2010: 1024.

Ekstrand C, Carpenter TE, Andersson I, Algiers B. Prevalence and control of foot-pad dermatitis in broilers in Sweden. *British Poultry Science* 1998; 39: 318-24.

El-Hack ME, El-Saadony MT, Elbestawy AR, El-Shall NA, Saad AM, Salem HM, El-Tahan AM, Khafaga AF, Taha AE, AbuQamar SF, El-Tarabily KA. Necrotic enteritis in broiler chickens: disease characteristics and prevention using organic antibiotic alternatives – a comprehensive review. *Poultry Science* 2022; 101: 101590.

El-Hack MEA, El-Saadony MT, Shafi ME, Qattan SYA, Batiha GE, Khafaga AF, Abdel-Moneim A-ME, Alagawany M. Probiotics in poultry feed: A comprehensive review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2020; 104: 1835-50.

Elbaz AM, Ibrahim NS, Shehata AM, Mohamed NG, Abdel-Moneim A-ME. Impact of multi-strain probiotic, citric acid, garlic powder or their combinations on performance, ileal histomorphometry, microbial enumeration and humoral immunity of broiler chickens. *Tropical Animal Health and Production* 2021; 53: 115.

Ellendorff F. Kapitel K8: Masthähnchen (Broiler). In: *Tierzucht*. Lengerken Gv, Brade W, eds. Stuttgart: Ulmer 2006: 473 - 6.

Esatu W, Melesse A, Dessie T. Effect of Effective Microorganisms on Growth Parameters and Serum Cholesterol Levels in Broilers. African journal of agricultural research 2011; 6

Ezzulddin T, Jwher D. Beneficial Microorganisms in Animal Production and environment. Journal of Applied Veterinary Sciences 2022; 7: 64-71.

FAO. Crops and livestock products "all countries" "meat of cattle with the bone, fresh or chilled" "production quantity" "2021". FAO, ed. 2021a: [www.fao.org/faostat/en/#data/QCL](http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL). 31.08.2023.

FAO. Crops and livestock products "all countries" "meat of pig with the bone, fresh or chilled" "production quantity" "2021". FAO, ed. 2021b: [www.fao.org/faostat/en/#data/QCL](http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL). 31.08.2023.

FAO. Crops and livestock products "all countries" "meat of chickens, fresh or chilled" "production quantity" "2021". FAO, ed. 2021c: [www.fao.org/faostat/en/#data/QCL](http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL). 31.08.2023.

FAO (2023) Pathways towards lower emissions - A global assessment of the greenhouse gas emissions and mitigation options from livestock agrifood systems. FAO, Rome

Flees JJ, Ganguly B, Dridi S. Phytogetic feed additives improve broiler feed efficiency via modulation of intermediary lipid and protein metabolism-related signaling pathways. Poultry Science 2021; 100: 1 - 11.

Flor DM, Käsbohrer PDA, Tenhagen PDB-A (2023) Therapiehäufigkeit und Antibiotika-Verbrauchsmengen 2022: Entwicklung in zur Fleischerzeugung gehaltenen Rindern, Schweinen, Hühnern und Puten. In: BfR-Stellungnahmen. Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin. 60

FMR. Feed Materials Register - register - search "ferment". 2024a: <https://feedmaterialsregister.eu/register>. 07.01.2024.

FMR. Feed Materials Register - register - search "humic acid". 2024b: <https://feedmaterialsregister.eu/register>. 04.01.2024.

Forkman B, Keeling L (2009) Assessment of Animal Welfare Measures for Layers and Broilers. In: Welfare Quality Reports No. 9. Cardiff University Press, Cardiff UK

Forseth M, Moe RO, Kittelsen K, Skjerve E, Toftaker I. Comparison of carcass condemnation causes in two broiler hybrids differing in growth rates. *Scientific Reports* 2023; 13: 4195.

Froebel LK, Jalukar S, Lavergne TA, Lee JT, Duong T. Administration of dietary prebiotics improves growth performance and reduces pathogen colonization in broiler chickens. *Poultry Science* 2019; 98: 6668-76.

Gadde U, Kim WH, Lillehoj HS, Oh ST. Alternatives to antibiotics for maximizing growth performance and feed efficiency in poultry: a review. *Animal Health Research Reviews* 2017; 18: 26-45.

Gao P, Ma C, Sun Z, Wang L, Huang S, Su X, Xu J, Zhang H. Feed-additive probiotics accelerate yet antibiotics delay intestinal microbiota maturation in broiler chicken. *Microbiome* 2017; 5: 91.

Geenen PL, Graat EA, Haenen A, Hengeveld PD, Van Hoek AH, Huijsdens XW, Kappert CC, Lammers GA, Van Duijkeren E, Van De Giessen AW. Prevalence of livestock-associated MRSA on Dutch broiler farms and in people living and/or working on these farms. *Epidemiol Infect* 2013; 141: 1099-108.

Granquist EG, Moe RO, Vasdal G, de Jong IC. Lameness and its relationship with health and production measures in broiler chickens. *Animal* 2019; 13: 2365-72.

Griggs J, Jacob J. Alternatives to Antibiotics for Organic Poultry Production. *J. Appl. Poult. Res* 2005; 14: 750-6.

Groves P. Chapter 5: Disease management in poultry flocks. In: Achieving sustainable production of poultry meat Volume 3: Animal health and welfare. Applegate T, ed. Philadelphia: Burleigh Dodds Science Publishing 2017: 79 - 102.

Hafeez A, Männer K, Schieder C, Zentek J. Effect of supplementation of phytogenic feed additives (powdered vs. encapsulated) on performance and nutrient digestibility in broiler chickens. *Poultry Science* 2016; 95: 622-9.

Hafez A, Mader A, Boroojeni FG, Ruhnke I, Röhe I, Männer K, Zentek J. Impact of thermal and organic acid treatment of feed on apparent ileal mineral absorption, tibial and liver mineral concentration, and tibia quality in broilers. *Poultry Science* 2014; 93: 1754-63.

Hajati H. Application of organic acids in poultry nutrition. *International Journal of Avian & Wildlife Biology* 2018; 3

Hartcher KM, Lum HK. Genetic selection of broilers and welfare consequences: a review. *World's Poultry Science Journal* 2020; 76: 154-67.

Haslam SM, Knowles TG, Brown SN, Wilkins LJ, Kestin SC, Warriss PD, Nicol CJ. Factors affecting the prevalence of foot pad dermatitis, hock burn and breast burn in broiler chicken. *British Poultry Science* 2007; 48: 264-75.

Heitmann S, Stracke J, Petersen H, Spindler B, Kemper N. First approach validating a scoring system for foot-pad dermatitis in broiler chickens developed for application in practice. *Preventive Veterinary Medicine* 2018; 154: 63-70.

Hiemstra SJ, Napel JT (2013) Study of the impact of genetic selection on the welfare of chickens bred and kept for meat production. In: Framework contract: Evaluation impact assessment and related services; Lot 3: food chain. IBF International Consulting. 118

Higa DT, Parr JF (1995) Beneficial and effective microorganisms in a sustainable agriculture and environment

Hoy S, Gaulty M, Krieter J (2016) *Nutztierhaltung und -hygiene*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 304 Seiten

Hu Z, Liu L, Guo F, Huang J, Qiao J, Bi R, Huang J, Zhang K, Guo Y, Wang Z. Dietary supplemental coated essential oils and organic acids mixture improves growth performance and gut health along with reduces *Salmonella* load of broiler chickens infected with *Salmonella* Enteritidis. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 2023; 14: 95.

Hubbardbreeders. About us Welcome to Hubbard. 2018:

<https://www.hubbardbreeders.com/about-us/welcome-to-hubbard/>. 06.12.2023.

Huijbers PM, van Hoek AH, Graat EA, Haenen AP, Florijn A, Hengeveld PD, van Duijkeren E. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and extended-spectrum and AmpC  $\beta$ -lactamase-producing *Escherichia coli* in broilers and in people living and/or working on organic broiler farms. *Vet Microbiol* 2015; 176: 120-5.

Hunnius C, Ammon HPT, Bihlmayer A (2010) Hunnius pharmazeutisches Wörterbuch, Stichwort "Huminsäuren", 10. Auflage edn. de Gruyter, Berlin [u.a.]. XV, 813

Huvepharma (2022) Aviapp® Avian Performance Platform. Huvepharma EOOD

IPWA IPWA (2022) IPWA Key Welfare Indicators (KWIs), Reference Guide Your guide to assessing and improving poultry welfare around the world. 68

Islam KMS. Use of citric acid in broiler diets. *World's Poultry Science Journal* 2012; 68: 104-18.

Ivanov I. Treatment of broiler litter with organic acids. *Research in Veterinary Science* 2001; 70: 169-73.

Jad'uttová I, Marcinčáková D, Bartkovský M, Semjon B, Harčárová M, Nagyová A, Váczi P, Marcincak S. The effect of dietary humic substances on the fattening performance, carcass yield, blood biochemistry parameters and bone mineral profile of broiler chickens. *Acta Veterinaria Brno* 2019; 88: 307-13.

Jang IS, Ko YH, Kang SY, Lee CY. Effect of a commercial essential oil on growth performance, digestive enzyme activity and intestinal microflora population in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* 2007; 134: 304-15.

Jeroch H, Simon A, Zentek J (2019) Geflügelernährung, 2., aktualisierte Auflage edn. Ulmer, Stuttgart. 530 Seiten

Jeroch H, Drochner W, Rodehutschord MU-TG (2020) Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere, 3. Auflage edn. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 701 Seiten

- Jha R, Das R, Oak S, Mishra P. Probiotics (Direct-Fed Microbials) in Poultry Nutrition and Their Effects on Nutrient Utilization, Growth and Laying Performance, and Gut Health: A Systematic Review. *Animals* 2020; 10: 1863.
- Junghans A, Deseniß L, Louton H. Data evaluation of broiler chicken rearing and slaughter—An exploratory study. *Frontiers in veterinary science* 2022; 9
- Jwher D, Abd SK, Mohammad A. The study of using effective microorganisms (EM) on health and performance of broiler chicks. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences* 2013; 27: 73-8.
- Jwher D. Effects Of Feeding Effective Microorganisms On Blood Levels Of Antibodies To Newcastle Disease Virus Vaccine And Trace Element In Broiler Chicks. *Journal of Veterinary Medical Science* 2014; 60: 38-44.
- Karamanlis X, Fortomaris P, Arsenos G, Dosis I, Papaioannou D, Batzios C. The effect of a natural zeolite (clinoptilolite) on the performance of broiler chickens and the quality of their litter. *Asian - Australasian Journal of Animal Sciences* 2008; 21: 1642.
- Kaspar DH, Steinacker DU, Römer DA, Karaalp DA-K, Ballhausen DB, Kluge M, Gowik DP, BVL BfVuL (2020) Resistenzsituation bei klinisch wichtigen tierpathogenen Bakterien BVL-Report 14.6 Bericht zur Resistenzmonitoringstudie 2018, Braunschweig
- Katoch S, Sharma S, Sankhyan V, Wadhwa D, Sharma A, Kumar S. Growth studies in commercial broiler birds offered citric acid in formulated feed with low mineral density. *Tropical Animal Health and Production* 2023; 55: 33.
- Kaukonen E, Norring M, Valros A. Effect of litter quality on foot pad dermatitis, hock burns and breast blisters in broiler breeders during the production period. *Avian Pathology* 2016; 45: 667-73.
- Kaur S, Kaur R, Rani N, Sharma S, Joshi M. Chapter 2: Sources and Selection Criteria of Probiotics. In: *Advances in probiotics for sustainable food and medicine*. Goel G, Kumar A, eds. Singapore: Springer 2021: 27 - 43.

- Kayal A, Stanley D, Radovanovic A, Horyanto D, Van TTH, Bajagai YS. Controlled Intestinal Microbiota Colonisation in Broilers under the Industrial Production System. *Animals* 2022; 12: 3296.
- Khan RU, Naz S, Raziq F, Qudratullah Q, Khan NA, Laudadio V, Tufarelli V, Ragni M. Prospects of organic acids as safe alternative to antibiotics in broiler chickens diet. *Environmental Science and Pollution Research* 2022; 29: 32594-604.
- Khan SH, Iqbal J. Recent advances in the role of organic acids in poultry nutrition. *Journal of Applied Animal Research* 2016; 44: 359-69.
- Khattak F, Ronchi A, Castelli P, Sparks N. Effects of natural blend of essential oil on growth performance, blood biochemistry, cecal morphology, and carcass quality of broiler chickens. *Poultry Science* 2014; 93: 132-7.
- Kim JW, Kim J, Kil D. Dietary organic acids for broiler chickens: A review. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 2015; 28
- Kjaer JB, Su G, Nielsen BL, Sørensen P. Foot Pad Dermatitis and Hock Burn in Broiler Chickens and Degree of Inheritance. *Poultry Science* 2006; 85: 1342-8.
- Kühnert M, Knauf H. Huminsäuren zur oralen Anwendung - Arzneistoffporträt. *Deutsche Apotheker Zeitung* 2006; Nr. 49: 101.
- LAV ATdLVL (2021) Handbuch Tierschutzüberwachung in Nutztierhaltungen. In: Handbücher der Arbeitsgruppe Tierschutz der Länderarbeitsgemeinschaft VerbraucherschutzAusführungshinweise Masthühner. Ed Verbraucherschutz ATdL. 319
- Li HL, Zhao PY, Lei Y, Hossain MM, Kim IH. Phytoncide, phytogetic feed additive as an alternative to conventional antibiotics, improved growth performance and decreased excreta gas emission without adverse effect on meat quality in broiler chickens. *Livestock Science* 2015; 181: 1-6.
- Li N, Li D, Ren Z, Zeng L. Review: Automated techniques for monitoring the behaviour and welfare of broilers and laying hens: towards the goal of precision livestock farming. *Animal* 2020; 14: 617-25.

- Liesegang A, Islam KMS, Schaeublin H, Wenk C, Wanner M. Effect of dietary citric acid on the performance and mineral metabolism of broiler. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2012; 96: 808-17.
- Liu L, Yang N, Chen Y, Xu Z, Zhang Q, Miao X, Zhao Y, Hu G, Liu L, Song Z, Li X. Effects of fulvic acid on broiler performance, blood biochemistry, and intestinal microflora. *Poultry Science* 2024; 103: 103273.
- Loh TC, Foo HL, Chang HM. Chapter 7: Postbiotic Metabolites of Probiotics in Animal Feeding. In: Probiotic bacteria and postbiotic metabolites: role in animal and human health. Mojgani N, Dadar M, eds. Singapore: Springer 2021: 179 - 90.
- Louton H, Bergmann S, Reese S, Erhard M, Bachmeier J, Rösler B, Rauch E. Animal- and management-based welfare indicators for a conventional broiler strain in 2 barn types (Louisiana barn and closed barn). *Poultry Science* 2018; 97: 2754-67.
- Louton H, Keppler C, Erhard M, van Tuijl O, Bachmeier J, Damme K, Reese S, Rauch E. Animal-based welfare indicators of 4 slow-growing broiler genotypes for the approval in an animal welfare label program. *Poultry Science* 2019; 98: 2326-37.
- Louton H, Erhard M, Wirsch K, Bergmann S, Piller A, Schmidt P, Rauch E. Vergleich von vier Beurteilungsmethoden zur Erfassung von Kontaktdermatitiden am Fußballen und Fersenhöcker von Masthühnern. *Berliner Und Munchener Tierärztliche Wochenschrift* 2020; 133
- Louton H, Piller A, Bergmann S, Erhard M, Schmidt P, Kemper N, Schulte-Landwehr J, Schwarzer A. Validation of an automatic scoring system for the assessment of hock burn in broiler. *Poultry Science* 2022a; 101: 102025.
- Louton H, Bergmann S, Piller A, Erhard M, Stracke J, Spindler B, Schmidt P, Schulte-Landwehr J, Schwarzer A. Automatic Scoring System for Monitoring Foot Pad Dermatitis in Broilers. *Agriculture* 2022b; 12: 221.
- Louton H EM, Wöhr A. Acquisition of animal-based welfare measures at slaughter of poultry. *Fleischwirtschaft* 2018; 11: 94 - 8.

MacCarthy P. The principles of humic substances: An introduction to the first principle. In: *Humic Substances: Structures, Models and Functions*. Ghabbour EA, Davies G, eds. Cambridge: The Royal Society of Chemistry 2001: 12.

Maes S, Vackier T, Nguyen Huu S, Heyndrickx M, Steenackers H, Sampers I, Raes K, Verplaetse A, De Reu K. Occurrence and characterisation of biofilms in drinking water systems of broiler houses. *BMC Microbiology* 2019; 19: 77.

Mahesh MS, Mohanta RK, Patra AK. Chapter 7: Probiotics in Livestock and Poultry Nutrition and Health. In: *Advances in probiotics for sustainable food and medicine*. Goel G, Kumar A, eds. Singapore: Springer 2021: 63 - 82.

Mandal AK, Talukder S, Hasan MM, Tasmim ST, Parvin MS, Ali MY, Islam MT. Epidemiology and antimicrobial resistance of *Escherichia coli* in broiler chickens, farmworkers, and farm sewage in Bangladesh. *Vet Med Sci* 2022; 8: 187-99.

Marchewka J, Watanabe TTN, Ferrante V, Estevez I. Welfare assessment in broiler farms: Transect walks versus individual scoring. *Poultry Science* 2013; 92: 2588-99.

María de Lourdes A, Sergio G-R, Guillermo T-I. Mechanisms of Action of Humic Substances as Growth Promoters in Animals. In: *Humus and Humic Substances - Recent Advances*. Abdelhadi M, ed. Rijeka: IntechOpen 2022:

Mastinu A, Kumar A, Maccarinelli G, Bonini SA, Premoli M, Aria F, Gianoncelli A, Memo M. Zeolite Clinoptilolite: Therapeutic Virtues of an Ancient Mineral. *Molecules* 2019; 24: 1 - 15.

McCrary DF, Hobbs PJ. Additives to Reduce Ammonia and Odor Emissions from Livestock Wastes: A Review. *Journal of Environmental Quality* 2001; 30: 345-55.

Mehdi Y, Létourneau-Montminy M-P, Gaucher M-L, Chorfi Y, Suresh G, Rouissi T, Brar SK, Côté C, Ramirez AA, Godbout S. Use of antibiotics in broiler production: Global impacts and alternatives. *Animal Nutrition* 2018; 4: 170-8.

Meijerhof R. Incubation and chick health. In: *Optimising poultry flock health*. de Witt S, ed. Cambridge: Burleigh Dodds 2022: 219 - 48.

- Messier S, Quessy S, Robinson Y, Devriese LA, Homme J, Fairbrother JM. Focal dermatitis and cellulitis in broiler chickens: bacteriological and pathological findings. *Avian Dis* 1993; 37: 839-44.
- Meyer H, Kamphues J (2014) *Supplemente zur Tierernährung*, 12., überarbeitete Auflage edn. Schaper, Alfeld (Leine). XVI, 520 S.
- Michel V, Prampart E, Mirabito L, Allain V, Arnould C, Huonnic D, Le Bouquin S, Albaric O. Histologically-validated footpad dermatitis scoring system for use in chicken processing plants. *Br Poult Sci* 2012; 53: 275-81.
- Miska KB, Kahl S, Schreier LL, Russell B, Kpodo KR, Proszkowiec-Weglarz M. Delay of Feed Post-Hatch Causes Changes in Expression of Immune-Related Genes and Their Correlation with Components of Gut Microbiota, but Does Not Affect Protein Expression. *Animals* 2022; 12: 1316.
- Mitsch P, Zitterl-Eglseer K, Köhler B, Gabler C, Losa R, Zimpernik I. The effect of two different blends of essential oil components on the proliferation of *Clostridium perfringens* in the intestines of broiler chickens. *Poultry Science* 2004; 83: 669-75.
- Mohammed AA, Zaki RS, Negm EA, Mahmoud MA, Cheng HW. Effects of dietary supplementation of a probiotic (*Bacillus subtilis*) on bone mass and meat quality of broiler chickens. *Poultry Science* 2021; 100: 100906.
- Moore R. Chapter 10: Probiotics, prebiotics and other feed additives to improve gut function and immunity in poultry. In: *Achieving sustainable production of poultry meat Volume 2: Breeding and nutrition*. Applegate T, ed. Philadelphia: Burleigh Dodds Science Publishing Limited 2017: 181 - 206.
- Mulders MN, Haenen AP, Geenen PL, Vesseur PC, Poldervaart ES, Bosch T, Huijsdens XW, Hengeveld PD, Dam-Deisz WD, Graat EA, Mevius D, Voss A, Van De Giessen AW. Prevalence of livestock-associated MRSA in broiler flocks and risk factors for slaughterhouse personnel in The Netherlands. *Epidemiol Infect* 2010; 138: 743-55.
- Mumpton FA, Fishman PH. The Application of Natural Zeolites in Animal Science and Aquaculture. *Journal of Animal Science* 1977; 45: 1188-203.

Nad P, Marcin A, Bujňák L, Skalická M, Gancarčíkov S. Evaluation of the growth performance and some blood parameters in broilers with the addition of humic substances in the diet. *Acta fytotechn zootech: Problems and Risks in Animal Production* 2021; 150 - 4.

Naeem M, Burton EJ, Scholey DV, Alkhtib A, Broadberry S. Use of wheat dilution to improve digestive function in broilers: application in low protein diets. *British Poultry Science* 2023; online: 1-10.

Nakaue HS, Koelliker JK. Studies with Clinoptilolite in Poultry: I. Effect of Feeding Varying Levels of Clinoptilolite (Zeolite) to Dwarf Single Comb White Leghorn Pullets and Ammonia Production<sup>1</sup>. *Poultry Science* 1981; 60: 944-9.

Nhung NT, Chansiripornchai N, Carrique-Mas JJ. Antimicrobial Resistance in Bacterial Poultry Pathogens: A Review. *Frontiers in veterinary science* 2017; 4

Nikolakakis I, Dotas V, Kargopoulos A (2013) Effect of natural zeolite (clinoptilolite) on the performance and litter quality of broiler chickens. The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK-ULAKBIM) - DIGITAL COMMONS JOURNALS. 6

Ogbuewu IP, Mabelebele M, Sebola NA. Bacillus Probiotics as Alternatives to In-feed Antibiotics and Its Influence on Growth, Serum Chemistry, Antioxidant Status, Intestinal Histomorphology, and Lesion Scores in Disease-Challenged Broiler Chickens. *Frontiers in veterinary science* 2022; 9: 11.

Oguz H, Kurtoglu V. Effect of clinoptilolite on performance of broiler chickens during experimental aflatoxicosis. *British Poultry Science* 2000; 41: 512-7.

Oguz H, KeÇEci T, Birdane YO, ÖNder F, Kurtoglu V. Effect of clinoptilolite on serum biochemical and haematological characters of broiler chickens during aflatoxicosis. *Research in Veterinary Science* 2000; 69: 89-93.

Olsen MSR, Thøfner I, Sandvang D, Poulsen LL. Research Note: The effect of a probiotic *E. faecium* 669 mitigating *Salmonella* Enteritidis colonization of broiler chickens by improved gut integrity. *Poultry Science* 2022; 101: 102029.

Oviedo-Rondón EO. Chapter 8: Optimizing the health of broilers. In: Optimising poultry flock health. Wit Sd, ed. Cambridge: Burleigh Dodds 2022: 249 - 87.

Papaoiannou D, Katsoulos PD, Panousis N, Karatzias H. The role of natural and synthetic zeolites as feed additives on the prevention and/or the treatment of certain farm animal diseases: A review. *Microporous and Mesoporous Materials* 2005; 84: 161-70.

Park I, Zimmerman NP, Smith AH, Rehberger TG, Lillehoj EP, Lillehoj HS. Dietary Supplementation With *Bacillus subtilis* Direct-Fed Microbials Alters Chicken Intestinal Metabolite Levels. *Frontiers in veterinary science* 2020; 7

Patterson JA, Burkholder KM. Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poultry Science* 2003; 82: 627-31.

Peng QY, Li JD, Li Z, Duan ZY, Wu YP. Effects of dietary supplementation with oregano essential oil on growth performance, carcass traits and jejunal morphology in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* 2016; 214: 148-53.

Perić L, Mitraković M, Tomić B, Orehovački I, Meijerhof R. Effects of flock age, place of oviposition and cleaning treatments of hatching eggs on hatchability in broiler breeders. *Journal of Applied Poultry Research* 2022; 31: 100279.

Peters J, Lebrasseur O, Irving-Pease EK (2022) The biocultural origins and dispersal of domestic chickens. *National Academy of Sciences, United States*

Piller A (2020) Validierung eines makroskopischen und eines kamerabasierten Bewertungssystems der Foot-pad Dermatitis bei Masthühnern durch histopathologische Untersuchungen. In: Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München. Ludwig-Maximilians-Universität München, München. 85

Polycarpo GV, Andretta I, Kipper M, Cruz-Polycarpo VC, Dadalt JC, Rodrigues PHM, Albuquerque R. Meta-analytic study of organic acids as an alternative performance-enhancing feed additive to antibiotics for broiler chickens. *Poultry Science* 2017; 96: 3645-53.

Prentza Z, Castellone F, Legnardi M, Antlinger B, Segura-Wang M, Kefalas G, Papaioannou N, Stylianaki I, Papatsiros VG, Franzo G, Cecchinato M, Koutoulis K. Administration of a Multi-Genus Synbiotic to Broilers: Effects on Gut Health, Microbial Composition and Performance. *Animals* 2023; 13: 113.

Priya G, Madhu D. Humic Substances: Prospects for Use in Agriculture and Medicine. In: Humic Substances. Abdelhadi M, ed. Rijeka: IntechOpen 2021:

Qui HN. Recent advances of using organic acids and essential oils as in-feed antibiotic alternative in poultry feeds. *Czech Journal of Animal Science* 2023; 68: 141-60.

Raj J, Vasiljević M, Tassis P, Farkaš H, Bošnjak-Neumüller J, Männer K. Effects of a modified clinoptilolite zeolite on growth performance, health status and detoxification of aflatoxin B1 and ochratoxin A in male broiler chickens. *British Poultry Science* 2021; 62: 601-10.

Ramlucken U, Lalloo R, Roets Y, Moonsamy G, van Rensburg CJ, Thantsha MS. Advantages of Bacillus-based probiotics in poultry production. *Livestock Science* 2020; 241: 104215.

Rasaei D, Hosseinian SA, Asasi k, Shekarforoush SS, Khodakaram-Tafti A. The beneficial effects of spraying of probiotic Bacillus and Lactobacillus bacteria on broiler chickens experimentally infected with avian influenza virus H9N2. *Poultry Science* 2023; 102: 102669.

Rath NC, Huff WE, Huff GR. Effects of humic acid on broiler chickens<sup>1</sup>. *Poultry Science* 2006; 85: 410-4.

Rauch E, Keppler C, Damme K, Hausleitner M, Bachmeier J, Hartmann J, Louton H. Untersuchungen unterschiedlicher langsam wachsender Premiumhühner unter Tierschutz-Label-Konditionen. Teil II: Tiergesundheit *European Poultry Science (EPS) - Archiv für Geflügelkunde* 2017; 81

Richter A, Hafez H, Boettner A, Gangl A, Hartmann K, Kaske M, Kehrenberg C, Kietzmann M, Klarmann D, Klein G, Luhofer G, Schulz B, Schwarz S, Sigge C, Waldmann K-H, Wallmann J, Werckenthin C. Verabreichung von Antibiotika in

Geflügelbeständen. Tierärztliche Praxis Ausgabe G: Großtiere / Nutztiere 2009; 37: 321-9.

Rodjan P, Soisuwan K, Thongprajukaew K (2018) Effect of organic acids or probiotics alone or in combination on growth performance, nutrient digestibility, enzyme activities, intestinal morphology and gut microflora in broiler chickens. Wiley Subscription Services, Inc, Germany

Rösler B. Untersuchungen von konventionell gehaltenen Ross 308 Masthühnern in einer angereicherten Haltungsumwelt unter dem Aspekt der Tiergesundheit. Dr. med. vet., Ludwig-Maximilians-Universität München, München, Deutschland 2016;

Ross AA, Rodrigues Hoffmann A, Neufeld JD. The skin microbiome of vertebrates. *Microbiome* 2019; 7: 79.

Roth N, Käsbohrer A, Mayrhofer S, Zitz U, Hofacre C, Domig KJ. The application of antibiotics in broiler production and the resulting antibiotic resistance in *Escherichia coli*: A global overview. *Poult Sci* 2019; 98: 1791-804.

Rychlik I, Karasova D, Crhanova M. Microbiota of Chickens and Their Environment in Commercial Production. *Avian Dis* 2023; 67: 1-9.

Sandvang D, Skjoet-Rasmussen L, Cantor MD, Mathis GF, Lumpkins BS, Blanch A. Effects of feed supplementation with 3 different probiotic *Bacillus* strains and their combination on the performance of broiler chickens challenged with *Clostridium perfringens*. *Poultry Science* 2021; 100: 100982.

Sarica M, Karakoç K, Erensoy K. Effects of varying group sizes on performance, body defects, and productivity in broiler chickens. *Arch Anim Breed* 2022; 65: 171-81.

Sarmiento-García A, Revilla I, Abecia J-A, Palacios C. Performance Evaluation of Two Slow-Medium Growing Chicken Strains Maintained under Organic Production System during Different Seasons. *Animals* 2021; 11: 13.

Schneider AF, Zimmermann OF, Gewehr CE. Zeolites in poultry and swine production. *Ciência Rural* 2017; 47: 1 - 8.

Schreier J, Karasova D, Crhanova M, Rychlik I, Rautenschlein S, Jung A. Influence of lincomycin-spectinomycin treatment on the outcome of *Enterococcus cecorum* infection and on the cecal microbiota in broilers. *Gut Pathogens* 2022; 14: 3.

Schwarz DJ. Mann-Whitney-U-Test. Universität Zürich. Methodenberatung. Datenanalyse mit SPSS. Unterschiede. Zentrale Tendenzen. Mann-Whitney-U 2023: [https://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse\\_spss/unterschiede/zentral/mann.html](https://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse_spss/unterschiede/zentral/mann.html). 31.01.2024.

Scicutella F, Mannelli F, Daghighi M, Viti C, Buccioni A. Polyphenols and Organic Acids as Alternatives to Antimicrobials in Poultry Rearing: A Review. *Antibiotics* 2021; 10: 13.

Seidavi A, Tavakoli M, Slozhenkina M, Gorlov I, Hashem NM, Asroosh F, Taha AE, Abd El-Hack ME, Swelum AA. The use of some plant-derived products as effective alternatives to antibiotic growth promoters in organic poultry production: a review. *Environmental Science and Pollution Research* 2021; 28: 47856-68.

Sevim Ö, Tatlı O, Kuter E, Ahsan U, Karimiyan Khamseh E, Reman A, Özdemir Ö, Kaya M, Sahiner H, Koksal B, Cengiz Ö. Effect of humate supplementation to feed and/or litter on performance, intestinal viscosity, litter quality, and occurrence of footpad dermatitis in broilers fed barley-based diets. *Tropical Animal Health and Production* 2021; 53

Shakya AK. Medicinal plants: Future source of new drugs. *International Journal of Herbal Medicine* 2016: 59 - 64.

Shepherd EM, Fairchild BD. Footpad dermatitis in poultry. *Poultry Science* 2010; 89: 2043-51.

Sørensen P, Su G, Kestin SC. Effects of Age and Stocking Density on Leg Weakness in Broiler Chickens. *Poultry Science* 2000; 79: 864-70.

- Suchý P, Straková E, Večerek V, Klouda Z, Kráčmarová E. The effect of a clinoptilolite-based feed supplement on the performance of broiler chickens. *Czech Journal of Animal Science* 2006; 51: 168-73.
- Swiatkiewicz S, Arczewska-Wlosek A, Jozefiak D. The nutrition of poultry as a factor affecting litter quality and foot pad dermatitis – an updated review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2017; 101: e14-e20.
- Szott V, Peh E, Friese A, Roesler U, Kehrenberg C, Ploetz M, Kittler S. Antimicrobial effect of a drinking water additive comprising four organic acids on *Campylobacter* load in broilers and monitoring of bacterial susceptibility. *Poultry Science* 2022; 101: 102209.
- Taklimi S, Ghahri H, Mokhtari M. Influence of different levels of humic acid and esterified glucomannan on growth performance and intestinal morphology of broiler chickens. *Agricultural Sciences* 2012; 03: 663-8.
- TAMG *GüDVmTuzDuVbTT-T* (2022) TAMG, Gesetz über den Verkehr mit Tierarzneimitteln und zur Durchführung unionsrechtlicher Vorschriften betreffend Tierarzneimittel (Tierarzneimittelgesetz - TAMG). Ed Justiz Bd
- Tang C, Kong W, Wang H, Liu H, Shi L, Uyanga VA, Zhao J, Wang X, Lin H, Jiao H. Effects of fulvic acids on gut barrier, microbial composition, fecal ammonia emission, and growth performance in broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research* 2023; 32: 100322.
- TierSchNutzV (2021a) Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung - TierSchNutzV) - Abschnitt 4 Anforderungen an das Halten von Masthühnern. Ed Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043) *dzdAadVvJB*
- TierSchNutzV (2021b) Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung - TierSchNutzV), § 19, Abs. 1, Nr. 6. Ed

Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043) dzdAadVvJB

TierSchNutzV (2021c) Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung - TierSchNutzV), § 20, Abs. 2. Ed Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043) dzdAadVvJB

TierSchNutzV (2021d) Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung - TierSchNutzV), § 20, Abs. 5. Ed Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043) dzdAadVvJB

TierSchNutzV (2021e) Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung - TierSchNutzV), § 19, Abs. 2. Ed Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043) dzdAadVvJB

Tierwohl I (2023) Handbuch Landwirtschaft Kriterienkatalog Geflügelmast Initiative Tierwohl. Gesellschaft zur Förderung des Tierwohls in der Nutztierhaltung mbH GF: Dr. Alexander Hinrichs, Robert Römer

VAN HORNE PLM, ACHTERBOSCH TJ (2008) Animal welfare in poultry production systems: impact of EU standards on world trade. Cambridge University Press on behalf of World's Poultry Science Association, Cambridge, UK

Vašková J, Stupák M, Vidová Ugurbaş M, Žatko D, Vaško L. Therapeutic Efficiency of Humic Acids in Intoxications. *Life* 2023; 13: 971.

VERORDNUNG(EG)429/2008 (2008) VERORDNUNG (EG) Nr. 429/2008 Der Kommission vom 25. April 2008 mit Durchführungsbestimmungen zur Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Erstellung und Vorlage von Anträgen sowie der Bewertung und

Zulassung von Futtermittelzusatzstoffen. Ed Union DEPudRdE. Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union. 65

VERORDNUNG(EG)1831/2003 (2003) VERORDNUNG (EG) Nr. 1831/2003 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 22. September 2003 über Zusatzstoffe zur Verwendung in der Tierernährung. Ed Union DEPudRdE. Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union. 252

VERORDNUNG(EU)2009/470 (2009) VERORDNUNG (EU) 2019/6 Des europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Mai 2009 über die Schaffung eines Gemeinschaftsverfahrens für die Festsetzung von Höchstmengen für Rückstände pharmakologisch wirksamer Stoffe in Lebensmitteln tierischen Ursprungs, zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 2377/90 des Rates und zur Änderung der Richtlinie 2001/82/EG des Europäischen Parlaments und des Rates und der Verordnung (EG) Nr. 726/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates (Text von Bedeutung für den EWR ). Ed Union DEPudRdE. Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union. 12

VERORDNUNG(EU)2009/767 (2009) VERORDNUNG (EG) Nr. 767/2009 Des europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juli 2009 über das Inverkehrbringen und die Verwendung von Futtermitteln. Ed Union DEPudRdE. Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union. 28

VERORDNUNG(EU)2013/68 (2013) VERORDNUNG (EU) Nr. 68/2013 Der Kommission vom 16. Januar 2013 zum Katalog der Einzelfuttermittel (Text von Bedeutung für den EWR). Ed Union DEPudRdE. Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union. 64

VERORDNUNG(EU)2018/848 (2018) VERORDNUNG (EU) 2018/848 Des europäischen Parlaments und des Rates über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates. In: Nr. 834/2007. Ed Union DEPudRdE. Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union

VERORDNUNG(EU)2019/6 (2018) VERORDNUNG (EU) 2019/6 Des europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über Tierarzneimittel. Ed Union DEPudRdE. Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union. 125

Vinayak A, Mudgal G, Sharma S, Singh GB. Chapter 4: Prebiotics for Probiotics. In: Advances in probiotics for sustainable food and medicine. Goel G, Kumar A, eds. Singapore: Springer 2021: 63 - 82.

Wang T, Cheng K, Yu CY, Li QM, Tong YC, Wang C, Yang ZB, Wang T. Effects of a yeast-derived product on growth performance, antioxidant capacity, and immune function of broilers. *Poult Sci* 2021; 100: 101343.

Weeks CA, Butterworth A (2004) *Measuring And Auditing Broiler Welfare*. CABI Publishing, Oxfordshire / Cambridge. 305

Weimer SL, Mauromoustakos A, Karcher DM, Erasmus MA. Differences in performance, body conformation, and welfare of conventional and slow-growing broiler chickens raised at 2 stocking densities. *Poult Sci* 2020; 99: 4398-407.

Welfare Quality (2009) *Welfare Quality® assessment protocol for poultry (broilers, laying hens)*. Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands. 111

Westermaier C. Vergleichende Untersuchungen zur Tiergesundheit von konventionell gehaltenen Ross 308 und Cobb Sasso Masthühnern mit einem neuen Aufzuchtconcept im Rahmen der konzeptionellen Ausarbeitung von Richtlinien für eine tiergerechtere Masthühnerhaltung. Dr. med. vet., Ludwig-Maximilians-Universität München, München, Deutschland 2015;

Wiesenhof Privathof G. Kriterien in deraltungsform 3 der Hähnchenhaltung. 2013: <https://www.wiesenhof-privathof.de/gefluegelhaltung-konzept/>. 06.12.2023.

Willam A, Simianer H. Kapitel 9.6: Geflügel (Hühner, Puten). In: Tierzucht. Willam A, Simianer H, eds. Stuttgart: UTB Verlag Eugen Ulmer 2017: 355 - 60.

Windisch W, Schedle K, Plitzner C (2008) Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. American Society of Animal Science, United States

Wu QJ, Wang LC, Zhou YM, Zhang JF, Wang T. Effects of clinoptilolite and modified clinoptilolite on the growth performance, intestinal microflora, and gut parameters of broilers. *Poultry Science* 2013a; 92: 684-92.

Wu QJ, Zhou YM, Wu YN, Zhang LL, Wang T. The effects of natural and modified clinoptilolite on intestinal barrier function and immune response to LPS in broiler chickens. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 2013b; 153: 70-6.

Yadav AS, Kolluri G, Gopi M (2016) Exploring alternatives to antibiotics as health promoting agents in poultry- a review. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*

Yaqoob MU, Wang G, Wang M. An updated review on probiotics as an alternative of antibiotics in poultry — A review. *Anim Biosci* 2022; 35: 1109-20.

Yilmaz E. Nutritional manipulations for preventing contact dermatitis in poultry - A review. *CABI Reviews* 2024; 19

ZDG ZdDGeV (2022) Geflügeljahrbuch 2023 Schwerpunkt Tiergesundheit. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

ZDG ZdDGeV (2023) Geflügeljahrbuch 2024 Krisenmanagement. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 367

Zhang S, Shen YR, Wu S, Xiao YQ, He Q, Shi SR. The dietary combination of essential oils and organic acids reduces *Salmonella enteritidis* in challenged chicks. *Poultry Science* 2019; 98: 6349-55.

Zhen W, Zhu T, Wang P, Guo F, Zhang K, Zhang T, Jalukar S, Zhang Y, Bai D, Zhang C, Guo Y, Wang Z, Ma Y. Effect of dietary *Saccharomyces*-derived prebiotic refined functional carbohydrates as antibiotic alternative on growth performance and intestinal health of broiler chickens reared in a commercial farm. *Poultry Science* 2023; 102: 102671.

Zhou S, Watcharaanantapong P, Yang X, Thornton T, Gan H, Tabler T, Prado M, Zhao Y. Evaluating broiler welfare and behavior as affected by growth rate and stocking density. *Poultry Science* 2024; 103: 103459.

## XII. Anhang

**Tabelle 23:** Liste der Zusammensetzungen der eingesetzten alternativen Prophylaxemittel lt. Herstellerangaben, t = Einsatzzeitpunkt (Betrieb / Nr. der prospektiven Mastdurchgänge), \* = Kategorie alternatives Prophylaxemittel (1 = Aromastoffe, 2 = Probiotika, Prä-/Probiotika-Kombinationen, Effektive Mikroorganismen (PEM), 3 = Huminsäuren, 4 = Klinoptilolithe, 5 = Säuren), R = Applikationsroute (E = Einstreu, F = Futter, W = Wasser), d = Applikationszeitpunkte (Masttag, k = kontinuierlich)

t	*	Zusammensetzung	R	d
1 / pro 1-3	1	Natriumchlorid, Magnesiumchlorid, wässrige Mischung aus natürlichen Aromastoffen, Vitamin C	W	1 - 15 18 - 20
4 / pro 4-6	1	Erzeugnisse aus der Verarbeitung von Gewürzen, Würzmitteln und Kräutern: <i>Sinapis alba</i> , <i>Chelidonium majus</i> , <i>Plantago spp.</i>	F	k
3 / pro 7-9	1	Calciumcarbonat, Natriumhydrogencarbonat, Erzeugnisse aus der Verarbeitung von Gewürzen und Würzmitteln, Erzeugnisse aus der Verarbeitung von Kräutern: <i>Capsicum annuum var. minimum</i> , <i>Sinapis alba</i> , <i>Curcuma longa</i> , <i>Saponaria officinalis</i> , <i>Acorus calamus</i>	F	k
3 / pro 4-6	1	Natriumchlorid, Traubenzucker, natürliches Oregano-Öl	W	42 - 46
1 / pro 4-6	2	Laktose, Dextrose, Natriumbicarbonat, Natriumcarbonat, <i>Bacillus licheniformis</i>	F/W	1 - 5
2 / pro 4-6	2	Laktose, Dextrose, Natriumbicarbonat, Natriumcarbonat, <i>Bacillus licheniformis</i>	F/W	1 - 5
4 / pro 1-3	2	<i>Bifidobacterium animalis spp. salivarius</i> , <i>Lactobacillus salivarius spp. salivarius</i> , <i>Enterococcus faecium</i> , Fructooligosaccharide	F	1 - 3
5 / pro 4-6	2	Wasser, Bio-Joghurt, Anis, Fenchel, Pfefferminze, Rosmarinblätter, Kümmel, Goldrute, Schafgarbe, Zuckerrohrmelasse, fermentiert	F	k
2 / pro 7-9	2	Biertreber, Erbsenschalen, Karottentrester, Bierhefe, Hefezellwandprodukt (Glucan-Mannan-Komplex), Calciumcarbonat, <i>Bacillus subtilis</i> , Rapsöl	F	14 - 21
1 / pro 1-3	3	Leonardit; Lignocellulose, Palmkernöl, Glycerin	F	k
2 / pro 1-3	3	Cellu-Ligno-Karbon-Isolat, Apfeltrester, Möhren, Lignocellulose, raffinierte Fettsäuren (Palm), Glycerin	F	k
1 / pro 7-9	4	Klinoptilolith sedimentären Ursprungs, Alumosilikat	F/E	k/1
4 / pro 7-9	4	Klinoptilolith sedimentären Ursprungs, (NaK) <sub>4</sub> CaAl <sub>6</sub> Si <sub>30</sub> O <sub>72</sub> 24 H <sub>2</sub> O	E	1
3 / pro 1-3	5	Natriumchlorid, Kaliumchlorid, Ameisensäure, Milchsäure, Sorbinsäure, Propionsäure	W	k
1 / pro 7-9	5	Hypochlorige Säure, Stammlösung hergestellt aus Natriumchlorid und Wasser	W	k

Abbildung 9: Erfassungsbogen durchgangsbezogene Daten blanko (Teil 1 von 3)

**MuD Projekt „Antibiotikaminimierung in der Geflügelhaltung: Alternative Prophylaxemaßnahmen“ (AntiMin-Pro)**

bitte gelbe Felder ausfüllen

grüne Felder = freiwillige Angaben

**Kontakt für Rückfragen:**

Sebastian Sterk (Tierarzt/Doktorand LMU): 0176/34955814  
sebastian.sterk@lmu.de

	Durchgang:	Stall 1 (Kontrollstall)	Stall 2 (Stall mit "Prophylaxemittel")
<b>Betrieb:</b>			
<b>Einstellungsdatum:</b>			
<b>Brütere:</b>			
<b>Alter Elterntierherde:</b>			
<b>Genetik:</b>			
<b>Datum Vorgef(e):</b>			
<b>Datum Endausstallung:</b>			
	<b>Anzahl eingestallt:</b>		
	<b>Kühenkosten in €:</b>		
	<b>Verluste Stk. gesamt:</b>		
	<b>Futterverbrauch:</b> <small>(gesamt im Durchgang)</small>		
	<b>Futterkosten in €:</b> <small>(wenn möglich pro Stall separat)</small>		
	<b>Futterverwertung:</b> <small>(bezogen auf angelieferte kg am Schlachthof)</small>		
	<b>Wasserverbrauch:</b> <small>(gesamt im Durchgang)</small>		
	<b>Prophylaxemittel:</b>	entfällt	

MT = Masttag      Schlupftag = MT0

	Datum oder MT:	Impfstoff:	Datum oder MT:	Impfstoff:
<b>Brütere:</b>				
<b>Bestand:</b>				

**Schutzimpfungen (Bezeichnung, Dosierung, Zeitpunkt):**

	Datum oder MT:	Wirkstoff:	Datum oder MT:	Wirkstoff:
<b>Kokzidiostatika (Wirkstoff, Dosierung, Zeitdauer):</b>				

Abbildung 10: Erfassungsbogen durchgangsbezogene Daten blanko (Teil 2 von 3)

<b>Betrieb:</b>	0	<b>Durchgang:</b>	0
-----------------	---	-------------------	---

	Stall 1 (Kontrollstall)	Stall 2 (Stall mit "Prophylaxemittel")
<b>Medikamenteneinsatz</b> (Behandlungstage, Präparat, Indikation, Zeitaufwand täglich in Minuten - inkl. Vor- u. Nachbereitung z. B. Reinigung):	Datum (von-bis) u. Behandlungstage	Datum (von-bis) u. Behandlungstage:
	Präparat, Indikation, Zeitaufwand in min.:	Präparat, Indikation, Zeitaufwand in min.:

	Vorgriff:	Endausstallung:
angelieferte Stückzahl:		Endausstallung:
angelieferte kg gesamt:		
verwertbar Stück:		
verwertbar kg:		
Fußballveränderungen % Grad 0:		
Fußballveränderungen % Grad 1:		
Fußballveränderungen % Grad 2a:		
Fußballveränderungen % Grad 2b:		
bezahlte kg:		
Erlöse in € (gesamt):		

Abbildung 11: Erfassungsbogen durchgangsbezogene Daten blanko (Teil 3 von 3)

Betrieb:	0	Durchgang:	0	Stall 2 (Stall mit "Prophylaxemittel")
		Stall 1 (Kontrollstall)		
<p><b>weitere Maßnahmen hinsichtlich Trinkwasser und Fütterung</b>                  (z.B. Anpassungen der Fütterung, Verbarschung von Vitaminen, Mineralstoffen etc. -                  bitte Einsatzdauer und Handelsbezeichnung angeben):</p>				
<p><b>Anmerkungen</b> (z.B. allgemeine Hygiene- und Managementmaßnahmen, besondere                  Witterungseinflüsse, Ergebnisse von Kotuntersuchungen und Sektionsberichten, Befunde,                  wenn vorhanden bitte beifügen):</p>				
<p><b>Probenentnahme Kommensalen-Monitoring</b> (Datum):</p>				

Abbildung 12: Erfassungsbogen Tierbonitur blanko

Betrieb:		Datum:		Stall:	
----------	--	--------	--	--------	--

Stallbereich:							Bemerkung
	Geschlecht	Verschmutzungsgrad	Gefiederzustand	Hautverletzungen	Fersehöcker	Fußballengrundheit	
Tier Nr.	m/w	0, 1, 2	0, 1, 2	0, 1, 2	0, 1, 2	0, 1, 2	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							

Stallbereich:							Bemerkung
	Geschlecht	Verschmutzungsgrad	Gefiederzustand	Hautverletzungen	Fersehöcker	Fußballengrundheit	
Tier Nr.	m/w	0, 1, 2	0, 1, 2	0, 1, 2	0, 1, 2	0, 1, 2	
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							

### **XIII. Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt an erster Stelle Herrn Univ.-Prof. Dr. Hermann Ammer für die Überlassung des hochinteressanten, aktuellen Themas, sowie für die Bereitstellung des Arbeitsplatzes am Institut. Ich danke Ihm insbesondere auch für die wissenschaftliche Begleitung und Mitinitiierung des Projekts „AntiMin-Pro“.

Bei dem gesamten Projekt-Team, stellvertretend dem Projektkoordinator Herrn Dr. Christian Lambertz, möchte ich mich ebenso für die Initiierung des Projekts und die damit verbundene Einwerbung der Drittmittel bedanken, was die Durchführung des Projekts in dieser Form erst ermöglichte.

Bei Herrn Privatdozent Dr. Sven Reese möchte ich mich recht herzlich für die ausgezeichnete Beratung und die Anmerkungen bei der statistischen Auswertung der erhobenen Daten bedanken.

Eine Praxiserprobung wäre ohne motivierte Betriebe nicht möglich. Mein großer Dank geht deshalb an dieser Stelle an die fünf Projektbetriebe, die sich für die mit Mehraufwand verbundene Teilnahme an dem Projekt bereit erklärt haben, mich bei der Datenerhebung unterstützt und mir zur Erfassung der tierbasierten Tierwohlindekatoren Ihre Stallungen geöffnet haben.

Für die vielen Stunden Beratung hinsichtlich der alternativen Prophylaxemittel möchte ich mich bei allen Kontaktpersonen der Herstellerfirmen recht herzlich bedanken. Mein großer Dank geht in diesem Zusammenhang auch an die Futtermühlen, für Ihre Flexibilität in der Anfertigung der Sondermischungen.

Ich möchte mich bei allen Mitarbeitern des Projekts „AntiMin-Pro“, bei den Mitarbeitern des Instituts für Pharmakologie, Toxikologie und Pharmazie der tierärztlichen Fakultät und nicht zuletzt beim Team der Klinik für Pferde der LMU München, für die zwei sehr lehrreichen Jahre und die allzeit kollegiale Zusammenarbeit bedanken. Ein besonderer Dank geht an Frau Tierärztin Karina Schechner und Herrn Moritz Lattner für die Unterstützung bei der Bonitur der 1.500 Masthühner, sowie an Frau Tierärztin Dr. Theresa Schlittenlacher für die Beratung hinsichtlich der Prophylaxemittel.

Abschließend möchte ich mich für die allzeit vorhandene Rückendeckung und Unterstützung auf meinem Lebensweg von ganzem Herzen bei meiner Familie, Verwandtschaft und bei meinen Freunden bedanken.