

Sehr geehrte Damen und Herren!

Bekanntlich wird bei braunschaligen Eiern vereinzelt Trimethylamin (TMA) im Eidotter gefunden, was sich nachteilig auf die sensorischen Eigenschaften des Hühnereies auswirken kann. In verschiedenen Untersuchungen konnte belegt werden, dass nicht jede Rasse von der Riech-Problematischen betroffen ist. Zur Klärung der Fragestellung inwieweit die Genetik bei dieser Stoffwechselerkrankung eine Rolle spielt, ist eine Grundvoraussetzung die zuverlässige Analytik von TMA im Hühnerei, um darauf aufbauend einen genetischen Marker für diesen Defekt identifizieren zu können. In ihrem Beitrag „**Quantitativer Nachweis und genetische Marker für Fischgeruch im Hühnerei**“ gehen **Dr. Kristina Reese, Dr. Steffen Weigend (Mariensee), Dr. Matthias Schmutz und Prof. Rudolf Preisinger (Cuxhaven)** diesem Thema nach. Ihre Untersuchungen belegen eindeutig eine genetische Beteiligung. In Zukunft könnte ein Gentest als Selektionsgrundlage zur Sanierung der Zuchlinien dienen.

Mit dem Weißbuch zur Lebensmittelsicherheit wurde im Jahr 2000 eine Neuorientierung der Lebensmittel- und Futtermittelpolitik in der Europäischen Gemeinschaft eingeleitet. Ein wichtiger Bestandteil dieses Pakets sind die „**Rechtliche Regelungen über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung**“, auf die **Dr. Sabine Kruse (Bonn)** nachfolgend näher eingeht. Kernpunkt der Neuregelung ist die Einführung des so genannten Verschneidungsverbots ergänzt um Regelungen für die Reinigung und Dekontamination von Futtermitteln mit überhöhten Gehalten an unerwünschten Stoffen und spezielle Regelungen für Betriebe, die Futtermittel mit direkten Trocknungsverfahren trocknen. Weiterhin stellt die Autorin Strategien zum Risikomanagement bei Verschleppungen pharmakologisch wirksamer Stoffe vor und gibt nähere Informationen zur Evaluierung von Höchstgehalten für unerwünschte Stoffe. Abschließend werden Regelungen und Maßnahmen zur Minimierung bestimmter Mykotoxine im Futter vorgestellt.

Die regional und von Jahr zu Jahr stark schwankende Belastung von Getreide mit Fusarientoxinen stellt für die landwirtschaftliche Praxis ein erhebliches Problem dar. In seinem Artikel „**Fusarientoxine in Weizen – Maßnahmen zur Verhinderung durch Pflanzenbau und Pflanzenschutz**“ stellt **Dr. Johann Frahm (Münster)** Strategien zur Vermeidung eines Fusarienbefalls vor. Neben dem Einfluss der Fruchtfolge und der Sortenwahl wird die Auswirkung der Bodenbearbeitung in Abhängigkeit von der Vorfrucht diskutiert. Des Weiteren geht der Autor näher auf Maßnahmen zur Schadensminimierung nach Befall ein. Die Fungizidanwendung muss gezielt in die Blüte erfolgen. Bei bereits erfolgtem Befall kann sie nur als Notlösung angesehen werden wie auch die Separierung befallener Körner über gezielte Mähdreschereinstellung oder durch eine gezielte Reinigung und Aufbereitung im Lager.

Die gesundheitsfördernde Wirkung vieler Pflanzen ist den Menschen schon seit der Frühzeit bekannt. Das ist wahrscheinlich einer der Gründe, warum Zusatzstoffe auf pflanzlicher Basis heute vermehrt in der Tierernährung Verwendung finden. Wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen zu diesem Thema fehlen allerdings bislang. In ihren Ausführungen über „**Die Wirkung phytogener Zusatzstoffe in der Tierernährung**“ geht **Dr. Christina Wald (Cuxhaven)** am Beispiel verschiedener ätherischer Öle näher auf dieses Thema ein. Dabei befasst sie sich mit der Zusammensetzung und der Stabilität dieser Öle unter den praktischen Bedingungen der Futterherstellung und überprüft in mehreren Versuchsreihen, ob ätherische Öle mit einer hohen *in vitro* Wirksamkeit gegenüber praxisrelevanten Keimen auch im Tierversuch überzeugen können. Dabei zeigte sich, dass phytogene Zusatzstoffe bei Ferkeln und Broilern auch ohne antimikrobielle

Wirksamkeit eine Verzehrssteigerung einhergehend mit einer allgemeinen Leistungsverbesserung bewirken können.

Rohproteinreduzierte Rationen in der Schweinemast erfordern neben der entsprechenden Ergänzung mit essenziellen Aminosäuren auch eine stärkere Berücksichtigung der Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP) aus dem erhöhten Getreideanteil. Letzterem kann durch den Einsatz NSP-spaltender Enzyme entsprochen werden. Inwieweit die praecaecale Verdaulichkeit von Aminosäuren durch den Einsatz einer reinen Xylanase zu beeinflussen ist und welche Mechanismen eventuell dafür verantwortlich sein könnten, diskutieren **Dr. Jörg Bartelt** und **Dr. Mathias Schurz (Cuxhaven)** in ihren Ausführungen zum Thema „**„Ernährungsphysiologische und leistungsbezogene Effekte einer reinen Xylanase bei wachsenden Schweinen“**. Weiterhin werden neuere Fütterungsversuche vorgestellt, welche die Effektivität des Xylanaseeinsatzes im Ferkel- und Schweinemastfutter belegen.

Von züchterischer Seite steht die Notwendigkeit der selektiven Reduzierung der Ferkelverluste außer Frage. Jedoch bestehen immer noch Zweifel daran, welches die beste Selektionsstrategie zur Verminderung der Verluste ist. Unter dem Titel „**Ansätze zur Verbesserung der Überlebensrate von Ferkeln**“ befassen sich **Dr. Rainer Röhe** und **Prof. Ernst Kalm (Kiel)** näher mit dem Thema. Dabei werden die Vor- und Nachteile der direkten Selektion der Überlebensrate sowie der Selektion zur Verbesserung des Geburtsgewichts gegenübergestellt. Die Einbeziehung kumulativer Geburtsgewichtsmerkmale wie auch der genetischen Korrelation zwischen Geburtsgewicht und Ferkelverlusten wird als weniger sinnvoll erachtet. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass ein Selektionsindex unter Einbeziehung verschiedener Parameter die Ferkelverluste minimiert sowie die Wurfgröße maximiert und eine bessere Uniformität erzielt, wodurch die Wirtschaftlichkeit der Ferkelproduktion wesentlich verbessert wird.

Quantitativer Nachweis und genetische Marker für Fischgeruch im Hühnerei

Dr. Kristina Reese, Dr. Steffen Weigend (Mariensee), Dr. Matthias Schmutz und Prof. Rudolf Preisinger (Cuxhaven)

Einleitung

Geruch und Geschmack sind die beiden Hauptkomponenten, die die sensorischen Eigenschaften des Hühnereies beeinflussen. Bei braunschalenigen Eiern kann vereinzelt Trimethylamin (TMA) im Eidotter gefunden werden. Typisch für TMA ist der Geruch nach verdorbenem Fisch, der von den Verbrauchern als unangenehm und unakzeptabel bewertet wird (HUMBERT et al., 1970; HOBSON FROHOCK et al., 1973).

TMA gelangt über den eigenen Stoffwechsel, der TMA produzieren kann, oder über Vorläufer-Moleküle (TMA-Oxid, Cholin), die teilweise als essenzieller Bestandteil im Legehennen-Futter enthalten sein können, in den Körper der Hennen. Enterobakterien, die insbesondere im Blindarm lokalisiert sind, bauen diese Vorläufer-Moleküle zu TMA ab. TMA wird resorbiert und über die Blutbahn zur Leber transportiert. In der Leber ist ein Enzym lokalisiert, das für die Oxidation von TMA zuständig ist. Nachdem TMA zu dem geruchlosen TMA-Oxid oxidiert wurde, verlässt es den Körper über die Exkrete.

Ist die Aktivität des Enzyms durch umweltbedingte oder genetische Einflüsse eingeschränkt, wird TMA nicht vollständig oxidiert, so dass ein Teil des TMA in den Eidotter gelangt und dort einen fischigen Geruch im Eidotter verursachen kann.

In der Humanmedizin ist eine genetisch bedingte Stoffwechselkrankheit bekannt („Trimethylaminuria“), bei der die betroffenen Personen einen typischen Körpergeruch (Schweiß, Atem und Urin) nach verdorbenem Fisch aufweisen. Ursachen für diese Krankheit sind Mutationen des für die TMA-Oxidation verantwortlichen Enzyms. Es ist bekannt, dass es sich bei dem Enzym um eine Flavin enthaltende Monooxygenase III (FMO3) handelt, die einer großen Familie von Flavin enthaltenden Monooxygenasen angehört. Bestimmte Mutationen des FMO3-Gens führen zu einer reduzierten Enzymaktivität und somit zu erhöhten TMA-Gehalten im Urin und im Blut der Personen.

Bei Rindern konnte eine Mutation des FMO3-Gens beobachtet werden, die auch zu einer reduzierten Enzymaktivität und dadurch zu einem fischigen Geruch in der Milch führt (LUNDEN et al., 2002).

Ein Defekt der FMO3, wie oben beschrieben, ist bisher beim Geflügel noch nicht nachgewiesen worden, obwohl sich zahlreiche Studien mit der Fischei-Problematik beschäftigt haben (LÜBBE et al., 1981; BUTLER und FENWICK, 1984; HORIGUCHI et al., 1998; ZENTEK und KAMPHUES, 2000, 2002; ZENTEK, 2003). In diesen Untersuchungen wurde unter anderem gezeigt, dass nicht jede Rasse von einem fischigen Geruch im Eidotter betroffen ist. Rhodeländer, Light Sussex und Braune Leghorn können Merkmalsträger sein, während bei Weißen Leghorn und New Hampshire bisher keine Auffälligkeiten beobachtet wurden (BUTLER und FENWICK, 1984; HORIGUCHI et al., 1998). Obwohl es Vermutungen gab, dass das Auftreten eines fischigen Geruchs im Eidotter mit der Schalenfarbe im Zusammenhang steht, konnte dies nicht bestätigt werden (BUTLER et al., 1983).

Durch Substanzen im Futter kann die FMO3-Aktivität gehemmt sein (PEARSON et al., 1981; CASHMAN et al., 1999). Dies sind unter anderem Glucosinolate, die in Kreuzblütlern (z. B. Raps, Brokkoli oder Rüben) nachzuweisen sind. Eine andere Stoffgruppe stellen die Tannine dar, die auch im Raps enthalten sind und durch ihre hemmenden Eigenschaften die Aktivität des Enzyms einschränken können.

Um Merkmalsträger in der Zuchstufe zu identifizieren, wurden bisher hauptsächlich organoleptische Prüfungen durchgeführt (ZENTEK und KAMPHUES, 2000, 2002; ZENTEK, 2003). Eine quantitative Bestimmung des TMA-Gehaltes im Eidotter wurde von LÜBBE und Mitarbeitern (1981), HORIGUCHI und Mitarbeitern (1998) und JEROCH und Mitarbeitern (1999) durchgeführt, allerdings wurden keine genaueren Analysevorschriften angegeben.

Da zum einen die Fischindustrie den TMA-Gehalt im Fischmuskel nutzt, um eine Aussage über den Frischegrad des Fisches machen zu können, und zum anderen beim Menschen eine genetisch bedingte Stoffwechselkrankheit Ursache für den fischigen Geruch der Individuen ist, sind zahlreiche Analysenmethoden, die den TMA-Gehalt im Fischmuskel bzw. im Urin oder im Blut bestimmen, publiziert (DYER, 1945; HOOGLAND, 1958; MURRAY und GIBSON, 1972 a und b; MAYATEPEK und KOHLMÜLLER, 1998; CASHMAN et al., 1999).

Ziel der vorliegenden Studie war es, eine Analysenmethode zu etablieren, mit der der Trimethylaminengehalt im Eidotter zuverlässig quantitativ bestimmt werden kann, um darauf aufbauend einen genetischen Marker für diesen Defekt identifizieren zu können.

Versuchstiere

Die für die Untersuchungen herangezogenen Tiere bestanden aus F₂-Kreuzungstieren, die aus einer Verpaarung von 21 Rhodeländer Hennen mit 4 Weißen Leghorn Hähnen hervorgingen. Neun männliche und 45 weibliche Tiere bildeten die F₁-Generation, in der jeder Hahn an 5 Hennen angepaart wurde. Die F₂-Generation bestand aus 457 Hennen, die durch mehrmalige organoleptische Prüfung als Merkmalsträger (Hennen mit einem fischigen Geruch im Eidotter) bzw. als Hennen ohne Abweichung eingestuft wurden. Bei 85 Hennen wurde ein fischiger Geruch im Eidotter festgestellt (Tainter). Zum Vergleich wurden 85 Non-Tainter bestimmt, so dass insgesamt 170 Tiere für den quantitativen TMA-Nachweis im Eidotter und für die Genotypisierung herangezogen wurden.

Fütterung

Der fischige Geruch bzw. ein erhöhter TMA-Gehalt im Eidotter wurden durch Cholin (6000 mg/kg Futter), ein Vorläufermolekül von Trimethylamin, und Rapsfütterung (5 %) provoziert. Dabei wurde die Untersuchung in drei Fütterungsperioden eingeteilt. In der ersten und dritten Fütterungsperiode wurde das Cholin-belastete Futter verabreicht. In der zweiten Fütterungsperiode wurde auf die Cholin-Belastung im Futter verzichtet.

Quantitativer TMA-Test

Chemische Analyse

Da sich 95 % des Trimethylamins im Eidotter befinden (HOBSON-FROHOCK et al., 1973), wurde für den quantitativen Nachweis das Eiklar vom Eidotter getrennt, so dass nur der Eidotter für die Analyse verwendet wurde. Die chemische Analyse basierte auf der von MURRAY und GIBSON (1972 a) veröffentlichten Methode.

Für die Extraktion des Trimethylamins wurden 15 g Eidotter mit einer 10 %igen Trichloressigsäure (TCE) -Lösung auf ein Gesamtvolume von 30 ml aufgefüllt. Anschließend wurde die Probe bis zum Entstehen einer homogenen Substanz geschüttelt und 10 Stunden bei Raumtemperatur ruhig stehen gelassen. Danach erfolgte die Filtration. In dem Filtrat lag TMA als Salz gebunden an TCE vor.

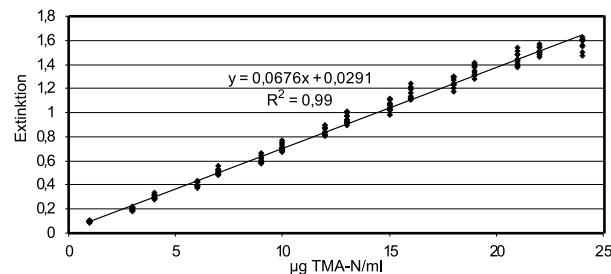
Für die weitere Analyse wurden das Filtrat mit Kaliumhydroxid (KOH), Formaldehyd und Toluol versetzt. Damit wurde das Reaktionsgemisch durch die KOH-Lösung in den basischen Bereich überführt, so dass sich TMA von TCE löst und wieder frei vorliegt (MURRAY und GIBSON, 1972 a und b). Durch die Lösungsmittel-eigenschaften des Toluols ging TMA in die Toluolphase über.

Anschließend wurden 2,5 ml des Toluolüberstandes abgenommen und mit 2,5 ml des vorher zubereiteten Pi-krinsäurerereagenz versetzt, so dass sich ein gelblicher TMA-N-Pikrat-Komplex bildete, dessen Intensität mit dem Photometer bei 410 nm gemessen werden konnte.

Da bei der Bildung des TMA-N-Pikrat-Komplexes ausschließlich der Stickstoff (N) des TMA reagiert (23,7 % des TMA ist Stickstoff), sind die nachfolgenden Ergebnisse als TMA-N dargestellt.

Um den gemessenen Extinktionswerten absolute TMA-Gehalte zuzuordnen, wurde eine Kalibrierung in wässriger Lösung durchgeführt. Dafür wurden 16 Verdünnungen einer Stammlösung mit 24 µg TMA-N/ml angesetzt und gemessen ($n = 10$). Die Untersuchungen der Eichlösung haben ergeben, dass die Kurve im Bereich zwischen 1 µg TMA-N/ml und 24 µg TMA-N/ml annähernd linear zu den gemessenen Extinktionswerten verläuft (Abb. 1). Die methodisch bedingte Variation der Methode wurde durch die wiederholte ($n = 30$) Messung von drei Verdünnungen (6, 12 und 18 µg TMA-N/ml) der Stammlösung bestimmt und ergab einen Variationskoeffizienten von 4 %.

Abbildung 1: Kalibrierungskurve von 16 Verdünnungen einer wässrigen Stammlösung mit 24 µg TMA/ml



Markertypisierung

Das menschliche FMO3-Gen ist auf Chromosom 1q23-25 kartiert. Ein Vergleich zwischen Genorten (BURT et al., 1999) sowie ein in Finnland mit Mikrosatelliten durchgeführter Genom-Scan an den Linien des Zuchtprogramms für Lohmann Brown (VILLKI, persönliche Mitteilung) zeigte eine vielversprechende Region auf Chromosom 8 des Hühnergenoms. Die Tiere der F₀-Generation wurden mit vier Mikrosatelliten auf Chromosom 8 typisiert (MCW0275, MCW0305, LEI0179 und ADL0322).

Ergebnisse

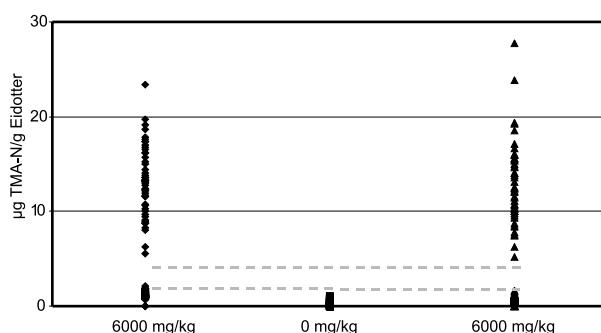
TMA-N-Gehalt im Eidotter

Es zeigte sich, dass die organoleptische Einteilung der Tiere in Tainter und Non-Tainter nicht in allen Fällen mit der chemischen Analyse übereinstimmte. Es wurden Tiere gefunden, die organoleptisch als Tainter klassifiziert worden sind, in der chemischen Analyse jedoch niedrige TMA-N-Gehalte zeigten. Umgekehrt sind Non-Tainter identifiziert worden, die wiederum erhöhte Gehalte im Eidotter aufwiesen. Aufgrund der Nicht-Übereinstimmungen zwischen organoleptischer Prüfung und chemischer Analyse wurden die Hennen, basierend auf gemessenen TMA-N-Gehalten, neu zugeordnet.

In der ersten Fütterungsperiode wurden drei Eier je Henne auf ihren TMA-N-Gehalt untersucht. Für die drei Messungen wurde eine hohe Wiederholbarkeit sowohl für Tiere mit einem hohen ($r = 0,92$) als auch für Tiere mit einem niedrigen TMA-N-Gehalt im Eidotter ($r = 0,80$) berechnet. Aufgrund der hohen Wiederholbarkeiten sind die einzelnen Beobachtungen je Henne durch Mittelwertsbildung zu einem Merkmal zusammengefasst worden.

Da ein Bereich beobachtet werden konnte, in dem keine Messwerte aufgetreten sind (2,1 bis 5,6 µg TMA-N/g Eidotter; Abb. 2), wurden die Tiere oberhalb von 5,6 µg TMA-N/g Eidotter als Tiere mit einem hohen TMA-N-Gehalt (H-Gruppe) und Tiere unterhalb von 2,1 als Tiere mit einem niedrigen TMA-N-Gehalt (L-Gruppe) im Eidotter eingestuft. Insgesamt wurden 54 Tiere der H-Gruppe (Mittelwert: $13,2 \pm 3,6$ µg TMA-N/g Eidotter) und 114 Tiere der L-Gruppe (Mittelwert: $1,2 \pm 0,3$ µg TMA-N/g Eidotter) zugeordnet.

Abbildung 2: Verteilung der TMA-N-Gehalte im Eidotter in der F₂-Generation in Fütterungsperiode I (6000 mg Cholin/kg), II (0 mg Cholin/kg) und III (6000 mg Cholin/kg)



In der zweiten Fütterungsperiode, in der auf eine Cholinbelastung im Futter verzichtet wurde, konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen H- und L-Gruppe berechnet werden. Der mittlere TMA-N-Gehalt betrug $0,9 \mu\text{g} \pm 0,2 \mu\text{g}$ TMA-N/g Eidotter.

In der dritten Fütterungsperiode wurde das Cholin-belastete Futter erneut verfüttert und dieselben Hennen, die in der ersten Fütterungsperiode hohe TMA-N-Gehalte aufwiesen, zeigten erneut hohe Werte. Die Tiere, die schon in der ersten Fütterungsperiode niedrige Gehalte hatten, zeigten auch in der dritten Fütterungsperiode keine Auffälligkeiten. Für die H-Gruppe wurde ein Mittelwert von $13,0 \pm 4,4 \mu\text{g}$ TMA-N/g Eidotter und für die L-Gruppe ein Mittelwert von $0,8 \pm 0,2 \mu\text{g}$ TMA-N/g Eidotter berechnet. Innerhalb der Tiere der H-Gruppe wurde eine Korrelation von 0,6 berechnet.

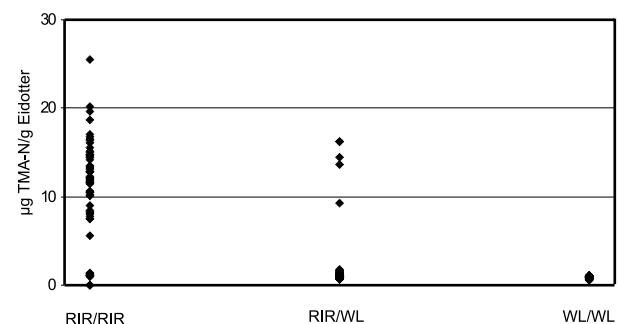
Markertypisierung

Der Mikrosatellit ADL0322 war informativ zwischen Rhodeländer-Hennen und Weißen Leghorn-Hähnen, da keine gemeinsamen Allele in beiden Linien beobachtet wurden (Abb. 3). Für die Rhodeländer-Hennen waren die Allele 148 und 136 charakteristisch, während die Weißen Leghorn-Hähne homozygot für das Allel 140 waren.

Nach der Typisierung der F_2 -Generation wurden die 170 Tiere anhand des Genotyps in drei Gruppen eingeteilt (Abb. 4). In der ersten Gruppe ($n = 56$) waren die Tiere, die ausschließlich Allele von den Rhodeländer Hennen geerbt hatten. In der zweiten Gruppe waren die Tiere ($n = 78$), die ein Allel von den Rhodeländer Hennen und ein Allel von den Weißen Leghorn Hähnen trugen. Tiere, für die ausschließlich das Allel von den Weißen Leghorn-Hähnen charakteristisch war ($n = 35$), wurden der dritten Gruppe zugewiesen.

Um eine Assoziation zwischen Genotyp und TMA-N-Gehalt im Eidotter herzustellen, wurden die TMA-N-Gehalte der ersten und dritten Fütterungsperiode durch Mittelwertsbildung zu einem Merkmal zusammengefasst. So gehörten die meisten Hennen, die homozygot für die Rhodeländer-Allele waren, zu den Tieren der H-Gruppe und

Abbildung 4: Verteilung der TMA-N-Gehalte im Eidotter von F_2 -Hennen, typisiert mit dem Mikrosatelliten ADL0322. Die Gruppe RIR/RIR steht für Hennen, die ausschließlich Rhodeländer-Allele geerbt haben, die Gruppe RIR/WL stellt heterozygote Individuen dar, während die Gruppe WL/WL-Hennen darstellen, die ausschließlich das Weiße Leghorn-Allel aus der F_0 -Generation tragen.

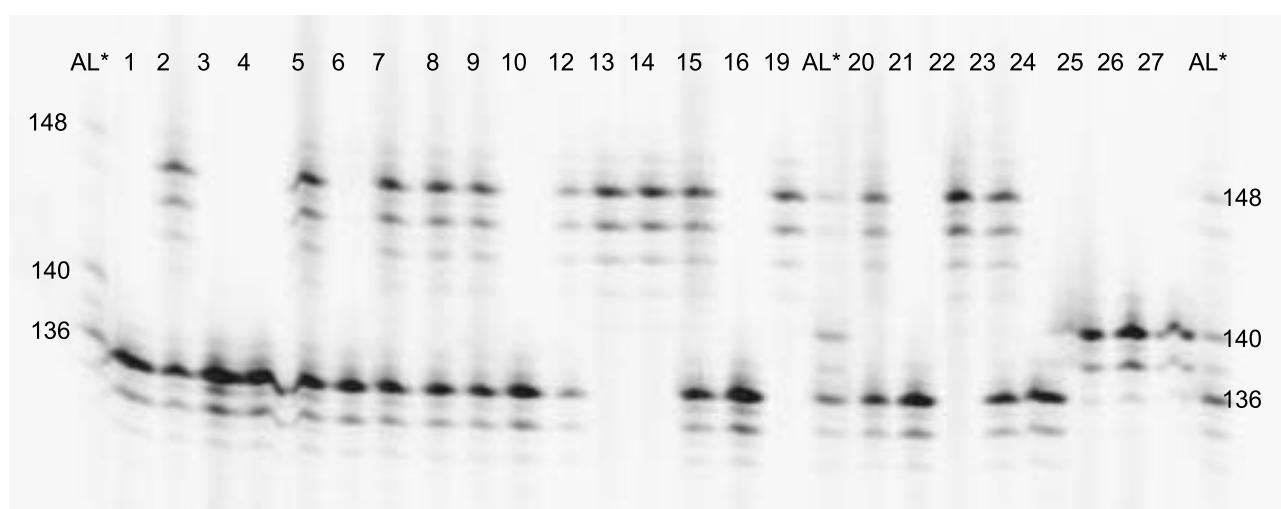


zeigten einen mittleren TMA-N-Gehalt von $11,4 \pm 5,0 \mu\text{g}$ TMA-N/g Eidotter. Heterozygote Individuen zeigten niedrige TMA-N-Gehalte ($1,8 \pm 3,9 \mu\text{g}$ TMA-N/g), allerdings wurden zwei Hennen mit erhöhtem TMA-N-Gehalt im Eidotter beobachtet. Tiere, die das Weiße Leghorn-Allel homozygot zeigten, hatten ausschließlich niedrige TMA-N-Gehalte ($0,9 \pm 0,1 \mu\text{g}$ TMA-N/g Eidotter).

Diskussion

Geruchliche Abweichungen im braunschalenigen Hühnerei führen bei den Verbrauchern zu Beschwerden (ZENTEK und KAMPHUES, 2000; ZENTEK, 2003) und sollten bei der Produktion von Konsumeieren möglichst vermieden werden. Es ist bekannt, dass erhöhte Trimethylamin-Konzentrationen im Eidotter für einen fischigen Geruch des Eies verantwortlich sind. In der vorliegenden Untersuchung wurde zunächst eine quantitative TMA-Nachweismethode etabliert, da anschließend untersucht werden sollte,

Abbildung 3: Gelbild der Tiere 1 bis 27 für den Mikrosatelliten ADL0322 in der F_0 -Generation. Die Nummern 1 bis 24 stellen die Hennen der Rhodeländer-Linie dar, während die Nummern 25 bis 27 die Hähne der Weißen Leghorn-Linie darstellen.



inwieweit genetische Ursachen, die zu erhöhten TMA-Konzentrationen führen, existieren.

Für diesen Zweck wurde mit einer Analysenmethode gearbeitet, die bei der TMA-Bestimmung im Fischmuskel Anwendung findet (MURRAY und GIBSON, 1972 a und b). Die chemische Analyse basierte auf einer photometrischen Messung des TMA-N-Gehaltes im Eidotter, da ausschließlich der Stickstoff des Trimethylamins bei der photometrischen Messung reagiert und gemessen wird. Da ungefähr 23 % des Molekulargewichtes des TMA Stickstoff ist, können die TMA-N-Gehalte leicht in totale TMA-Gehalte umgerechnet werden.

Die Berechnung eines Variationskoeffizienten von 4 % nach wiederholter Messung (60x) von drei Standard-Verdünnungen unterschiedlicher Konzentration zeigte, dass die photometrische Analyse, wie in der Literatur beschrieben (MURRAY und GIBSON, 1972 a und b), als zuverlässig und gut wiederholbar einzustufen ist.

Mit der chemischen Analyse wurde der TMA-N-Gehalt im Eidotter bei 170 vorselektierten Hennen aus der F₂-Generation quantitativ bestimmt. Für diese Untersuchung wurden die Hennen mit einem Cholin (Vorläufermolekül von TMA) -belasteten Futter gefüttert, um so die Hennen zu identifizieren, die von einer reduzierten Oxigenase-Aktivität betroffen sind.

Nachdem das Cholin-belastete Futter in der ersten Fütterungsperiode gefüttert wurde, konnten zwei Gruppen identifiziert werden, die sich im TMA-N-Gehalt unterscheiden: Eine Gruppe (H-Gruppe) mit einem signifikant höheren TMA-N-Gehalt im Eidotter und eine Gruppe mit niedrigeren TMA-N-Gehalten (L-Gruppe). Nachdem in der zweiten Fütterungsperiode auf das Cholin im Futter verzichtet wurde, konnte zwischen den Gruppen kein Unterschied mehr beobachtet werden. Anschließend wurde erneut das Cholin-belastete Futter verabreicht und die Hennen, die in der ersten Fütterungsperiode als Merkmalsträger identifiziert worden sind, wurden wieder der H-Gruppe zugeordnet. Dies lässt auf eine genetische Komponente, die für eine reduzierte TMA-Oxidation verantwortlich ist, schließen. Unterstützt wird dies durch Beobachtungen, die in anderen Untersuchungen gemacht wurden sind. So zeigten PEARSON und Mitarbeiter (1983), dass nur bestimmte Hennen mit erhöhten TMA-Gehalten auf eine mit Fischmehl angereicherte Fütterung reagieren. Andere Hennen, die dasselbe Futter erhalten hatten, zeigten keine Auffälligkeiten.

Innerhalb der H-Gruppe wurde ein Korrelationskoeffizient von 0,6 für Fütterungsperiode I und III je Henne berechnet. Dieser zeigt, dass die Hennen trotz gleicher Cholin-Belastung im Futter unterschiedliche TMA-N-Gehalte im Eidotter aufweisen und dass somit der TMA-N-Gehalt/Henne auch von Umweltfaktoren wie zum Beispiel der Futteraufnahme beeinflusst wird.

Der auffällige Rückgang im TMA-N-Gehalt in der zweiten Fütterungsperiode bestätigt, dass das Cholin in der Fütterung für erhöhte TMA-N-Gehalte verantwortlich ist. Auch PEARSON und Mitarbeiter (1983) beobachteten, dass der TMA-Gehalt sank, nachdem sie in den Untersuchungen auf die Fütterung von Fischmehl, eine andere TMA-Quelle, verzichteten. Interessanterweise sind während der Untersuchungen von PEARSON und Mitarbeitern (1983) Hennen beobachtet worden, die trotz „risikofreier“ Fütterung erhöhte TMA-Gehalte zeigten. In der vorliegenden Studie konnte dies nicht beobachtet werden.

Durch die Bestimmung der TMA-N-Gehalte im Eidotter wurden zwei Gruppen identifiziert, die sich in ihrem Phänotyp voneinander unterscheiden (Abb. 2). Anhand genetischer Marker sollte die Gruppierung nachvollzogen werden, da zahlreiche Hinweise aus der Literatur existieren, dass der fischige Geruch von Individuen bzw. Produkten genetische Ursachen hat (BOLTON et al., 1976; AYESH et al., 1993; DOLPHIN et al., 1997; LUNDEN et al., 2002).

In der F₂-Generation konnte bestätigt werden, dass die Allele 148 und 136 des Mikrosatelliten ADL0322 mit hohen TMA-N-Gehalten im Eidotter assoziiert werden konnten, während heterozygote Individuen, die ein Allel von den Rhodeländer-Hennen und ein Allel von den Weißen Leghorn-Hähnen geerbt haben, ebenso wie die Tiere, die ausschließlich das Weiße Leghorn-Allel trugen, mit niedrigen TMA-N-Gehalten assoziiert wurden. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass der Mikrosatellit ADL0322 als Selektionswerkzeug eingesetzt werden könnte.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen, dass es sich, wie bei Mensch und Rind berichtet, um ein rezessives Merkmal handelt, da heterozygote Tiere niedrige TMA-N-Gehalte zeigten und kein abweichender Geruch feststellbar war.

Es wurden einige wenige Ausnahmen identifiziert, die deutlich machen, dass sich der Mikrosatellit zwar in der Nähe der FMO3 befindet, aber dennoch keine 100 %ige Koppelung zwischen Marker und Genort vorliegt. Da inzwischen die FMO3-Sequenz des Huhnes in der Datenbank veröffentlicht wurde, sollen weitere Untersuchungen die für hohe TMA-N-Gehalte im Eidotter verantwortliche Mutation identifizieren, so dass die Tiere zu 100 Prozent als Merkmalsträger bzw. Nicht-Merkmalsträger identifiziert werden können.

Ein entsprechender Gentest kann dann als Selektionsgrundlage zur Sanierung der Zuchtlinien herangezogen werden. Über die einzelnen Vermehrungsstufen muss die Sanierung bis zur Endproduktstufe erfolgen. Erst dann ist gewährleistet, dass braunschalige Eier hinsichtlich der Gefahr von Geruchsabweichungen wie weißschalige eingestuft werden können.

Literaturverzeichnis

- AYESH, R., MITCHELL, S. C., ZHANG, A., SMITH, R. L. (1993): The fish odour syndrome: biochemical, familial and clinical aspects. *BMJ (Clinical research ed.)* 307, 655-657
- BOLTON, W., CARTER, T. C., MORLEY JONES, R. (1976): The hen's egg: Genetics of taints in eggs from hens fed on rapeseed meal. *British Poultry Science* 17, 313-320
- BURT, D. W., BRULEY, C., DUNN, I. C., JONES, C. T., RAMAGE, A., LAW, A. S., MORRICE, D. R., PATON, I. R., SMITH, J., WINDSOR, D., SAZANOV, A., FRIES R., WADDINGTON, D. (1999): The dynamics of chromosome evolution in birds and mammals. *Nature* Nov 25; 402 (6760): 411-413
- BUTLER E. J., PEARSON, A. W., GREENWOOD, N. M. (1983): Trimethylamine taint in eggs: the occurrence of the causative metabolic defect in commercial hybrids and pure breeds in relation to shell colour. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 35 (3), 272-278
- BUTLER, E. J., FENWICK, G. R. (1984): Trimethylamine and fishy taint in eggs. *World's Poultry Science Journal* 40, 38-51
- CASHMAN, J. R., XIONG, Y., LIN, J., VERHAGEN, H., VAN POPPEL, G., VAN BLADEREN, P. J., LARSEN-SU, WILLIAMS, D. E. (1999): *In Vitro* and *In Vivo* Inhibition of Human Flavin-Containing Monooxygenase Form 3 (FMO3) in the Presence of Dietary Indoles. *Biochemical Pharmacology* 58, 1047-1055
- DOLPHIN, C. T., RILEY, J. H., SMITH, R. L., SHEPARD, E. A., PHILLIPS, I. R. (1997): Structural organisation of the human flavin-containing monooxygenase 3 gene (FMO3), the favoured candidate for fish-odor syn-

- drome, determined directly from genomic DNA. *Genomics* 46 (2), 260-267
- DYER, W. J. (1945): Colorimetric Determination of Trimethylamine as the picrate salt. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 6, 351-358
- HOBSON-FROHOCK, A., LAND, D. G., GRIFFITH N. M., CURTIS, R. F. (1973): Letter: Egg taints: association with trimethylamine. *Nature* 243 (5405), 304-305
- HOOGLAND, P. L. (1958): Grading fish for Quality 2. Statistical Analysis of the Result of Experiments Regarding Grades and Trimethylamine Values. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 15 (4), 717-728
- HORIGUCHI, K., SHIMIZU, K., TOTSUKA, K., YAMAMOTA, A., ITOH, T., FUJIMURA, S., ISHIBASHI, T. (1998): White Leghorn hens supplied excess choline, rapeseed meal or fish meal produce fishy odor free eggs. *Journal of Animal Science and Technology. (Jpn.)* 69, 22-25
- HUMBERT, J. A., HAMMOND, K. B., HATHAWAY, W. E., MARCOUX, J. G., O'BRIEN, D. (1970): Trimethylaminuria, The fish odor Syndrome. *Lancet* 1970 i, 770-771
- JEROCH, H., DÄNICKE, S., BRETTSCHEIDER, J. G., SCHUMANN, W. (1999): Einsatz von behandelter Rapssaat bei braunen Legehennen. *Austrian Journal of Agricultural Research* 1, 45-54
- LÜBBE, F., KÜTHER, K., FLOCK, D. K. (1981): Einfluss von Rapsschrot und TMA auf den Geruch von braunschalgigen Eiern. *Lohmann Information September/Okttober 1981*, 1-4
- LUNDEN, A., MARKLUND, S., GUSTAFSSON, V., ANDERSSON, L. (2002): A nonsense mutation in the FMO3 gene underlies fishy off-flavour in cow's milk. *Genome Research* Dec. 12, 1885-1888
- MAYATEPEK, E., KOHLMÜLLER, D. (1998): Transient trimethylaminuria in childhood. *Acta Paediatr.* 87, 1205-1207
- MURRAY, C. K., GIBSON, D. M. (1972 a): An investigation of the method of determining trimethylamine in fish muscle extracts by the formation of its picrate salt. *Journal of Food Technology* 7, 35-47
- MURRAY, C. K., GIBSON, D. M. (1972 b): An investigation of the method of determining trimethylamine in fish muscle extracts by the formation of its picrate salt. *Journal of Food Technology* 7, 47-51
- PEARSON, A. W., GREENWOOD, N. M., BUTLER, E. J., FENWICK, G. R. (1981): The inhibition of trimethylamine oxidation in the domestic fowl (*Gallus domesticus*) by antithyroid compounds. *Comparative Biochemistry and Physiology* 69C, 307-312
- PEARSON, A. W., GREENWOOD, N. M., BUTLER, E. J., CURL, C. L., FENWICK, G. R. (1983): Fishmeal and egg taint. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 34, 277-285
- ZENTEK, J., KAMPHUES, J. (2000): Geruchsabweichungen bei Eiern brauner Hennen - Vorkommen auch bei „unkritischer“ Futterzusammensetzung möglich. *Deutsche Tierärztliche Wochenschau* 107, 355-358
- ZENTEK, J., KAMPHUES, J. (2002): Eigeruch bei Tinter-Hennen: Ein praxisrelevantes Problem. *Wiener Tierärztlichen Monatsschrift* 89, 100-106
- ZENTEK, J. (2003): Egg taint - A problem of practical importance. *Lohmann Information No. 28 / 2003*, 3-6

Anschrift der Autoren

Dr. Kristina Reese und Dr. Steffen Weigend
Institut für Tierzucht
Mariensee, FAL
Höltystr. 10
31535 Neustadt

E-Mail: kristina.Reese@fal.de
steffen.weigend@fal.de

Dr. Matthias Schmutz und Prof. Rudolf Preisinger
Lohmann Tierzucht GmbH
Am Seedeich 9-11
27474 Cuxhaven

E-Mail: schmutz@ltz.de
preisinger@ltz.de

Rechtliche Regelungen über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung

Dr. Sabine Kruse (Bonn)

1. Einleitung

Mit dem Weißbuch zur Lebensmittelsicherheit wurde im Jahr 2000 eine Neuorientierung der Lebensmittel- und Futtermittelpolitik in der Europäischen Gemeinschaft eingeleitet. Seither hat die Europäische Kommission mit nahezu atemberaubender Geschwindigkeit den Umbau der Rechtsordnung im Futtermittelsektor vorangetrieben.

Die Fundamente dieses neuen Gebäudes sind mit der Basisverordnung zum Lebensmittelrecht gelegt, aber die weiteren Arbeiten erfordern ein hohes Maß an Abstimmung und Präzision, damit nicht nur ein harmonisches Gesamtbild entsteht, sondern auch die Funktionalität passgenau gewährleistet ist.

Gegenwärtig wird die vorhandene Substanz kritisch geprüft und an das neue Fundament angepasst. Gleichzeitig soll eine enge Verbindung mit zwei benachbarten großen Baustellen - dem Lebensmittelrecht und dem Veterinärrecht - geschaffen werden. Leider besteht dabei auch die Gefahr, bewährte Strukturen zu verlieren.

Mit dem Bestreben, das Futtermittelrecht eng mit dem Lebensmittelrecht zu verknüpfen, wurde die Einheit des Futtermittelsektors und der Schutzziele Mensch, Tier und Umwelt aufgegeben. Damit ist das Futtermittelrecht selbst für Fachleute immer komplizierter und unübersichtlicher geworden.

Die Kommission wird, wo immer möglich, horizontale Regelungen schaffen. Spezielle Regelungen sollen nur noch für besondere Fälle getroffen werden. Beispiele für horizontale Regelungen, die auch Futtermittel betreffen, sind

- Verordnung (EG) Nr. 178/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 28. Januar 2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der europäischen Lebensmittelbehörde und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit¹
- Verordnung (EG) Nr. 1829/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. September 2003 über genetisch veränderte Lebens- und Futtermittel²
- Verordnung (EG) Nr. 882/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29.4.2004 über amtliche Futtermittel- und Lebensmittelkontrollen³
- Verordnung (EG) Nr. 999/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Mai 2001 mit Vorschriften zur Verhütung, Kontrolle und Tilgung bestimmter transmissibler spongiformer Enzephalopathien⁴
- Verordnung (EG) Nr. 1774/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 3. Oktober 2002 mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte⁵
- Verordnung (EG) Nr. .../2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom ... 2004 über Rückstände von Pflanzenschutzmitteln in Lebens- und Futtermitteln⁶

Eine Reihe spezieller Regelungen für Futtermittel sind bereits verabschiedet oder auf den Weg gebracht worden, darunter

- Verordnung (EG) Nr.1831/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. September 2003 über Zusatzstoffe zur Verwendung in der Tierernährung⁷
- Verordnung (EG) Nr. .../2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom ... 2004 mit Vorschriften für die Futtermittelhygiene⁸
- Richtlinie 2002/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Mai 2002 über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung⁹.

Ferner ist eine Neuregelung über den Verkehr und die Kennzeichnung von Futtermitteln in Vorbereitung.

Hinzu kommen nationale Vorschriften, die die gemeinschaftlichen Regelungen ergänzen oder auch teilweise darüber hinausgehen. Hier sind beispielsweise das Verfütterungsverbot für tierische Fette und die Regelungen für die direkte Trocknung von Futtermitteln zu nennen.

Aus diesem Paket sollen im Folgenden nur die neuen Regelungen über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung näher erläutert werden.

2. Allgemeine futtermittelrechtliche Einführung

Die Zielsetzungen des deutschen Futtermittelrechts ergeben sich aus der Zweckbestimmung in §1 des Futtermittelgesetzes.

„Zweck des Gesetzes ist es,

- 1. die tierische Erzeugung so zu fördern, dass*
 - a) die Leistungsfähigkeit der Nutztiere erhalten und verbessert wird,*
 - b) die von Nutztieren gewonnenen Erzeugnisse den an sie gestellten qualitativen Anforderungen, insbesondere im Hinblick auf ihre Unbedenklichkeit für die menschliche Gesundheit, entsprechen,*
- und*
- 2. sicherzustellen, dass durch Futtermittel die Gesundheit von Tieren nicht beeinträchtigt wird.“*

Die Ziele des Futtermittelgesetzes sind also,

- die Tierproduktion zu fördern,
- den Schutz des Menschen als Lebensmittelkonsumenten zu gewährleisten und
- den Schutz der Gesundheit der Tiere zu sichern.

Hinzu kommen noch

- der Schutz vor Täuschung und
- die Harmonisierung der futtermittelrechtlichen Regelungen in der Europäischen Union.

¹ ABl. L 31 vom 1.2.2002, S.1

² ABl. L 268 vom 18.10.2003, S.1

³ ABl. L 165 vom 30.4.2004, S. 1

⁴ ABl. L 147 vom 31.5.2001, S.1

⁵ ABl. L 273 vom 10.10.2002, S.1

⁶ noch nicht veröffentlicht

⁷ ABl. L 268 vom 18.10.2003, S.29

⁸ noch nicht veröffentlicht

⁹ ABl. L 140 vom 30.05.2002, S.10

Weitere zentrale Regelungen sind die so genannten Verbote zur Gefahrenabwehr. Nach § 3 des Futtermittelgesetzes ist es „*verboten, Futtermittel derart herzustellen oder zu behandeln, dass sie bei bestimmungsgemäßer und sachgerechter Verfütterung geeignet sind, die Qualität der von Nutztieren gewonnenen Erzeugnisse zu beeinträchtigen oder die Gesundheit der Tiere zu schädigen.*“ Gleiches gilt für das In-Verkehr-bringen oder das Verfüttern.

Zum Verständnis der Regelungen ist es ferner wichtig, den Begriff unerwünschte Stoffe zu definieren. Die Begriffsbestimmung für unerwünschte Stoffe lautet in § 2b des Futtermittelgesetzes:

„Unerwünschte Stoffe sind Stoffe - außer Tierseuchenerregern -, die in oder auf Futtermitteln enthalten sind und die Gesundheit von Tieren, die Leistung von Nutztieren oder als Rückstände die Qualität der von Nutztieren gewonnenen Erzeugnisse, insbesondere im Hinblick auf ihre Unbedenklichkeit für die menschliche Gesundheit, nachteilig beeinflussen können.“

Mit der Definition unerwünschter Stoffe werden alle Stoffe eingebunden, unabhängig davon, ob dafür Höchstgehalte festgelegt sind oder nicht. Die Definition ist an den Schutzzielen Gesundheit des Verbrauchers und Gesundheit der Tiere ausgerichtet.

Gegenwärtig sind für einige unerwünschte Stoffe Höchstgehalte in einem Anhang festgelegt. So z. B. für einige Schwermetalle, Mykotoxine, Organochlorverbindungen und eine Reihe von giftigen pflanzlichen Inhaltsstoffen sowie giftigen Früchten und Samen. Hinzugekommen sind im Jahre 2002 Höchstgehalte für Dioxine.

Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl von Stoffen, die als unerwünschte Stoffe einzustufen sind, ohne dass für sie derzeit Höchstgehalte festgesetzt sind. Als Beispiele sind PCB und eine Vielzahl von Mykotoxinen, die z. B. die Tiergesundheit beeinträchtigen können, zu nennen. Hierfür wurden vom BMVEL Orientierungswerte empfohlen.

Durch die Begriffsbestimmung sind aber auch solche Fälle erfasst, bei denen durch Rückstände von Arzneimitteln (z. B. Chloramphenicol oder MPA), durch Kontamination (z. B. Nitrofen) oder durch Verschleppungen beim Herstellungsprozess (z. B. Lasalocid) Futtermittel verunreinigt wurden. In solchen Fällen können die Behörden auf der Basis des § 3 des Futtermittelgesetzes in Verbindung mit der umfassenden Begriffsbestimmung der „unerwünschten Stoffe“ tätig werden.

3. Sicherheitskonzept für unerwünschte Stoffe

Um den Schutz der menschlichen Gesundheit und der Tiergesundheit zu gewährleisten wurde bereits 1974 ein europäisches Sicherheitskonzept mit Maßnahmen bei überhöhten Gehalten an unerwünschten Stoffen in der Richtlinie 74/63/EWG festgelegt. Dieses Konzept umfasste folgende Elemente:

- Für bestimmte Stoffe wurden Höchstgehalte für Einzelfuttermittel und Mischfuttermittel festgelegt.
- Der Alleinfutterwert galt gleichzeitig als Höchstgehalt für die Tagesration.
- Einzelfuttermittel mit überhöhten Gehalten an unerwünschten Stoffen durften mit entsprechender Kennzeichnung an für die Verarbeitung solcher Futtermittel

zugelassene Futtermittelhersteller abgegeben und zur Herstellung von Futtermitteln verwendet werden.

- Ausgenommen von diesen Vermischungsmöglichkeiten wurden später - in den 80er Jahren - Futtermittel mit überhöhten Gehalten an Cadmium, Aflatoxin B₁ und Dioxinen.
- Bei selbst erzeugten Futtermitteln, die im eigenen Betrieb verfüttert wurden, konnten unter Beachtung der Anforderungen an den Schutz der Gesundheit der Verbraucher und der Tiere die Gehalte bei Einzelfuttermitteln um das bis zu 2,5fache überschritten werden. Dabei war zu gewährleisten, dass die vorgeschriebenen Gehalte in der Tagesration (im Sinne von Alleinfutter) nicht überschritten wurden.
- Ferner konnten die zuständigen Behörden der Länder nach § 10 Abs. 3 Futtermittelgesetz im Einzelfall zur Vermeidung unbilliger Härten Ausnahmen zulassen.

Mit der Richtlinie 2002/32/EG wurden diese Sicherheitsmaßnahmen in der Europäischen Gemeinschaft neu geregelt. Sie sind ab dem 1. August 2003 anzuwenden (Übersicht 1).

Übersicht 1: Neues Sicherheitskonzept

- Höchstgehalte für alle zur Tierernährung bestimmten Erzeugnisse.
- Erzeugnisse für die Tierernährung mit höheren Gehalten an unerwünschten Stoffen als im Anhang festgelegt, dürfen nicht in den Verkehr gebracht oder verwendet werden.
- Erzeugnisse für die Tierernährung mit höheren Gehalten an unerwünschten Stoffen als im Anhang festgelegt, dürfen nicht zu Verdünnungszwecken mit dem gleichen oder mit anderen zur Tierernährung bestimmten Erzeugnissen gemischt werden.
- Verpflichtung zur Ursachenermittlung und zur Verminderung oder Beseitigung der Ursachen bei Überschreitung der Höchstgehalte und bei erhöhten Gehalten an unerwünschten Stoffen.
- Festlegung von „Aktionsgrenzwerten“ als Auslösenschwelle für amtliche Maßnahmen in Zusammenarbeit mit den Wirtschaftsbeteiligten unterhalb der Höchstgehalte.

- Mit dieser Richtlinie wurden der Schutz der Umwelt in die Begriffsbestimmung der unerwünschten Stoffe eingebunden und der Anwendungsbereich der Regelungen auf alle zur Tierernährung bestimmte Erzeugnisse erweitert. Damit sind neben den Futtermitteln auch die Zusatzstoffe und Vormischungen sowie alle anderen in der Tierernährung verwendeten Erzeugnisse eingebunden.
- Kernpunkt der Neuregelung ist das so genannte Verschneidungsverbot. Futtermittelarten mit höheren Gehalten an unerwünschten Stoffen als im Anhang der Richtlinie festgelegt, dürfen nicht mit anderen Partien zum Zwecke der Verdünnung gemischt werden.

Dazu heißt es in Artikel 5 der Richtlinie

„Die Mitgliedstaaten schreiben vor, dass zur Tierernährung bestimmte Erzeugnisse mit einem Gehalt an

einem unerwünschten Stoff, der den in Anhang I festgesetzten Höchstgehalt überschreitet, nicht zu Verdünnungszwecken mit dem gleichen oder mit anderen zur Tierernährung bestimmten Erzeugnissen gemischt werden dürfen.“

- Bei dieser Regelung haben sich Rat und Parlament auf Vorschlag der Kommission vom Minimierungsprinzip leiten lassen. Das Ziel ist, den Eintrag unerwünschter Stoffe über Futtermittel in die Lebensmittelkette so weit wie möglich zu verringern. Dazu gehört auch, konsequent „Schadstoffkreisläufe“ zu unterbinden.

Deshalb werden die Mitgliedstaaten in Artikel 4 verpflichtet, bei Überschreitungen von Höchstgehalten oder bei erhöhten Gehalten an unerwünschten Stoffen in Zusammenarbeit mit den Wirtschaftsbeteiligten die Ursachen zu ermitteln. Damit soll das Vorhandensein von unerwünschten Stoffen verringert und - wo möglich - die Ursachen beseitigt werden. Diese Verpflichtung wird durch die Einführung so genannter „Aktionsgrenzwerte“ instrumentalisiert. Die Aktionsgrenzwerte sind unterhalb von gesetzlich festgesetzten Höchstgehalten angesiedelt oder können auch für solche Stoffe festgelegt werden, für die keine Höchstgehalte gelten. Sie dienen als Auslöseschwellen für Maßnahmen zur einheitlichen Durchführung der Ursachenforschung und -beseitigung im Sinne der Minimierungsstrategie.

Dieses Prinzip gilt auf der Grundlage einer Empfehlung der Kommission bereits seit März 2002 bei Dioxinen und wird in Deutschland von den Behörden angewendet.

Deutschland hat die neuen Regelungen mit der 24. Verordnung zur Änderung der Futtermittelverordnung vom 9. Dezember 2003 umgesetzt¹⁰.

4. Regelungen zur Reinigung und Dekontamination

Grundsätzlich wird es auch weiterhin zulässig sein, einen Mangel eines Futtermittels im Hinblick auf den Gehalt eines unerwünschten Stoffes durch geeignete Verfahren z. B. durch Reinigung oder Dekontamination zu beseitigen. Entsprechende Festlegungen gibt es in der Futtermittelkontrollrichtlinie (Richtlinie 95/53/EG), aber auch in §19 a des Futtermittelgesetzes.

In Artikel 8 der Richtlinie 2002/32/EG hat die Kommission die Ermächtigung erhalten, Kriterien für die Zulässigkeit von zur Tierernährung bestimmten Erzeugnissen, die Entgiftungsverfahren unterworfen wurden und Kriterien für die Zulässigkeit von solchen Entgiftungsverfahren zu bestimmen. Bisher hat die Kommission davon noch nicht Gebrauch gemacht.

Für die Durchführung dieser Maßnahmen sind mit der 24. Verordnung zur Änderung der Futtermittelverordnung folgende Regelungen für Partien mit höheren Gehalten an unerwünschten Stoffen, als im Anhang festgelegt, getroffen worden (Übersicht 2).

- Durch eine besondere Kennzeichnungspflicht wird sichergestellt, dass diese Futtermittel nur zum Zweck der Reinigung oder Dekontamination an speziell anerkannte Betriebe abgegeben werden dürfen. Durch diese Kennzeichnung soll die abweichende Qualität des Erzeugnisses deutlich gemacht und eine missbräuchliche oder irrtümliche Verwendung vermieden werden.

- Betriebe, die Futtermittel dekontaminieren, werden in eine Anerkennungspflicht einbezogen. Dadurch soll sichergestellt werden, dass diese Betriebe, die in der Regel chemische oder chemisch-physikalische Verfahren anwenden, die an sie gestellten Anforderungen für einen einwandfreien Betriebsablauf sowie für eine sachgerechte und sichere Durchführung der Dekontamination vor Aufnahme der Betriebstätigkeit nachweisen.
- Weitere Voraussetzung für die Anerkennung sind die Zuverlässigkeit des Betriebsinhabers sowie die Zuverlässigkeit und die Sachkunde der für die Qualitätssicherung verantwortlichen Personen.
- Die Eignung der angewendeten Dekontaminierungsverfahren ist durch Gutachten nachzuweisen. Hierzu gehören sowohl der Nachweis, dass nach Durchführung des Verfahrens die Höchstgehalte an unerwünschten Stoffen nicht überschritten werden, als auch der Nachweis, dass es nicht zu negativen stofflichen Veränderungen oder Einträgen in die Futtermittel kommt.

Übersicht 2: Bedingungen für Partien mit höheren Gehalten an unerwünschten Stoffen

1. Kennzeichnungspflicht für Partien zur Abgabe an Reinigungs- und Dekontaminierungsbetriebe.
2. Anerkennungspflicht für Dekontaminierungsbetriebe mit folgenden Voraussetzungen:
 - Zuverlässigkeit des Betriebsinhabers,
 - Zuverlässigkeit und Sachkunde der jeweils für die Herstellung und Qualitätssicherung verantwortlichen Person im Betrieb,
 - Einführung einer prozessbegleitenden Dokumentation (insbesondere Eigenkontrollen, Rückstellproben und Aufzeichnungen über die Prozessführung) und
 - Nachweis der Eignung der verwendeten Dekontaminierungsverfahren durch Gutachten.

5. Nationale Regelungen für Trocknungsbetriebe

Bei den in den letzten Jahren mehrfach festgestellten erhöhten Dioxin- aber auch Fluorgehalten in getrockneten Futtermitteln hat die Ursachenermittlung ergeben, dass es erforderlich ist, die Anwendung direkter Trocknungsverfahren an strenge Anforderungen zu binden. Deshalb wurden mit der 24. Verordnung zur Änderung der Futtermittelverordnung Regelungen getroffen, um das Risiko einer Dioxinkontamination bei der Trocknung weiter zu verringern.

Für Betriebe, die Futtermittel unter direkter Nutzung der Verbrennungsgase trocknen und in den Verkehr bringen wurde eine Registrierungspflicht verbunden mit bestimmten Pflichten für die Betriebsführung eingeführt. Betriebe, die dieser Registrierungspflicht unterliegen, haben folgende Bedingungen zu erfüllen:

- Zuverlässigkeit des Betriebsinhabers,
- Zuverlässigkeit und Sachkunde der jeweils für die Herstellung und Qualitätssicherung verantwortlichen Person im Betrieb,

¹⁰ BGBl. Teil I 2003 Nr. 59 vom 16. Dezember 2003

- Einführung einer prozessbegleitenden Dokumentation (insbesondere Eigenkontrollen, Rückstellproben und Aufzeichnungen über die Prozessführung),
- Nachweis der Erfüllung der Anforderungen an die Trocknungsanlagen durch Gutachten und
- gutachterliche Überprüfung der Eignung der verwendeten Brennstoffe.

Damit wurden die Empfehlungen der Arbeitsgruppe „Carry over unerwünschter Stoffe in der Tierernährung“ beim BMVEL vom 12. Februar 2003 umgesetzt. Ferner soll mit dieser Maßnahme auch sichergestellt werden, dass die zuständigen Behörden einen vollen Überblick über die Zahl der Betriebe, die Betriebsart, das verwendete Brennmaterial sowie die Art und Menge der getrockneten Einzelfuttermittel erhalten.

Diese Maßnahme entspricht auch der von der Kommission gegebenen Empfehlung 2002/201/EG¹¹ zur Reduzierung von Dioxinen, Furanen und PCB in Futtermitteln und Lebensmitteln.

Die Kommission hat außerdem im koordinierten Kontrollprogramm für das Jahr 2003 den Mitgliedstaaten eine verstärkte Kontrolle der verarbeiteten Futtermittel, insbesondere der technisch getrockneten, empfohlen. Es bleibt abzuwarten, welche Schlussfolgerungen die Kommission aus den Ergebnissen dieses Kontrollprogramms ziehen wird.

Im Rahmen der Futtermittelhygieneverordnung hat die Kommission die Möglichkeit, spezifische Regelungen, insbesondere über bestimmte bei der Herstellung von Futtermitteln angewendete Verfahren, zu treffen. Damit wird es möglich sein, auch gemeinschaftsweit - wo erforderlich - Regelungen zur Durchsetzung des Minimierungsprinzips zu schaffen.

6. Strategie zum Risikomanagement bei Verschleppungen von pharmakologisch wirksamen Stoffen

Im Rahmen der amtlichen Lebensmittelüberwachung wurden in den vergangenen Monaten wiederholt Rückstände von pharmakologisch wirksamen Stoffen (z. B. Futtermittelzusatzstoffen oder Tierarzneimitteln), die für die jeweilige Tierkategorie (z. B. Legehennen) nicht zugelassen sind (Nicht-Zieltierart), in tierischen Lebensmitteln (z. B. in Eiern) festgestellt. Ursache sind Verschleppungen bei der Herstellung von Vormischungen und Mischfuttermitteln mit verschiedenen Zusatzstoffen oder Tierarzneimitteln auf einer Produktionslinie.

Nach dem Futtermittelrecht sind Verschleppungen von Zusatzstoffen oder Tierarzneimitteln in Futtermitteln für eine Nicht-Zieltierart als unerwünschte Stoffe zu bewerten. Hierfür gilt nach § 29 der Futtermittelverordnung in Verbindung mit der Anlage 7 ein Minimierungsgebot.

Nach deutschem Lebensmittelrecht gilt derzeit für pharmakologisch wirksame Stoffe aus nicht bestimmungsgemäßer Anwendung in Lebensmitteln eine „Null-Toleranz“, d. h. die Stoffe dürfen nicht nachweisbar sein. Damit sind tierische Lebensmittel bereits beim Nachweis von Spuren solcher pharmakologisch wirksamen Stoffe nicht mehr verkehrsfähig, unabhängig davon, ob diese Rückstände nach Art und Menge eine gesundheitliche Beeinträchtigung des Verbrauchers erwarten lassen.

Andererseits sind Verschleppungen von Stoffen unter den Bedingungen in der Praxis nicht völlig auszuschließen. Deshalb wird zurzeit geprüft, inwieweit Grenzwerte mit dem Ziel einer einheitlichen Beurteilung der Verkehrsfähigkeit der Futtermittel und der Lebensmittel festgelegt werden können. Ziel dieses Konzeptes ist es, den Schutz des Verbrauchers zu sichern, Rechtssicherheit für die Überwachungsbehörden und die Wirtschaftsbeteiligten zu schaffen und das Minimierungsprinzip weiter zu verfolgen.

Die Europäische Kommission hat bereits ein Konzept zur Lösung des Verschleppungsproblems in Futtermitteln zur Diskussion gestellt. Nach diesen Überlegungen soll eine am ALARA - Prinzip (ALARA = As Low As Reasonable Achievable = so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar) ausgerichtete Regelung in der Richtlinie 2002/32/EG über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung getroffen werden. Ansatzpunkte sind:

- Die Festsetzung von tierart- und nutzungsspezifischen Höchstgehalten für Verschleppungen in Futtermitteln. Diese Höchstgehalte müssen den lebensmittelrechtlichen Vorgaben Rechnung tragen und die Gesundheit der Tiere gewährleisten. Bei Überschreitung der Höchstgehalte dürfen Mischfuttermittel weder in den Verkehr gebracht noch verfüttet werden.
- Die Festsetzung von Aktionsgrenzwerten unterhalb der Höchstgehalte, sofern das zur Durchsetzung des Minimierungsgebots erforderlich ist. Bei Überschreitung der Aktionsgrenzwerte sind Untersuchungen zu den Ursachen durchzuführen und Maßnahmen zur Verringerung oder Beseitigung der Ursachen zu treffen.

Zur Unterstützung von Maßnahmen der Futtermittelwirtschaft zur weiteren Minimierung von Verschleppungen könnten Wirkungsprofile für die relevanten Stoffe erstellt werden. Ferner sollen die Anforderungen an die Zulassung von Betrieben, die Vormischungen oder Mischfuttermittel herstellen, überprüft und insbesondere hinsichtlich der Arbeitsgenauigkeit und des Verschleppungsgrades präzisiert werden.

Dieses Konzept sollte durch Maßnahmen der Wirtschaft ergänzt werden. So könnten z. B. auf der Basis der EU-Verordnung mit Vorschriften für die Futtermittelhygiene entsprechende Leitlinien für die gute Herstellungspraxis und die Anwendung der HACCP-Prinzipien entwickelt werden, in denen u. a. auch spezifische Anforderungen an die Arbeitsgenauigkeit sowie weitere Maßnahmen zur Minimierung von Verschleppungen und Kontaminationen empfohlen werden.

7. Evaluierung der Höchstgehalte für unerwünschte Stoffe

Bei der Verabschiedung der Richtlinie 2002/32/EG hat der Rat die Kommission aufgefordert, den Anhang der Richtlinie, in dem die Höchstgehalte festgelegt sind, wissenschaftlich zu überprüfen und an die neuen Regelungen, insbesondere an das Verschneidungsverbot anzupassen. Die Kommission hat diese Arbeit aufgenommen und dem Ständigen Ausschuss bereits erste Vorschläge vorgelegt, von denen einige bereits verabschiedet wurden. Die Überarbeitung des Anhangs erfolgt in mehreren Schritten (Übersicht 3).

¹¹ ABI. EG L 67 vom 9.3.2002 S.69

Übersicht 3: Überarbeitung des Anhangs der Richtlinie über unerwünschte Stoffe

1. Übertragung und Ergänzung der Regelungen zu Dioxinen
2. Anpassung der Höchstgehalte für bestimmte Einzelfuttermittel an die Hintergrundbelastung
3. Überprüfung der Höchstgehalte für weitere Einzelfuttermittel auf der Basis einer neuen Risikobewertung durch die EFSA
4. Überprüfung der Höchstgehalte für Alleinfuttermittel (Tagesration) auf der Basis einer neuen Risikobewertung durch die EFSA
5. Anpassung der Höchstgehalte für Mischfuttermittel insbesondere für Ergänzungsfuttermittel

7.1 Übertragung und Ergänzung der Regelungen zu Dioxinen

Mit der Richtlinie 2002/100/EG der Kommission vom 31. Oktober 2003 zur Änderung von Anhang I zur Richtlinie 2002/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung¹² wurden die Dioxinhöchstgehalte für Dioxine/Furane neu gefasst. Dabei wurden die bisher im Rahmen der Zusatzstoffregelungen für bestimmte Bindemittel, Fließhilfsstoffe und Gerinnungshilfsmittel festgelegten Höchstgehalte in die Regelungen über unerwünschte Stoffe übertragen und für bestimmte Fischerzeugnisse neue Höchstgehalte festgelegt. Diese Richtlinie wurde teilweise mit der 24. Verordnung zur Änderung der Futtermittelverordnung umgesetzt. Die Umsetzung der Regelungen für die Zusatzstoffe bedarf zunächst einer Änderung des Futtermittelgesetzes, mit der die Ermächtigung zur Festsetzung von Höchstgehalten für unerwünschte Stoffe auf Futtermittelzusatzstoffe ausgedehnt werden muss. Das Fünfte Gesetz zur Änderung des Futtermittelgesetz befindet sich bereits in den parlamentarischen Beratungen.

7.2 Anpassung der Höchstgehalte für Einzelfuttermittel an die Hintergrundbelastung

Die Höchstgehalte sollen insbesondere für solche Einzelfuttermittel angepasst werden, die höhere Hintergrundwerte für bestimmte unerwünschte Stoffe aufweisen und deren Verwendung durch das Verschneidungsverbot ausgeschlossen wäre. Damit soll vor allem regionalen Besonderheiten Rechnung getragen werden. Mit der Richtlinie 2003/57/EG der Kommission vom 17. Juni 2003 zur Änderung der Richtlinie 2002/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Mai 2002 über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung¹³ wurden für Arsen, Blei, Fluor, freies Gossypol und Endosulfan bereits neue Höchstgehalte für solche Futtermittelausgangserzeugnisse festgelegt, die normalerweise eine höhere Hintergrundbelastung aufweisen. Für Aflatoxin B₁, einem krebserregenden Stoff, wurden die Höchstgehalte herabgesetzt. Diese Richtlinie wurde mit der 6. Verordnung zur Änderung futtermittelrechtlicher Vorschriften vom 27. April 2004¹⁴ umgesetzt.

7.3 Überprüfung der Höchstgehalte für weitere Einzelfuttermittel auf der Basis einer Risikobewertung durch die Europäische Lebensmittelbehörde (EFSA) mit dem Ziel der weiteren Herabsetzung

Die Kommission hat hierfür bereits eine Prioritätenliste vorgeschlagen. Hinsichtlich der Dioxinhöchstgehalte besteht bereits eine Verpflichtung für die Kommission,

- die Höchstgehalte spätestens bis zum 31. Dezember 2004 anhand neuer Daten über den Nachweis von Dioxinen und dioxinähnlichen PCB, insbesondere im Hinblick auf die Einbeziehung der dioxinähnlichen PCB, erstmals zu prüfen
- die Höchstgehalte spätestens bis zum 31. Dezember 2006 erneut mit dem Ziel einer deutlichen Herabsetzung zu überprüfen.

In diesem Zusammenhang werden auch die internationales Aktivitäten im Codex Alimentarius zur Entwicklung eines „Codes of Practice for Source Directed Measures to reduce Dioxin and Dioxin - like PCBs contamination of Foods“ unterstützt.

7.4 Überprüfung der Höchstgehalte für Alleinfuttermittel

Die Höchstgehalte für Alleinfuttermittel entsprechen auch dem Gehalt in einer Tagesration. Damit wird die Tagesdosis, insbesondere im Hinblick auf den Schutz der menschlichen und tierischen Gesundheit festgelegt. Die EFSA soll diese Höchstgehalte auf der Basis neuer Risikobewertungen überprüfen.

7.5 Anpassung der Höchstgehalte für Mischfuttermittel

Die Anpassung der Höchstgehalte für Mischfuttermittel, insbesondere für bestimmte Ergänzungsfuttermittel, ist im Hinblick auf das Verschneidungsverbot und auf Grund neuer Höchstgehalte für bestimmte Futtermittelausgangserzeugnisse erforderlich.

Diese Anpassungen werden mehrere Jahre in Anspruch nehmen, deshalb müssen zunächst noch einigen Unzulänglichkeiten im System der Höchstgehalte in Kauf genommen werden.

Parallel zur Überprüfung der geltenden Höchstgehalte prüft die Kommission auch, ob eine Erweiterung des Katalogs der unerwünschten Stoffe notwendig ist.

8. Regelungen über Rückstände von Pflanzenschutzmitteln

Die Vorschriften der Europäischen Gemeinschaft über Rückstände von Pflanzenschutzmitteln werden zurzeit neu geordnet. Grundprinzip bleibt dabei, dass für gleichartige Erzeugnisse auch gleiche Höchstgehalte für Lebensmittel und Futtermittel festgelegt werden. Dabei erfolgt die Auswahl der Erzeugnisse unter Lebensmittelgesichtspunkten. Ein großer Teil der Futtermittel ist damit nicht erfasst. Ferner gelten die Höchstgehalte nur für das In-Verkehr-bringen. Die Fütterung ist nicht geregelt. Diese Probleme werden auch mit der neuen Verordnung über Rückstände von Pflanzenschutzmitteln in Lebens- und Futtermitteln, die gegenwärtig im Rat beraten wird, nicht gelöst.

Die Bundesregierung hat deshalb vorgeschlagen, Rückstände bestimmter Pflanzenschutzwirkstoffe in den Anhang der Richtlinie über unerwünschte Stoffe aufzunehmen. In erster Linie geht es dabei um die verbotenen Pflanzenschutzwirkstoffe wie z. B. Nitrofen. Aber auch solche Wirkstoffe, die einen Carry over aufweisen und damit die

¹² ABI. L151 vom 19.06.2003, S. 38

¹³ ABI. L285 vom 1.11.2003, S. 33

¹⁴ BGBl. Teil I, Nr. 21 vom 12.5.2004

menschliche Gesundheit beeinträchtigen können sowie solche, die die tierische Gesundheit gefährden können, sollten in den Anhang der Richtlinie über unerwünschte Stoffe überführt werden.

Die Kommission hat bereits zugesagt, den Vorschlag Deutschlands zu prüfen, und besonders kritische Wirkstoffe ähnlich wie einige Organochlorverbindungen (z. B. Lindan) in den Anhang der Richtlinie 2003/32/EG aufzunehmen. Nach Einschätzung der Fachleute wird das voraussichtlich ein Dutzend von Wirkstoffen betreffen.

9. Regelungen über Mykotoxine

Ein weiteres Feld der Diskussion über neue Höchstgehalte sind die Mykotoxine. Einige Mitgliedstaaten haben bereits Höchstgehalte für Ochratoxin A, Zearalenon und Deoxynivalenol in Futtermitteln festgelegt.

Im Anhang der Richtlinie über unerwünschte Stoffe sind bereits für zwei Mykotoxine - Aflatoxin B₁ und Mutterkorn-Höchstgehalte festgelegt.

Das BMVEL verfolgt den Bereich der Mykotoxine in Futtermitteln bereits seit vielen Jahren durch eine Reihe von Aktivitäten (Übersicht 4):

Übersicht 4: Aktivitäten des BMVEL im Hinblick auf Mykotoxine in Futtermitteln

- a. Förderung der Mykotoxinforschung bereits seit den 80er Jahren.
 - b. Veranlassung gezielter Untersuchungen zu einzelnen Mykotoxinen seit Anfang der 80er Jahre.
 - c. Bestandsaufnahme zum gesamten Komplex der Mykotoxine in Futtermitteln und Ableitung des erforderlichen Handlungs- und Forschungsbedarfs durch FAL im Auftrag des damaligen BML im Jahr 2000.
 - d. Veröffentlichung von Stellungnahmen und Empfehlungen der Carry over Arbeitsgruppe sowie Nutzung für die Gesetzgebung.
 - e. Entwicklung von Orientierungswerten für DON und ZEA.
 - f. Unterstützung der Entwicklung der analytischer Methoden.
-
- a) Bereits seit den 80er Jahren hat das damalige BML die Mykotoxinforschung gefördert. Der Mykotoxin-Workshop wurde durch das BML initiiert. Heute hat sich dieser damals kleine Kreis von Wissenschaftlern zur Gesellschaft für Mykotoxinforschung entwickelt, die Forschungen initiiert und koordiniert sowie Empfehlungen für die Praxis gibt.
 - b) Seit Anfang der 80er Jahre wurden vom BML gezielte Untersuchungen zu einzelnen Mykotoxinen (z. B. Aflatoxine, Fusarientoxine, Alternariatoxine, Ochratoxin A) veranlasst.
 - c) Im Auftrag des BML hat die FAL im Jahr 2000 eine Bestandsaufnahme zum gesamten Komplex der Mykotoxine in Futtermitteln erarbeitet und daraus den erforderlichen Handlungs- und Forschungsbedarf abgeleitet.

tet. Ziel ist die Vermeidung von Mykotoxinen durch ein Bündel ackerbaulicher und technischer Maßnahmen, die auch Ernte und Lagerung einschließen. Durch zahlreiche Tierversuche hat die FAL seither zur Aufklärung der Wirkungsmechanismen von Mykotoxinen in der Tierernährung beigetragen.

Die Carry over Arbeitsgruppe hat im Juli 2000 eine Stellungnahme zu den Möglichkeiten der Minimierung von Mykotoxingehalten in der Fütterung abgegeben (Übersicht 5):

Übersicht 5: Arbeitsgruppe „Carry over unerwünschter Stoffe in Futtermitteln“ - Stellungnahme zu Möglichkeiten der Minimierung von Mykotoxingehalten in der Fütterung (Juli 2000)

Präventivmaßnahmen	= Minimierung der Toxinbildung
Detoxifikationsmaßnahmen	= Zerstörung, Inaktivierung oder feste Bindung der Toxine
Chemisorption <i>in vivo</i>	= Bindung der Toxine im Verdauungstrakt

- Schwerpunkte sind danach die Präventivmaßnahmen zur Minimierung der Toxinbildung auf dem Feld und bei der Lagerung. Der Gehalt an Fusarientoxinen lässt sich durch geeignete Sortenwahl, Fruchtfolgegestaltung, Bodenbearbeitung, Pflanzenschutzmaßnahmen und Reinigung deutlich verringern.
- Die trotz dieser Vermeidungsstrategien noch vorhandener Toxine, können durch Detoxifizierungsmaßnahmen, bei denen die Toxine zerstört, inaktiviert oder fest gebunden werden, weiter verringert werden.
- Durch Chemisorption *in vivo*, mit der die Toxine im Verdauungstrakt gebunden werden sollen, ist eine weitere Minimierung vorstellbar.

An den Nachweis der Wirksamkeit dieser so genannten „Mykotoxinbindemittel“ sind strenge Anforderungen zu stellen. Die Gesellschaft für Mykotoxinforschung hat hierzu eine Empfehlung veröffentlicht. Anlass war, dass seit Jahren ungeprüfte und häufig auch unwirksame Mittel im Markt beworben und vertrieben werden. Bei der Beurteilung solcher „Wundermittel“ können sich die Überwachungsbehörden an den Empfehlungen der Gesellschaft orientieren. Aber auch die Produktentwicklung kann dadurch auf eine solidere Basis gestellt werden.

- d) Die Arbeitsgruppe „Carry over unerwünschter Stoffe in der Tierernährung beim BMVEL“ verfolgt die wachsenden Erkenntnisse zu einzelnen Mykotoxinen. Ihre Stellungnahmen und Empfehlungen wurden für die Gesetzgebung genutzt und veröffentlicht.

Die Arbeitsgruppe hat z. B. im August 2000 folgende Stellungnahme zu Ochratoxin A in Futtermitteln abgegeben:

„Das Forschungsprojekt des BMG (1996-1999) zur Feststellung der Belastung der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland mit Ochratoxin A (OTA) sowie die damit verbundene Bestimmung der Beiträge der einzelnen Lebensmittelarten zur Gesamt-OTA-Aufnahme haben ergeben, dass der TDI (5 ng/kg KG Tag)

insgesamt zu etwa 10 % ausgeschöpft wird. Der Beitrag der tierischen Lebensmittel (am TDI) beträgt anteilig weniger als 1 %. Hieraus folgt, dass die OTA-Aufnahme der Bevölkerung der Bundesrepublik durch eine Reduzierung der OTA-Gehalte in den vom Tier stammenden Lebensmitteln nicht wesentlich beeinflusst werden kann. Die Gesundheit und Leistung der Nutztiere ist durch die in Futtermitteln in der Bundesrepublik üblicherweise vorkommenden OTA-Konzentrationen nicht beeinträchtigt. Aus diesem Grunde hält die Arbeitsgruppe „Carry over“ es nicht für erforderlich, Höchstwerte für OTA in Futtermitteln festzulegen.“

Auf der Grundlage dieser Bewertung sieht das BMVEL daher gegenwärtig keinen gesetzlichen Handlungsbedarf.

e) Für Deoxynivalenol und Zearalenon wurden Orientierungswerte entwickelt.

Diese Orientierungswerte sind ausschließlich unter dem Gesichtspunkt der Sicherung der Gesundheit und Leistung der Nutztiere abgeleitet, da nach bisherigem Kenntnisstand eine Rückstandsbildung in Milch, Fleisch und Eiern unter praktischen Fütterungsbedingungen bei Deoxynivalenol und Zearalenon sehr gering sind.

Mit den Orientierungswerten sollen

- die Beurteilung der Gehalte an Deoxynivalenol und Zearalenon in Futtermitteln auf der Grundlage von § 3 des Futtermittelgesetzes auf eine wissenschaftliche Basis gestellt,
- die Ursachenforschung beim Verdacht auf durch Mykotoxine hervorgerufene Störungen erleichtert,
- ein einheitliches Vorgehen der Überwachungsbehörden im Einzelfall gefördert und
- eine Orientierung für Vorsorgenmaßnahmen der Wirtschaft gegeben werden.

Die Orientierungswerte bezogen auf die Tagesration (in mg/kg Futter bei 88 % TS) sind in Übersicht 6 dargestellt.

Übersicht 6: Orientierungswerte für Konzentrationen von DON und ZEA im Futter von Schwein, Rind und Huhn (mg/kg Futter; bei 88 % Trockensubstanz), bei deren Unterschreitung die Gesundheit und Leistungsfähigkeit nicht beeinträchtigt wird (Rundschreiben des BML vom 30. Juni 2000)

Orientierungswerte sind bezogen auf die Tagesration!

Tierart bzw. Tierkategorie	DON	ZEA
Schwein		
prä-pubertäre weibl. Zuchtschweine	1,0	0,05
Mastschweine und Zuchtsauen	1,0	0,25
Rinder		
prä-ruminierend	2,0	0,25
weibliches Aufzuchtrind/Milchkuh	5,0	0,5
Mastrind	5,0	-1)
Huhn		
Legehühner, Masthühner	5,0	-1)

¹⁾ nach derzeitigem Wissensstand keine Orientierungswerte erforderlich

- f) Auch die Entwicklung der Analytik wurde unterstützt. Das BMVEL hat im vergangenen Jahr einen Vorschlag zur chemischen Bestimmung von Mutterkorn in verarbeiteten Futtermitteln, der von der Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung erarbeitet wurde, an die Kommission übergeben.

Diese Ausführungen sollten deutlich machen, dass die Frage der Mykotoxine außerordentlich vielschichtig ist und deshalb nicht allein mit Höchstgehalten zu regeln ist. Hierzu bedarf es breit angelegter Maßnahmen, die von der Grundlagenforschung bis zur Praxislösung viele Bereiche einbinden müssen.

Festzuhalten ist aber auch, dass die Festsetzung von gesetzlich geregelten Höchstgehalten sich an den Schutzzielen des Futtermittelrechts ausrichten muss. In den meisten Fällen wird es schwer fallen, für Futtermittel die Notwendigkeit von Höchstwerten zu begründen, wenn die Schutzziele Verbrauchergesundheit und Tiergesundheit nicht gefährdet sind.

10. Zusammenfassung

Mit dem Weißbuch zur Lebensmittelsicherheit wurde im Jahr 2000 eine Neuorientierung der Lebensmittel- und Futtermittelpolitik in der Europäischen Gemeinschaft eingeleitet. Bei der Richtlinie 2002/32/EG über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung haben sich Rat und Parlament auf Vorschlag der Kommission vom Minimierungsprinzip leiten lassen. Kernpunkt der Neuregelung ist die Einführung des so genannten Verschneidungsverbots. Diese Regelungen wurden national mit der 24. Verordnung zur Änderung der Futtermittelverordnung umgesetzt. Ergänzt wurden dabei Regelungen für die Reinigung und Dekontamination von Futtermitteln mit höheren Gehalten unerwünschter Stoffe als im Anhang festgelegt sowie spezielle Regelungen für Betriebe, die Futtermittel mit direkten Trocknungsverfahren trocknen. Das BMVEL verfolgt darüber hinaus eine Strategie zum Risikomanagement von Verschleppungen bei der Herstellung von Futtermitteln. Die Kommission hat mit einer grundlegenden Überarbeitung des Anhangs der Richtlinie 2002/32/EG auf der Basis einer wissenschaftlichen Überprüfung begonnen, in die auch die Europäische Lebensmittelbehörde eingebunden wird. Einige Änderungen wurden bereits verabschiedet. In diesem Zusammenhang wird auch geprüft, ob der Katalog der unerwünschten Stoffe im Anhang zu erweitern ist. Im Gespräch sind dabei einige Pflanzenschutzmittel und Mykotoxine. Im Anhang sollten für solche Pflanzenschutzwirkstoffe Höchstgehalte festgelegt werden, die einen Carry over aufweisen und damit die menschliche Gesundheit beeinträchtigen können oder die die tierische Gesundheit gefährden. Bei Mykotoxinen sollte eine umfassende Minimierungsstrategie verfolgt werden. Das BMVEL hat für Deoxynivalenol und Zearalenon Orientierungswerte für die Tagesration empfohlen.

Anschrift der Autorin

Dr. Sabine Kruse
Bundesministerium für Verbraucherschutz,
Ernährung und Landwirtschaft
Referat 318
Rochusstraße 1
53123 Bonn

Fusariantoxine in Weizen - Maßnahmen zur Verhinderung durch Pflanzenbau und Pflanzenschutz

Dr. Johann Frahm (Münster)

Einleitung

Die regional und von Jahr zu Jahr stark schwankende Belastung von Getreide mit Fusariantoxinen stellt für die landwirtschaftliche Praxis ein erhebliches Problem dar. Daher gilt es Strategien zu entwickeln, die

1. einen Befall mit *Fusarium* spp. möglichst vermeiden,
2. bei Befall den Schaden möglichst begrenzen.

In diesem Sinne sind Strategien gegen Fusarienbefall als vorbeugender Tier- und Verbraucherschutz im doppelten Sinne zu werten. Gerade in diesem Bereich ist ein Komplex an pflanzenbaulichen Maßnahmen erforderlich, um den Befall und die daraus resultierenden Belastungen zu begrenzen.

Empfindliche Pflanzenarten?

Verschiedene Reihenuntersuchungen aus den letzten Jahren haben gezeigt, dass neben Weichweizen auch *Triticale* und Hafer empfindlich reagieren. Roggen und Wintergerste wiesen deutlich niedrigere Befallswerte und Toxingehalte auf.

In diesem Zusammenhang stellt sich auch die Frage nach dem Einfluss der Fruchtfolge auf den Befall mit Fusariantoxinen. Der nachstehenden Tabelle (Tab. 1) können einige Beispiele für kritische und eher empfehlenswerte Fruchtfolgen entnommen werden.

Tabelle 1: Fruchtfolgen umstellen?

Fruchtfolgen			
kritisch			
CCM - Mais	Winterraps	Winterraps	
W-Weizen	W-Weizen	W-Weizen	
W-Triticale	W-Weizen	W-Triticale	
CCM - Mais	W-Gerste	W-Gerste	
möglich			
Zuckerrüben	Winterraps	Winterraps	Mais
W-Weizen	W-Weizen	W-Weizen	Hafer/Bohnen
Blattfrucht	W-Gerste	Hafer/Bohnen	Weizen
W-Weizen	W-Gerste	W-Gerste	W-Gerste

Der Infektionsverlauf

Die Infektion erfolgt vorrangig von befallenen Ernterückständen aus, aber auch Übertragungen mit befallenem Saatgut sind möglich. In Dauerkörpern auf nicht verrottetem Stroh werden im Frühjahr die Askosporen der Fusariumarten als Verbreitungsorgane gebildet. Der Keimlingsbefall wird in der Regel sicher mit wirksamen Beizmitteln bekämpft. Der Pilz befällt zunächst die einzelnen Blattetagen, bei den meisten Arten oder auch im Falle von *Fusarium graminearum* direkt die Blüte des Weizens. In Maisfruchtfolgen ist *Fusarium graminearum* vorherrschend, dessen windverbreitete Askosporen die Ähre direkt infizieren. Günstige Infektionsbedingungen sind dabei hohe

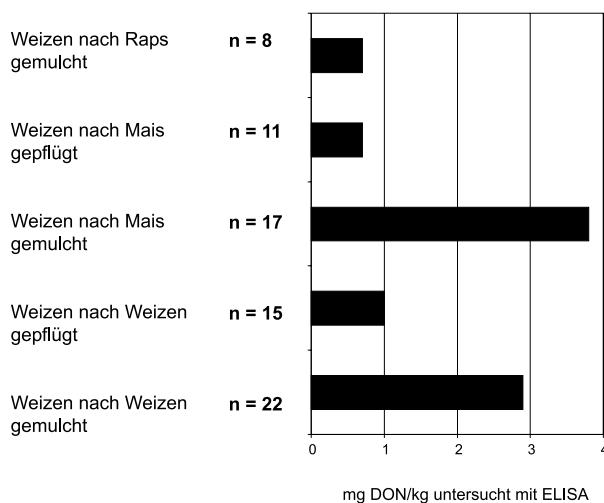
Temperaturen und gleichzeitig hohe Feuchtigkeiten. Gewitterregen zur Weizenblüte begünstigen daher die Infektion, da die Sporen zusätzlich mit dem Wind über weite Strecken verbreitet werden. Dabei können natürlich auch ansonsten nicht gefährdete Schläge befallen werden. Die Art *Fusarium culmorum* ist an etwas niedrigere Temperaturen angepasst und speziell *Fusarium avenaceum* gilt als kältetoleranter gegenüber *Fusarium graminearum*.

Die nährstoffreichen Staubbeutel während der offenen Blüte können als Eintrittspforte für den Pilz gelten. Typisches Symptom des Befalls mit Ährenfusarium ist die partielle Taubährigkeit (Weißähigkeit) also einzelne aufgehellte Ährchen. Häufig ist ein rosa Pilzmyzel zu sehen, das aber auch von anderen Pilzen gebildet werden kann und daher wohl ein Anhaltspunkt, aber kein sicheres Zeichen für den Fusarienbefall ist. Oftmals sind auch die weiter oben liegenden Ährchen ausgebleicht, wenn die Nährstoffzufuhr durch die Spindel unterbrochen ist. Die frühen Infektionen führen häufig zu starkem Kümmerkorn. Spätere Infektionen sind ebenfalls noch bis zur frühen Teigreife möglich. Dabei sind die Körner mehr oder weniger voll ausgebildet und zeigen oft einen weißlich-rosa Belag auf der Oberfläche. Die Toxinproduktion erfolgt stärker bei verzögerten Abreifebedingungen z. B. auch durch hohe N-Düngung und zu intensivem Fungizid- (Strobilurin) Einsatz. Nach bayerischen Untersuchungen sind die Schmachtkörner oft weniger mit Fusariantoxinen belastet als weitgehend normal ausgebildete Körner, die allerdings bei Befall oft leichter und weicher sind als normale Körner.

Welche Anbauverhältnisse führen zu Problemen ?

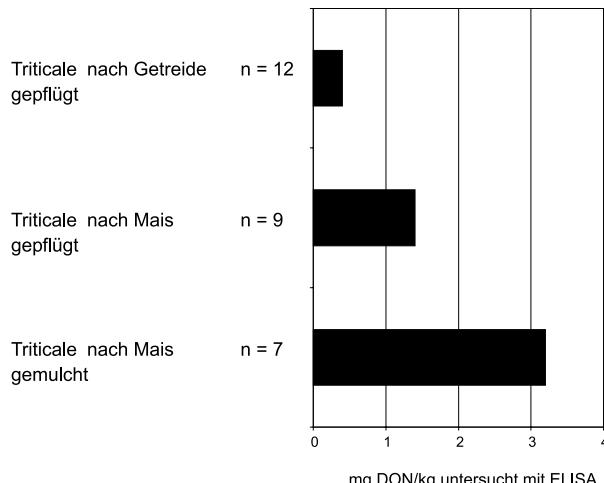
Umfangreiche Untersuchungen der bayrischen Kollegen aus den Jahren 1988 bis 2000 in Bayern lieferten eine fundierte Datengrundlage. Die Ergebnisse wurden durch ein Fusariummonitoring aus Westfalen-Lippe bestätigt. Stärkerer Befall mit Fusarien und daraus resultierende Mykotoxinbelastungen treten nach der Vorfrucht Mais, insbesondere Körnermais auf, vor allem, wenn der Weizen pfluglos bestellt wird. (Abb. 1). Das Infektionsrisiko steigt mit der Menge des infektiösen Maisstrohes, das auf der Bodenoberfläche verbleibt und auf dem sich die Askosporen von *Fusarium graminearum* entwickeln können. Für die pfluglose Bestellung sprechen der Erosionsschutz und die Kosteneinsparung im landwirtschaftlichen Betrieb. Daher ergibt sich zunächst ein Zielkonflikt zwischen Bodenschutz und Kostenminimierung auf der einen Seite und der Produktgesundheit auf der anderen Seite. Die nicht wendende Bodenbearbeitung wird in weiten Teilen Nordrhein-Westfalens vom Ministerium gefördert. Für den Anbau nach Mais oder Weizen sollte man allerdings eine genaue Risikoabwägung vornehmen.

Auch bei Weizen nach Weizen wurden in Nordwestdeutschland bei dieser Fruchtfolgekonstellation besonders bei pflugloser Bestellung höhere Befalls- und Toxinwerte nachgewiesen. Gerade im Nordwesten Deutschlands wurden häufig anfällige Sorten wie Ritmo, Charger und Bandit im Folgeweizen angebaut. Vermutlich befindet sich auf den Strohresten anfälliger Sorten mehr infek-

Abbildung 1: Einfluss der Bodenbearbeitung und der Vorfrucht auf das Vorkommen von Fusarienoxinen bei Weizen

tiöses Material als bei resistenten Sorten. Damit wird die Bedeutung einer gezielten Sortenwahl im Rahmen einer Bekämpfungsstrategie unterstrichen und dies auch im Anbau von Weizen nach Weizen.

Bei Triticale ist ebenfalls ein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Befall mit Fusarienoxinen und der Bodenbearbeitung bzw. der Vorfrucht belegt, wie aus der nachstehenden Abbildung zu ersehen ist (Abb. 2).

Abbildung 2: Einfluss der Bodenbearbeitung und der Vorfrucht auf das Vorkommen von Fusarienoxinen bei Triticale

Sortenunterschiede lassen sich Jahr für Jahr gut erkennen, gerade bei den sehr anfälligen oder sehr resistenten bzw. toleranten Sorten. Der Befallsgrad weist eine recht enge Korrelation mit den Toxingehalten der Ernteproben auf. Bei der Sortenresistenz greifen verschiedene, z. T. morphologische Mechanismen: Längere Sorten sind in der Regel weniger anfällig, da der Infektionsweg bis zur Ähre länger ist. Daneben scheinen die Ährendichte und das Blühverhalten eine wichtige Rolle zu spielen. Leicht nickende, lockere Ähren trocknen schneller ab als kom-

pakte, aufrechtstehende, dichte Ähren, in denen sich die Feuchtigkeit länger hält und der Pilz bessere Infektionsmöglichkeiten vorfindet. Da der Pilz zunächst die Staubbeutel besiedelt, scheinen Sorten im Vorteil zu sein, welche die Antheren (Staubbeutel) nach der Befruchtung schnell abwerfen. Weitere physiologisch bedingte Mechanismen führen zu einem unterschiedlich starken Eindringen und Ausbreiten des Pilzes in der Pflanze mit den Konsequenzen für die Toxinproduktion (Abb. 3).

Entscheidend und unkalkulierbar ist der Risikofaktor Witterung zur Blüte. Höhere Temperaturen und Feuchtigkeit begünstigen, wie schon erwähnt, den Pilz. Der Risikofaktor Witterung kann trotz unproblematischer Vorfrucht und toleranter Sorte noch zu recht hohem Befall führen und damit die anderen Risikofaktoren überlagern.

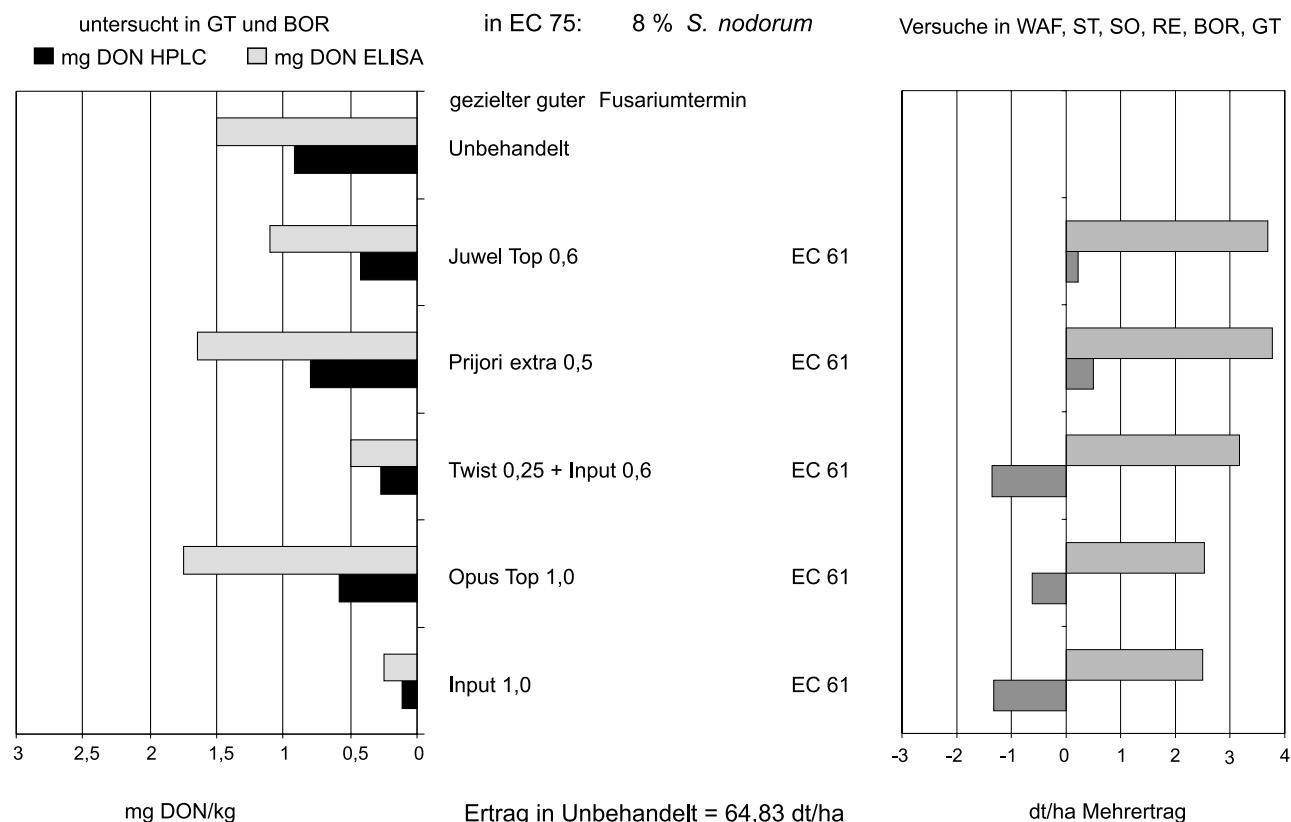
Der Erfolg von Fungizidanwendungen ist differenziert zu bewerten. Wirksame Azolfungizide, zeitnah zur Infektion ausgebracht, zeigen je nach Untersuchung Wirkungsgrade von 30 bis 70 %, führen also zu keiner durchgreifenden Toxinreduktion. Ein entscheidendes Problem ist dabei die genaue Terminierung der Behandlung und wiederum die Witterung: Günstige Witterungsbedingungen für die Infektion mit *Fusarium spp.* bedeuten oft gleichzeitig ungünstige Bedingungen für die Fungizidapplikation. Inwieweit reine Strobilurinanwendungen zu einer Erhöhung des Befalls führen, wird momentan noch kontrovers diskutiert. Die von anderen Erregern weitgehend freigehaltene Blattfläche bietet den nicht-Fusarien, die nicht erfasst werden, gute Entwicklungsmöglichkeiten und die verzögerte Abreife kann zu einer stärkeren Toxinbelastung führen. Eine Abreife unter kühl-feuchten Bedingungen mit späten Infektionen oder Schmierinfektionen bei lagendem Getreide ist ebenfalls kritisch. Die Anbauintensität mit Stickstoffangebot, Wachstumsreglereinsatz und Fungizidbehandlung sollte so ausgerichtet sein, dass keine extremen Ernteverzögerungen und kein Lager entstehen.

Strategien gegen den Befall

Da die Witterung zur Blüte unkalkulierbar ist und einen erheblichen Risikofaktor darstellt, bleibt der landwirtschaftlichen Praxis nur der Weg, die anderen Risikofaktoren weitgehend zu minimieren. Nach Mais und Weizen sollte nicht auf eine saubere Pflugarbeit bzw. ausreichende Strohbearbeitung verzichtet werden. Neben Kostengründen sprechen häufig auch erhebliche Erosionsschutzgründe gegen den Pflugeinsatz. Damit kommt es zu einem Zielkonflikt zwischen Bodenschutz und Produktgesundheit, den es zu lösen gilt.

In Untersuchungen aus Baden-Württemberg wurde nach einer zusätzlichen Zerkleinerung des Maisstrohes durch Schlegeln eine bessere Verrottung des Mulchmaterials bewirkt. Im Vergleich zur Pflugvariante wurden keine erhöhten Toxingehalte in dem nachfolgend pfluglos bestellten Weizen gefunden. Ähnliche Versuchsergebnisse liegen aus Westfalen-Lippe vor. Dieser Erfolg ist erklärbar, wenn man davon ausgeht, dass das infektiöse Mulchmaterial durch die bessere Verrottung bis zur Blüte des Weizens keine Grundlage mehr für die Infektion der Askosporen oder Konidien bildet. Diese positiven Ansätze werden weiter verfolgt. Ideal wäre es, wenn das Mulchmaterial für den Erosionsschutz über Winter ausreicht, aber im Frühsommer kein ausreichendes Infektionspotenzial für eine Ähreninfektion mehr bietet. Nach harten oder trockenen Wintern ist das Befallsniveau in den Folgejahren oft höher (1982, 1984, 1987, 1998).

Abbildung 3: Nachweis von Fusarientoxinen bei Triticale in Abhangigkeit von der Sorten



Je nach Anbaugebiet sollte immer oder nur bei problematischen Vorfrüchten eine resistente/ tolerante Sorte gewählt werden. Resistente Sorten liegen ertraglich oft etwas niedriger als anfällige Sorten. Die eingeschränkte Sortenwahl führt daher zu gewissen Mindererträgen, die im Sinne der Produktionssicherheit zu tolerieren sind. Hochertragreiche Sorten, die sich nach trockenen Sommern schnell verbreiten, Ritmo (1994-1996) stellen, wenn sie anfällig gegenüber Fusarienbefall sind, in Befallsjahren ein erhebliches Produktionsrisiko nicht nur für den einzelnen Landwirt, sondern für die gesamte Getreidewirtschaft dar. Auswertungen aus den Landessortenversuchen in Westfalen-Lippe zeigten im Jahr 2002 stärkeren Befall mit Ährenfusarium und zwar stärker bei den C-Weizen (Ausnahme Hybnos 1 und Hybnos 2 B) und weniger stark bei den A-Weizen. Diese Bonituren stimmen weitgehend mit den Einstufungen des Bundessortenamtes überein (Tab. 2).

Maßnahmen zur Schadensminimierung nach Befall

Fungizidanwendungen mit wirksamen Azolfungiziden können, auch wenn sie infektionsnah ausgebracht werden, nur eine Notlösung zur Schadensbegrenzung darstellen. Sie sind keine sichere Empfehlung bei höherem Befallsrisiko. Dies gilt zumindest für das momentan verfügbare Fungizidspektrum. Daher sollten vorrangig pflanzenbauliche Maßnahmen angewendet werden.

Ist es trotz aller Vorsichtsmaßnahmen zu stärkerem Befall gekommen, bleibt nur die Separierung befallener Körner, entweder schon auf dem Feld über eine gezielte Mäh-

Tabelle 2: Fusarienbefall und Sortenwahl

Sorte 2003	Fusarium	DTR	Mehltau	S. tritici	Gelbrost	Braunrost
Hybnos 1	4	5	5	5	6	4
Certo	5	4	2	4	3	4
Biscay	5	5	3	6	5	3
Winnetou	5	5	6	4	2	5
Centrum	2	4	2	3	3	3
Vergas	3	5	2	4	2	4
Skater	4	5	3	5	3	5
Semper	4	5	3	4	2	3
Flair	4	4	4	4	8	6
Drifter	6*	7*	2	7	3	4
Contur	7*	6*	6	5	9	6
Ritmo	7*	6*	5	6	5	8
Sokrates	3	5	6	5	2	6
Magnus	4	5	4	4	4	4
Batis	4	5	3	4	3	3

dreschereinstellung oder im Lager durch eine gezielte Reinigung und Aufbereitung. Gerade eine Vorreinigung über den Mähdrescher ist allerdings nicht ohne Probleme: Sie gelingt nur dann, wenn sich durch sehr frühen Befall starkes Kümmerkorn ausgebildet hat. Bei später auf-tretendem Befall, der wohl stärkere Toxinbelastungen nach sich zieht, aber nicht zwangsläufig mit starkem Kümmer-korn verbunden ist, gelingt eine Trennung kaum. In die-sen Fällen wären weitere Aufbereitungsschritte, ähnlich wie in der Saatgutproduktion erforderlich. Aber auch die-

se Maßnahmen sind nicht sicher erfolgversprechend, da auch voll ausgebildete Körner belastet sein können. In jedem Fall müssen die Partien vorab getrennt werden können.

Die damit verbundenen Probleme mit der Probenahme, den Analysen und den Konsequenzen daraus sind nicht zu unterschätzen. Die Situation würde drastisch verschärf, wenn ein Verschneidungsverbot bei belasteten Partien wirksam würde. In jedem Fall sollten Wege geschaffen werden, um in Extremjahren toxinbelastetes Getreide alternativ, z. B. als Energiegetreide verwerten zu können.

Fazit für die Praxis

- Eine Strategie gegen die mit Fusarienbefall verbundenen Toxinbelastungen des Getreides muss Maßnahmen des Pflanzenbaus und des Pflanzenschutzes kombinieren.
- Bodenbearbeitung, Sortenwahl und Anbauintensität sind auf eine Risikominimierung auszurichten.
- Behandlungen mit Fungiziden müssen gezielt in die Blüte erfolgen, mit neuen Präparaten sind Wirkungsgrade um 50 % zu erzielen.
- Bei vorhandenem Befall kann eine Reinigung und Aufbereitung nur eine Notlösung darstellen.
- Alternative Verwertungen sind für Notfälle zu entwickeln.

Anschrift des Verfassers

Dr. Johann Frahm
Landwirtschaftskammer NRW
Nevinghoff 40
48147 Münster

E-Mail: Jfrahm@t-online.de

Die Wirkung phytogener Zusatzstoffe in der Tierernährung

Dr. Christina Wald (Cuxhaven)

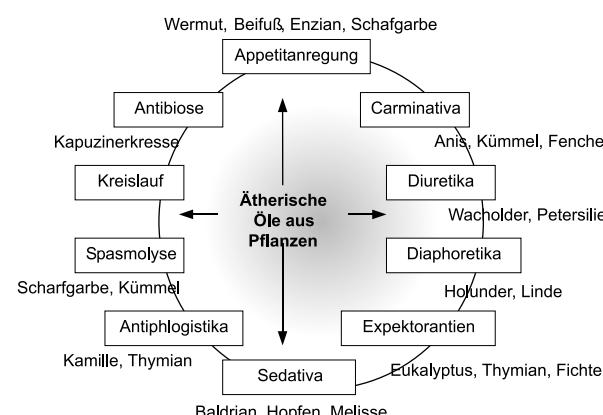
Zur Leistungsabsicherung und -steigerung bei Nutztieren werden seit Jahrzehnten Futterzusatzstoffe erfolgreich eingesetzt. In den letzten Jahren ist die Suche nach neuen Substanzen intensiviert worden, weil mit dem Verbot der Mehrzahl der antibiotischen Leistungsförderer eine wichtige Gruppe wirksamer und günstiger Futterzusatzstoffe nicht mehr zur Verfügung steht. Seitdem sind Produkte auf Basis von Kräutern, Gewürzen bzw. deren Extrakte wieder in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Denn die gesundheitsfördernde Wirkung vieler Pflanzen ist dem Menschen schon seit der Frühzeit bekannt und spiegelt sich noch heute an den vielen Monographien und internationalen Pharmakopoeen wider. Mittlerweile werden Zusatzstoffe auf pflanzlicher Basis in der Tierernährung vielfach mit der Erwartung eingesetzt, eine wirksame, natürliche Alternative zu den antibiotischen Leistungsförderern zu bieten.

Wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen zu dieser komplexen Thematik fehlen bislang weitgehend. Eine systematische Näherung wird durch die Vielzahl der Pflanzen, für die (ethno-)pharmakologische Wirkungen beschrieben wurden, und deren sehr stark variierende Zusammensetzung erschwert (u. a. CHRISTOPH, 2001; SCHMIDT, 1998). Zudem sind die wirksamkeitsbestimmenden Substanzen oftmals unbekannt bzw. solche sind nicht zu identifizieren, weil sich die Wirksamkeit nicht auf einzelne Substanzen zurückführen lässt (JANSSEN et al., 1986; KUBECZKA, 1982). Daraus resultierend gestaltet sich die Ermittlung wirksamer Dosierungen schwierig.

Im Folgenden werden die Aspekte der antimikrobiellen Wirksamkeit von ätherischen Ölen, ihre Wirkungen auf die Leistung von Ferkeln und Broilern und daraus zu ziehende Rückschlüsse behandelt.

Die Konzentration auf die ätherischen Öle ist in diesem Zusammenhang sinnvoll, da die antimikrobielle Wirkung von Pflanzen in aller Regel auf die in den ätherischen Ölen enthaltenen Komponenten zurückzuführen ist und dort konzentriert vorliegt. Die vielfältigen Wirkungsweisen von ätherischen Ölen gehen aber über die antimikrobielle Aktivität hinaus, wie Abbildung 1 zu entnehmen ist.

Abbildung 1: Wirkung ätherischer Öle (nach KÄMME-RER, 1978)



Ätherische Öle sind sehr heterogene Stoffgemische, die sich aus Phenylpropanen, Mono- und Sesquiterpenen zusammensetzen (Tab. 1). Das Grundgerüst für die Mono- und Sesquiterpene stellt das Isoprenmolekül dar, das aus 5 C-Atomen besteht. Monoterpenen bestehen aus zwei Isoprenmolekülen und Sesquiterpene aus drei. Ergänzt werden diese durch unterschiedliche funktionelle Gruppen wie z. B. Alkohole und Aldehyde (BLUM, 1999). Phenylpropane sind zwar meistens nur in relativ geringen Mengen enthalten, sind aber speziell für die antimikrobielle Wirksamkeit oft sehr bedeutend (PAULI, 1994).

Tabelle 1: Zusammensetzung und Variabilität ätherischer Öle

Monoterpen (C 10):

- Phenole: Thymol (Thymianöl)
- Aldehyde: Citral (Lemongras)
- Alkohole: Menthol (Pfefferminz)

Sesquiterpene (C 15):

- Phenylpropane: Zingiberol (Ingwer)

- Phenylpropane: Zimtaldehyd (Cassia)

In manchen ätherischen Ölen kommen wenige Komponenten vor, wobei eine chemische Verbindung dominiert, andere ätherische Öle jedoch können aus bis zu 100 Komponenten zusammengesetzt sein (SCHMIDT, 1998; STENGELE, 1994; STAHL-BISKUP, 1991). Diese Variation in der Zusammensetzung ist nicht nur auf die Pflanzenspezies sondern auch auf Faktoren wie beispielsweise Klima, Erntezeitpunkt und Extraktionsverfahren zurückzuführen.

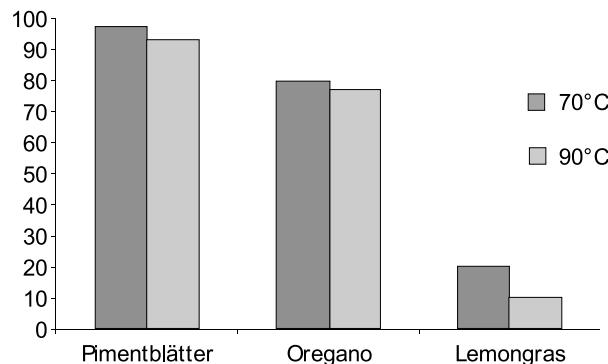
Die Komplexität in der Zusammensetzung der ätherischen Öle erschwert eine Zuordnung der biologischen Eigenschaften zu den einzelnen Komponenten. Nicht nur die Hauptkomponenten sind für diese Eigenschaften verantwortlich, sondern auch Neben- und Spurenkomponenten kommen dafür in Frage (KUBECZKA, 1982). JANSSEN und Mitarbeiter (1986) zeigten, dass ungenügend reine Terpenkohlenwasserstoffe antimikrobielle Wirkung aufwiesen, die den entsprechenden hochreinen Verbindungen fehlten. Deshalb ist für eine Charakterisierung und Qualitätsbeurteilung der ätherischen Öle eine vollständige Aufklärung der Zusammensetzung notwendig.

Eine weitere Charakteristik von ätherischen Ölen ist ihre Flüchtigkeit. Diese Eigenschaft ist v. a. im Hinblick auf die Stabilität bei der Pelletierung für die Anwendung in der Tierernährung von Interesse. In Abbildung 2 sind die Ergebnisse aus einem Pelletierungsversuch mit drei ätherischen Ölen dargestellt, die sich in ihrer Flüchtigkeit unterscheiden: Pimentblätteröl, Oreganoöl und Lemongrasöl (WALD, 2002). Lemongrasöl repräsentiert die stark flüchtigen ätherischen Öle, Oreganoöl die mäßig flüchtigen und Pimentblätteröl die wenig flüchtigen Verbindungen.

Geprüft werden sollte inwiefern die Pelletierung einen Einfluss auf gasförmige Verluste der ätherischen Öle haben kann. Dazu wurden mit 70 und 90 °C zwei Konditionierungstemperaturen gewählt, die zwei Extreme im Pelletierungsprozess darstellen. Die Einsatzrate der ätherischen Öle betrug 500 g t⁻¹ Futter. Die in den unterschiedlichen Futtermischungen (mehlförmig, pelletiert bei 70 °C und

pelletiert bei 90 °C für die verschiedenen ätherischen Öle enthaltenen Hauptsubstanzen wurden gaschromatografisch ermittelt. Ausgehend davon, dass diese Komponenten ca. 80 % der ursprünglichen ätherischen Öle ausmachen, wurde dieser Wert auf einen Wert für das gesamte Öl extrapoliert. Von jeder Probe wurden die Ergebnisse der Doppelbestimmung aufgeführt. Bezogen auf den Sollwert wurde daraus die prozentuale Wiederfindung ermittelt, die in Abbildung 2 dargestellt ist.

Abbildung 2: Wiederfindungsrate in % vom Sollwert für die jeweils nicht erhitzte Variante



Mit zunehmender Pelletierungstemperatur steigt die Höhe der Verluste, wobei diese Unterschiede nicht erheblich sind. Die absoluten Verluste fallen bei Pimentblätteröl entsprechend der Flüchtigkeit der ätherischen Öle mit 3 bzw. 8 % geringer aus als bei Oreganoöl (21 bzw. 23 %) und Lemongrasöl (ca. 90 %).

Zur Überprüfung der Hypothese, ob ätherische Öle, die *in vitro* eine hohe Wirksamkeit aufweisen, die Leistung bei Ferkeln und Broilern *in vivo* beeinflussen können, wurden zuerst *in vitro*-Tests (Agardilutionstest) als Screening durchgeführt.

Durch die Auswahl der Mikroorganismen sollten folgende Gruppen repräsentiert sein:

- typische Umweltkeime (z. B. *Bacillus subtilis*)
- relevante pathogene Keime für Ferkel (z. B. *Erysipelo-thrix rhusiopathiae*)
- relevante pathogene Keime für Geflügel (z. B. *E. coli* O1K1)
- Standardmikroflora (z. B. *Enterococcus faecium*)
- eukaryontische Mikroorganismen (*Candida albicans*)

Die Ergebnisse sind vereinfacht in Tabelle 2 zusammengefasst.

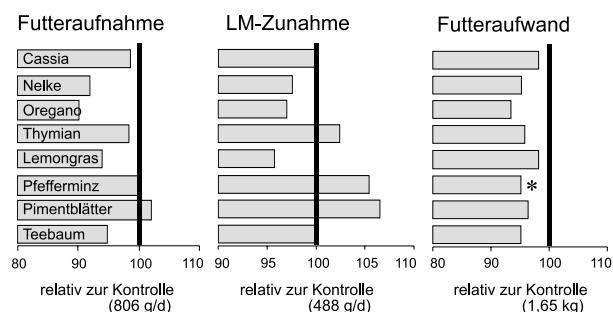
Generell wirkte keines der ätherischen Öle selektiv, sondern die Hemmung trat ab einer gewissen Konzentration bei allen geprüften Mikroorganismen auf. Als Kontrolle wurde Carbadox mitgeführt, das erwartungsgemäß selektiv im gramnegativen Bereich in einer Dosierung von 4 ppm wirkte. Stellt man also die *in vitro* antimikrobiell wirksamen Dosierungen der ätherischen Öle von 30 bis 500 ppm der von Carbadox gegenüber, dann ergibt sich eine 8 bis 125fache Dosierung, um eine ähnliche Effekthöhe erwarten zu können.

Tabelle 2: Antimikrobielle Wirkung einiger Kräuter *in vitro* gegenüber Carbadox

	hoch wirksam (30-500 ppm)	weniger wirksam (500-4000 ppm)	nicht wirksam (> 4000 ppm)
Beifuß	Cardamom	Anis	
Cassia	Eucalyptus	Fenchel	
Coriander	Dill	Ingwer	
Lemongras	Knoblauch		
Nelkenblätter	Kümmel		
Oregano	Salbei		
Pfefferminz	Sternanis		
Pimentblätter			
Teebaum			
Thymian			

Aus den ätherischen Ölen mit den geringsten minimalen Hemmkonzentrationen (MHK) wurden 8 ätherische Öle ausgewählt, deren Auswirkungen auf die Leistung von Aufzuchtferkeln in Dosierungen von 100 ppm untersucht wurden. In Abbildung 3 sind die Ergebnisse auf die Futteraufnahme, tägliche Zunahme und die Futterverwertung relativ zur mitgeführten Kontrolle grafisch dargestellt. Die Effekte auf die Futteraufnahme und die Zunahmen waren für keines der zugesetzten ätherischen Öle signifikant unterschiedlich und auch eine gerichtet Tendenz lässt sich nicht erkennen. Einzig auf den Parameter Futteraufwand zeigten alle ätherischen Öle eine tendenzielle Verbesserung, die im Fall von 100 ppm Pfefferminzöl signifikant war. Allerdings konnte dieser Effekt in einem anschließenden Dosis-Wirkungs-Versuch mit Pfefferminzöl nicht reproduziert werden.

Abbildung 3: Der Effekt einiger ausgewählter ätherischer Öle auf die Leistung von Aufzuchtferkeln (8-25 kg LG)



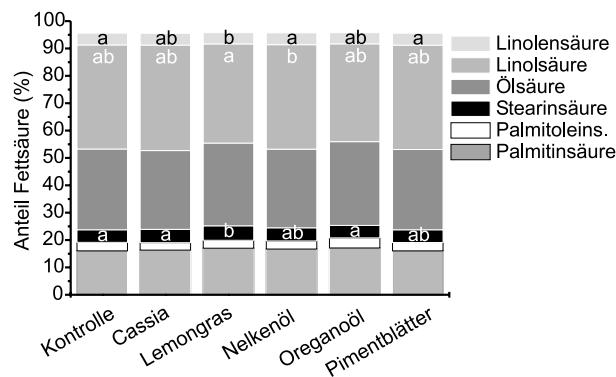
Belege, ob eine antimikrobielle Wirkung im Tier vorgelegen hat, können durch diesen Versuchsansatz nicht gewonnen werden.

Aber die folgenden Überlegungen können Hinweise geben, die zur Beantwortung dieser Frage geeignet sind. In Untersuchungen auf die Mikroflora bei Ferkeln von GÖBLING (2001) mit bis zu 100 ppm Oreganoöl ergaben sich keinerlei Effekte auf direkte wie indirekte Parameter der Mikroflorabesiedelung. Zu berücksichtigen ist dabei, dass eine Dosierung von 100 ppm reinem ätherischem Öl weit über den praxisüblichen Dosierungen liegt. Pharmakokinetische Untersuchungen zu Thymol, einem (Haupt-)Bestandteil von Oregano- und Thymianöl, von KOHLERT (2001) zeigen, dass Thymol zu Beginn des Dünndarms resorbiert wird. Ähnliche Ergebnisse erzielten auch SO-

MERVILLE und Mitarbeiter (1984) und LANGENECKERT (1998) für Menthol, 1,8-Cineol und α -Pinen. Erklärt wird dies mit den lipophilen Eigenschaften der Inhaltsstoffe von ätherischen Ölen sowie ihrer geringen Molekülgöße. Das bedeutet, dass eine antimikrobielle Wirksamkeit der ätherischen Öle im Intestinaltrakt unwahrscheinlich ist, wenn die Substanzen diesen schon im vorderen Abschnitt verlassen. Zusätzlich sollte auch noch berücksichtigt werden, dass im Dünndarm das Futter um den Faktor 10 durch Chymus verdünnt wird. Wenn - wie im *in vitro*-Test belegt - 30 ppm die Mindestkonzentration für eine antimikrobielle Wirksamkeit darstellen und diese im Dünndarm vorliegen soll, um die Mikroflora (positiv) zu beeinflussen, dann müssen im Futter 300 ppm reines ätherisches Öl enthalten sein. Das sind Größenordnungen, die in der Praxis keinesfalls üblich sind. Daraus lässt sich ableiten, dass Konzepte, die einzig auf einer antimikrobiellen Wirksamkeit phytogener Produkte beruhen, nicht sinnvoll sind.

Die Ergebnisse des in Abbildung 4 dargestellten Versuchs verdeutlichen, dass die Effekte ätherischer Öle sich nicht auf den Verdauungstrakt begrenzen lassen, sondern auch intermediär wirken können. Dabei wurde das Abdominalfett von Broilern im Alter von 35 Tagen auf das Fettsäurenmuster hin untersucht. Durch den Zusatz von Lemongrasöl wurde der Anteil von Stearinsäure (18:0) gegenüber der Kontrolle signifikant erhöht und der von Linolensäure (18:3) signifikant verringert.

Abbildung 4: Der Einfluss einiger ausgewählter ätherischer Öle auf das Fettsäurenmuster beim Broiler



Legt man die physiologische Gesetzmäßigkeit zugrunde, dass eine Zunahme an gesättigten Fettsäuren vornehmlich durch eine gesteigerte Eigensynthese des Organismus bedingt ist, dann könnte die Steigerung der Stearinäurekonzentration auf eine verbesserte Energieversorgung der Tiere hinweisen.

Ein Beispiel für ein phytogenes Produkt, das *in vitro* keinerlei antimikrobielle Aktivität aufweist und trotzdem positive Effekte beim Tier zeigt, ist Cuxarom Spicemaster. Dabei handelt es sich um ein Aroma, das vollständig natürlich zusammengesetzt ist und eine Mischung aus einer Braunalge und verschiedenen Kräutern bzw. ätherischen Ölen von Anis, Basilikum, Fenchel, Knoblauch, Thymian und Zimt ist.

Exemplarisch sind hier jeweils die Ergebnisse eines Mastschweinversuches (Tab. 3) von der Universität Rostock und eines Broilerversuches (Tab. 4) von der LfL Kitzingen aus dem Jahr 2003 angeführt.

Tabelle 3: Der Einsatz von Cuxarom Spicemaster bei Mastschweinen

	Kontrolle	Cuxarom Spicemaster	relativ (%)
Anzahl Tiere	60	60	
Wiederholungen	5	5	
Futteraufnahme (kg/d)	2,22	2,28	+ 3
	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	
tägliche Zunahme (g/d)	720	762	+ 6
	± 68	± 91	
Futterverwertung	3,10	2,99	- 4
(kg/kg)	$\pm 0,23$	$\pm 0,25$	

a, b Werte mit unterschiedlichen Buchstaben innerhalb einer Zeile unterscheiden sich signifikant ($p \leq 0,05$)

Tabelle 4: Der Einsatz von Cuxarom Spicemaster bei Broilern

	Kontrolle	Cuxarom Spicemaster	relativ (%)
Anzahl Tiere	1000	1000	
Wiederholungen	5	5	
Futteraufnahme (kg)	2,62	2,78	+ 6
LM-Zuwachs (g)	1564 ^a	1727 ^b	+ 10
Futterverwertung (kg/kg)	1,68	1,61	- 4

a, b Werte mit unterschiedlichen Buchstaben innerhalb einer Zeile unterscheiden sich signifikant ($p \leq 0,05$)

Eine tendenzielle Steigerung der Futteraufnahme um 3 bzw. 6 % konnte in beiden Versuchen beobachtet werden. Die erhöhten Zunahmen waren im Fall der Broiler signifikant, wobei die Futterverwertung wiederum in beiden Fällen tendenziell verbessert war.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Ansatz, die oftmals beobachteten Effekte phytogener Produkte auf die antimikrobielle Aktivität zurückzuführen, nicht begründet erscheint. Am Beispiel von Cuxarom Spice master konnte gezeigt werden, dass phytogene Produkte auch ohne antimikrobielle Wirksamkeit zu Leistungsverbesserungen bei Tieren führen können.

Literatur

- BLUM, C. (1999): Analytik und Sensorik von Gewürzextrakten und Gewürzölen. Dissertation, Universität Hamburg
- CHRISTOPH, F. (2001): Chemische Zusammensetzung und antimikrobielle Eigenschaften der ätherischen Öle von *Leptospermum scoparium* J. R. et G. Forst und anderer Teebaumöle der Gattungen Kunzea, Leptospermum und Melaleuca unter besonderer Berücksichtigung von Handelsölen. Dissertation, Universität Hamburg
- GÖBLING, A. (2001): Wirkungen eines Oreganoöl-Zusatzes als Futteradditiv auf die Darmflora von Absetzferkeln. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover
- JANSSEN, A. M., SCHEFFER, J. J. C., BAERHEIM-SVENDSEN, A. (1986): Antimicrobial screening of essential oils - aspects of the agar overlay technique. In „International Symposium on Essential Oils“ (Brunke, E.-J., ed.), 401-419, Walter de Gruyter Verlag
- KOHLERT, C. (2001): Systemische Verfügbarkeit und Pharmakokinetik von Thymol nach oraler Applikation einer thymianhaltigen Zubereitung beim Menschen. Dissertation, Julius-Maximilians- Universität Würzburg
- KUBECZKA, K.-H. (1982): Qualitätsbeurteilung arzneilich verwendeter ätherischer Öle. Deutsche Apothekerzeitung 122, 2309-2316

- LANGENECKERT, A. (1998): Untersuchungen zur Pharmakokinetik und relativen Bioverfügbarkeit von α -Pinen, 1,8 Cineol und Menthol nach dermaler, inhalativer und peroraler Applikation Ätherischer Öle. Dissertation, Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main
- PAULI, A. (1994): Chemische, physikalische und antimikrobielle Eigenschaften von in ätherischen Ölen vorkommenden Phenylpropanen. Dissertation, Julius-Maximilians-Universität Würzburg
- SCHMIDT, A. (1998): Polychemismus bei den ätherischen Öl führenden Arten *Thymus pulegioides* L. und *Thymus praecox Opiz* ssp. *arcticus* (E. Durand) Jalas (Lamiaceae) im nordatlantischen Europa. Dissertation, Universität Hamburg
- SOMERVILLE, K. W., RICHMOND, C. R., BELL, G. D. (1984): Delayed release peppermint oil capsules (Colpermin) for the spastic colon syndrome: a pharmacokinetic study. British Journal of Clinical Pharmacology 34 (3): 465-466
- STAHL-BISKUP, E. (1991): The chemical composition of Thymus oils: A review of the literature 1960 - 1989. Journal of Essential Oil Research 3, 61-82
- STENGELE, M. (1994): Beitrag zur Rolle glykosidisch gebundener flüchtiger Komponenten in ätherisches Öl führenden Pflanzen. Dissertation, Universität Hamburg
- WALD, C. (2002): Untersuchungen zur Wirksamkeit verschiedener ätherischer Öle im Futter von Aufzuchtferkeln und Broilern. Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Anschrift der Autorin

Dr. Christina Wald
Heinz-Lohmann-Straße 4
27472 Cuxhaven

E-Mail: christina.wald@lah.de

Ernährungsphysiologische und leistungsbezogene Effekte einer reinen Xylanase bei wachsenden Schweinen

Dr. Jörg Bartelt und Dr. Mathias Schurz (Cuxhaven)

Einleitung

Hohe Preise für Sojaextraktionsschrot sowie gesetzliche Regelungen zur N-Emission aus der Tierhaltung machen eine Rohproteinreduzierung im Schweinemastfutter zu einem aktuellen Thema in der Fütterung. Neben der bedarfsgerechten Versorgung mit essenziellen Aminosäuren werden dabei durch die ansteigenden Gehalte an bestimmten Nicht-Stärke-Polysacchariden (NSP), welche durch die höheren Getreideanteile in den Futtermischungen bedingt sind, andere Anforderungen an die Rationsgestaltung gestellt.

Als Bestandteil der Zellwand führen die NSP insbesondere

- Arabinoxylane (AX) in Weizen, Roggen, Triticale, Gerste, Hafer;
- β -Glucane in Gerste, Hafer,

über einen Nährstoffeinschluss („Käfigeffekt“) und eine erhöhte Digestaviskosität sowie den damit verbundenen Effekten auf die Chymuspassage, die Morphologie und Histologie sowie die mikrobiellen Gemeinschaften in den verschiedenen Darmabschnitten zu einer verschlechterten Nährstoffresorption und -verwertung (SIMON et al., 2002). Diese negativen Effekte können durch den Einsatz von geeigneten NSP-spaltenden Enzymen reduziert werden.

Neuere Untersuchungen zeigten, dass die Verwendung einer Xylanase bei 30 kg schweren Schweinen zu einer signifikant verbesserten scheinbaren praecaecalen Verdaulichkeit der meisten essenziellen Aminosäuren führte, wenn eine weizenbetonte Versuchsration verfüttert wurde (TORRALLARDONA et al., 2001). Gleichzeitig nahm der Anteil unverdauter proteinhaltiger Weizenzellen verschiedenen Typs in der Ileumdigesta ab.

Obwohl nicht untersucht, könnten auch verringerte Mengen an Aminosäuren endogenen Ursprungs zu dieser verbesserten Verdaulichkeit beigetragen haben. Diesbezüglich beobachteten DÄNICKE und Mitarbeiter (2001) jedoch keine signifikante Beeinflussung des endogenen N-Verlustes am Ileum von 20 kg schweren Schweinen, wenn eine Weizen-Roggen-Ration mit einer Xylanase ergänzt wurde.

Deshalb soll mit den hier beschriebenen Arbeiten unter anderem untersucht werden, ob die Zulage einer reinen Xylanase (ZY68) zu einer verbesserten praecaecalen Aminosäurenverdaulichkeit bei einer Roggen-Weizen-Ration führt und welche Mechanismen dafür verantwortlich sein könnten. Zusätzlich werden Wachstumsversuche mit ZY68 beim Ferkel und Mastschwein vorgestellt.

Material und Methoden

Die ernährungsphysiologischen Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Tierernährung der FU Berlin und dem Kielanowski Institut für Tierphysiologie und Tierernährung in Jabłonna (Polen) durchgeführt. Im ersten Versuch wurden 8 und im zweiten Versuch 12 männliche Schweine (mittlere Lebendmasse: 24 bzw.

33 kg) mit einer Post Valve T-Caecum (PVTC)-Kanüle versehen. Dadurch konnte die Ileumdigesta direkt hinter dem Übergang ins Caecum gesammelt werden. Zusätzlich erhielten die Tiere des 1. Versuches eine duodenale Umleitungskanüle, die eine quantitative Sammlung der duodenalen Digesta ermöglichte.

In beiden Versuchen wurden identische Futtermischungen verwendet, die im wesentlichen aus 55,6 % Roggen, 30 % Weizen sowie 7,3 % Sojaproteinisolat (RP: 13,2 %, ME: 13,4 MJ) der selben Partie bestanden. Ergänzt wurden die Diäten mit kristallinen Aminosäuren (Lys, Met, Thr, Trp), um mindestens 75 % des empfohlenen Bedarfes an scheinbar praecaecal verdaulichen Aminosäuren (RADEMACHER et al., 1999) abzusichern. Im Gegensatz zur Kontrolle (ohne Enzym) erhielt die Mischung der Versuchsgruppe eine Enzymzulage von 0,4 g ZY 68/kg. Zur quantitativen Abschätzung der ilealen Digestamenge enthielten alle Mischungen Cr_2O_3 (2,5 g/kg) als unverdaulichen Marker. Nach der Operation wurde die tägliche TS-Aufnahme allmählich bis auf 85,2 g/kg^{0,75} LM¹ (Versuch 1) bzw. 96,1 g/kg^{0,75} LM (Versuch 2) erhöht. Gefüttert wurde zweimal täglich (08:00 und 20:00 Uhr). Unmittelbar vor der Fütterung wurde das Futter mit der 1,3fachen Menge an Wasser vermischt. Zusätzliches Wasser wurden den Tieren nicht angeboten.

Für die Bestimmung des endogenen Stickstoffs im Chymus wurden die Tiere im Versuch 1 zusätzlich mit dem Stabilisotop ¹⁵N markiert. Zu diesem Zweck erhielten die Tiere ab dem 8. Tag nach der Operation (Beginn des Versuches) über einen Zeitraum von 10 Tagen 2,3 g/d ¹⁵N-markierte Bäckerhefen (*Saccharomyces cerevisiae*) mit dem Futter. Die Hefen wurden vorher in einem Fermentor unter Verwendung von [¹⁵N]-Ammoniumsulfat als alleiniger Stickstoffquelle erzeugt. Am 6. und 7. Tag nach der letzten [¹⁵N]-Hefe-Gabe (16. und 17. Versuchstag) wurde über jeweils 12 Stunden die Duodenal- bzw. Ileumkanüle geöffnet und der austretende Darminhalt gesammelt. Aus dem Verhältnis der ¹⁵N-Markierung des Stickstoffs in der Digesta und im Harn (parallel gesammelt) wurde der Anteil des endogenen N am Gesamt-N im Chymus ermittelt. Dabei wurde unterstellt, dass die Markierung im Harn-N identisch ist mit der des Stickstoffs, welcher ins Darmlumen sezerniert wurde. Im Versuch 2 (ohne ¹⁵N-Markierung) wurde ab dem 15. Tag nach der Operation an drei aufeinanderfolgenden Tagen über jeweils 12 Stunden die Ileumdigesta gesammelt.

Die Bestimmung von Rohnährstoffen und Aminosäuren erfolgte nach Standardmethoden. Der ¹⁵N-Überschuss wurde emissionsspektrometrisch gemessen. Die Viskosität im Digestaüberstand wurde unter Verwendung eines Kegel-Platten Viskosimeters und die NSP-Monomere nach Säurehydrolyse mittels Anionenaustausch-Chromatographie bestimmt.

Die Daten wurden unter Verwendung des t-Tests (Digestaviskosität, NSP-Verdaulichkeit, Versuch 1) und einer zweifaktoriellen Varianzanalyse ohne (TS-; N- und Aminosäurenverdaulichkeit, Versuch 1 und 2, Faktoren: Enzymzulage und Versuch) bzw. mit wiederholenden Mes-

¹ kg^{0,75} LM = metabolische Lebendmasse

sungen (endogener N und N-Verdaulichkeit, Versuch 1, Faktoren: Enzymzulage und Darmabschnitt) ausgewertet.

Die hier dargestellten Leistungsversuche wurden an der Universität Rostock, der Freien Universität Berlin sowie an der Leistungsprüfanstalt Achterwehr (LWK Schleswig-Holstein) durchgeführt. Es wurde jeweils eine Kontrollgruppe mit einer oder mehreren Versuchsgruppen, die Futter mit ZY68 erhielten, verglichen. Die Futtermischungen waren grundsätzlich frei von antibiotischen Leistungsförderern und Probiotika. Tabelle 1 beschreibt den jeweiligen Versuchsaufbau.

Tabelle 1: Anlage der Leistungsversuche mit ZY68

Versuch	SIMON & SCHLAG (1998) und (1999)	HACKL (2000)	MENNERICH (2000)
Tiere	24 Ferkel (8-30 kg LM)	24 Ferkel (7-17 kg LM)	150 Mastschweine (31-100 kg LM)
ZY68 Zulage (g/t)	0, 200	0, 300	0, 100, 200, 300, 400
Wiederholungen pro Behandlung	6	12	30
Haltung	2 pro Box	einzel	15er Gruppen *
Fütterung	ad libitum	ad libitum	ad libitum
Futter	pelletiert 67% Triticale, 23% SES 18,5% RP 13 g Lysin/kg 13,4 MJ ME/kg	mehlförmig 50% Weizen, 12% Gerste, 14% Triticale, 19% SES 18% RP 12,6 g Lysin/kg 13,6 MJ ME/kg	pelletiert 48 % Weizen, 20 % Gerste, 15 % W-kleie, 7,5 % SES, 6 % RES 15,5 % RP 8,0 g Lysin/kg 13,0 MJ ME/kg

* individuelle Futterverzehrserfassung

Ergebnisse und Diskussion

Anders als im Duodenum führte die Xylanasezulage zu einer deutlichen Abnahme der Viskosität in der flüssigen Phase der Ileumdigesta, die bis zur 9. Stunde nach der Futteraufnahme signifikant war. Gleichzeitig waren die postprandialen Viskositätsänderungen in der Ileumdigesta bei Xylanasezulage weniger stark ausgeprägt als in der Kontrollgruppe (Tab. 2).

Die deutlich reduzierte Viskosität im Ileumchymus deutet auf eine partielle Hydrolyse von löslichen NSP im Dünndarm durch die Xylanase hin. In Übereinstimmung mit diesem Befund wurde auch die praecaecale Verdaulichkeit der löslichen AX (Tab. 3) signifikant verbessert.

Tabelle 3: Praecaecale Verdaulichkeit (%) verschiedener NSP-Fraktionen und der NDF (Mittelwert \pm SE)

Fraktion	Kontrolle	Enzym ¹⁾	Versuch	P-Werte
Arabinose-Gesamt (n=4)	2,2 \pm 0,6	27,8 \pm 2,1	1	<0.001
	14,7 \pm 1,4	34,8 \pm 2,1	1	<0.001
	-36,9 \pm 2,5	7,7 \pm 4,5	1	<0.001
Xylose-Gesamt (n=4)	4,3 \pm 0,6	40,7 \pm 2,7	1	<0.001
	12,1 \pm 1,7	39,9 \pm 3,7	1	<0.001
	-21,0 \pm 6,2	43,1 \pm 3,9	1	<0.001
NDF (n=6)	43,7 \pm 1,4	52,2 \pm 1,6	3	0,003

¹⁾ mit ZY68

Auffällig sind die stark negativen Verdaulichkeiten der löslichen Arabinose und Xylose in der Kontrollgruppe. Es erreichten somit mehr lösliche AX das Ileum als mit dem Futter aufgenommen wurden. Offensichtlich erfolgte bei der mikrobiellen Hydrolyse der NSP im Dünndarm eine Umwandlung von unlöslichen AX in eine lösliche Form. Sofern die löslichen AX dann nicht weiter abgebaut werden, führt dies zu einem Anstieg der Digestaviskosität. Die Zulage des Enzyms bewirkte eine stärkere Hydrolyse der unlöslichen AX (Tab. 3), wodurch der so genannte „Käfigeffekt“ der NSP beseitigt werden kann. Gleichzeitig zeigten die deutlich verbesserten Verdaulichkeiten der löslichen AX bei Xylanase-haltigem Futter eine schnellere Hydrolyse der löslichen AX als deren Neubildung aus dem mikrobiellen und durch ZY68 bedingten Abbau unlöslicher NSP an. Im zweiten Versuch konnten die Ergebnisse der AX-Verdaulichkeit an Hand einer signifikant verbesserten Verdaulichkeit der Neutral-Detergenz-Faser (NDF) bestätigt werden.

Neben der direkten Enzymwirkung kann die verbesserte NSP-Verdaulichkeit auch durch eine veränderte Bakterienpopulation verursacht worden sein. SIMON und Mitarbeiter (2002) zeigten, dass durch den Xylanasezusatz eine Bakterienpopulation im Dünndarm gefördert wurde, die zu einer energetischen Nutzung der AX in der Lage war.

Die praecaecale Trockensubstanzverdaulichkeit wurde in beiden Versuchen durch ZY68 signifikant um 3 bis 4 Prozentpunkte verbessert (Tab. 4). Im Gegensatz dazu war die scheinbare Rohproteinverdaulichkeit am Ende des Dünndarms nicht beeinflusst worden. Bei den Aminosäuren wurden in der Versuchsgruppe für Arginin, Histidin, Isoleucin, Methionin, Cystein, Phenylalanin, Valin, Glutaminsäure, Glycin und Tyrosin signifikant höhere Verdaulichkeiten ermittelt als in der Kontrollgruppe. Im Mittel bei der Versuche verbesserte sich die Verdaulichkeit der Aminosäuren signifikant um 1,7 %-Punkte. Methodisch

Tabelle 2: Digestaviskosität [mPas] in Abhängigkeit von der Diät und Zeit - Versuch 1 (Mittelwert \pm SE, n = 4)

Diät	Duodenum	Ileum			
		0 - 3 h	3 - 6 h	6 - 9 h	9 - 12 h
Kontrolle	(0 - 12 h) 1,52 \pm 0,05	5,09 \pm 1,11	11,79 \pm 2,67	13,38 \pm 2,66	12,91 \pm 7,34
Enzym ¹⁾	1,41 \pm 0,04	2,06 \pm 0,36	3,18 \pm 0,44	4,96 \pm 1,33	2,82 \pm 0,56
P-Werte	0,132	0,040	0,019	0,030	0,263

¹⁾ mit ZY68

Tabelle 4: Scheinbare praecaecale Verdaulichkeit (%) von TS-, RP- und Aminosäuren (Mittelwert \pm SE)

	Kontrolle		Enzym ¹⁾		Gruppe (G)	ANOVA (P-Wert) Versuch (V)	GxV
	Versuch 1 (n=4)	Versuch 2 (n=6)	Versuch 1 (n=4)	Versuch 2 (n=6)			
TS	69,5 \pm 0,99	70,9 \pm 0,53	73,9 \pm 1,27	73,5 \pm 0,47	<0,001	0,559	0,264
RP	76,3 \pm 0,80	77,7 \pm 0,39	77,6 \pm 2,11	78,6 \pm 0,87	0,314	0,285	0,860
Arg	83,8 \pm 0,65	86,2 \pm 0,13	86,2 \pm 0,98	87,6 \pm 0,49	0,004	0,005	0,370
His	79,8 \pm 0,86	82,0 \pm 0,42	82,6 \pm 1,12	83,3 \pm 0,61	0,016	0,075	0,319
Ile	78,3 \pm 0,59	79,8 \pm 0,45	81,5 \pm 1,17	80,4 \pm 0,82	0,031	0,782	0,114
Leu	79,8 \pm 0,73	77,9 \pm 0,41	82,6 \pm 1,12	78,1 \pm 0,92	0,094	0,001	0,140
Lys	81,8 \pm 0,73	84,1 \pm 0,83	84,3 \pm 1,35	84,3 \pm 0,58	0,145	0,214	0,207
Met	82,8 \pm 0,84	84,7 \pm 0,34	85,6 \pm 1,20	85,4 \pm 0,57	0,027	0,253	0,150
Cys	72,5 \pm 1,16	73,7 \pm 0,71	77,3 \pm 1,40	74,4 \pm 1,12	0,023	0,447	0,076
Phe	82,7 \pm 0,59	83,5 \pm 0,19	85,4 \pm 0,90	84,3 \pm 0,55	0,006	0,766	0,125
Thr	73,3 \pm 0,93	74,7 \pm 0,48	77,0 \pm 1,64	75,1 \pm 1,11	0,077	0,832	0,128
Trp	75,8 \pm 1,19	75,6 \pm 0,56	79,5 \pm 1,44	75,9 \pm 1,07	0,074	0,085	0,127
Val	74,6 \pm 0,85	76,7 \pm 0,38	78,0 \pm 1,47	77,5 \pm 0,91	0,034	0,381	0,169
Ala	69,0 \pm 0,77	70,3 \pm 0,90	72,9 \pm 1,93	71,0 \pm 1,22	0,085	0,824	0,221
Asp	77,8 \pm 0,86	78,0 \pm 0,74	80,7 \pm 1,69	78,2 \pm 0,95	0,157	0,280	0,226
Glu	88,5 \pm 0,46	89,2 \pm 0,14	90,1 \pm 0,74	89,7 \pm 0,35	0,021	0,640	0,179
Gly	61,6 \pm 1,75	62,8 \pm 1,33	66,5 \pm 1,87	66,3 \pm 2,02	0,036	0,802	0,709
Pro	82,6 \pm 1,16	84,1 \pm 0,31	84,7 \pm 1,68	85,0 \pm 0,58	0,108	0,311	0,490
Ser	77,5 \pm 0,90	78,7 \pm 0,43	80,7 \pm 1,35	79,5 \pm 1,09	0,054	0,980	0,245
Tyr	72,0 \pm 1,14	83,6 \pm 0,39	76,1 \pm 1,91	84,0 \pm 0,78	0,050	<0,001	0,096
AS ²⁾	79,9 \pm 0,71	81,3 \pm 0,31	82,7 \pm 1,25	82,0 \pm 0,76	0,034	0,691	0,192

¹⁾ mit ZY68 ²⁾ AS gesamt**Tabelle 5: Endogener N und Stickstoffverdaulichkeit im Dünndarm im Versuch 1 (Mittelwert \pm SE)**

Abschnitt	Gruppe	Endogener Stickstoff		Stickstoffverdaulichkeit (%) scheinbar	wahr
		(mg/kg LM ^{-0,75} /12 h ⁻¹)	(% d. Ges.-N)		
Duodenum	Kontrolle	313,2 \pm 22,9	27,2 \pm 1,8	-15,6 \pm 5,2	15,8 \pm 4,7
	Enzym ¹⁾	276,0 \pm 27,4	23,8 \pm 2,3	-16,7 \pm 0,5	11,1 \pm 2,9
Ileum	Kontrolle	164,3 \pm 8,8	69,3 \pm 1,9	76,3 \pm 0,8	92,8 \pm 0,4
	Enzym ¹⁾	150,0 \pm 24,5	66,5 \pm 3,8	77,6 \pm 2,1	92,7 \pm 0,4
ANOVA (P-Werte)					
Gruppe		0,363	0,340	0,979	0,441
Abschnitt		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Gruppe x Abschnitt		0,529	0,914	0,692	0,419

¹⁾ mit ZY68

bedeutsam war der Befund, dass lediglich beim Arg, Leu und Tyr signifikante Unterschiede zwischen beiden Versuchen beobachtet wurden. Es bestanden aber keine signifikanten Diät x Versuch Interaktionen. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass die unterschiedlichen Versuchsbedingungen (Tiere mit duodenaler Umleitungs-kanüle und PVTC-Kanüle im Versuch 1 bzw. nur mit PVTC-Kanüle im Versuch 2) sowie die Dauer der Sammelperiode (1 x 12 h im Versuch 1 bzw. 3 x 12 h im Versuch 2) nur einen geringen Einfluss auf die ermittelten Verdaulichkeitswerte ausübten.

Die Xylanasezulage beeinflusste die endogenen N-Mengen sowie die scheinbare und wahre N-Verdaulichkeit am Anfang und Ende des Dünndarms nicht (Tab. 5). Die negativen scheinbaren N-Verdaulichkeiten am Duodenum resultierten zum einen aus der endogenen Stickstoffsektion über den Pankreas und die Galle und zum anderen aus der geringen N-Resorption bis zum Beginn des Dünndarms.

Vom gesamten Stickstoff der duodenalen Digesta stammten etwa 25 % aus endogenen Quellen. Dieser Anteil erhöhte sich auf etwa 68 % im Ileumchymus. Ein Einfluss der Enzymzulage war ebenfalls nicht nachweisbar.

Die geringe Wirkung der Xylanasezulage auf den endogenen N in der Dünndarmdigesta resultiert zum Teil aus dem geringen Einfluss, den die löslichen AX in der verwendeten Roggen-Weizen-Mischung über eine Viskositätsverhöhung auf die spezifischen endogenen N-Verluste am Ileum von wachsenden Schweinen hatten (BARTELT et al., 2002). Obwohl es in der Literatur Anzeichen dafür gibt, dass unlösliche NSP im Getreide den endogenen N in der Ileumdigesta von Schweinen erhöhen können (SCHULZE et al., 1995, LETERME et al., 2000, JONDREVILLE et al., 2001), war im vorliegenden Versuch der erhöhte Abbau unlöslicher AX durch die Xylanasezulage ohne Einfluss auf den endogenen N-Verlust am Ileum. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass die nach Xylanasezulage beobachtete Verbesserung der scheinbaren

praecaecal Aminosäurenverdaulichkeit nur in geringem Umfang auf einer Reduzierung endogener Aminosäurenmengen in der Ileumdigesta basiert, sondern vielmehr auf die Reduzierung des „Käfigeffektes“ unlöslicher AX zurückzuführen ist. Andererseits sollte jedoch berücksichtigt werden, dass mit der verwendeten ^{15}N -Isotopen-technik nur der gesamte endogene N erfasst wird und eine Differenzierung in Amino-, Harnstoff- und Ammoniak-N nicht möglich ist. Veränderungen in der Zusammensetzung des endogenen N könnten ebenfalls zu einer verbesserten scheinbaren praecaecal Aminosäurenverdaulichkeit geführt haben. So deuten die signifikant bzw. tendenziell verbesserten Verdaulichkeiten für Glycin, Threonin und Prolin eine Verringerung des Muzinanteils im Ileumchymus nach Xylanasezusatz an, da diese Aminosäuren relativ reichlich in den Glykoproteinen des Darmschleims enthalten sind.

Fütterungsversuche

Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse zweier Ferkelfütterungsversuche mit Triticale-reichen Rationen, die im Rahmen eines Projektes zum Vergleich der Fütterungseignung von Weizen und Triticale durchgeführt wurden. Eine Zulage von ZY68 führte in beiden Versuchen zu einer deutlichen Erhöhung der Lebendmassezunahme. Im Test von 1998 war die Futteraufnahme kaum beeinflusst und die Futterverwertung um 7 % verbessert (in den ersten 14 Tagen des Versuchs signifikant). Im Versuch von 1999 dagegen waren die besseren Zunahmen mit einem Verzehrsanstieg verbunden. In beiden Versuchen wurde die Viskosität des Darminhaltes durch die Xylanase signifikant reduziert. Eine Erklärung der unterschiedlich gerichteten Enzymeffekte auf Basis der eingesetzten Triticalequalität (speziell der Extraktviskosität) ist damit nicht möglich. Das Auftreten von Durchfall (hier definiert als Ausscheidung von flüssigem Kot über mehr als 2 Tage) war in der Enzymgruppe deutlich verringert (12 Fälle in Kontrolle, 1 Fall in Enzymgruppe).

Tabelle 6: Wirksamkeit von ZY68 in der Ferkelaufzucht (SIMON & SCHLAG, 1998, 1999)

Ver- such	ZY68 (g/t)	Futter- aufnahme		Lebendmasse- zunahme		Futter- aufwand	
		(kg/Tier)	(relativ)	(kg/Tier)	(relativ)	(kg/kg)	(relativ)
1998	0	34,66	100	21,45	100	1,62	100
	200	34,78	100	23,07	108	1,50	93
1999	0	32,73	100	19,05	100	1,72	100
	200	35,94	110	20,11	106	1,79	104

Teilweise wird die Meinung vertreten, dass Gersteanteile im Ferkelfutter den Einsatz einer β -Glucanase erforderlich machen. Gerste ist jedoch bekanntermaßen eine hervorragende Komponente für Ferkelmischungen und wird besonders auf Grund ihres Faseranteils gerne eingesetzt. Das für Broilerküken problematische β -Glucan scheint beim Ferkel keine negativen Auswirkungen zu haben, was auf einen signifikanten Abbau durch darmmeigene Lactobacillen zurückgeführt werden kann (JONSSON und HEMMINGSSON, 1991). Entsprechend müsste eine reine Xylanase auch in gerstehaltigen Ferkelmischungen mit Erfolg eingesetzt werden können.

In einem weiteren Fütterungsversuch, der an der Universität Rostock durchgeführt wurde, stellten Weizen und

Gerste die Hauptkomponenten des Futters dar. Die Zulage der reinen Xylanase führte zu einer um 12 % erhöhten täglichen Lebendmassezunahme. Infolge der unwesentlich beeinflussten Futteraufnahme verbesserte sich der Futteraufwand in der Enzymgruppe signifikant um 12 % (Tab. 7). Eine subjektive Kotbonitur zeigte ebenfalls einen positiven Effekt der Enzymzulage auf die Kotkonsistenz. Die Durchfallhäufigkeit war verringert. Hier zeigen sich Parallelen zu den Versuchen von SIMON und SCHLAG. Ein Zusammenhang mit der Viskositäts-reduzierenden Wirkung der Xylanase und deren Einfluss auf Digestapassage und Darmmikroflora ist denkbar.

Tabelle 7: Wirksamkeit von ZY68 in der Ferkelaufzucht (HACKL, 2000)

ZY68 (g/t)	Futter- aufnahme		Lebendmasse- zunahme		Futteraufwand	
	(g/d)	(relativ)	(g/d)	(relativ)	(kg/kg)	(relativ)
0	624 \pm 110	100	246 \pm 35	100	2,54 \pm 0,31 ^a	100
300	611 \pm 87	98	276 \pm 50	112	2,23 \pm 0,26 ^b	88

^{a,b} unterschiedlichen Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an ($P<0,05$)

An der Leistungsprüfanstalt Achterwehr wurden verschiedene ZY68-Dosierungen bei Mastschweinen getestet. Die Tiere erhielten über die gesamte Mastperiode ein Universalmastfutter mit Weizen als Hauptkomponente. In Tabelle 8 sind die Ergebnisse dieses Fütterungsversuches dargestellt. Insbesondere in der Vormast war ein dosisabhängiger Effekt der Enzymzulage auf die Lebendmassezunahme zu beobachten, die signifikant um 13 bis 22 % gegenüber der Kontrollgruppe verbessert war. Parallel dazu verringerte sich der Futteraufwand signifikant um bis zu 14 %. Diese Effekte waren auch am Ende der Mastperiode für die Lebendmassezunahme noch signifikant. Der Futteraufwand wurde dagegen nur noch geringfügig beeinflusst. Die höchste Dosierung von 400 g/t führte zu keiner weiteren Verbesserung der Zunahmen gegenüber der Dosierung von 300 g/t, erzielte jedoch das beste Ergebnis im Parameter Futteraufwand.

Tabelle 8: Wirksamkeit von ZY68 in der Schweinemast (MENNERICH, 2000)

ZY 68 (g/t)	0	100	200	300	400
	Anfangsmast (bis 60 kg)				
Lebendmasse- zunahme (g/d) relativ	622 ^b 100	700 ^{ab} 113	739 ^a 119	753 ^a 121	756 ^a 122
Futteraufwand (kg/kg) relativ	2,84 ^a 100	2,56 ^b 90	2,79 ^a 98	2,56 ^{bc} 90	2,45 ^c 86
Gesamtmast (31 - 100 kg)					
Lebendmasse- zunahme (g/d) relativ	752 ^c 100	773 ^{bc} 103	799 ^{ab} 106	828 ^a 110	820 ^a 109
Futteraufwand (kg/kg) relativ	2,90 ^b 100	2,86 ^{bc} 99	3,02 ^a 104	2,90 ^b 100	2,79 ^c 96

^{a,b} unterschiedlichen Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an ($P<0,05$)

Fazit

Die vorgestellten Untersuchungen zeigen, dass die reine Xylanase ZY68 durch die Hydrolyse von löslichen und unlöslichen AX die Nährstoffresorption und -verwertung verbessern kann. Die bei einer rohproteinreduzierten Ration mit einem hohen Weizen- und Roggenanteil nachgewiesene Verbesserung der scheinbaren Aminosäurenverdaulichkeit basierte nicht auf einer messbaren Reduzierung der endogenen N-Sekretion und stand nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Enzymbedingten Senkung der Digestaviskosität. Entsprechend scheint der Aminosäureneffekt der Xylanase nicht ausschließlich auf Rationen mit hohen Gehalten an löslichen AX (z. B. Roggen) begrenzt zu sein. Die verbesserte Nährstoffresorption und -verwertung kann sowohl beim Ferkel als auch beim Mastschwein zu deutlich verbesserten Mastleistungen führen.

Literatur

- BARTELTT, J., A. JADAMUS, F. WIESE, E. SWIECH, L. BURACZEWSKA, O. SIMON, (2002): Apparent precaecal digestibility of nutrients and level of endogenous nitrogen in digesta of the small intestine of growing pigs as affected by various digesta viscosities. *Arch. Anim. Nutr.* 56, 93-107
- DÄNICKE, S., H. KLUGE, G. DUSEL, H. JEROCH (2001): Endogenous N-losses in piglets estimated by a [15N]-isotope dilution technique: Effect of xylanase addition to a wheat and rye based diet. *Arch. Anim. Nutr.* 54, 209-223
- HACKL, W. (2000): Versuchsbericht LAH-122
- JONDREVILLE, C., J. VAN DEN BROECKE, F. GÂTEL, F. GROSJEAN, S. VAN CAUWENBERGHE, B. SÈVE (2001): Ileal digestibility of amino acids and estimates of endogenous amino acid losses in pigs fed wheat, triticale, rye, barley, maize and sorghum. *Anim. Res.* 50, 119-134
- JONSSON, E., S. HEMMINGSSON (1991): Establishment in the piglet gut of lactobacilli capable of degrading mixed-linked β -glucans. *J. of Appl. Bacteriology* 70, 512-516
- LETTERME, P., W.-B. SOUFFRANT, A. THÉWIS (2000): Effect of barley fibres and barley intake on the ileal endogenous nitrogen losses in piglets. *J. Cereal Sci.* 31, 229-239
- MENNERICH, D. (2000): Versuchsbericht LAH-121
- RADEMACHER, M., W.C. SAUER, A.J.M. JANSMAN (1999): Standardisierte ileale Verdaulichkeit von Aminosäuren für Schweine. Das neue System. Degussa-Hüls AG
- SCHULZE, H., P. VAN LEEUWEN, M.W.A. VERSTEGEN, J.W.O. VAN DEN BERG (1995): Dietary level and source of neutral detergent fiber and ileal endogenous nitrogen flow in pigs. *J. Anim. Sci.* 73, 441-448
- SIMON, O., A. SCHLAG (1998): VERSUCHSBERICHT LAH-113
- SIMON, O., K. HÜBENER, K. HIRSCH, L. BECKMANN, W. VAHJEN (2002): Einfluss von Xylanasen auf die Darmflora. Lohmann Information Heft 1, 3-7
- TORRALDORDONA, D., J.E. NIELSEN, J. BRUFAU (2001): Apparent ileal digestibility of protein and amino acids in wheat supplemented with enzymes for growing pigs. In: Lindberg, J.E. and Ogle, B. (Eds.) *Digestive Physiology of Pigs. Proc. 8th Symp.*, CABI Publishing, pp.184-186

Anschrift der Verfasser:

Dr. Jörg Bartelt
Dr. Mathias Schurz
Heinz-Lohmann-Straße 4
27472 Cuxhaven

E-Mail: Mathias.Schurz@lah.de
E-Mail: Joerg.Bartelt@lah.de

Ansätze zur Verbesserung der Überlebensrate von Ferkeln*

Dr. Rainer Röhe und Prof. Ernst Kalm (Kiel)

1. Einleitung

An der Notwendigkeit der selektiven Reduzierung der Ferkelverluste besteht kein Zweifel, da eine ausschließliche Selektion auf Wurfgröße (z. B. Anzahl lebend geborener Ferkel) zu einer Erhöhung von Ferkelverlusten führt wie u. a. genetische Analysen von JOHNSON und Mitarbeitern (1999) sowie LUND und Mitarbeitern (2002) zeigen. Zudem besteht eine negative Beziehung zwischen Wurfgröße und Ferkelwachstum, so dass auch neben den höheren Verlusten das Wachstum von Ferkeln vermindert ist. Daher haben zahlreiche Zuchunternehmen die Selektion der Verminderung der Ferkelverluste in ihr Zuchziel aufgenommen.

Jedoch bestehen immer noch Zweifel, welches die beste Selektionsstrategie zur Verminderung der Ferkelverluste ist. Dabei zeigen sich zum einen die Minimalisten, die nur die Verluste bei Geburt und während der Säugezeit erheben und auf der Basis dieser Information die Verluste vermindern wollen. Zum anderen gibt es eine Gruppe von Forschern, die ursachenorientiert sind und die Ferkelverluste über den bedeutendsten Risikofaktor für Ferkelverluste, das Geburtsgewicht, indirekt züchterisch vermindern wollen.

Der Nachteil der zuletzt genannten Gruppe war bisher, dass keine eindeutige Selektionsstrategie vorhanden war, um das Geburtsgewicht derartig zu verändern, dass die Ferkelverluste minimiert werden. Dieser Nachteil soll im folgenden Beitrag aufgehoben werden, in dem eine Selektionsstrategie vorgestellt wird, um die gesamten Ferkelverluste (Geburts- und Saugferkelverluste) zu minimieren (ROEHE, 2003).

2. Direkte Selektion der Überlebensrate

Der wesentlichste Nachteil der direkten Selektion hinsichtlich Verminderung der Totgeburten und Saugferkelverluste liegt in der niedrigen Heritabilität dieser Merkmale. So schätzten GRANDINSON und Mitarbeiter (2003) eine maternale Heritabilität (genetischer Sauerstoffeffekt) für Totgeburten und Saugferkelverluste von 0,02 und eine direkte Heritabilität (genetischer Effekt des Ferkels) von 0,01. Ebenfalls ermittelten KNOL und Mitarbeiter (2002) Heritabilitäten von 0,02 für den maternalen genetischen Effekt. In dieser Analyse zeigte sich auch, dass der zusätzlich zum maternalen genetischen Effekt berücksichtigte direkte genetische Ferkleleffekt nicht schätzbar war, wodurch die großen Schwierigkeiten der Schätzung der genetischen Veranlagung der Überlebensrate deutlich werden. Insgesamt bestätigen die neueren Ergebnisse die Analyse von ROEHE und KALM (2000), dass die Heritabilität für Saugferkelverluste bei 0,02 liegt. Schlussfolgernd ist auf der Basis der niedrigen Heritabilität, der Schwierigkeiten der Schätzung der zahlreichen genetischen und umweltbedingten Effekte und insbesondere aufgrund des geringen Informationsgehaltes des binären Merkmals Ferkelverluste mit einem sehr geringen Selektionserfolg zu rechnen.

3. Selektion zur Verbesserung des Geburtsgewichts

Der bedeutendste Risikofaktor für Saugferkelverluste ist das individuelle Geburtsgewicht, das 74,9 % der unerklärten Variation aufweist (ROEHE und KALM, 2000). Zur Erhöhung der Überlebensrate von Ferkeln auf der Grundlage der selektiven Verbesserung der Geburtsgewichte sind zwei Ziele zu erreichen:

- Optimierung des Niveaus des Geburtsgewichts der Population, so dass Totgeburten und Saugferkelverluste minimiert werden.
- Verminderung der Variation des Geburtsgewichtes innerhalb der Würfe.

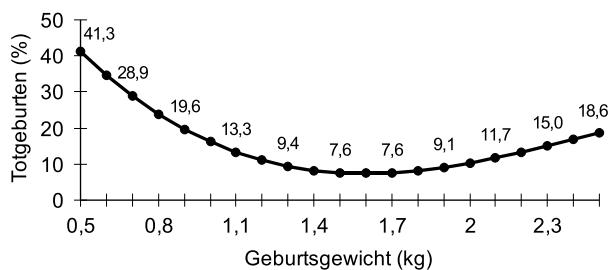
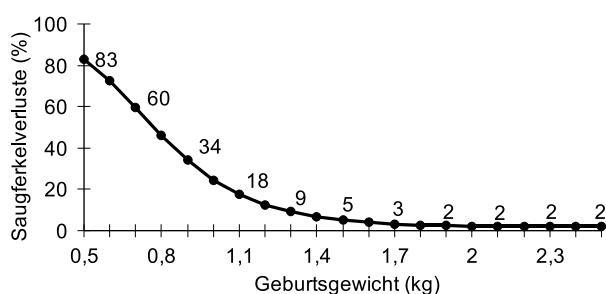
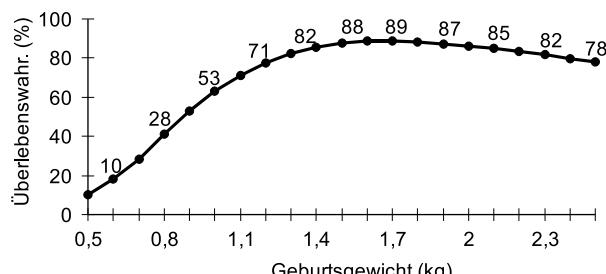
Das Geburtsgewicht ist wesentlich höher maternal genetisch determiniert als die Ferkelverluste. Für den maternalen genetischen Effekt (Einflüsse der Mutter bezüglich Ernährung, Uterusgröße, etc. auf das intrauterine Wachstum der Ferkel) auf das Geburtsgewicht wurden von ROEHE (1999), KAUFMANN und Mitarbeitern (2000), KNOL und Mitarbeitern (2001) und GRANDINSON und Mitarbeitern (2002), TÄUBERT und Mitarbeitern (2003) Heritabilitäten im Bereich von 0,15 bis 0,22 geschätzt. Die gleichen Autoren schätzten für den direkten genetischen Effekt (genetisches Potenzial des Ferkels für intrauterines Wachstum) Heritabilitäten im Bereich von 0,02 bis 0,15, während die genetischen Korrelationen zwischen direkten und maternalen Effekten zwischen -0,22 und 0,33 liegen.

Die Schwierigkeit der indirekten selektiven Verbesserung der Überlebensrate durch das Geburtsgewicht liegt in dem nichtlinearen Zusammenhang zwischen Geburtsgewicht und prä- und postnatalen Ferkelverlusten wie in den Abbildungen 1 und 2 dargestellt. Diese nichtlinearen Risikofunktionen zwischen Geburtsgewicht und Ferkelverlusten wurden auf der Basis der Daten des Versuchsbetriebes der Universität Kiel in Hohenschulen geschätzt. In Abbildung 1 zeigt sich das geringste Risiko der Geburtsverluste (7 %) bei einem Geburtsgewicht von 1,6 kg, während bei steigenden Geburtsgewichten und insbesondere bei sinkenden Geburtsgewichten das Risiko der Verluste auf bis zu 19 % bzw. 41 % ansteigt. Für Ferkelverluste während der Säugezeit ergibt sich nur bei Verringerung der Geburtsgewichte ein Anstieg der Verluste (Abb. 2) und zwar in einem wesentlich höheren Ausmaß von 2 auf 83 %.

Um die Gesamtferkelverluste (Totgeburten und Saugferkelverluste) zu minimieren bzw. die Überlebensrate zu maximieren, sollte das Zuchziel diese unterschiedlichen Verläufe der Risikofunktionen berücksichtigen. Dieses ist möglich durch Multiplikation der einzelnen Überlebenswahrscheinlichkeiten bei gegebenem Gewicht, so dass die unterschiedlichen Verläufe in der Gesamtüberlebenskurve Berücksichtigung finden (Abb. 3). Aus dieser Abbildung wird direkt das Zuchziel ersichtlich, d. h. das optimale Geburtsgewicht sollte zwischen 1,6 und 1,7 kg liegen, da auf diesem Niveau die maximale Gesamtüberlebenswahrscheinlichkeit von 88 bis 89 % erzielt wird.

Eine Möglichkeit der Selektion wäre die Transformation der Geburtsgewichte auf der Basis dieser Überlebenswahrscheinlichkeitskurve in geburtsgewichtsabhängige Überlebensraten (GAÜ). Diese geburtsgewichtsabhängi-

* Vortrag anlässlich des Schweineworkshops Uelzen 2004

Abbildung 1: Risikofunktion der Totgeburten in Abhängigkeit von dem Geburtsgewicht**Abbildung 2: Risikofunktion der Saugferkelverluste in Abhängigkeit von dem Geburtsgewicht****Abbildung 3: Gesamte Überlebenswahrscheinlichkeit von Geburt bis zum Absetzen in Abhängigkeit von dem Geburtsgewicht**

ge Überlebensrate kann dann als neues Merkmal zur Selektion herangezogen werden, so dass sich das Geburtsgewicht der Population zum Optimum verändert und die Überlebensrate von Geburt bis zum Absetzen maximiert wird.

Um den Effekt der Selektion nach diesem Merkmal zu überprüfen, wurden die genetischen Parameter und Zuchtwerte von GAÜ geschätzt und 10 % der Sauen nach diesen Zuchtwerten selektiert. Zum Vergleich wurde eine Selektion nach dem individuellen Geburtsgewicht (IGW) vorgenommen. Die Ergebnisse der Selektion sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Wie im Zuchziel beschrieben liegt das Geburtsgewicht nach der Selektion nach der GAÜ mit 1,68 kg im optimalen Bereich (1,6-1,7 kg), während bei Selektion nach dem individuellen Geburtsgewicht sich ein Gewicht von 1,86 kg ergibt, das den optimalen Gewichtsbereich überschreitet. Zudem wird deutlich, dass eine Selektion nach dem IGW die Saugferkelverluste von 10,3 auf 8,1 % vermindert, jedoch die Totgeburten sich von 12,3 auf 13,1 % erhöhen.

Im Vergleich dazu führt eine Selektion nach der GAÜ zu einer Verminderung der Totgeburten (8,5 %) und Saugferkelverluste (11,2 %). Infolgedessen sinken die Gesamtverluste während der Geburt und der Aufzucht am bedeutendsten von 21,4 auf 18,7 %, wenn eine Selektion nach der GAÜ erfolgt. Interessant ist auch, dass durch Selektion nach der GAÜ die Anzahl lebend und gesamt geborener Ferkel sich erhöht, während bei Selektion nach dem IGW eine Verminderung der lebend und gesamt geborenen Ferkel festzustellen ist. Dies würde bedeuten, dass der Merkmalsantagonismus zwischen Wurfgröße und Geburtsgewicht durch Verwendung des Selektionskriteriums GAÜ umgangen wird.

Ein weiterer Vorteil ist, dass durch Verwendung von GAÜ insbesondere die Sauen mit Ferkeln mit geringen Geburtsgewichten (<1,4 kg) gemerzt werden, ohne dass die Anzahl zu schwerer Ferkel (>1,8 kg) ansteigt. Obwohl die Verminderung der Ferkel mit geringen Gewichten bei Selektion nach dem IGW bedeutender ist, steigt die Anzahl zu schwerer Ferkel an, so dass Schwengeburten den züchterischen Gesamterfolg wesentlich beeinträchtigen.

Tabelle 1: Phänotypische Veränderung der Merkmale, wenn 10 % der Sauen nach dem geschätzten Zuchtwert des individuellen Geburtsgewichts (IGW) oder nach der geburtsgewichtsabhängigen Überlebensrate (GAÜ) selektiert werden

Merkmal	Populationsmittel	IGW	GAÜ
Individuelles Geburtsgewicht (kg)	1,56	1,86	1,68
Standardabweichung des IGW (kg)	0,27	0,25	0,25
Totgeburten (%)	12,3	13,1	11,2
Saugferkelverluste (%)	10,3	8,1	8,5
Gesamtferkelverluste (%)	21,4	20,2	18,7
Anz. gesamt geborener Ferkel	10,8	10,5	11,2
Anz. lebend geborener Ferkel	9,5	9,1	9,9
Anteil Ferkel < 1,4 kg (%)	37,4	14,1	21,1
Anteil Ferkel > 1,8 kg (%)	22,4	52,8	24,7

Damit ist die erste Zielsetzung der Veränderung des Niveaus der Geburtsgewichte zum Optimum erreicht. Das zweite Ziel, die Verminderung der Varianz der Geburtsgewichte innerhalb Wurf ist durch das oben genannte Selektionskriterium, mit Ausnahme der geringen Varianzminderung durch Merzung der extremen Ferkelgewichte, kaum erreichbar. Dies beruht darauf, dass die Varianz eine Funktion des Populationsmittels ist und durch Erhöhung des Niveaus der Geburtsgewichte zum Optimum sogar ein Anstieg der Varianz zu erwarten ist. Um auch die Varianz innerhalb Wurf zu verringern, sollte die Varianz der Ferkelgeburtsgewichte innerhalb Wurf als Abweichung vom optimalen Geburtsgewicht bestimmt werden. Die Verwendung dieses Merkmals und der GAÜ in einem Index erfüllt somit die Zielsetzung der Veränderung der Geburtsgewichte zum Optimum und die Verminderung der Varianz der Geburtsgewichte innerhalb eines Wurfes.

4. Kumulative Geburtsgewichtsmerkmale

Andere Merkmale als das Wurfgewicht oder das mittlere Geburtsgewicht des Wurfs haben den bedeutenden Nachteil, dass die Variation innerhalb des Wurfs nicht betrachtet wird. Insbesondere die extrem leichten Ferkel

können durch schwere Ferkel im mittleren Wurfgewicht ausgeglichen werden. Dadurch wird die Eliminierung von leichten und schweren Ferkeln, die zu hohen Verlusten führen, wesentlich beeinträchtigt. Auch ist auf der Basis der mittleren Wurfgewichte nicht das optimale Geburtsgewicht der Population zu bestimmen und direkte-materiale Effektmodelle können nicht genutzt werden. Somit sind diese Merkmale als sehr suboptimale Merkmale anzusehen und vorzugsweise eine Erhebung des individuellen Geburtsgewichts durchgeführt werden.

5. Genetische Korrelation zwischen Geburtsgewicht und Ferkelverlusten

Aufgrund der nichtlinearen Beziehung zwischen Ferkelverlusten und Geburtsgewichten ist darauf zu achten, dass die genetische Korrelation zwischen diesen Merkmalen vorsichtig zu interpretieren ist. Denn bei der genetischen Korrelation wird angenommen, dass eine lineare Beziehung zwischen den Merkmalen besteht. Wenn eine nichtlineare Beziehung vorliegt, hängt die genetische Korrelation von dem genetischen Mittel der Population ab (KERR und CAMERON, 1996). So schätzten GRANDINSON und Mitarbeiter (2002) eine positive genetische Korrelation zwischen Totgeburten und Geburtsgewichten. Diese genetische Korrelation kann erwartet werden, wenn das Populationsmittel in dem Bereich der Risikokurve liegt, in dem die Totgeburten durch zu schwere Ferkel wieder ansteigen. Jedoch wird durch diese Korrelation der sehr viel bedeutendere Anstieg der Totgeburten mit geringem Geburtsgewicht nicht widergespiegelt. Daher sind genetische Korrelationen bei nichtlinearen Beziehungen von geringem Informationswert.

6. Schlussfolgerungen

Aufgrund der nichtlinearen Beziehung zwischen Totgeburten und Geburtsgewicht muss das Geburtsgewicht zu einem optimalen Gewicht verändert werden. Das Optimum kann durch die Gesamtüberlebenskurve (d. h. von Geburt bis zum Absetzen) bestimmt und als Selektionsziel definiert werden. Die Transformation der Geburtsgewichte zu gewichtsabhängigen Überlebensraten ist eine Möglichkeit der Selektion der Geburtsgewichte zum Optimum. Zusätzlich kann die Varianz der Geburtsgewichte innerhalb Wurf als Abweichung vom Optimalgewicht bestimmt und als weiteres Merkmal in die Selektion einbezogen werden. Demnach besteht der Index der Selektion auf Fruchtbarkeit aus den Merkmalen lebend geborene Ferkel, geburtsgewichtsabhängige Überlebensrate und Varianz der Geburtsgewichte vom Optimalgewicht. Durch die Selektion nach diesem Index werden die Ferkelverluste minimiert, die Wurfgröße maximiert und ein einheitliches Wachstum der Ferkel erzielt, so dass die Wirtschaftlichkeit der Ferkelproduktion wesentlich verbessert wird.

7. Literatur

- GRANDINSON K., M. S. LUND, L. RYDHMER und E. STRANDBERG (2002): Genetic parameters for the piglet mortality traits crushing, stillbirth and total mortality, and their relation to birth weight. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Anim. Sci.* 52: 167-173
- GRANDINSON, K., L. RYDHMER, E. STRANDBERG, und F. X. SOLANES (2003): Genetic analysis of sow body condition during lactation, and its relation to piglet survival and growth. In: *Genetic aspects of maternal ability in sows*. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden
- JOHNSON, R. K., M. K. NIELSEN und D.S. CASEY (1999): Responses in

ovulation rate, embryonal survival, and litter traits in swine to 14 generations of selection to increase litter size. *J. Anim. Sci.* 77: 541-557

KAUFMANN, D., A. HOFER, J. P. BIDANEL und N. KÜNZI (2000): Genetic parameters for individual birth and weaning weight and for litter size of Large White pigs. *J. Anim. Breed. Genet.* 117: 121-128

KERR, J. C. und N. D. CAMERON (1996) Genetic and phenotypic relationships between performance test and reproduction traits in Large White pigs. *Anim. Sci.* 62: 531-540

KNOL E. F., B. J. DUCRO, J. A.M. VAN ARENDONK und T. VAN DER LENDE (2002): Direct, maternal and nurse sow genetic effects on farrowing-, pre-weaning- and total piglet survival. *Livest. Prod. Sci.* 73: 153-164

LUND, S. M., M. PUONTI, L. RYDHMER und J. JENSEN (2002): Relationship between litter size and perinatal and preweaning survival in pigs. *Anim. Sci.* 74: 217-222

ROEHE, R. (1999): Genetic determination of individual birth weight and its association with sow productivity traits using Bayesian Analyses. *J. Anim. Sci.* 77, 330-343

ROEHE, R. und E. KALM (2000): Estimation of genetic and environmental risk factors associated with pre-weaning mortality in piglets using generalized linear mixed models. *Animal Science* 70: 227-240

ROEHE, R. (2003): Improvement of piglet survival by optimisation of piglet individual birth weight and reduction of its variation. Annual Meeting of the EAAP, Rome, Italy, paper P2.1

TÄUBERT, H., H. EDING, H. HENNE und H. SIMIANER (2003): Genetic parameters for litter traits derived from individual birth weight recordings. Annual Meeting of the EAAP, Rome, Italy, paper P2.3

Anschrift der Autoren

Dr. Rainer Röhe und Prof. Ernst Kalm
Institut für Tierzucht und Tierhaltung
Christian-Albrechts-Universität
Olshausenstr. 40
24098 Kiel

E-Mail: rroeh@tierzucht-uni-kiel.de
ekalm@tierzucht-uni-kiel.de