

## Stellungnahme der Carry Over Arbeitsgruppe zu Ergotalkaloiden und Mutterkorn in Futtermitteln und deren Auswirkung auf die Tiergesundheit vom August 2019 <sup>1)</sup>



(Quelle: Dänicke)

Ein Mutterkorn (Sklerotium) bezeichnet das verfestigte Mycel der Pilze der Gattungen *Claviceps spp.* Es kann sich anstelle eines gesunden Kornes in Getreideähren entwickeln, wenn diese infiziert wurden. Die Sklerotien sind in der Regel von braun-schwarzer teils violett schimmernder Farbe und enthalten neben Amininen, Aminosäuren, Enzymen, Ölen, Sterinen und anderen Substanzen bis zu 40 verschiedene Ergotalkaloide. Diese sind chemisch betrachtet Amide bzw. Peptide der Lysergsäure, die unerwünschte Wirkungen im Mensch und Tier hervorrufen können, wenn sie mit Lebensmitteln oder dem Futter aufgenommen werden. Mutterkorn kann grundsätzlich auf allen Gräsern und Getreidearten vorkommen, in Deutschland sind Roggen und Triticale am häufigsten betroffen. Während der Ernte können die Sklerotien zusammen mit den Körnern in das Erntegut gelangen.

In der Europäischen Union ist für Einzelfuttermittel und Mischfuttermittel, die ungemahlene Getreide enthalten, ein Höchstgehalt von 1000 mg Mutterkorn/kg

Futtermittel bezogen auf ein Futtermittel mit 12 % Feuchtigkeit festgelegt (Richtlinie 2002/32/EG<sup>1</sup>).

Da Sklerotien unterschiedliche Gehalte an Ergotalkaloiden aufweisen, ist die physikalische Bestimmung der Kontamination von Getreide durch Mutterkorn häufig nicht aussagekräftig.

Um einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Vorkommen der Ergotalkaloide und der Menge an Sklerotien untersuchen zu können, wurde in Deutschland auf Basis der Empfehlung der Europäischen Kommission (2012/154/EU) ab 2012 eine nationale Erhebung zu Ergotalkaloiden durchgeführt. Es sollten verdachtsorientiert Proben aus unzerkleinertem Roggen und ggf. Triticale mit sichtbarem Mutterkornbesatz gezogen und analysiert werden. Die Proben sollten sowohl auf den Sklerotiengehalt als auch auf die analytisch erfassbaren Ergotalkaloide (Gesamt-Ergotalkaloide gleich Summe aus Ergocristin, Ergotamin, Ergocryptin, Ergometrin, Ergosin und Ergocornin) sowie deren Epimere untersucht werden. Nach einer vereinheitlichten Probenaufbereitung sollte ein HPLC-Verfahren mit Reinigung an einer basischen Aluminiumoxid-Festphase angewandt werden.

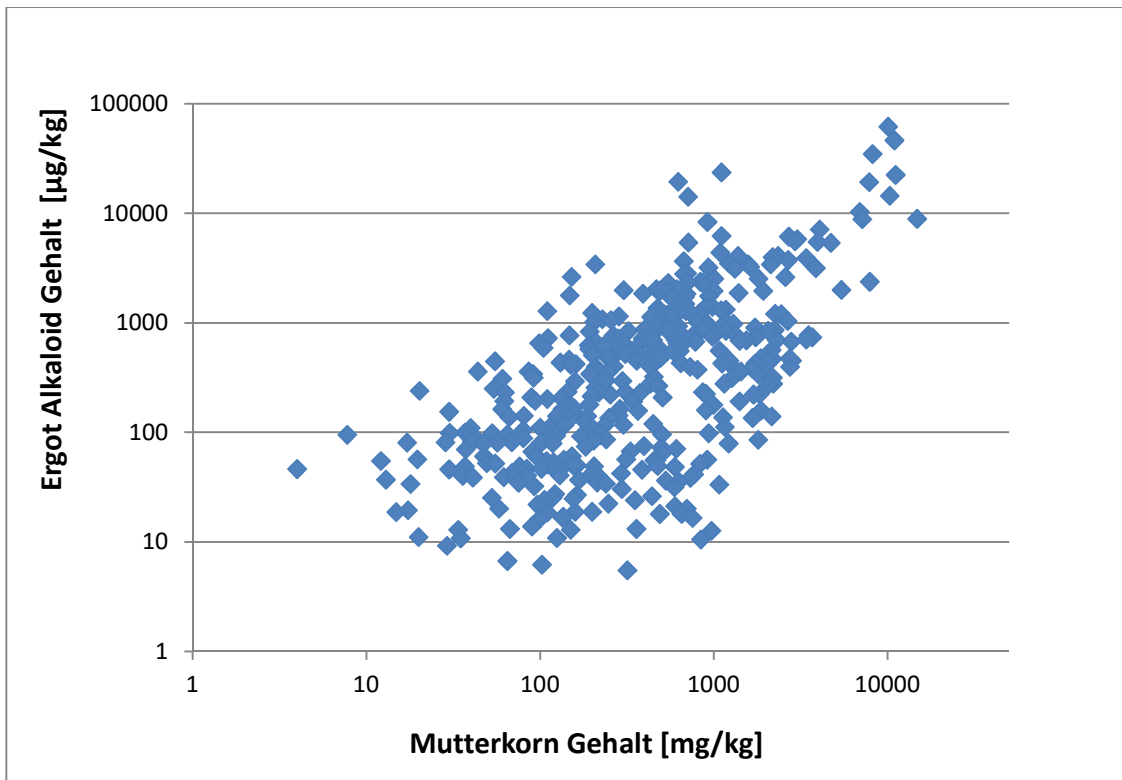
Von den Futtermittelüberwachungsbehörden der Bundesländer wurden in den Jahren 2012 bis 2014 insgesamt 600 Futtermittelproben, vorrangig Ganzkorngetreide mit sichtbarem Mutterkornbesatz (451 Proben), aber auch Ganzkorngetreideproben ohne sichtbaren Mutterkornbesatz (149 Proben), davon Roggen (321 Proben), Triticale (197 Proben), Weizen (52 Proben) und Getreidekörnermischungen sowie Mischfuttermittel (30 Proben), auf Mutterkorngehalte (Sklerotien) und sechs Ergotalkaloide sowie deren Epimere untersucht.

Die Futtermittelproben Roggen, Triticale, Gerste, Weizen, Mischungen von Getreidekörnern sowie Mischfuttermittel unterschieden sich nicht signifikant,

---

<sup>1</sup> Richtlinie 2002/32/EG der Europäischen Parlamentes und des Rates vom 07. Mai 2002 über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung, Amtsblatt der Europäischen Union L 140 vom 30.5.2002,S.10

weder in den Gehalten an einzelnen Ergotalkaloiden oder deren Summe noch in den Mutterkorngehalten.



**Abbildung 1:** Logarithmische Darstellung des Mutterkorngehaltes in mg/kg und des Gesamt-Ergotalkaloidgehaltes in µg/kg in den untersuchten Futtermittelproben (ohne „null“-Werte). Es wurde ein Korrelationsfaktor von  $r = 0,680$  (Bestimmtheitsmaß  $r^2 = 0,462$ ) berechnet.

In etwa 13 % der untersuchten Proben waren weder Mutterkorn noch Ergotalkaloide nachweisbar. Der Anteil der Proben, die den derzeitigen Höchstgehalt von 1000 mg Mutterkorn pro kg Futtermittel, die ungemahlene Getreide enthalten (88% TS), überschritten, lag bei annähernd 16 %. Zu beachten ist, dass in manchen Proben die Gehalte an Mutterkorn und Ergotalkaloiden gleichfalls hoch sind, während in einigen Proben die Gehalte an Ergotalkaloiden hoch sind und der Gehalt an Mutterkorn vergleichsweise gering

ausfällt. Insgesamt wurden in 70 Proben (11,7 %) kein Mutterkorn wohl aber Ergotalkaloide nachgewiesen. Aus der Variation des Ergotalkaloidgehaltes in Futtermitteln bei gleichem Gehalt an Mutterkorn resultiert, dass auch der Ergotalkaloidgehalt des Mutterkorns selbst erheblichen Schwankungen unterliegt.

### **Risikoabschätzung für Futtermittel für landwirtschaftliche Nutztiere anhand des Ergotalkaloidgehaltes**

Die toxischen Effekte von Mutterkorn gehen hauptsächlich von den jeweiligen enthaltenen Ergotalkaloiden aus, wenngleich auch weitere Bestandteile des Mutterkorns, wie z.B. Ricinolsäure, zum Gesamteffekt beim Tier beitragen können. Fütterungsstudien belegen, dass sich auf Basis des Gesamt-Ergotalkaloidgehaltes im Futtermittel Auswirkungen z.B. auf Leistungsmerkmale wachsender Schweine besser als über den Mutterkorngesamtgehalt im Futtermittel belegen lassen. Jedoch ist ein Bezug auf den Gesamt-Ergotalkaloidgehalt lediglich eine erste Annäherung an ein verbessertes Risikomanagement, da auch bei gleichem Gesamt-Ergotalkaloidgehalt des Futters unterschiedliche Wirkungen beim Tier beobachtet werden können. Diese beruhen vermutlich auf der kombinierten Wirkung der Einzelalkaloide, die in unterschiedlichen Anteilen im Mutterkorn vorkommen.

Neuere Studien an landwirtschaftlichen Nutztieren auf der Basis von Dosis-Wirkungsversuchen mit Bezug auf den Gesamt-Ergotalkaloidgehalt zeigen deutliche Unterschiede hinsichtlich der tierartspezifischen Empfindlichkeit gegenüber Mutterkorn. Die erhebliche Variation des Gesamt-Ergotalkaloidgehaltes im Mutterkorn führt dazu, dass einzelne Tierarten bzw. Tierkategorien (z. B. Pekingtonen und primipare Sauen) durch die gegenwärtige Höchstmengenregelung auf der Basis des Mengenanteils von Mutterkorn in unzerkleinertem Getreide nicht geschützt sind.

Auf der Grundlage des gegenwärtigen Kenntnisstandes wurden vorläufige Orientierungswerte<sup>1</sup> für kritische Konzentrationen von Gesamt-Ergotalkaloiden (Summe aller analysierten Einzelalkaloide) in der täglichen Ration landwirtschaftlicher Nutztiere (mg/kg Futter, 88% Trockensubstanz) abgeleitet.

Tierart/Kategorie	Orientierungswert (mg/kg)
<b>Schweine</b>	
Aufzuchtferkel, Mastschweine	0.6
Sauen	0.03
<b>Rinder und Schafe (alle Kategorien)</b>	0.1
<b>Geflügel</b>	
Masthühner (Broiler)	1.9
Legehennen	3.7
Mast-Pekingenten	0.06

<sup>4</sup>Die Werte berücksichtigen lediglich ein durchschnittliches Alkaloidmuster, das typischerweise für Ergot auf Roggen in Deutschland zu erwarten ist. Variationen in den Alkaloidmustern sowie den restlichen chemischen (toxisch wirkenden) Bestandteilen konnten für die Ableitung aufgrund fehlender experimenteller Daten nicht herangezogen werden. Eine Berücksichtigung erfolgte daher zunächst nur über Unsicherheitsfaktoren.

Bei Einhaltung der in der Tabelle angegebenen vorläufigen Orientierungswerte kann davon ausgegangen werden, dass die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Tiere in Bezug auf Ergotalkaloide gewährleistet ist. Die Ableitung der vorläufigen Orientierungswerte wird in der Anlage erläutert.

## Schlussfolgerungen

- 1) In den untersuchten Futtermittelproben wurde eine deutliche Variation im Gesamt-Ergotalkaloidgehalt festgestellt. Diese Variation, die auch bei gleichem Mutterkorngelalt erheblich ist, lässt keinen Rückschluss auf den Gesamt-Ergotalkaloidgehalt anhand der ausgezählten Mutterkörner zu.
- 2) Fütterungsstudien zeigen, dass eine Risikoabschätzung in Bezug auf eine Beurteilung der Tiergesundheit landwirtschaftlicher Nutztiere, die sich auf den Gesamt-Ergotalkaloidgehalt des Mutterkorns im Futtermittel bezieht, Vorrang zu geben ist gegenüber einer Risikoabschätzung basierend auf dem Mutterkorngelalt.
- 3) Die gegenwärtige Höchstgehaltsregelung für den mengenmäßigen Anteil von Mutterkorn in Einzel- und Mischfuttermitteln, die unzerkleinertes Getreide enthalten, wird auf Basis von Untersuchungen am landwirtschaftlichen Nutztier als nicht ausreichend erachtet, die Tiergesundheit zu schützen.

4) Auf der Grundlage des derzeitigen Kenntnisstandes können vorläufige Orientierungswerte für kritische Konzentrationen an Gesamt-Ergotalkaloiden in der täglichen Ration abgeleitet werden.

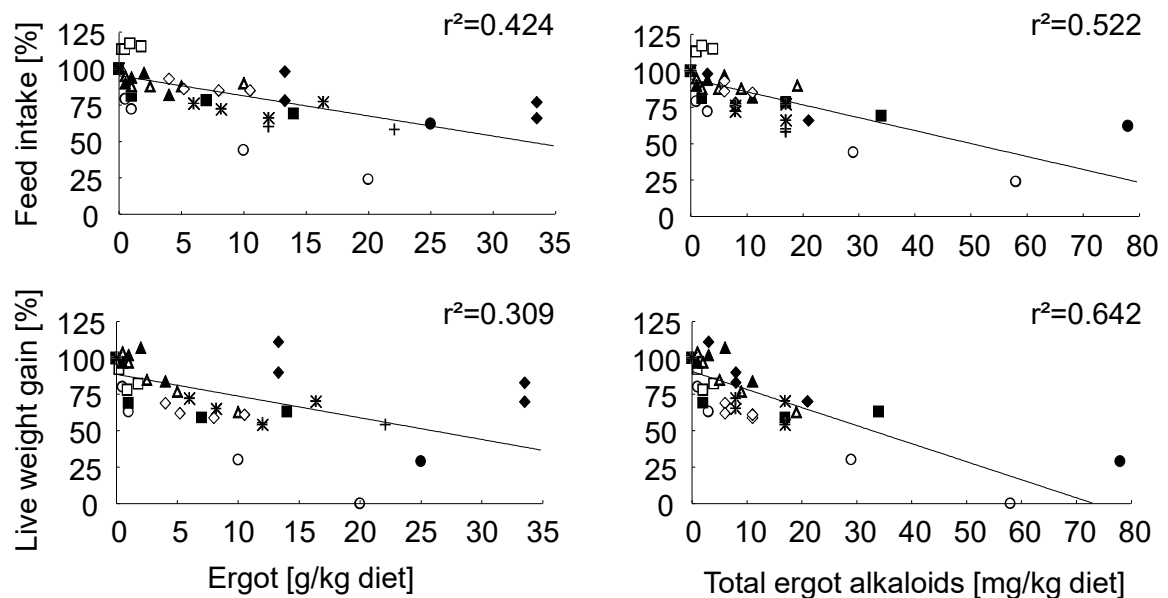
5) Da auch bei gleichem Gesamt-Ergotalkaloidgehalt des Futters unterschiedliche Wirkungen beim Tier beobachtet werden sollten weitere Untersuchungen durchgeführt werden, um die vorläufigen Orientierungswerte auf Grundlage einer breitere Datenbasis zu verifizieren und die Risikobewertung unter Berücksichtigung der erheblichen Variation der tierartspezifischen Empfindlichkeit zu verbessern.

#### ANLAGE:

##### **Ableitung vorläufiger Orientierungswerte für Gesamt-Ergotalkaloidgehalte (EA) im Futter landwirtschaftlicher Nutztiere (S. Dänicke)**

###### **Präambel**

Die toxischen Effekte von Mutterkorn gehen hauptsächlich von den enthaltenen EA aus, wenngleich auch weitere Bestandteile des Mutterkorns, wie z.B. Ricinolsäure, zum Gesamteffekt beim Tier beitragen können (Mainka *et al.*, 2003). Unter dem Primat des Beitrags der routinemäßig analysierbaren Einzelalkaloide zum Gesamt-EA-Gehalt und dessen Anteil an der Gesamt-Toxizität des Mutterkorns stellt ein Risikomanagement auf der Basis des EA-Gehaltes der täglichen Ration einen Fortschritt gegenüber dem auf der Basis des Mutterkorngehaltes im Hinblick auf die Tiergesundheit dar. Diese Feststellung lässt sich anhand der Dosis-Wirkungsbeziehungen zwischen Mutterkorngehalt (Abszissenwerte) und Leistungsmerkmalen (Ordinatenwerte) einerseits und jenen zwischen EA-Gehalt (Abszissenwerte) und den gleichen Leistungsmerkmalen (Ordinatenwerte) andererseits am Beispiel wachsender Schweine belegen (vgl. Abb. A1). Der Anteil an Variation, der durch die jeweiligen negativen linearen Beziehungen erklärt werden kann (Bestimmtheitsmaß =  $r^2$ ), ist bei Bezug auf den EA-Gehalt des Futters deutlich größer als bei Bezug auf Mutterkorn (Dänicke and Diers, 2013).



**Abbildung A1.** Literatursauswertung zu Dosis-Wirkungsbeziehungen zwischen dem Mutterkorngehalt (links) bzw. dem Gesamt-Ergotalkaloidgehalt (rechts) des Futters und verschiedenen Leistungsmerkmalen wachsender Schweine (Dänicke and Diers, 2013)

Einschränkend muss hinzugefügt werden, dass auch der Bezug auf den EA-Gehalt nur eine erste Annäherung an das toxische Prinzip des Mutterkorns darstellen kann, da auch bei gleichem EA-Gehalt des Futters unterschiedliche Wirkungen beim Tier beobachtet werden können, die sich wahrscheinlich auf unterschiedliche Muster der Einzelalkaloide zurückführen lassen (Dänicke and Diers, 2012, Mainka *et al.*, 2007). Insofern treffen die abgeleiteten Orientierungswerte für die Summe aller EA strenggenommen nur für jene EA-Muster (Variationen im Mutterkorn deutscher Herkunft) zu, die in den zugrundeliegenden Studien verwendet wurden.

Fazit: Ein Risikomanagement auf der Basis der Gesamt-EA lässt eine deutlich bessere Abschätzung der Wirkung von Mutterkornalkaloiden und damit des Schutzes der Tiergesundheit zu, als dies durch den Mutterkorngehalt möglich ist.

### Orientierungswerte

(Alle, in diesem Abschnitt diskutierten EA-Konzentrationen beziehen sich auf einen Basis-Trockensubstanzgehalt von 88%.)

Der Orientierungswert für Schweine von 0.6 mg EA/kg Futter (Tab. A1) entspricht dem für Schweine verschiedener Kategorien ermittelten niedrigsten NOAEL, der sich aus den Untersuchungen von Mainka *et al.* (2005a) an Mastschweinen für verschiedene Endpunkte

(Futtermittelaufnahme, Lebendmassezunahme, klinisch-chemische Merkmale, Organgewichte) ableiten lässt. Dieser Wert ist deutlich niedriger, als die NOAEL von 3.57 mg EA/kg Futter bzw. 5.6 mg EA/kg Futter für Aufzuchtferkel, die aus den signifikanten Veränderungen der Futtermittelaufnahme und der Lebendmassezunahme gegenüber den jeweiligen Kontrollgruppen ableitbar sind (Mainka *et al.*, 2007, Mainka *et al.*, 2005b). Aus den signifikanten Verringerungen der Prolaktinkonzentrationen im systemischen Blut leiteten Kopinski *et al.* (2007) kritische Konzentrationen von 0.33 bzw. 1 mg EA/kg Futter für primi- bzw. pluripare Sauen ab. Einschränkend muss für diese Werte hinzugefügt werden, dass diese nach Exposition gegenüber *Claviceps africana*, dessen Gehalt an Gesamt-Ergotalkaloiden überwiegend durch Dihydroergosin bestimmt wird, ermittelt wurden. Dihydroergosin kommt in *C. purpurea* kaum vor. In Anbetracht dieses erheblich abweichenden Alkaloidmusters erscheint eine Anwendung der auf der Basis von *C. africana* abgeleiteten kritischen Konzentrationen auf *C. purpurea*, der überwiegend auf Nicht-Sorghum-Getreidearten vorkommt, nicht ohne Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors gerechtfertigt. Die Notwendigkeit der Anwendung eines Sicherheitsfaktors ergibt sich auch aus der Tatsache, dass Dihydroergosin deutlich weniger toxisch ist, als die *C. purpurea* bestimmenden Alkaloide (Kopinski *et al.*, 2007). Unter konservativer Herangehensweise ergibt sich ein Orientierungswert von 0.03 mg EA/kg für Sauen, wenn ein Sicherheitsfaktor (LOAEL-to-NOAEL Uncertainty Factor, UF) (Opresko *et al.*, 1998) von 10 und die kritische Konzentration von 0.33 mg EA/kg der empfindlicheren primiparen Sauen zugrunde gelegt wird.

Die für wachsende Rinder der Rasse Deutsche Holstein publizierten Dosis-Wirkungsstudien lassen weder eine Ableitung eines LOAEL noch eines NOAEL zu, da die maximal getesteten Konzentrationen am Kalb (~0.85 mg EA/kg) und am Bullen (0.37 mg EA/kg) zu niedrig waren, um negative Effekte auszulösen (Schumann *et al.*, 2007a, Schumann *et al.*, 2007b). Bei Milchkühen der gleichen Rasse war die Rektaltemperatur, die bei den Untersuchungen an wachsenden Rindern nicht erfasst wurde, ab einer Konzentration von 0.44 mg EA/kg signifikant erhöht (Schumann *et al.*, 2008), was als LOAEL interpretiert werden kann. Diese physiologische Abweichung hatte jedoch keinerlei negative Auswirkungen auf eine Reihe von Endpunkten, die in diesen Untersuchungen erfasst wurden. So waren weder die Milchleistung, Leberzellschädigung anzeigende Enzymaktivitäten im Blutserum noch Pansenfermentationsparameter durch eine EA-Exposition beeinflusst (Schumann *et al.*, 2009, Schumann *et al.*, 2008). Offensichtlich stellt sich die Rektaltemperatur als Ausdruck der vasoaktiven Wirkung einiger EA bei der Milchkuh als sensibler toxikologischer Endpunkt dar. Da sich jedoch andere Tiergesundheits-, physiologische sowie Leistungsmerkmale unbeeinflusst darstellten, wird nur ein LOAEL-to-NOAEL UF von 5 unterstellt. Daher ergibt sich aus einem LOAEL von 0.44 mg EA/kg, ermittelt an Milchkühen, ein Orientierungswert von 0.1 mg EA/kg, der konservativ auch auf wachsende Rinder angewendet wird.

Bei Schafen führte eine Erhöhung der EA-Dosen von Getreide auf 2,447 mg / kg zu einer linearen dosisabhängigen Abnahme der Serum-Prolaktinkonzentration (Coufal-Majewski *et al.*, 2017). Selbst die niedrigste Konzentration von 0,93 mg EA / kg führte zu einer signifikanten Abnahme



der Prolaktinspiegel im Vergleich zur Kontrolle und würde folglich eine Schätzung für einen LOAEL darstellen, da andere erfasste Endpunkte überhaupt nicht ansprechen (Nährstoffverdaulichkeit) oder bei höheren Konzentrationen (Leistung). Die Anwendung eines UEG von LOAEL-zu-NOAEL von 10 würde zu einem Richtwert von 0,09 mg EA / kg oder gerundet auf 0,1 mg EA / kg führen, was dem Wert für Rinder ähnlich ist. Konservativ sollte dieser Wert für alle Schafkategorien gelten.

Beim Geflügel liegen Dosis-Wirkungsversuche an Masthühnern und Legehennen vor, welche die Ableitung sowohl eines LOAEL als auch eines NOAEL ermöglichen. Daher werden das NOAEL von 1.9 mg EA/kg für Masthühner (Dänicke, 2017) sowie von 3.7 mg EA/kg für Legehennen (Dänicke, 2016) als jeweiliger Orientierungswert angenommen.

Bei Mast-Pekingenten war im Rahmen der Dosis-Wirkungs-Untersuchungen schon die niedrigste geprüfte Dosis von 0.6 mg EA/kg im Hinblick auf Leistung und Tiergesundheit wirksam, was somit dem LOAEL entspricht (Dänicke, 2015). Unter Annahme eines LOAEL-to-NOAEL UF von 10 ergibt sich ein Orientierungswert von 0.06 mg EA/kg.

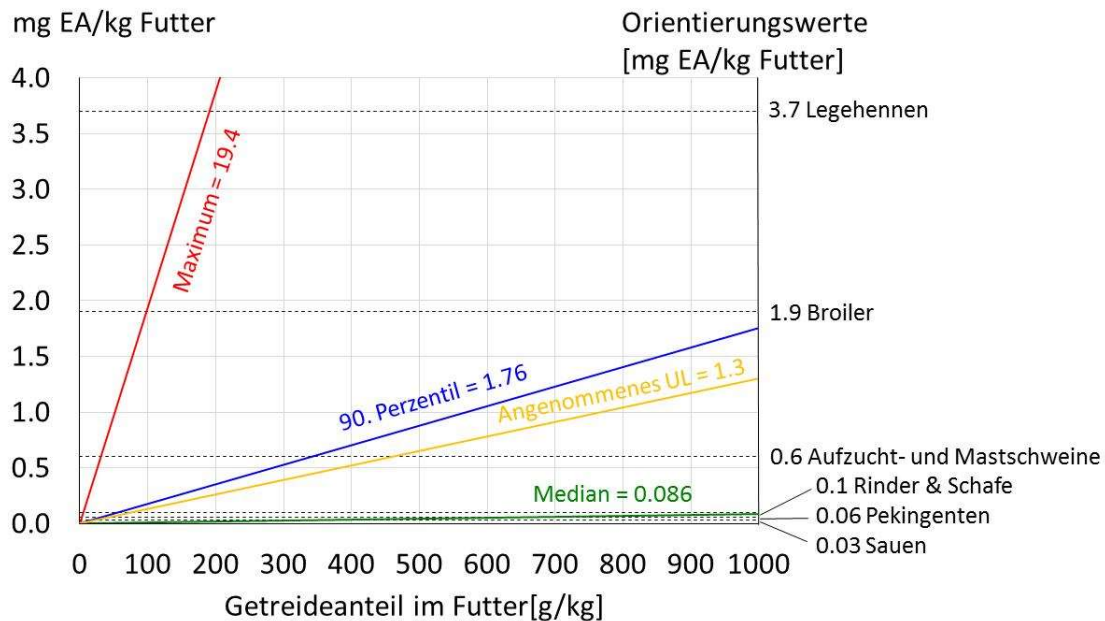
**Tabelle A1 .** Vorläufige Orientierungswerte<sup>1</sup> für kritische Konzentrationen von Gesamt-Ergotalkaloiden (Summe aller analysierten Einzelalkaloide) in der täglichen Ration landwirtschaftlicher Nutztiere (mg/kg Futter, 88% Trockensubstanz).

Tierart/Kategorie	Orientierungswert (mg/kg)
<b>Schweine</b>	
Aufzuchtferkel, Mastschweine	0.6
Sauen	0.03
<b>Rinder und Schafe (alle Kategorien)</b>	0.1
<b>Geflügel</b>	
Masthühner (Broiler)	1.9
Legehennen	3.7
Mast-Pekingenten	0.06

<sup>1</sup>Die Werte berücksichtigen lediglich ein durchschnittliches Alkaloidmuster, das typischerweise für Ergot auf Roggen in Deutschland zu erwarten ist. Variationen in den Alkaloidmustern sowie den restlichen chemischen (toxisch wirkenden) Bestandteilen konnten für die Ableitung aufgrund fehlender experimenteller Daten nicht herangezogen werden. Eine Berücksichtigung erfolgte daher zunächst nur über Unsicherheitsfaktoren.

### Risikoabschätzung

Maximal tolerierbare Getreideanteile in der Ration lassen sich für die verschiedenen Tierarten und -kategorien ableiten, wenn die im Monitoring festgestellten EA-Konzentrationen in Futtermitteln, welche den Median, das 90. Perzentil, die maximale Konzentration sowie eine angenommene durchschnittliche Konzentration von 1300 µg EA/kg (entspricht dem Gehalt an EA, wenn das Futtermittel 1000 mg Mutterkorn/kg enthält) (SANCO/1525/2006 –rev. 2) repräsentieren, zugrunde gelegt werden (Abb. A2).



**Abbildung A2.** Risikoabschätzung für verschiedene Tierarten und -kategorien, basierend auf den Orientierungswerten für die kritischen Konzentrationen an EA im Futter: Die Schnittpunkte zwischen den horizontalen gepunkteten Linien (=Orientierungswerte) mit den ansteigenden Geraden kennzeichnen die kritischen Getreideanteile im Futter bei EA-Konzentrationen im Getreide, die dem Median, der maximalen Konzentration, dem 90. Perzentil sowie einer angenommenen durchschnittlichen Konzentration von 1300 µg EA/kg (entspricht dem Gehalt an EA, wenn das Futtermittel 1000 mg Mutterkorn/kg enthält; wird als angenommener Höchstgehalt, UL, interpretiert) entsprechen.

Bei Anwendung der medianen Konzentration bestehen Limitierungen des Einsatzes von kontaminiertem Getreide für Sauen, Mast-Pekingenten sowie für Rinder. Bei konservativer Betrachtung der Situation unter praktischen Fütterungsverhältnissen erscheint aber der Median weniger geeignet als die Konzentrationen, welche dem 90. Perzentil oder der maximalen EA-Konzentration im Futtermittel entsprechen, da eine konkrete Schadenssituation im Nutztierbestand im Einzelfall mit solchen Konzentrationen assoziiert sein wird. Hier zeigt sich, dass für alle berücksichtigten Tierarten und -kategorien Limitierungen bestehen. Bei Konzentrationen, die dem 90. Perzentil sowie der angenommenen Konzentration von 1300 µg/kg entsprechen, bestehen nicht nur für Sauen, Mast-Pekingenten sowie für Rinder Limitierungen im Getreideinsatz, sondern auch für Aufzuchtferkel und Mastschweine (46 %).

## Schlussfolgerungen

Einzelne Tierarten bzw. -kategorien sind durch die gegenwärtige Höchstmengenregelung von 1000 mg Mutterkorn/kg unzerkleinerten Getreide nur ungenügend geschützt. Dies trifft für verschiedene Szenarien angenommener Gehalte des Mutterkorns an Gesamt-Ergotalkaloiden zu. Bei Unterstellung eines mittleren EA-Gehaltes von 1.3 mg/kg Getreide dürften für Sauen, Mast-Pekingenten, Rinder sowie Aufzuchtferkel und Mastschweine nicht mehr als 2, 4, 8 bzw. 46 % des kontaminierten Getreides in die Ration eingemischt werden, um die jeweiligen Orientierungswerte für die kritischen Konzentrationen nicht zu überschreiten. Bei Annahme einer medianen Konzentration von 0.086 mg EA/kg Getreide, ermittelt in der vorliegenden Untersuchung, steigen diese akzeptablen Getreideanteile bei Sauen und Mast-Pekingenten auf 30 bzw. 64 %, während für Rinder sowie Aufzuchtferkel und Mastschweine keine Limitierungen aus Sicht des EA-Gehaltes mehr bestehen würden.

## Literatur

- Coufal-Majewski S, Stanford K, Mcallister T, Wang Y, Blakley B, Mckinnon J, Swift ML, Chaves AV (2017) Effects of Continuously Feeding Diets Containing Cereal Ergot Alkaloids on Nutrient Digestibility, Alkaloid Recovery in Feces, and Performance Traits of Ram Lambs. *Toxins* (Basel) 9
- Dänicke S (2015) Ergot Alkaloids in Feed for Pekin Ducks: Toxic Effects, Metabolism and Carry Over into Edible Tissues. *Toxins* 7: 2006
- Dänicke S (2016) Toxic effects, metabolism, and carry-over of ergot alkaloids in laying hens, with a special focus on changes of the alkaloid isomeric ratio in feed caused by hydrothermal treatment. *Mycotox Res* 32: 37-52
- Dänicke S (2017) Ergot Alkaloids in Fattening Chickens (Broilers): Toxic Effects and Carry over Depending on Dietary Fat Proportion and Supplementation with Non-Starch-Polysaccharide (NSP) Hydrolyzing Enzymes. *Toxins* (Basel) 9
- Dänicke S, Diers S (2012) Effects of ergot alkaloids on liver function of piglets can be detected by the [<sup>13</sup>C]methacetin breath test irrespective of oral or intramuscular route of tracer administration. *Isotopes Environ Health Stud* 48: 558-572
- Dänicke S, Diers S (2013) Effects of ergot alkaloids in feed on performance and liver function of piglets as evaluate by the <sup>13</sup>C-methacetin breath test. *Arch Anim Nutr* 67: 15-36
- Kopinski JS, Blaney BJ, Downing JA, Mcveigh JF, Murray SA (2007) Feeding sorghum ergot (*Claviceps africana*) to sows before farrowing inhibits milk production. *Aust Vet J* 85: 169-176
- Mainka S, Dänicke S, Böhme H, Ueberschär K-H, Liebert F (2007) On the composition of ergot and the effects of feeding two different ergot sources on piglets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 139: 52-68

- Mainka S, Dänicke S, Böhme H, Ueberschär K-H, Polten S, Hüther L (2005a) The influence of ergot-contaminated feed on growth and slaughtering performance, nutrient digestibility and carry over of ergot alkaloids in growing-finishing pigs. *Arch Anim Nutr* 59: 377-395
- Mainka S, Dänicke S, Böhme H, Wolff J, Matthes S, Flachowsky G (2005b) Comparative studies on the effect of ergot contaminated feed on performance and health of piglets and chickens. *Arch Anim Nutr* 59: 81-98
- Mainka S, Dänicke S, Coenen M (2003) On the influence of ergot contaminated feed on health and performance of pigs and chickens. *Übersichten zur Tierernährung* 31: 121-168
- Opresko DM, Young RA, Faust RA, Talmage SS, Watson AP, Ross RH, Davidson KA, King J (1998) Chemical warfare agents: estimating oral reference doses. *Rev Environ Contam Toxicol* 156: 1-183
- Schumann B, Dänicke S, Hübner S, Ueberschär K-H, Meyer U (2007a) Effects of different levels of ergot in concentrate on the health and performance of male calves. *Mycotox Res* 23: 43-55
- Schumann B, Dänicke S, Meyer U, Ueberschär K-H, Breves G (2007b) Effects of different levels of ergot in concentrates on the growing and slaughtering performance of bulls and on carry-over into edible tissue. *Arch Anim Nutr* 61: 357-370
- Schumann B, Lebzien P, Ueberschär KH, Dänicke S (2009) Effects of the level of feed intake and ergot contaminated concentrate on ergot alkaloid metabolism and carry over into milk. *Mol Nutr Food Res* 53: 931-938
- Schumann B, Lebzien P, Ueberschär KH, Spilke J, Höltershinken M, Dänicke S (2008) Effects of the level of feed intake and ergot contamination on ruminal fermentation and on physiological parameters in cows. *Mycotox Res* 24: 57-72