

# Muskel- und Fettwachstum: Auswirkungen auf die Futtermittelverwertung bei Masthühnern



## *Konferenzbericht*

Auf der jüngsten Veranstaltung der EW Nutrition Poultry Academy in Jakarta, Indonesien, betonte Dr. Steve Leeson, emeritierter Professor an der University of Guelph, Kanada, dass die Futteraufnahme der wichtigste Faktor für die Wachstumsrate von Masthühnern ist, während die Futtermittelverwertung stärker vom Muskelaufbau als vom Fettwachstum beeinflusst wird.

Die Zucht auf schnelles Wachstum hat dazu geführt, dass der Appetit indirekt zu einem wichtigen Kriterium bei der Selektion moderner Masthuhn-Linien geworden ist. Diese Linien sind sehr magerfleischig. Dr. Leeson erklärte: „Die Förderung des Muskelwachstums im Vergleich zum Fettwachstum verbessert stets die Futtermittelverwertung. Der Grund dafür ist ganz einfach - 1 kg Fett enthält 9.000 kcal, während 1 kg Muskelfleisch, das zu 80 % aus Wasser besteht, nur 1.000 kcal liefert. Daher reagieren Masthühner heute sehr gut auf Aminosäuren. Das bedeutet, dass Muskelaufbau fast zehnmal effizienter ist als Fetteinlagerung.“ Dr. Leeson merkte auch an, dass die Fütterung des Broilerküken heute wichtiger ist denn je. „Das Körpergewicht am Tag 7 ist heute ein Standardmaß zur Messung der Produktivität. Jedes Gramm Körpergewicht im Alter von 7 Tagen entspricht 10 Gramm im Alter von 35 Tagen.“

# Faktoren, die die Futteraufnahme beeinflussen

Um das genetische Potenzial zu maximieren und die Fresslust moderner Masthühner auszunutzen, ist es entscheidend, Faktoren, die die Futteraufnahme hemmen, auf ein Mindestmaß zu beschränken. Dazu gehören:

- Futterform — Futteraufnahme: Mehlfutter < Krümel Futter < Pellets
- Futterpartikelgröße — Die Futteraufnahme wird durch die Fütterung möglichst großer Futterpartikel maximiert
- Besatzdichte — Es ist unwahrscheinlich, dass die Fütterung nach dem 28. Lebenstag bei einer Besatzdichte von mehr als 35 kg/m<sup>2</sup> wirklich noch ad libitum erfolgen kann
- Umgebungstemperatur — die maximale Futteraufnahme findet nach der Aufzuchtphase bei einer Temperatur von 15°C statt, ein optimales Futter/Zuwachs-Verhältnis erzielt man bei etwa 26°C
- Beleuchtung — je länger die Lichtphasen sind, desto höher ist die Futteraufnahme. Es sind jedoch 4 Stunden Dunkelheit erforderlich, um die Gesundheit der Tiere und ihre Immunabwehr nicht zu beeinträchtigen.
- Energieniveau des Futters — Masthühner fressen noch immer nach Energiebedarf.

## Besatzdichte und eingeschränkte Fütterung

Bis zum Alter von 21 Tagen erreichen Masthähnchen ihre erwarteten Gewichte, ab 28 Tagen jedoch liegen sie unter ihrem genetischen Potential. Oft wird dieser Wachstumsabfall irrtümlicherweise der Umstellung auf Endmastfutter, einer subklinischen Erkrankung oder anderen Problemen zugeschrieben. In vielen Fällen ist er jedoch einfach nur auf eine, durch den begrenzten Zugang zu Futterautomaten verursachte, geringere Futteraufnahme zurückzuführen. Warum? Bei höheren Besatzdichten, die die Profitabilität pro Stall und nicht pro Tier maximieren, konkurrieren die nun größeren Tiere um den Platz am Futterautomaten, was möglicherweise eine Futteraufnahme ad libitum verhindert. Masthähnchen müssen pro Stunde etwa 8 Minuten lang fressen, dies erfolgt aber normalerweise nicht auf einmal.

Das genetische Potenzial für die Futteraufnahme (Gramm/Tag) hängt vom Alter der Tiere ab. Bei einem Masthähnchen von 21 bis 42 Tagen entspricht die Futteraufnahme beispielsweise dem Alter (Tage) x 6, sodass ein 28 Tage altes Masthähnchen 168 Gramm Futter pro Tag aufnehmen kann.

## Umgebungstemperatur

Moderne Masthühner reagieren zunehmend empfindlich auf Hitzestress. Wir können den Gesamtenergiebedarf beeinflussen, indem wir den Energiebedarf zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur reduzieren. Das Halten von Masthühnern bei <15 °C ist bei hohen Besatzdichten eine Herausforderung. Wenn Masthühner nahe am thermischen Neutralpunkt von etwa 24 °C gehalten werden, wird der Energiebedarf unabhängig von der Besatzdichte minimiert.

## Wie kann die Futteraufnahme gefördert werden?

### Verbesserung der Pelletqualität

Bis zum Alter von 21 Tagen erreichen Masthähnchen ihre erwarteten Gewichte, ab 28 Tagen jedoch liegen sie unter ihrem genetischen Potential. Oft wird dieser Wachstumsabfall irrtümlicherweise der Umstellung auf Endmastfutter, einer subklinischen Erkrankung oder anderen Problemen zugeschrieben. In vielen Fällen ist er jedoch einfach nur auf eine, durch den begrenzten Zugang zu Futterautomaten verursachte, geringere Futteraufnahme zurückzuführen. Warum? Bei höheren Besatzdichten, die die Profitabilität pro Stall und nicht pro Tier maximieren, konkurrieren die nun größeren Tiere um den Platz am Futterautomaten, was möglicherweise eine Futteraufnahme ad libitum verhindert. Masthähnchen müssen pro Stunde etwa 8 Minuten lang fressen, dies erfolgt aber normalerweise nicht auf einmal.

Das genetische Potenzial für die Futtermittelaufnahme (Gramm/Tag) hängt vom Alter der Tiere ab. Bei einem Masthähnchen von 21 bis 42 Tagen entspricht die Futtermittelaufnahme beispielsweise dem Alter (Tage) x 6, sodass ein 28 Tage altes Masthähnchen 168 Gramm Futter pro Tag aufnehmen kann.

## Umgebungstemperatur

Moderne Masthühner reagieren zunehmend empfindlich auf Hitzestress. Wir können den Gesamtenergiebedarf beeinflussen, indem wir den Energiebedarf zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur reduzieren. Das Halten von Masthühnern bei <15 °C ist bei hohen Besatzdichten eine Herausforderung. Wenn Masthühner nahe am thermischen Neutralpunkt von etwa 24 °C gehalten werden, wird der Energiebedarf unabhängig von der Besatzdichte minimiert.

## Wie kann die Futtermittelaufnahme gefördert werden?

### Verbesserung der Pelletqualität

Eine höhere Pelletqualität bedeutet, dass die Tiere weniger Zeit zur Futtermittelaufnahme benötigen und dadurch weniger Energie für die Erhaltung verbrauchen. Eine Verbesserung der Pelletqualität ermöglicht eine Reduzierung der scheinbar umsetzbaren Energie (AME) im Futter. Wenn beispielsweise die Pelletqualität von 60 % auf 80 % steigt, entspricht dies einer Erhöhung der Futterenergie um 60 kcal, ohne die Zusammensetzung der Nahrung zu ändern. Alternativ kann die AME um 60 kcal reduziert werden, was die Futterkosten senkt, ohne die Leistung zu beeinträchtigen.

### Übergang von Krümel Futter zu Pellets

Der Übergang von Krümel Futter zu Pellets erfolgt in der kommerziellen Geflügelhaltung oft zu spät, was die Wachstumsrate einschränkt. Die Zurückhaltung, früher auf Pellets umzustellen, beruht auf der wahrgenommenen Futterverweigerung, weshalb das Umsteigen von Krümel Futter zu Pellets häufig erst im Alter von 21 bis 24 Tagen erfolgt. Masthühner fressen jedoch bereits sehr früh große Futterpartikel. Die vorübergehende Futterverweigerung dauert Minuten oder Stunden, nicht Tage. Futterreste werden überschätzt und betragen maximal nur 1-2 Gramm pro Tier. Die Futterverweigerung kann minimiert werden, indem der letzten Portion Krümel Futter 5 % Pellets zugesetzt werden und die erste Portion des Mastfutters zu 50 % aus Krümel Futter und zu 50 % aus Pellets besteht.

### Größe der Pellets

Die Anpassung der Pelletgröße an das Vogelalter nimmt mit zunehmender Besatzdichte an Bedeutung zu. Dr. Leeson empfiehlt für die Tiere folgende ideale Pelletgrößen:

- Prestarter (0-10 Tage) 2 mm
- Starter (11-21 Tage) 3,5 mm kurz
- Mastfutter 1 (22-32 Tage) 4 mm und
- Endmastfutter (32+ Tage) 5 mm.

Wenn die Tiere Futter mit unterschiedlichen Partikelgrößen erhalten, bevorzugen sie ausnahmslos die größten Partikel. Von größeren Pellets müssen die Tiere weniger konsumieren und so weniger Zeit am Futterautomaten verbringen.

### Fazit

Dr. Leeson kam zu dem Schluss, dass die Futtermittelaufnahme die Wachstumsrate bestimmt. Daher sollten die Vögel so früh wie möglich auf Pellets umgestellt werden, und die Pelletgröße an die Bedürfnisse der Tiere angepasst werden. Jede Managementmaßnahme, die die Futtermittelaufnahme einschränkt, wie eine hohe Besatzdichte oder Hitzestress, erfordert eine entsprechende Verzögerung bei der Futterumstellung.

---

# Stoffwechselstörungen und Muskeldefekte



## Konferenzbericht

Im Rahmen der [EW Nutrition](#) Poultry Academy im indonesischen Jakarta definierte Dr. Steve Leeson, emeritierter Professor der University of Guelph in Kanada, Stoffwechselstörungen wie folgt: Sie sind nicht ansteckend, treten bei entsprechender Ernährung unter „normalen“ Bedingungen auf und sind meist tierartspezifisch. Ihre Häufigkeit korreliert negativ mit der Produktivität. Obwohl die Genetik häufig eine große Rolle spielt, ist die genetische Selektion zur Bekämpfung des Problems oft der letzte Ausweg, da in der Regel eine negative Korrelation mit der Produktivität besteht.

## Aszites

Aszites oder „Bauchwassersucht“ wurde erstmals in den 1970er Jahren beschrieben und ist heute wahrscheinlich die Stoffwechselstörung Nummer eins. Es handelt sich dabei um eine Flüssigkeitsansammlung im Bauchraum. Sie wird verursacht durch eine Reihe von Ereignissen, die bedingt durch den hohen Sauerstoffbedarf der Gewebe stattfinden. Ursprünglich trat die Erkrankung vor allem bei schnell wachsenden männlichen Masthühnern auf, die in großen Höhen gehalten wurden und einem gewissen Kältestress ausgesetzt waren. Heutzutage kann das Problem jedoch in jeder Höhenlage auftreten. In Extremsituationen kann die Mortalität bis zu 8% betragen, meistens sind es jedoch 1-3%. Da höhere Wachstumsraten hauptsächlich dafür verantwortlich sind, tritt das Problem heutzutage wieder

häufiger auf.

Um Aszites möglichst zu vermeiden, können folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- Wachstumsrate begrenzen
- Futterbeschaffenheit (Breifutter besser als Pellets)
- Temperatur bei Tieren jeglicher Altersklasse niemals unter 15°C
- Ausreichende Lüftung - Frischluft vs. Temperatur
- Minimierung von Umweltschadstoffen wie Staub
- Lichtprogramme (4-6 Stunden Dunkelheit)

## Plötzlicher Tod (Sudden Death Syndrome, SDS)

SDS betrifft fast immer männliche Tiere, die ihr Schlachtgewicht erreichen. Häufig sind 1-5 % des Bestandes davon betroffen und im Alter von 21-35 Tagen ist SDS normalerweise die Haupttodesursache. Betroffene Tiere machen einen gesunden Eindruck, sind wohlgenährt und haben stets Futter im Verdauungstrakt. Der Tod tritt innerhalb von 1-2 Minuten ein und die Tiere werden meistens tot auf dem Rücken liegend aufgefunden. Es gibt nur wenige Veränderungen in der makroskopischen Pathologie. Das Herz kann Blutgerinnsel enthalten, die aber wahrscheinlich erst postmortal entstanden sind; die Herzkammern sind normalerweise leer. Die Diagnose erfolgt normalerweise durch Ausschluss anderer Krankheiten. Die Lunge ist häufig ödematös. Dies kann auch als Folge der längeren Rückenlage der Tiere auftreten, wenn die Flüssigkeit durch die Schwerkraft in die Lungenregion abfließt. Spezifische Gewebe- oder Blutbildveränderungen, die eine Diagnose ermöglichen, sind nicht erkennbar. SDS wird durch schnelles Wachstum hervorgerufen, in diesem Fall ist aber eine Eindämmung des Problems durch Nährstoffbeschränkung in unterschiedlichem Ausmaß möglich.

## Spiking-Mortalitätssyndrom (SMS)

SMS ist durch eine schwere, unerklärliche Hypoglykämie gekennzeichnet und tritt immer im Alter zwischen 18 und 21 Tagen auf. Da es nur wenige Obduktionsberichte gibt, kommt es häufig zu Fehldiagnosen. Die Sterblichkeit kann zwischen 2 und 3% betragen. Männchen sind anfälliger als Weibchen, wahrscheinlich weil sie schneller wachsen. Tiere, die ausschließlich mit pflanzlicher Nahrung gefüttert werden, können anfälliger für SMS sein. Die Ergänzung einer rein pflanzlichen Fütterung mit Milchpulver (das reich an Serin ist), Kasein oder Serin wird empfohlen, da es zu einem Anstieg des Blutzuckerspiegels führt.

## Gestörte Skelettintegrität

Diese Störung ist nicht auf das erhöhte Körpergewicht der Masthähnchen zurückzuführen, da diese in der Lage sind, Gewichte zu tragen, die ihr eigenes Körpergewicht bei weitem übersteigen. Vielmehr liegt es daran, dass sich der Schwerpunkt des Tieres durch das stärkere Wachstum der Brustmuskulatur nach vorne verschiebt und die Beine weiter auseinander bewegt werden, was einen Torsionsdruck auf den Oberschenkelknochenkopf ausübt. Neben den Problemen, die schon auf dem landwirtschaftlichen Betrieb auftreten, kommt es zusätzlich noch zu Komplikationen bei der maschinellen Verarbeitung im Schlachthof.

Ursachen für gestörte Skelettintegrität können eine unausgewogene Nährstoffversorgung, wie beispielsweise ein Überschuss an Chlorid, oder eine Infektion mit Bakterien, Viren und insbesondere Mykoplasmen sein.

# Tibiadyschondroplasie (TD)

TD wird durch eine abnormale Knorpelentwicklung verursacht. Eine gestörte Gefäßversorgung verhindert die Mineralisierung. TD ist durch eine Vergrößerung des Sprunggelenks, verdrehte Mittelfußknochen und verrutschte Sehnen gekennzeichnet. Eine niedrige Elektrolytkonzentration (<200 MEq), hoher Chloridgehalt (>0,3 %) oder ein niedriges Ca:P- bzw. ein hohes P:Ca-Verhältnis können TD auslösen. Durch die Ergänzung der Ernährung mit Mangan und Cholin lässt sich das Problem weitestgehend beseitigen.

## Perosis

Die Krankheit wird heute häufig als Chondrodystrophie bezeichnet. Die klassische Ursache ist Mangan- oder Cholinmangel, sie kann jedoch auch durch den Mangel an anderen B-Vitaminen auftreten. Wie bei TD können einige Getreidebegasungsmittel den Krankheitsverlauf verschlimmern.

## Verdrehter Rücken oder Kinky Back-Syndrom

Bei dem auch als Spondylolithesis bekannten Syndrom handelt es sich nicht wirklich um eine Stoffwechselstörung, da die häufigste Ursache eine *Enterokokken*-Infektion ist. Hühner mit Kinky Back-Syndrom sitzen häufig auf ihrem Schwanz, strecken ihre Füße nach außen oder lassen sie auf eine Seite ihres Körpers fallen. Wenn die Vögel aufgrund dieser Krankheit nicht mehr laufen können, sind sie nicht mehr in der Lage, selbständig Nahrung oder Wasser zu erreichen und es besteht die Gefahr, zu verhungern. Es gibt keine Behandlung für diese Krankheit.

## Magenerosion und Drüsenmagen

Obwohl Läsionen im Muskelmagen sehr häufig sind, geht Dr. Leeson von einer Überbewertung ihrer Bedeutung aus. Muskelmagenerkrankungen kommen bei Legehennen und noch häufiger bei Masthühnern vor.

Der Zugang zu Grit und die Einbeziehung von mindestens 20 % Getreidepartikeln mit einer Größe über 1 mm in die Fütterung wirken sich positiv auf die Entwicklung und Funktion des Muskelmagens aus. Außerdem mindern sie Häufigkeit und Schwere von Muskelmagenverletzungen bei Geflügel. Auf Struktur und Funktion des Muskelmagens hat die Aufnahme nichtlöslicher Ballaststoffe nachweislich starke Auswirkungen. Die Zugabe von mindestens 3 % grobgemahlener Rohfaser zum Futter erhöhte das relative Gewicht des Muskelmagens und senkte den pH-Wert dessen Inhalts, was auf eine vorbeugende Wirkung von Rohfaser schließen lässt.

Mit einer Magenerosion wird häufig der Vormagen, ein sehr großes Organ, in Verbindung gebracht. Bei einer Erkrankung der Vormagendrüsen kommt es zu einer geringeren Sekretion von Salzsäure und Enzymen. Dadurch gelangt mehr unverdaute Nahrung in den Darm, wo sie als Nährboden für Krankheitserreger dienen und Verdauungsinfektionen auslösen kann.

## Brustmuskeldefekte

Brustmuskeldefekte stellen weder für das Geflügel und für die Effizienz/Ökonomie des Wachstums noch für die Lebensmittelsicherheit ein Problem dar. Erst in der Primär- und Sekundärverarbeitung und für die Akzeptanz beim Verbraucher wird es zum Thema. Durch das schnelle Muskelwachstum und die vergrößerten Muskelzellen verkleinert sich der Abstand zwischen den Muskelfasern. Das führt zu einer eingeschränkten Blutversorgung der Muskeln, die damit nicht mehr den gewünschten Sauerstoffgehalt

erreichen können.

## White Striping

Weißer Streifen sind ein Qualitätsmanko bei Hähnchenbrustfleisch. Dabei handelt es sich um Fettablagerungen im Muskel, die während des Wachstums und der Entwicklung des Tieres entstehen. „Es ist wie die Marmorierung von rotem Fleisch“, scherzte Dr. Leeson „man sollte es als marmoriertes Huhn bewerben – wie Wagyu-Rindfleisch“. Da Hypoxie mit der Bildung weißer Streifen einhergeht, könnte man sich überlegen, ob eine Arginin-Ergänzung die Gefäßerweiterung fördern und so die Muskeln mit mehr Sauerstoff versorgen könnte.

## Wooden Breast (WB) -“Holzbrust“

WB ist ein immer häufiger auftretender Qualitätsmangel. Makroskopisch ist es durch tastbare harte, blasse, kammartige Ausbuchtungen am kaudalen Ende gekennzeichnet, die in Verbindung mit klarer, zäher Flüssigkeit, kleinen Blutungen und weißen Streifen, einzeln oder zusammen, auftreten können. Hauptursache ist das schnelle Wachstum und der hohe Brustfleischertrag. Über die Fütterung oder das Management gibt es gegen diese Art von Muskelveränderung keine Lösung.

Wooden Breast kommt häufig bei männlichen Broilern mit einem Körpergewicht von über 2,5 kg vor und die Häufigkeit nimmt tendenziell mit der Größe des Brustfilets zu.

Während sich die Häufigkeit von Wooden Breast erhöht, ist White Striping tendenziell auf dem Rückzug. Aufgrund optischer Mängel und der harten, zähen Textur genießen WB-Filets nur eine geringe Akzeptanz beim Verbraucher. Sie werden in der Regel abgewertet und für die Hackfleischproduktion verwendet.

Durch die Reduzierung von oxidativem Stress und eine höhere Sauerstoffversorgung der Muskelzellen, die es ihnen ermöglicht sehr schnell und ohne Fleischeinbuße zu wachsen, kann die Häufigkeit von Wooden Breast reduziert werden.

Die [EW Nutrition](#) Poultry Academy fand Anfang September 2023 in Jakarta and Manila statt. Dr. Steve Leeson, anerkannter Experte für Geflügelernährung und -produktion und mit nahezu 50 Jahren Erfahrung in der Geflügelindustrie, war der geschätzte Hauptredner der Veranstaltung.

Dr. Leeson erlangte seinen Dokortitel in Geflügelernährung im Jahr 1974 an der Universität von Nottingham. 38 Jahre lang war er Professor des Lehrstuhls für Tier- und Geflügelwissenschaft an der Universität Guelph in Kanada, wo er seit 2014 als emeritierter Professor noch tätig ist. Der hervorragende Autor kann mehr als 400 Veröffentlichungen in referierten Fachzeitschriften und 6 Bücher über unterschiedlichste Aspekte aus Geflügelernährung und -management vorweisen. Er war Gewinner des “American Feed Manufacturer’s Association Nutrition Research Award” (1981), des “Canadian Society of Animal Science Fellowship Award” (2001) und des Novus Lifetime Achievement Award in Poultry Nutrition (2011).

---

## Salmonellen im Schweinebestand:

# Bedrohung für Konsumenten, Herausforderung für Schweinehalter



Von Dr. Inge Heinzl, Editor, EW Nutrition

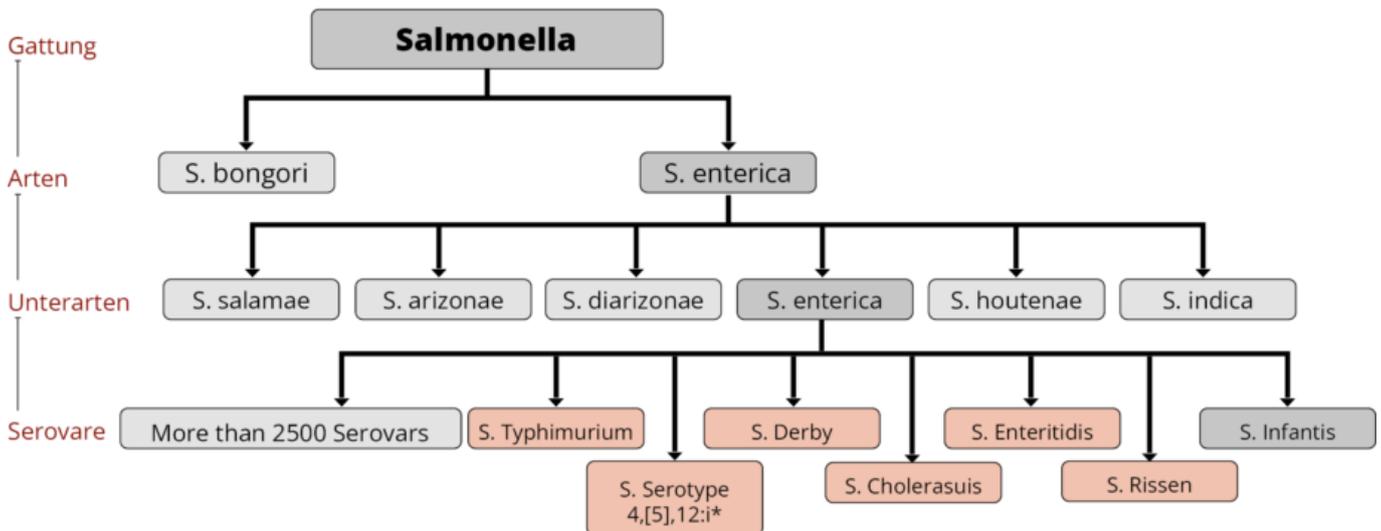
Salmonellose steht an dritter Stelle der lebensmittelbedingten Krankheiten, die zum Tod führen ([Ferrari, 2019](#)). Jedes Jahr werden von der EU mehr als 91.000 Salmonellose-Erkrankungen beim Menschen gemeldet, die Gesamtkosten von bis zu 3 Milliarden Euro pro Jahr ([EFSA, 2023](#)) verursachen. 10-20 % dieser Erkrankungen sind auf den Konsum von Schweinefleisch zurückzuführen ([Soumet, 2022](#)). Die jährlichen Kosten, die sich durch daraus resultierende gesundheitliche Probleme bei Menschen im Jahr 2010 ergaben, beliefen sich auf etwa 90 Millionen Euro ([FCC-Konsortium, 2010](#)).

In Irland zum Beispiel stellt das hohe Vorkommen von Salmonellen in den Lymphknoten der Tiere vor der Schlachtung immer noch ein ernstes Problem und damit eine enorme Herausforderung für Schlachthöfe dar, die Prozesshygieneanforderungen einzuhalten ([Deane, 2022](#)).

In mehreren Regierungen gibt es bereits Überwachungsprogramme und die Betriebe werden gemäß der Salmonellenbelastung ihrer Schweine kategorisiert. In einigen Ländern, z. B. Dänemark, muss eine Strafe in Höhe von 2 % des Schlachtkörperwerts gezahlt werden, wenn der Betrieb mit 2 (mittlere Seroprävalenz), und 4-8 % wenn er mit 3 eingestuft ist. Andere Länder, z. B. Deutschland, Großbritannien, Irland oder die Niederlande, nutzen Qualitätssicherungssysteme und Landwirte dürfen ihre Schlachtkörper nur dann unter diesem Label verkaufen, wenn ihr Betrieb einem bestimmten Standard entspricht.

# Werfen wir einen kurzen Blick auf die Gattung Salmonellen

Salmonellen sind stäbchenförmige gramnegative Bakterien aus der Familie der Enterobakterien, die sich mit Geißeln fortbewegen. Sie sind nach dem amerikanischen Tierarzt Daniel Elmer Salmon benannt. Die Gattung Salmonella besteht aus zwei Arten (*S. bongori* und *S. enterica* mit sieben Unterarten) mit insgesamt mehr als 2500 Serovaren (siehe Abbildung 1). Je nach Serovar können die Auswirkung von 'Krankheitsträger ohne Symptome' bis hin zu einer schweren invasiven systemischen Erkrankung reichen ([Gal-Mor, 2014](#)). Beim Menschen können grundsätzlich alle Salmonella-Serovare Krankheiten verursachen; die rosafarbenen Exemplare verursachten bereits Infektionen.



\*eine monophasische Variante von *S. Typhimurium* (Elneceve, 2018)

Abbildung 1: Die Gattung Salmonella mit den für Schweine relevanten Salmonella-Serovaren (nach Bonardi, 2017: Salmonellen in der Schweinefleischproduktionskette und ihre Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit in der Europäischen Union)

Innerhalb der Gruppe der Salmonellen können einige Serovare nur bei einer oder wenigen Tierarten vorkommen, z. B. *S. enterica* spp. *enterica* Serovar Dublin (*S. Dublin*) bei Rindern ([Waldron, 2018](#)) oder *S. Cholerasuis* bei Schweinen ([Chiu, 2004](#)). Eine Infektion des Menschen mit diesen Erregern ist oft invasiv und lebensbedrohlich ([WHO, 2018](#)). Im Gegensatz dazu sind Serovare wie *S. Typhimurium* und *S. Enteritidis* nicht wirtsspezifisch und können bei verschiedenen Arten Krankheiten verursachen.

Die Serotypen *S. Typhi* und *S. Paratyphi* A, B oder C sind stark an Menschen angepasst und nur für sie pathogen; sie sind für die Entstehung von Typhus verantwortlich.

Bei Schweinen vorkommende und für den Menschen relevante Serovare sind beispielsweise *S. Typhimurium* ([Hendriksen, 2004](#)), *S. Serotyp 4,[5],12:i* ([Hauser et al., 2010](#)), *S. Cholerasuis* ([Chiu, 2004](#)), *S. Derby* ([Gonzalez-Santamarina, 2021](#)), *S. Agona* ([Brenner Michael, 2006](#)) und *S. Rissen* ([Elbediwi, 2021](#)).

Übertragung von Salmonellen erfolgt meist über kontaminierte Lebensmittel

Der Übertragungsweg von Salmonellen auf den Menschen hängt vom Serovar ab: Die menschen-spezifischen und daher nur bei Menschen und höheren Primaten vorkommenden Serovare *S. Typhi* und *Paratyphi* A, B oder C (typhoidal) werden über Kot oder Urin ausgeschieden. Daher kann jedes Lebensmittel oder Wasser, das mit dem Kot oder Urin infizierter Personen kontaminiert ist, diese Krankheit übertragen ([Regierung von Südaustralien, 2023](#)). Typhus und Paratyphus kommen endemisch in Entwicklungsländern vor, in denen es an sauberem Wasser und damit an ausreichender Hygiene mangelt ([Gal-Mor, 2014](#)).

Serovare, die bei Menschen und Tieren Krankheiten verursachen können (nicht-typhoidal), können übertragen werden durch

- tierische Produkte wie Milch, Eier, Fleisch
- Kontakt mit infizierten Personen/Tieren (Schweine, Kühe, Haustiere, Reptilien...) oder
- andere mit Kot oder Urin kontaminierte Produkte wie Sprossen, Gemüse, Obst....

Nutztiere nehmen Salmonellen von Artgenossen, kontaminiertem Futter oder Wasser, Nagetieren oder Schädlingen auf.

Auswirkungen einer Salmonellose können gravierend sein

Bei Typhus- oder Paratyphus kann die Krankheit in verschiedenen Stufen verlaufen. Menschen können unter anhaltend hohem Fieber, Unwohlsein, starken Kopfschmerzen und vermindertem Appetit leiden, aber auch unter einer vergrößerten Milz, verbunden mit Unterleibsschmerzen oder trockenem Husten.

Eine in Thailand durchgeführte Studie mit Kindern, die an durch die Serovare S. Typhi und Paratyphi verursachtem Typhus litten, zeigte einen plötzlichen Beginn von Fieber und Magen-Darm-Problemen (Durchfall), Rosenflecken, Bronchitis und Lungenentzündung ([Thisyakorn et al., 1987](#)).

Die nicht-typhusartige Salmonellose ist typischerweise durch einen akuten Beginn von Fieber, Übelkeit, Bauchschmerzen mit Durchfall und manchmal Erbrechen gekennzeichnet ([WHO, 2018](#)). Allerdings können 5 % der Personen anfällig für eine Bakteriämie (Vorhandensein der Bakterien im Blutkreislauf) sein. Zu diesen Personen zählen Kinder mit Grunderkrankungen, z. B. Babys, oder Menschen, die an AIDS, bösartigen Erkrankungen, entzündlichen Darmerkrankungen, Magen-Darm-Erkrankungen durch Nicht-Typhus-Serovare und hämolytischer Anämie leiden oder eine immunsuppressive Therapie erhalten. Auch Serovare wie S. Choleraesuis oder S. Dublin können eine Bakteriämie entwickeln, indem sie direkt in den Blutkreislauf gelangen und den Darm kaum oder gar nicht befallen (Chiu, 1999). In diesen Fällen können die Folgen septische Arthritis, Lungenentzündung, Peritonitis, Hautabszesse, ein mykotisches Aneurysma und manchmal der Tod sein ([Chen et al., 2007](#); [Chiu, 2004](#), [Wang et al., 1996](#)).

Bei Schweinen verursacht S. Choleraesuis hohes Fieber, violette Verfärbungen der Haut und nachfolgend Durchfall. Die Sterblichkeitsrate bei Schweinen, die an dieser Art von Salmonellose leiden, ist hoch. Börgen, die oral mit S. Typhimurium infiziert wurden, zeigten 12 Stunden nach der Infektion bis zum Ende der Studie eine erhöhte Rektaltemperatur. Die Futteraufnahme nahm bis zu einem Tiefstwert bei 48 Stunden nach der Infektion ab und blieb bis zu 120 Stunden nach der Infektion niedrig. In den auf die Infektion folgenden zwei Wochen verringerten sich die täglichen Zunahmen. Weiterhin konnte ein höherer Cortisolspiegel im Plasma und ein niedrigerer IGF-I-Spiegel festgestellt werden. Alle diese Effekte deuten auf signifikante Reaktionen der endokrinen Stress- und der somatotropen Achse hin, auch wenn die Veränderungen bei den systemischen proinflammatorischen Mediatoren nicht signifikant sind ([Balaji et al., 2000](#)).

## Menschen schützen durch Minimierung von Salmonellen im Schweinefleisch!

Um die Kontamination von Schweinefleisch so gering wie möglich zu halten, sind drei Schritte notwendig:

1. Salmonellen möglichst vom Schweinebetrieb fernhalten!
2. wenn Salmonellen bereits auf dem Betrieb vorhanden sind, Ausbreitung unbedingt vermeiden!
3. Kontamination im Schlachthof vermeiden!

### 1. Wie schützt man den Betrieb vor Salmonellen?

Um diese Frage zu beantworten, müssen wir uns ansehen, wie die Erreger in den Betrieb transportiert werden können. Gemäß dem „[Code of Practice for the Prevention and Control of Salmonella on Pig Farms](#)“ (Ministerium für Landwirtschaft, Fischerei und Ernährung und Schottisches Ministerium für Ländliche Angelegenheiten) gibt es mehrere Möglichkeiten, den Erreger in den Betrieb einzuschleusen:

- Zukauf von offensichtlich erkrankten Schweinen oder Schweinen, die krank sind, aber keine Symptome zeigen
- Verunreinigte Futtermittel oder Einstreu

- Haustiere, Nagetiere, Wildvögel oder Wildtiere
- Betriebspersonal oder Besucher
- Gerätschaften oder Fahrzeuge

## Vorsicht bei zugekauften Tieren!

Um den Eintrag von Salmonellen in den Viehbestand zu minimieren bzw. zu verhindern, müssen zugekaufte Tiere aus angesehenen Zuchtbetrieben, die über ein Salmonellenüberwachungssystem verfügen, stammen. Mögliche Trägertiere neigen bei Stress dazu, Salmonellen auszuschleiden und sollten nach dem Kauf erst einmal in Quarantäne kommen. Zusätzlich müssen die Tiere vor dem Betreten des Betriebs ein Desinfektionsbad durchlaufen.

## Halten Sie Nagetiere, Wildtiere und Ungeziefer in Schach!

Generell gilt, dass der Produktionsstandort für all diese Tiere sauber und möglichst unattraktiv gehalten werden sollte. Futterreste müssen entfernt, tote Tiere und Nachgeburten umgehend und sorgfältig entsorgt werden. Zur wirksamen Bekämpfung von Nagetieren sollte eine gut geplante Köder- und Fangstrategie vorhanden sein.

## Nur ausgewählte Personen dürfen in die Schweineställe

In jedem Fall sollten so wenige Personen wie möglich den Schweinestall betreten. Das Betriebspersonal sollte in den Hygienegrundsätzen geschult werden. Angemessene Kleidung (wasserdichte Stiefel und Schutzoverall), die leicht gereinigt/gewaschen und desinfiziert werden kann, ist essenziell. Kleidung und Schuhe sollten stets nur an einem Standort verwendet werden. Gründliches Händewaschen und die Desinfektion der Stiefel beim Betreten und Verlassen des Schweinestalls sind ein Muss.

Wenn Besuche notwendig sind, gelten für die Besucher die gleichen Regeln wie für das Betriebspersonal. Und natürlich dürfen sie in den letzten 48 Stunden keinen Kontakt zu einem anderen Schweinebetrieb gehabt haben.

## Halten Sie Ställe, landwirtschaftliche Geräte und Fahrzeuge sauber!

Landmaschinen sollten möglichst nicht mit anderen landwirtschaftlichen Betrieben geteilt werden. Lässt sich dies nicht vermeiden, müssen die Maschinen gründlich gereinigt und desinfiziert werden, bevor sie auf den Betrieb zurückkommen. Auch die Fahrzeuge zum Transport der Tiere müssen schnellstmöglich nach der Nutzung gereinigt und desinfiziert werden, da kontaminierte Transporter immer ein Infektionsrisiko darstellen.

## Futter sollte unbedingt salmonellenfrei sein!

Um qualitativ hochwertiges und salmonellenfreies Futter zu bekommen, sollte es von Futtermühlen/Herkünften bezogen werden, die das Futter verantwortungsvoll hinsichtlich Bakterien kontrollieren.

Auf dem Betrieb ist es wichtig, dass Vögel, Haus- und Wildtiere nicht in die Futterlager gelangen. Trockenfutter sollte entsprechend und gut trocken gelagert werden, da eventuell vorhandene Salmonellen sich bei feuchten Bedingungen vermehren können. Die Reinigung aller Futterbehälter und Förderleitungen für Trocken- und Nassfutter sowie die Desinfektion der Nassfutterleitungen sollten selbstverständlich sein. Eventuell denken Sie über einen Wechsel von pelletiertem zu nicht-pelletiertem Futter nach, da Pellets die Sekretion von Muzinen stimulieren und damit die Ansiedlung von Salmonellen fördern ([Hedemann et al., 2005](#)).

Um die pathogene Belastung in Futtermitteln zu verringern, bieten wir für die Futterhygiene organische Säuren ([Acidomix-Produktreihe](#)) an. In Ländern in denen Formaldehydprodukte zugelassen sind, können Sie auch auf unsere Mischungen aus organischen Säuren und Formaldehyd ([Formycine](#)) zugreifen. In-vitro-Studien zeigen die Wirksamkeit der Produkte:

Für einen In-vitro-Versuch mit Formycine wurden autoklavierte Futterproben mit Salmonella enteritidis Serovar Typhimurium DSM 19587 beimpft, um eine Salmonellenkontamination von  $10^6$  KBE/g Futter zu erzielen. Nach dreistündiger Inkubation bei Raumtemperatur wurde den kontaminierten Futterproben Formycine Liquido in Konzentrationen von 0, 500, 1000 und 2000 ppm zugesetzt. Kontrollen und beimpfte Futterproben wurden weiter bei Raumtemperatur inkubiert und die Salmonellen (KBE/g) nach 24, 48, 72 Stunden und am 15. Tag gezählt.

Die Nachweisgrenze für Salmonellen wurde auf 100 KBE/g ( $10^2$ ) festgelegt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt.

### **Einfluss von Behandlungsdauer und eingesetzter Konzentration von Formycine Liquido auf die Anzahl Salmonellen im Futter (KBE/g)**

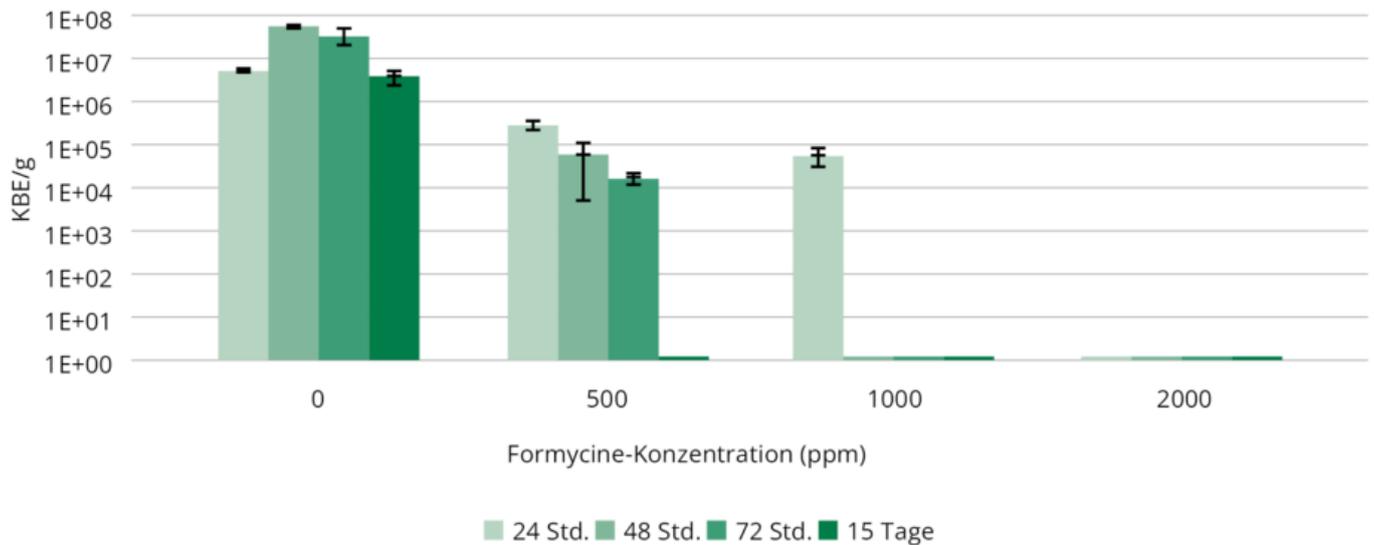


Abb. 2: Auswirkung von Behandlungsdauer und unterschiedlicher Konzentrationen von Formycine Liquido auf die Anzahl an Salmonellen im Futter

Ebenso wichtig wie unbelastetes Futter ist sauberes Trinkwasser. Dies kann durch die Entnahme des Wassers aus der normalen Trinkwasserleitung oder einem bakteriologisch kontrollierten Brunnen erreicht werden. Eine regelmäßige Reinigung/Desinfektion der Tanks, Leitungen und Tränken ist unerlässlich.

## **Einstreumaterial sollte salmonellenfrei sein!**

Einstreumaterial, das mit dem Kot anderer Tiere (Nagetiere, Haustiere) verunreinigt ist, birgt immer das Risiko einer Salmonellenkontamination. Auch nasse oder schimmelige Einstreu ist nicht zu empfehlen, da sie eine zusätzliche Belastung für die Tiere darstellt. Um die Qualität der Einstreu zu optimieren, sollte das Stroh o.ä. aus zuverlässigen und möglichst wenigen Quellen bezogen werden. Das Material muss trocken und so weit wie möglich von den Schweineställen entfernt gelagert werden ([Ministerium für Landwirtschaft, Fischerei und Ernährung](#) und [Schottisches Ministerium für Ländliche Angelegenheiten](#)).

Zur Bekämpfung von Salmonellen in Schweinebeständen ist die Impfung ein wirksames Mittel. [De Ridder et al. \(2013\)](#) zeigten eine reduzierte Übertragung von Salmonella Typhimurium bei Schweinen durch den Einsatz eines attenuierten Impfstoffs. Die Impfung mit einem abgeschwächten S. Typhimurium-Stamm gefolgt von einer Auffrischungsimpfung mit inaktiviertem S. Cholerasuis zeigte bessere Wirkung als ein inaktivierter S. Cholerasuis-Impfstoff allein ([Alborali et al., 2017](#)). Durch eine geringere Ausscheidung von Salmonellen konnte in einem Versuch von [Bearson et al. \(2017\)](#) die Krankheitsübertragung reduziert und die Tiere vor einer systemischen Erkrankung geschützt werden.

Um die erfolgversprechendste Impfstrategie wählen zu können und damit die besten Effekte zu erzielen, muss der Schweinehalter die Vielfalt der Salmonellen-Serovare verstehen ([FSIS, 2023](#)).

### 2. Wie kann die Ausbreitung von Salmonellen auf dem Betrieb minimiert werden?

Sind bereits Salmonella-Fälle auf dem Betrieb bekannt, müssen die infizierten Tiere vom Rest des Bestandes getrennt werden. Vorteilhaft ist, kleine Gruppen zu haben und unterschiedliche Würfe nach dem

Absetzen nicht zu mischen. Wenn machbar, könnten separate Einheiten für verschiedene Produktionsphasen mit einem Rein-Raus-System den Reinfektionszyklus durchbrechen und dazu beitragen, die Salmonellenkontamination auf dem Betrieb zu reduzieren. Auch in diesem Fall ist eine Impfung hilfreich.

Salmonellen mögen es nicht sauer

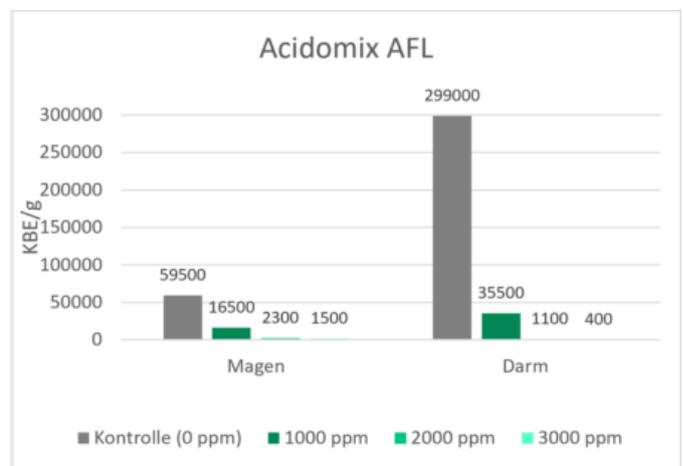
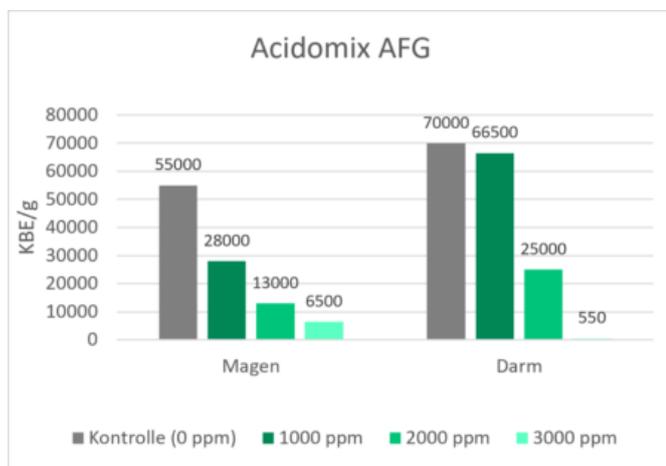
Da Salmonellen keine sauren Bedingungen mögen, ist das Ansäuern des Futters mit organischen Säuren eine wirksame Maßnahme. Zur Überprüfung wurde die Wirkung von Acidomix AFG und Acidomix AFL

gegen Salmonellen im Versuch getestet. Dafür wurden  $10^5$  KBE/g *Salmonella enterica* ser. Typhimurium Futterproben zugesetzt, die 1000 ppm, 2000 ppm oder 3000 ppm Acidomix AFG oder AFL enthielten. Die Bedingungen im Magen und im Darm wurden in vitro simuliert, indem der pH-Wert mit HCl und NaHCO<sub>3</sub> wie folgt eingestellt wurde:

Magen 2.8

Darm 6.8-7.0

Nach der jeweiligen Inkubation wurden die Mikroorganismen aus dem Futter isoliert und auf einem geeigneten Medium zur KBE-Zählung ausgestrichen. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 3 und 4 dargestellt.



Abbildungen 3 + 4: Wirkung unterschiedlicher Konzentrationen von Acidomix AFG und Acidomix AFL gegen *Salmonella enterica* ser. Typhimurium im Futter

Phytomoleküle können Schweine gegen Salmonellen unterstützen

Auch Pflanzenstoffe oder Phytomoleküle können bei Schweinen gegen Salmonellen eingesetzt werden. Einige Beispiele für verwendbare Phytomoleküle sind Piperin, Allicin, Eugenol und Carvacrol. Eugenol erhöht beispielsweise die Permeabilität der Salmonellenzellmembran, zerstört die Zytoplasmamembran und hemmt die Produktion bakterieller Virulenzfaktoren (Keita et al., 2022; Mak et al., 2019). Thymol und Carvacrol interagieren über H-Brücken mit der Zellmembran, was ebenfalls zu einer höheren Permeabilität führt.

[Ein bereits veröffentlichter In-vitro](#) -Versuch mit unserem Produkt [Ventar D](#) zeigte hervorragende Wirkungen gegen Salmonellen bei gleichzeitiger Schonung der nützlichen Darmflora. Auch ein weiterer Versuch konnte die Anfälligkeit von Salmonellen gegenüber Ventar D demonstrieren. Ventar D bekämpfte in diesem Versuch die eingesetzten Salmonellen durch Unterdrückung ihrer Beweglichkeit und, bei höheren Konzentrationen von Ventar D, durch Inaktivierung der Zellen (siehe Abbildungen 5 + 6):

Rote Farbe bedeutet Wachstum der Bakterien

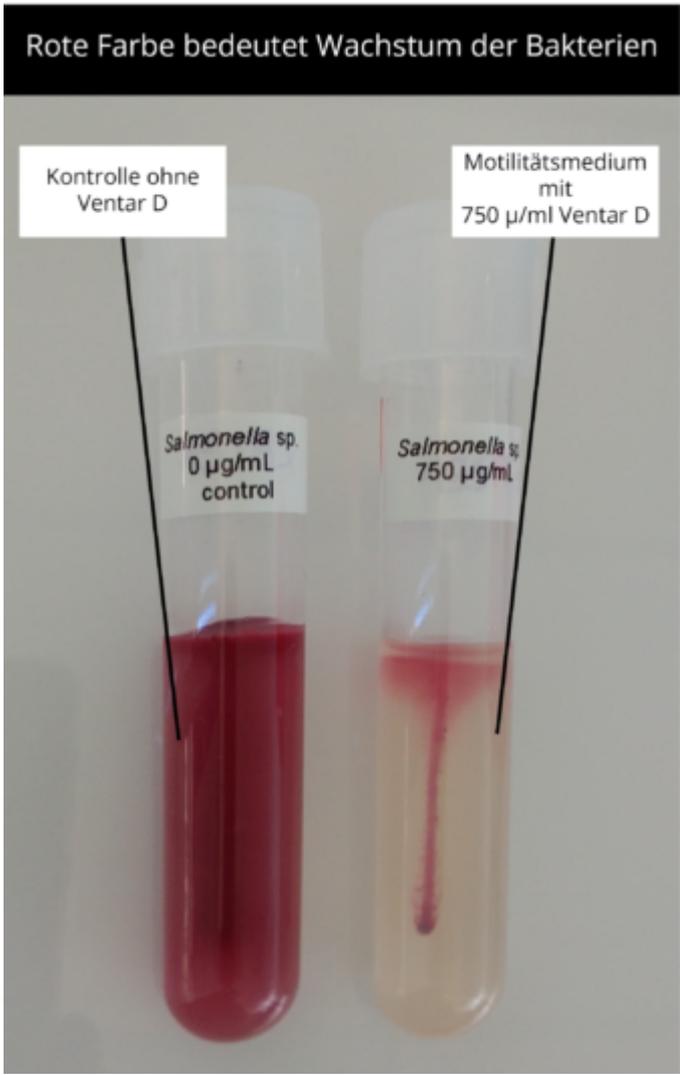


Abbildung 5: Motilitätstest mit *S. enterica*: Linke Seite: Kontrolle, Rechte Seite: Motilitätsmedium mit 750 µg/ml Ventar

Weißer Plättchen enthalten die auf den Schildchen angegebenen Mengen an Ventar D-Lösung

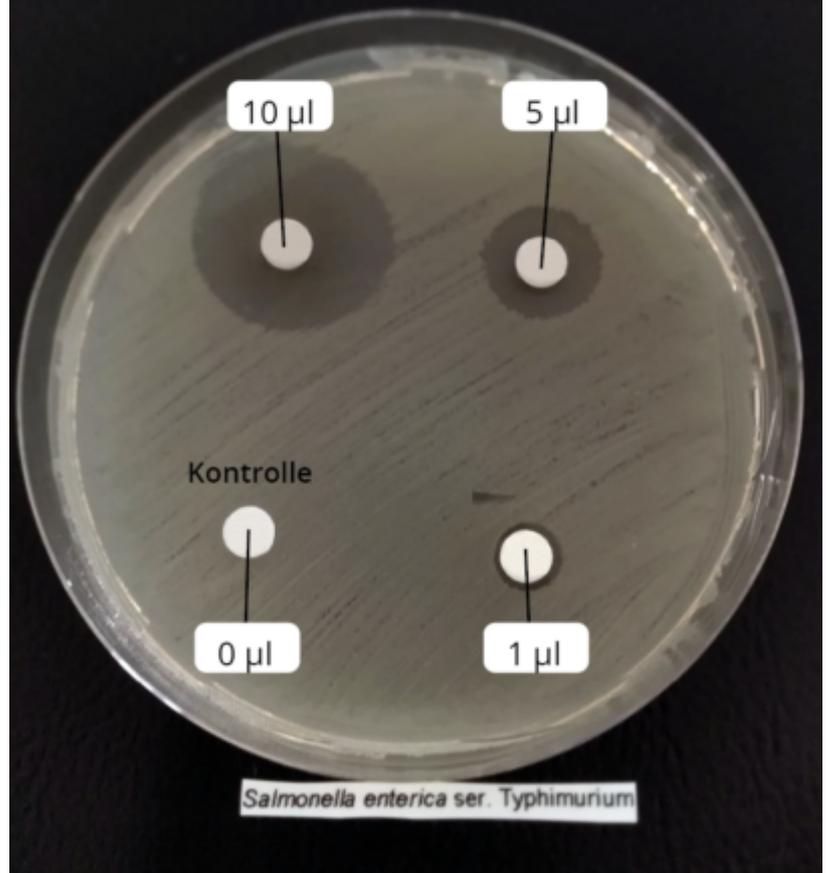


Abb. 6. Diffusionstest unter Verwendung von *S. enterica*: oben links - Plättchen mit 10 µL Ventar; oben rechts - 5 µL; unten links - Kontrolle; unten rechts - 1 µL.

Neben der direkten Salmonellen-reduzierenden Wirkung verbessern ätherische Öle / sekundäre

Pflanzenstoffe / Phytomoleküle die Aktivität von Verdauungsenzymen und die Verdauung, was zu einer erhöhten Nährstoffaufnahme und einer besseren Futtermittelverwertung führt ([Windisch et al., 2008](#)).

### 3. Was kann der Landwirt in Bezug auf die Salmonellenbelastung im Schlachthof tun?

Generell ist das Schlachthofpersonal für ein angemessenes Hygienemanagement verantwortlich, um eine Kontamination von Schlachtkörpern und Fleisch zu verhindern. Aber auch der Landwirt kann seinen Beitrag dazu leisten, das Kontaminationsrisiko im Schlachthof so gering wie möglich zu halten. Eine Studie von [Vieira-Pinto \(2006\)](#) ergab, dass **ein** Salmonellen-positives Schwein mehrere andere Schlachtkörper kontaminieren kann.

Laut einer Studie von [Hurd et al. \(2002\)](#) kann es schnell zu einer Infektion und damit zur "Kontamination" anderer Schweine kommen. Kreuzkontaminationen beim Transport zum Schlachthof und in den Ställen sind dementsprechend durchaus ein Thema, wenn die Schweine mit Tieren aus anderen Betrieben zusammenkommen. Der Stress, dem die Schweine ausgesetzt sind, beeinflusst physiologische und biochemische Prozesse. Das Mikrobiom und die Immunität der Tiere werden beeinträchtigt und es kommt zu einer höheren Salmonellenausscheidung beim Transport und in den Warteställen. Daher sollten die Tiere beim Be- und Entladen sowie beim Transport möglichst keinem Stress ausgesetzt werden. Der Anhänger für den Transport birgt ein weiteres Infektionsrisiko, wenn er nicht vorher gereinigt und desinfiziert wurde. Für den Transport sollten daher zuverlässige Personen ausgewählt werden, die die Tiere gut behandeln und ihre Transportfahrzeuge sauber halten.

Schweinehalter müssen Salmonellen in Schach halten – Phytomoleküle können dabei helfen

Zumindest in der EU haben Schweineproduzenten die große Verantwortung, die Salmonellenbelastung in ihren Beständen niedrig zu halten, andernfalls kommen finanzielle Verluste auf sie zu. Sie sind nicht nur für ihren Betrieb verantwortlich, auch die Schlachthöfe zählen auf sie. Neben einem standardmäßigen strengen Hygienemanagement und Impfungen können Landwirte auf von der Industrie bereitgestellte Produkte zur Desinfektion von Futtermitteln zurückgreifen, ihre Tiere aber auch direkt mit Phytomolekülen unterstützen, die gegen Krankheitserreger wirken und die Darmgesundheit unterstützen.

All diese Maßnahmen zusammen sollten helfen, die große Herausforderung „Salmonellen“ zu meistern – um Menschen zu schützen und wirtschaftliche Verluste zu verhindern.

## Literatur:

Alborali, Giovanni Loris, Jessica Ruggeri, Michele Pesciaroli, Nicola Martinelli, Barbara Chirullo, Serena Ammendola, Andrea Battistoni, Maria Cristina Ossiprandi, Attilio Corradi, and Paolo Pasquali. "Prime-Boost Vaccination with Attenuated Salmonella Typhimurium  $\Delta$ znuabc and Inactivated Salmonella Choleraesuis Is Protective against Salmonella Choleraesuis Challenge Infection in Piglets." *BMC Veterinary Research* 13, no. 1 (2017): 284. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-1202-5>.

Balaji, R, K J Wright, C M Hill, S S Dritz, E L Knoppel, and J E Minton. "Acute Phase Responses of Pigs Challenged Orally with Salmonella Typhimurium." *Journal of Animal Science* 78, no. 7 (2000): 1885. <https://doi.org/10.2527/2000.7871885x>.

Bearson, Bradley L, Shawn M. Bearson, Brian W Brunelle, Darrell O Bayles, In Soo Lee, and Jalusa D Kich. "Salmonella Diva Vaccine Reduces Disease, Colonization, and Shedding Due to Virulent S. Typhimurium Infection in Swine." *Journal of Medical Microbiology* 66, no. 5 (2017): 651-61. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.000482>.

Brenner Michael, G, M Cardoso, and S Schwarz. "Molecular Analysis of Salmonella Enterica Subsp. Enterica Serovar Agona Isolated from Slaughter Pigs." *Veterinary Microbiology* 112, no. 1 (2006): 43-52. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2005.10.011>.

Chen, P.-L., C.-M. Chang, C.-J. Wu, N.-Y. Ko, N.-Y. Lee, H.-C. Lee, H.-I. Shih, C.-C. Lee, R.-R. Wang, and W.-C. Ko. "Extraintestinal Focal Infections in Adults with Non-typhoid Salmonella Bacteraemia: Predisposing Factors and Clinical Outcome." *Journal of Internal Medicine* 261, no. 1 (2007): 91-100. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2796.2006.01748.x>.

Chiu, Cheng-Hsun, Lin-Hui Su, and Chishih Chu. "Salmonella Enterica Serotype Choleraesuis: Epidemiology,

Pathogenesis, Clinical Disease, and Treatment.” *Clinical Microbiology Reviews* 17, no. 2 (2004): 311–22. <https://doi.org/10.1128/cmr.17.2.311-322.2004>.

De Ridder, L., D. Maes, J. Dewulf, F. Pasmans, F. Boyen, F. Haesebrouck, E. Méroc, P. Butaye, and Y. Van der Stede. “Evaluation of Three Intervention Strategies to Reduce the Transmission of *Salmonella* Typhimurium in Pigs.” *The Veterinary Journal* 197, no. 3 (2013): 613–18. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.03.026>.

Deane, Annette, Declan Murphy, Finola C. Leonard, William Byrne, Tracey Clegg, Gillian Madigan, Margaret Griffin, John Egan, and Deirdre M. Prendergast. “Prevalence of *Salmonella* spp. in Slaughter Pigs and Carcasses in Irish Abattoirs and Their Antimicrobial Resistance.” *Irish Veterinary Journal* 75, no. 1 (2022). <https://doi.org/10.1186/s13620-022-00211-y>.

Edel, W., M. Schothorst, P. A. Guinée, and E. H. Kampelmacher. “Effect of Feeding Pellets on the Prevention and Sanitation of *Salmonella* Infections in Fattening Pigs1.” *Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe B* 17, no. 7 (2010): 730–38. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0450.1970.tb01571.x>.

EFSA. “*Salmonella*.” European Food Safety Authority. Accessed August 7, 2023. <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/salmonella>.

Elbediwi, Mohammed, Daiwei Shi, Silpak Biswas, Xuebin Xu, and Min Yue. “Changing Patterns of *Salmonella* Enterica Serovar Rissen from Humans, Food Animals, and Animal-Derived Foods in China, 1995–2019.” *Frontiers in Microbiology* 12 (2021). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.702909>.

Enekave, Ehud, Samuel Hong, Alison E Mather, Dave Boxrud, Angela J Taylor, Victoria Lappi, Timothy J Johnson, et al. “*Salmonella* Enterica Serotype 4,[5],12:l:- In Swine in the United States Midwest: An Emerging Multidrug-Resistant Clade.” *Clinical Infectious Diseases* 66, no. 6 (2018): 877–85. <https://doi.org/10.1093/cid/cix909>.

FCC Consortium. “Final Report – Food Safety.” European Commission, 2010. [https://food.ec.europa.eu/system/files/2016-10/biosafety\\_food-borne-disease\\_salmonella\\_fattening-pigs\\_slaught-house-analysis-costs.pdf](https://food.ec.europa.eu/system/files/2016-10/biosafety_food-borne-disease_salmonella_fattening-pigs_slaught-house-analysis-costs.pdf).

Ferrari, Rafaela G., Denes K. Rosario, Adelino Cunha-Neto, Sérgio B. Mano, Eduardo E. Figueiredo, and Carlos A. Conte-Junior. “Worldwide Epidemiology of *Salmonella* serovars in Animal-Based Foods: A Meta-Analysis.” *Applied and Environmental Microbiology* 85, no. 14 (2019). <https://doi.org/10.1128/aem.00591-19>.

“FSIS Guideline to Control *Salmonella* in Swine Slaughter and Pork Processing Establishments.” FSIS Guideline to Control *Salmonella* in Swine Slaughter and Pork Processing Establishments | Food Safety and Inspection Service. Accessed August 14, 2023. <https://www.fsis.usda.gov/guidelines/2023-0003>.

Gal-Mor, Ohad, Erin C. Boyle, and Guntram A. Grassl. “Same Species, Different Diseases: How and Why Typhoidal and Non-Typhoidal *Salmonella* Enterica Serovars Differ.” *Frontiers in Microbiology* 5 (2014). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00391>.

González-Santamarina, Belén, Silvia García-Soto, Helmut Hotzel, Diana Meemken, Reinhard Fries, and Herbert Tomaso. “*Salmonella* Derby: A Comparative Genomic Analysis of Strains from Germany.” *Frontiers in Microbiology* 12 (2021). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.591929>.

Government of South Australia. Typhoid and paratyphoid - including symptoms, treatment, and prevention, April 3, 2022. <https://www.sahealth.sa.gov.au/wps/wcm/connect/public+content/sa+health+internet/conditions/infectious+diseases/typhoid+and+paratyphoid/typhoid+and+paratyphoid+-including+symptoms+treatment+and+prevention>.

Hauser, Elisabeth, Erhard Tietze, Reiner Helmuth, Ernst Junker, Kathrin Blank, Rita Prager, Wolfgang Rabsch, Bernd Appel, Angelika Fruth, and Burkhard Malorny. “Pork Contaminated with *Salmonella* Enterica Serovar 4,[5],12:l:-, an Emerging Health Risk for Humans.” *Applied and Environmental Microbiology* 76, no. 14 (2010): 4601–10. <https://doi.org/10.1128/aem.02991-09>.

Health and Wellbeing; address=11 Hindmarsh Square, Adelaide scheme=AGLSTERMS.AgIsAgent; corporateName=Department for. “Sa Health.” Typhoid and paratyphoid - including symptoms, treatment,

and prevention, April 3, 2022.

<https://www.sahealth.sa.gov.au/wps/wcm/connect/public+content/sa+health+internet/conditions/infectious+diseases/typhoid+and+paratyphoid/typhoid+and+paratyphoid+-including+symptoms+treatment+and+prevention>.

Hedemann, M. S., L. L. Mikkelsen, P. J. Naughton, and B. B. Jensen. "Effect of Feed Particle Size and Feed Processing on Morphological Characteristics in the Small and Large Intestine of Pigs and on Adhesion of *Salmonella* Enterica Serovar Typhimurium DT12 in the Ileum in Vitro<sup>1</sup>." *Journal of Animal Science* 83, no. 7 (2005): 1554-62. <https://doi.org/10.2527/2005.8371554x>.

Hendriksen, Susan W.M., Karin Orsel, Jaap A. Wagenaar, Angelika Miko, and Engeline van Duijkeren. "Animal-to-Human Transmission of *Salmonella* Typhimurium DT104A Variant." *Emerging Infectious Diseases* 10, no. 12 (2004): 2225-27. <https://doi.org/10.3201/eid1012.040286>.

Keita, Kadiatou, Charles Darkoh, and Florence Okafor. "Secondary Plant Metabolites as Potent Drug Candidates against Antimicrobial-Resistant Pathogens." *SN Applied Sciences* 4, no. 8 (2022). <https://doi.org/10.1007/s42452-022-05084-y>.

Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, and Scottish Executive Rural Affairs Department. "Salmonella on Pig Farms – Code of Practice for the Prevention and Control Of." *Readkong.com*, 2000. <https://www.readkong.com/page/code-of-practice-for-the-prevention-and-control-of-5160969>.

Morrow, W.E. Morgan, and Julie Funk. *Ms. Salmonella as a Foodborne Pathogen in Pork*. North Carolina State University Animal Science, n.d.

Soumet, C., A. Kerouanton, A. Bridier, N. Rose, M. Denis, I. Attig, N. Haddache, and C. Fablet. Report, *Salmonella* excretion level in pig farms and impact of quaternary ammonium compounds based disinfectants on *Escherichia coli* antibiotic resistance § (2022).

Thisyakorn, Usa. "Typhoid and Paratyphoid Fever in 192 Hospitalized Children in Thailand." *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine* 141, no. 8 (1987): 862. <https://doi.org/10.1001/archpedi.1987.04460080048025>.

Ung, Aymeric, Amrisha Y. Baidjoe, Dieter Van Cauwenbergh, Nizar Fawal, Laetitia Fabre, Caroline Guerrisi, Kostas Danis, et al. "Disentangling a Complex Nationwide *Salmonella* Dublin Outbreak Associated with Raw-Milk Cheese Consumption, France, 2015 to 2016." *Eurosurveillance* 24, no. 3 (2019). <https://doi.org/10.2807/1560-7917.es.2019.24.3.1700703>.

Vieira-Pinto, M, R Tenreiro, and C Martins. "Unveiling Contamination Sources and Dissemination Routes of *Salmonella* Sp. in Pigs at a Portuguese Slaughterhouse through Macrorestriction Profiling by Pulsed-Field Gel Electrophoresis." *International Journal of Food Microbiology* 110, no. 1 (2006): 77-84. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.01.046>.

Waldron, P. "Keeping Cows and Humans Safe from *Salmonella* Dublin." Cornell University College of Veterinary Medicine, December 25, 2018. <https://www.vet.cornell.edu/news/20181218/keeping-cows-and-humans-safe-salmonella-dublin>.

Wang, J.-H., Y.-C. Liu, M.-Y. Yen, J.-H. Wang, Y.-S. Chen, S.-R. Wann, and D.-L. Cheng. "Mycotic Aneurysm Due to Non-Typhi *Salmonella*: Report of 16 Cases." *Clinical Infectious Diseases* 23, no. 4 (1996): 743-47. <https://doi.org/10.1093/clinids/23.4.743>.

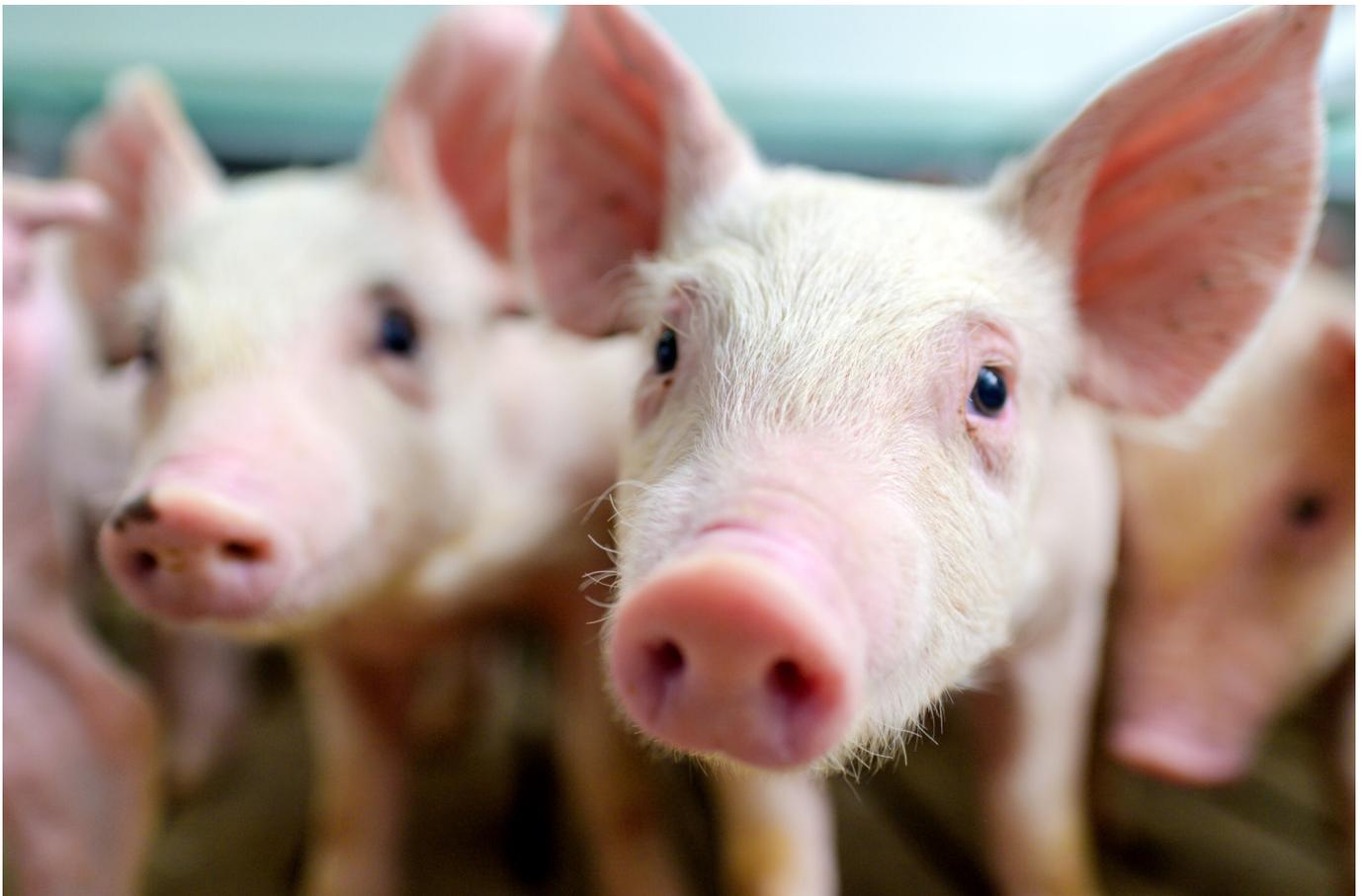
WHO. "Salmonella (Non-Typhoidal)." World Health Organization, February 20, 2018. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-\(non-typhoidal\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-(non-typhoidal)).

Windisch, W., K. Schedle, C. Plitzner, and A. Kroismayr. "Use of Phytogetic Products as Feed Additives for Swine and Poultry<sup>1</sup>." *Journal of Animal Science* 86, no. suppl\_14 (2008). <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0459>.

Windisch, W., K. Schedle, C. Plitzner, and A. Kroismayr. "Use of Phytogetic Products as Feed Additives for Swine and Poultry<sup>1</sup>." *Journal of Animal Science* 86, no. suppl\_14 (2008). <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0459>.

---

# Minimierung durch den Antibiotikaeinsatz verursachter kollateraler Effekte in der Schweinehaltung: Eine Gratwanderung



Von Dr Merideth Parke BVSc, Regional Technical Manager Swine, EW Nutrition

Bei der Aufzucht unserer Tiere spielen Antibiotika, die ihre Gesundheit und ihr Wohlergehen unterstützen, eine wichtige Rolle wenn es um die Bekämpfung von durch antibiotikaempfindliche Krankheitserreger verursachte Krankheiten geht. Die Verabreichung von Antibiotika in der Schweinehaltung, um bakteriellen Infektionen vorzubeugen, wirtschaftliche Verluste zu verringern und die Produktivität zu steigern, ist mittlerweile jedoch zu gängiger Praxis geworden.

Jeder Antibiotikaeinsatz hat aber signifikante Nebeneffekte, so dass dessen Notwendigkeit auf jeden Fall eingehend geprüft werden muss. Dieser Artikel soll die weitreichenden Auswirkungen von Antibiotika auf die Gesundheit von Mensch und Tier, die Wirtschaft und die Umwelt zeigen und damit zum Nachdenken anregen, ob ein Antibiotikaeinsatz immer sinnvoll ist.

# Antibiotika zerstören mikrobielle Gemeinschaften

Antibiotika haben nicht nur pathogene Bakterien im Visier. Sie richten sich auch gegen nützliche Mikroorganismen und stören damit das natürliche Gleichgewicht der mikrobiellen Gemeinschaften im tierischen Organismus. Sie reduzieren die Mikrobenvielfalt und den Reichtum an Bakterien, die auf Antibiotika empfindlich reagieren – sowohl nützliche als auch pathogene. Viele von diesen Mikroorganismen spielen bei der Verdauung, der Funktion des Gehirns, dem Immunsystem, den Atemwegen und der allgemeinen Gesundheit eine entscheidende Rolle. Ungleichgewichte z.B. im Mikrobiom der Nase, der Atemwege oder des Darms.<sup>10, 9, 16</sup> können sich bei Tieren zeigen, die gesundheitliche Veränderungen aufweisen. Die Achse zwischen Darm- und Atmungsmikrobiom ist bei Säugetieren altbekannt. Gesundheit der Darmmikroben, Vielfalt, und Nährstoffversorgung wirken sich direkt auf Gesundheit und Funktion der Atemwege aus<sup>15</sup>. Speziell bei Schweinen wird die Modulation des Darmmikrobioms als zusätzliches Instrument zur Bekämpfung von Atemwegserkrankungen wie PRRS in Betracht gezogen, da ein Zusammenhang zwischen Nährstoffverdauung, systemischer Immunität und der Reaktion auf Lungenerkrankungen besteht<sup>12</sup>.

Nebenwirkungen einer Antibiotikagabe, die nicht nur die mikrobiellen Gemeinschaften im gesamten Tier, sondern auch die damit verbundenen Körpersysteme stören, müssen im Hinblick auf optimale Gesundheit, Wohlergehen und Produktivität der Tiere als bedeutsam angesehen werden.

## Antibiotikaeinsatz kann zur Freisetzung von Toxinen führen

Die Berücksichtigung der Pathogenese einzelner Bakterien ist entscheidend, um das Potenzial für direkte Kollateralschäden im Zusammenhang mit der Verabreichung von Antibiotika zu mindern. Beispiel toxinbildende Bakterien: Wenn hier Medikamente oral oder parenteral verabreicht werden und zum Absterben dieser Bakterien führen, wird vermehrt Endotoxin aus der Zellwand der toten Mikroben freigesetzt.

## Die Modulation der Gehirnfunktion kann kritisch sein

In zahlreichen Tierstudien wurde die modulierende Rolle der Darmmikroben auf die Darm-Hirn-Achse untersucht. Ein bekannter Mechanismus, der bei antibiotikabedingten Veränderungen der Mikrobiota im Kot zu beobachten ist, sind die verringerten Konzentrationen der hypothalamischen

Neurotransmittervorläufer 5-Hydroxytryptamin (Serotonin) und Dopamin<sup>6</sup>. Neurotransmitter sind für die Kommunikation zwischen den Nervenzellen unerlässlich. Bei Tieren, bei denen die Mikrobiota durch eine orale Gabe von Antibiotika dezimiert wurde, wurden Veränderungen der Hirnfunktion festgestellt, z. B. Störungen des räumlichen Gedächtnisses und depressionsähnliche Verhaltensweisen.

## Gülleaufbereitung kann beeinträchtigt

# werden

Die anaerobe Vergärung von Gülle ist aufgrund ihrer relativ geringen Kosten und der Vorteile der Bioenergieerzeugung als praktikables Verfahren zur Aufbereitung von Schweinegülle anerkannt. Darüber hinaus erleichtert das wesentlich geringere Volumen des nach der anaeroben Behandlung verbleibenden Schlammes eine sichere Entsorgung und verringert das Risiko, das mit der Entsorgung von Schweinegülle, die Restantibiotika enthält, verbunden ist <sup>5</sup>.

Die Abgabe von Antibiotika mit tierischen Ausscheidungen und das daraus resultierende Vorhandensein von Antibiotika im Abwasser kann sich auf den Erfolg anaerober Behandlungstechnologien auswirken, was bereits in mehreren Studien nachgewiesen werden konnte <sup>8, 13</sup>. Das Ausmaß, in dem Antibiotika diesen Prozess beeinflussen, ist je nach Art, Kombination und Konzentration der Antibiotika unterschiedlich. Außerdem können Antibiotika im anaeroben System zu einer Verschiebung der Population hin zu weniger empfindlichen Mikroben oder zur Entwicklung von resistenten Stämmen führen <sup>1, 14</sup>.

## Antibiotika können in die Nahrungskette gelangen

Nach einer Antibiotikabehandlung müssen genaue Wartezeiten eingehalten werden, die von den [Aufsichtsbehörden](#) festgelegt werden. Rückstände von Antibiotika und ihren Metaboliten können jedoch auch nach dieser Zeit noch in tierischen Produkten wie Fleisch und Milch verbleiben und in die menschliche Nahrungskette gelangen, wenn sie nicht angemessen überwacht und kontrolliert werden.

Eine längerfristige Aufnahme niedriger Antibiotikakonzentrationen durch den Verzehr von tierischen Erzeugnissen kann zur Entstehung von antibiotikaresistenten Bakterien beim Menschen beitragen und stellt ein erhebliches Risiko für die öffentliche Gesundheit dar.

## Antibiotika verschmutzen die Umwelt

Wie schon bereits erwähnt kann die Verabreichung von Antibiotika an Nutztiere zu einer Freisetzung dieser Verbindungen in die Umwelt führen. Antibiotika können durch die Ausscheidungen behandelter Tiere, durch unsachgemäße Entsorgung oder den Abfluss von Gülle von landwirtschaftlichen Feldern in den Boden, in die Gewässer und umliegende Ökosysteme gelangen. Einmal in der Umwelt, können Antibiotika zur Selektion und Verbreitung von antibiotikaresistenten Bakterien in natürlichen Bakteriengemeinschaften beitragen. Diese Verunreinigung stellt ein potenzielles Risiko für wild lebende Tiere wie Vögel, Fische und andere Wasserorganismen, sowie für das allgemeine ökologische Gleichgewicht der betroffenen Ökosysteme dar.

## Jeder Einsatz von Antibiotika kann zu Resistenzen führen

Eines der am häufigsten untersuchten Probleme im Zusammenhang mit dem Einsatz von Antibiotika in der Tierhaltung ist die Entwicklung von Resistenzen. Die Entwicklung einer Antibiotikaresistenz erfordert keine längere Anwendung und tritt neben anderen Nebenwirkungen auch auf, wenn Antibiotika im Rahmen der empfohlenen therapeutischen oder präventiven Anwendungen eingesetzt werden.

Genmutationen können Bakterien mit Fähigkeiten ausstatten, die sie gegen bestimmte Antibiotika resistent machen (z. B. mit einem Mechanismus zur Zerstörung oder Ausscheidung des Antibiotikums). Diese Resistenz kann auf andere Mikroorganismen übertragen werden, wie die Resistenz gegen Carbadox

bei *Escherichia coli*<sup>7</sup> und *Salmonella enterica*<sup>2</sup> oder gegen Carbadox und Metronidazol bei *Brachyspira hyodysenteriae*<sup>16</sup> zeigt. Außerdem gibt es Hinweise darauf, dass die Resistenz von Staphylokokken tierischen Ursprungs gegen Zink mit der Methicillinresistenz bei Staphylokokken menschlichen Ursprungs zusammenhängt<sup>4</sup>.

Resistenzbildung führt zur Einschränkung der Wirksamkeit von Antibiotika bei der Behandlung von Infektionen bei den Zieltieren, und das Risiko, mit resistenten Keimen in Kontakt zu kommen, steigt für Tiere und Menschen in der Umgebung.

## Es gibt alternative Lösungen!

Um die Kollateralschäden, die durch die Verabreichung von Antibiotika in der Tierhaltung entstehen, erfolgreich zu minimieren, ist eine einheitliche Strategie mit Unterstützung aller Beteiligten im Produktionssystem unerlässlich. Die Europäische Innovationspartnerschaft – Landwirtschaft<sup>11</sup> fasst die erforderlichen Schritte eines solchen Prozesses kurz und bündig wie folgt zusammen:

1. Änderung der Denkweise und der Gewohnheiten der Menschen: dies ist der erste und entscheidende Schritt zu einer erfolgreichen [Reduzierung des Einsatzes antimikrobieller Mittel](#).
2. Verbesserung von Gesundheit und Wohlbefinden bei Schweinen: Vorbeugung von Krankheiten durch optimale Haltung, Hygiene, [Biosicherheit](#), Impfprogramme und [Ernährung](#).
3. Effektive Antibiotika-Alternativen: Zu diesem Zweck werden [Phytomoleküle](#), Pro-/Präbiotika, organische Säuren und Immunglobuline in Betracht gezogen.

Generell ist der verantwortungsvolle Umgang mit Antibiotika von größter Bedeutung. Dazu gehört die Beschränkung des Einsatzes von Antibiotika auf die Behandlung diagnostizierter Infektionen mit einem wirksamen Antibiotikum und der Verzicht auf ihre Verwendung als Wachstumsförderer oder zu prophylaktischen Zwecken.

## Gleichgewicht halten ist entscheidend!

Antibiotika spielen zwar eine entscheidende Rolle für die Gesundheit und das Wohlergehen von Nutztieren, doch ihr übermäßiger Einsatz in der Landwirtschaft hat Nebenwirkungen, die nicht ignoriert werden können. Die Entwicklung von Resistenzen, die Kontamination der Umwelt, die Störung mikrobieller Gemeinschaften und mögliche Antibiotikarückstände in Lebensmitteln stellen ein großes Problem dar.

Ein verantwortungsvoller Umgang mit Antibiotika, einschließlich tierärztlicher Überwachung, Programmen zur Krankheitsvorbeugung, optimaler Tierhaltungspraktiken und [Alternativen zu Antibiotika](#) kann ein Gleichgewicht zwischen Tiergesundheit, effizienter Produktionsleistung sowie Belangen der Umwelt und der menschlichen Gesundheit herstellen.

Die Zusammenarbeit von Interessengruppen wie Landwirten, Tierärzten, politischen Entscheidungsträgern, Industrie und Verbrauchern ist für die Umsetzung und Unterstützung dieser Maßnahmen zur Schaffung einer nachhaltigen und widerstandsfähigen Tierproduktion unerlässlich.

## Literatur:

1. Angenent, Largus T., Margit Mau, Usha George, James A. Zahn, and Lutgarde Raskin. "Effect of the Presence of the Antimicrobial Tylosin in Swine Waste on Anaerobic Treatment." *Water Research* 42, no. 10–11 (2008): 2377–84. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.01.005>.
2. Bearson, Bradley L., Heather K. Allen, Brian W. Brunelle, In Soo Lee, Sherwood R. Casjens, and Thaddeus B. Stanton. "The Agricultural Antibiotic Carbadox Induces Phage-Mediated Gene Transfer in *Salmonella*." *Frontiers in Microbiology* 5 (2014). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00052>.
3. in *Microbiology* 5 (2014). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00052>.

3. Castillofollow, Manuel Toledo, Rocío García Espejofollow, Alejandro Martínez Molinafollow, María Elena Goyena Salgadofollow, José Manuel Pintofollow, Ángela Gallardo Marínfollow, M. Toledo, et al. "Clinical Case: Edema Disease – the More I Medicate, the More Pigs Die!" [\\$this->url\\_servidor](https://www.pig333.com/articles/edema-disease-the-more-i-medicate-the-more-pigs-die_17660/), October 15, 2021.
4. Cavaco, Lina M., Henrik Hasman, Frank M. Aarestrup, Members of MRSA-CG:, Jaap A. Wagenaar, Haitske Graveland, Kees Veldman, et al. "Zinc Resistance of Staphylococcus Aureus of Animal Origin Is Strongly Associated with Methicillin Resistance." *Veterinary Microbiology* 150, no. 3-4 (2011): 344-48. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2011.02.014>.
5. Cheng, D.L., H.H. Ngo, W.S. Guo, S.W. Chang, D.D. Nguyen, S. Mathava Kumar, B. Du, Q. Wei, and D. Wei. "Problematic Effects of Antibiotics on Anaerobic Treatment of Swine Wastewater." *Bioresource Technology* 263 (2018): 642-53. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.05.010>.
6. Köhler, Bernd, Helge Karch, and Herbert Schmidt. "Antibacterials That Are Used as Growth Promoters in Animal Husbandry Can Affect the Release of Shiga-Toxin-2-Converting Bacteriophages and Shiga Toxin 2 from Escherichia Coli Strains." *Microbiology* 146, no. 5 (2000): 1085-90. <https://doi.org/10.1099/00221287-146-5-1085>.
7. Loftin, Keith A., Cynthia Henny, Craig D. Adams, Rao Surampali, and Melanie R. Mormile. "Inhibition of Microbial Metabolism in Anaerobic Lagoons by Selected Sulfonamides, Tetracyclines, Lincomycin, and Tylosin Tartrate." *Environmental Toxicology and Chemistry* 24, no. 4 (2005): 782-88. <https://doi.org/10.1897/04-093r.1>.
8. Looft, Torey, Heather K Allen, Brandi L Cantarel, Uri Y Levine, Darrell O Bayles, David P Alt, Bernard Henrissat, and Thaddeus B Stanton. "Bacteria, Phages and Pigs: The Effects of in-Feed Antibiotics on the Microbiome at Different Gut Locations." *The ISME Journal* 8, no. 8 (2014a): 1566-76. <https://doi.org/10.1038/ismej.2014.12>.
9. Looft, Torey, Heather K. Allen, Thomas A. Casey, David P. Alt, and Thaddeus B. Stanton. "Carbadox Has Both Temporary and Lasting Effects on the Swine Gut Microbiota." *Frontiers in Microbiology* 5 (2014b). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00276>.
10. Nasralla, Meisoan. "EIP-Agri Concept." EIP-AGRI – European Commission, September 11, 2017. <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/eip-agri-concept.html>.
11. Niederwerder, Megan C. "Role of the Microbiome in Swine Respiratory Disease." *Veterinary Microbiology* 209 (2017): 97-106. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2017.02.017>.
12. Poels, J., P. Van Assche, and W. Verstraete. "Effects of Disinfectants and Antibiotics on the Anaerobic Digestion of Piggery Waste." *Agricultural Wastes* 9, no. 4 (1984): 239-47. [https://doi.org/10.1016/0141-4607\(84\)90083-0](https://doi.org/10.1016/0141-4607(84)90083-0).
13. Shimada, Toshio, Julie L. Zilles, Eberhard Morgenroth, and Lutgarde Raskin. "Inhibitory Effects of the Macrolide Antimicrobial Tylosin on Anaerobic Treatment." *Biotechnology and Bioengineering* 101, no. 1 (2008): 73-82. <https://doi.org/10.1002/bit.21864>.
14. Sikder, Md. Al, Ridwan B. Rashid, Tufael Ahmed, Ismail Sebina, Daniel R. Howard, Md. Ashik Ullah, Muhammed Mahfuzur Rahman, et al. "Maternal Diet Modulates the Infant Microbiome and Intestinal Flt3l Necessary for Dendritic Cell Development and Immunity to Respiratory Infection." *Immunity* 56, no. 5 (May 9, 2023): 1098-1114. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2023.03.002>.
15. Slifierz, Mackenzie Jonathan. "The Effects of Zinc Therapy on the Co-Selection of Methicillin-Resistance in Livestock-Associated Staphylococcus Aureus and the Bacterial Ecology of the Porcine Microbiota," 2016.
16. Stanton, Thaddeus B., Samuel B. Humphrey, Vijay K. Sharma, and Richard L. Zuerner. "Collateral Effects of Antibiotics: Carbadox and Metronidazole Induce VSH-1 and Facilitate Gene Transfer among Brachyspira Hyodysenteriae Strains." *Applied and Environmental Microbiology* 74, no. 10 (2008): 2950-56. <https://doi.org/10.1128/aem.00189-08>.