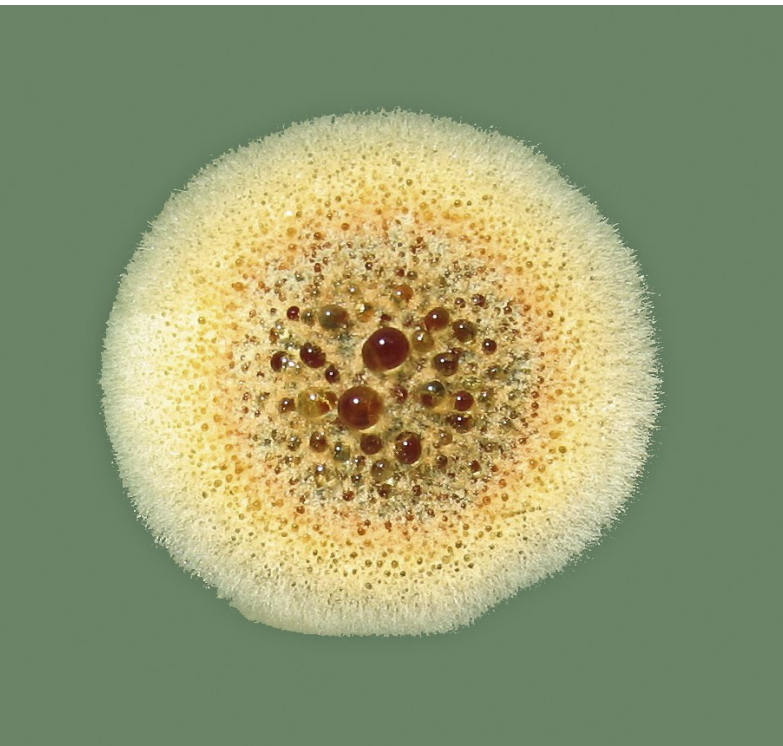


Mikrobiologische Qualität von Futtermitteln

Jean-Louis Gafner, Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, 1725 Posieux

Auskünfte: Jean-Louis Gafner, E-Mail: jean-louis.gafner@alp.admin.ch, Tel. +41 26 407 72 16



Kultivierte Schimmelpilzkolonien sind sehr ästhetisch (zum Beispiel *Penicillium chrysogenum*), aber ihre unkontrollierte Entwicklung in Futtermitteln kann unerwünschte Folgen haben. (Foto ALP-Haras)

Einleitung

Schon seit etwa 1950 beschäftigen sich Mikrobiologen mit der Frage, wie man die mikrobiologische Qualität des Tierfutters und der für Tiere bestimmten Rohstoffe noch besser beurteilen kann. Auf H.-L. Schmidt (1926–2011) aus Speyer ist u.a. der Ansatz der ökologischen Bedeutung von in diesen Futtermitteln enthaltenen Mikroorganismen zurückzuführen. Während man sich im Bereich der Lebensmittelbiologie für die Beurteilung der Qualität vor allem auf bakteriologische Kriterien konzentriert hat, erkannten die Pioniere der Mikrobiologie schon früh, dass im Bereich von Getreide und Futtermitteln bei der Auswahl der zu überprüfenden Parameter Schimmelpilze eine wichtige Rolle spielen. Nachdem es in den Aufzuchtbetrieben wiederholt zu

extrem hohen Schimmelpilzgiftkonzentrationen kam, bei denen unzählige Tiere starben, gilt es seit 1960 als gesichert, dass Schimmelpilze für die Produktion von toxischen Substanzen verantwortlich sind. Man hat erkannt, dass der Schimmelpilz *Aspergillus* die Ursache für diese Vergiftungen war, und in der Folge wurden die Aflatoxine (Wyllie *et al.* 1978) entdeckt. Seitdem waren diese hochtoxischen Substanzen, die Mykotoxine, Gegenstand zahlreicher Studien und hunderte andere Mykotoxine wurden entdeckt, isoliert und beschrieben. Der Arbeitskreis (AK) Futtermittelmikrobiologie des Verbands Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA), der auch Fachleuten aus anderen deutschsprachigen Ländern offensteht, hat schrittweise ein Konzept zur Beurteilung der Qualität von Futtermitteln auf der Grundlage des Keimgehalts entwickelt. Darüber hinaus stand auf internationaler Ebene, zunächst unter dem Dach der Internationalen Arbeitsgemeinschaft für Futtermitteluntersuchung (IAG) und später unter dem des Vereins European Feed Microbiology Organisation (EFMO – www.efmo.org), ein umfangreiches Programm für den Austausch von Informationen, Methoden und Neuigkeiten zur Verfügung. Vor allem aber bietet die EFMO die Möglichkeit der Durchführung von Ringanalysen zur Validierung eines erarbeiteten Konzepts.

«Man sollte Tieren kein verschimmeltetes Futter geben!» (Abb.1). An diese einfache Regel sollte sich jeder Halter von Nutztieren mit gesundem Menschenverstand halten. Um bei der Aufzucht optimale Ergebnisse zu erzielen und um die Gesundheit der Tiere sicherzustellen, müssen die bestmöglichen Bedingungen geschaffen werden. Dies gilt sowohl für den Umgang mit den Tieren, als auch für ihre Ernährung und die Vorbeugung von Krankheiten. Dabei hat die Futtermittelhygiene einen wesentlichen Einfluss auf die Gesundheit des Tieres und den Ertrag. Verschiedene, messbare Faktoren können jedoch so zusammenwirken, dass sie die Gesundheit beeinträchtigen.

Es ist in der Regel leicht, verdorbene Ware zu erkennen. Meist sind bereits der Geruch und das Aussehen hinreichende Indizien dafür, die Qualität des Produkts in



Abb. 1 | Probe einer Maissilage, die von verderbanzeigenden Schimmelpilzen befallenen ist. (Foto: Olivier Bloch, ALP-Haras)

Frage zu stellen. Dieser oberflächlichen Beurteilung fehlt es jedoch an Konsistenz und sie ist nicht reproduzierbar. Um reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten, benötigte man zunächst eine standardisierte, quantitative Methode zur Bestimmung des Keimgehalts, ausgedrückt in koloniebildenden Einheiten pro Gramm (KbE/g). 1981 veröffentlichten Schmidt *et al.* eine solche Methode, die seitdem zur Bestimmung der koloniebildenden Einheiten zur Verfügung steht.

Orientierungswerte

Zu dieser Zeit begannen in interessierten Kreisen auch Orientierungswerte die Runde zu machen (Orientierungswertschemata, Schmidt). Bei den Orientierungswerten handelt es sich um vertretbare Obergrenzen für die Konzentration von Schimmelpilzsporen, Hefepilzen oder aeroben mesophilen Keimen, bis zu denen die mikrobiologische Qualität des Futtermittels als normal eingestuft wird. Es wurde dann empirisch geschätzt, dass bei zufällig entnommenen Stichproben einer Population des gleichen Typs, die nicht mit Schäden in Verbindung standen, 2/3 als von guter Qualität (Qualitätsstufe I) eingestuft werden könnten. Ein Viertel der Stichproben könnte als von minderer Qualität (Qualitätsstufe II) eingestuft werden und der Rest (ungefähr 10%) als Futtermittel der Qualitätsstufe III, die verdorben, also verschimmelt sind. Mathematisch ausgedrückt entspricht der als «normal» definierte Grenzwert dem Wert des Perzentils, das 66,67% am nächsten kommt.

Mitte der 1990er Jahre war es dank erheblicher finanzieller Unterstützung durch die Futtermittelindustrie in Deutschland möglich, eine umfangreiche Studie in den deutschen Bundesländern durchzuführen, bei der mehr als 3200 Proben untersucht wurden. Daraufhin war es der Fachgruppe VI Mikrobiologie des VDLUFA möglich, eine noch umfassendere Methode zu erarbeiten. Diese Methode untersucht den Gehalt von sieben Grup-

Zusammenfassung

Die Qualität eines Futtermittels wird nicht allein durch seinen Nährstoffgehalt, die enthaltenen Rohstoffe oder die Bekömmlichkeit bestimmt. Auch sein Aussehen und seinen sensorischen Eigenschaften sind nicht allein dafür ausschlaggebend, sondern vor allem sein hygienischer Zustand.

Der vorliegende Artikel stellt eine Methode zur Bewertung der mikrobiologischen Qualität von Futtermitteln sowie deren Umsetzung in Europa, mit Schwerpunkt auf den deutschsprachigen Ländern, vor. Dabei geht er auch auf die Entwicklung der in einem Futtermittel enthaltenen Mikroorganismenpopulationen ein, von der Ernte der Rohstoffe bis hin zur Lagerung. Bestimmte Keime (Indikatorkeime) dienen bei dieser Untersuchung als Orientierung. Für diese als Indikator dienenden Mikroorganismen wurden Orientierungswerte für die am häufigsten eingesetzten Futtermittel und die am häufigsten verwendeten Rohstoffe festgelegt. Der Artikel stellt die Ergebnisse eines Kooperationsprojekts vor, welches auf Initiative der deutschen Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalten (LUFA) mit Partnern in mehreren europäischen Ländern, u.a. auch aus der Schweiz, durchgeführt wurde.

pen von im Futtermittel enthaltenen Indikatorkeimen im Detail. Ziel dieser Pilotstudie war es, Orientierungswerte für Futtermittel der wichtigsten Nutztierarten sowie für Pellets zu erhalten. Darüber hinaus wurden auch für die gängigsten Rohstoffe Orientierungswerte festgelegt. So wurden Futtermittel für Geflügel, Legehennen, Ferkel, Schweine, Kälber, Milchvieh und Rinder sowie Getreide, Ölkuchen und verschiedene Nebenprodukte getestet und die Ergebnisse anschließend statistisch ausgewertet (Bucher *et al.* 2002).

Ein mathematisches Modell, das für alle Fälle anwendbar ist, gibt es jedoch nicht. Es handelt sich bei diesen Orientierungswerten um empirische Werte, die als Orientierung für die Bewertung der mikrobiologischen Qualität dienen sollen und nicht um verbindliche Standards. Die Fachleute sollen sich bei ihrem Urteil auf diese Orientierungswerte und auf die Gesamtheit der Beobachtungen stützen, die sie bei einem Futtermittel gemacht haben.

Die Orientierungswerttabellen sind in den in der Literatur zitierten aktuell gültigen Dokumenten des VDLUFA enthalten. Sie werden regelmäßig aktualisiert und ergänzt. Sie können außerdem auf den Internetseiten von Agroscope eingesehen werden. ➤

Tab. 1 | Beispiele von Orientierungswerten (Futtermittel für Schweine)

Mikroorganismen	Mesophile aerobe Keime (Mio. KbE/g)			Schimmel- und Schwärzepilze (x 10 ³ KbE/g)			Hefen (x 10 ³ KbE/g)
	Produkttypische	Verderbanzeigende		Produkttypische	Verderbanzeigende		Produkttypische und verderbanzeigende
Gelbkeime, Pseudomonas/Enterobacteriaceae, sonstige z.B. coryneforme Bakterien	1	2	3	4	5	6	7
Bacillus, Koagulase negative Staphylokokken/Mikrokokken							
Streptomyzeten							
Schwärzepilze, Acremonium, Verticillium, Fusarium, Aureobasidium, sonstige Pilze (z.B. Trichoderma)							
Aspergillus, Penicillium, Scopulariopsis, Wallemia sebi, sonstige							
Mucorales							
Hefen (alle Gattungen)							
Mast- und Zuchtschweine (mehlförmig)	6	1	0,1	50	50	5	80
Mast- und Zuchtschweine (Pellets)	1	0,5	0,05	5	10	1	5

Die aktuell gültigen Orientierungswerte für Schweinefutter sind in Tabelle 1 angegeben.

Übersteigt der Gehalt mindestens einer dieser sieben Gruppen von Mikroorganismen den zehnfachen Orientierungswert, wird dem Futtermittel auf jeden Fall die Qualitätsstufe IV zugewiesen (Tab. 2). Dieses Futtermittel ist verdorben. Es kann nicht mehr vertrieben werden und darf nicht mehr verfüttert werden. Orientierungswert könnte z.B. der Wert sein, den die Gesetzgeber in Europa und der Schweiz in der Verordnung des EVD über die Hygiene bei der Primärproduktion wie folgt beschreiben (SR 916.020.1, Art. 2 Abs. 8):

«Futtermittel und Tränkewasser dürfen weder die Gesundheit der Tiere noch die Qualität der von ihnen stammenden Lebensmittel beeinträchtigen. Es dürfen nur saubere, hygienisch einwandfreie und unverdorbene Futtermittel verfüttert werden.»

Getreide und frisch geerntetes Gemüse ist jedoch erheblich mit – für das jeweilige Produkt – typischen Mikroorganismen belastet. In diesem Fall kann die Ware nicht

als «verdorben» eingestuft werden. Man geht aber davon aus, dass die Zuführung einer großen Anzahl von lebenden Mikroorganismen im Verdauungstrakt eines Tiers zu Beschwerden führen kann. In der Praxis ist bekannt, dass geerntetes Getreide und Heu z.B. einige Monate «reifen» müssen, bevor sie verfüttert werden können. In dieser Zeit nimmt die Keimbelastung stark ab.

Unseres Wissens ist dieser Ansatz der Bewertung der mikrobiologischen Qualität auf der Welt einzigartig. Die Bestimmung der Anzahl an Mikroorganismen, die in einem Futtermittel enthalten sind, sowie die daraus folgenden Abzüge bei der Qualität sind in der Praxis ein wertvolles Hilfsmittel. Man benötigt dafür jedoch eine Fachperson.

Die Anzahl der Mikroorganismen pro Gramm Futtermittel ist jedoch ein Maß, dass man immer ins Verhältnis setzen muss: Bei manchen Arten vermehren sich die Sporen sehr stark und können das quantitative Ergebnis gegenüber anderen Arten mit weniger Sporen oder mit Sporen, die sich langsamer entwickeln, verfälschen. Dies wird bei der Auswertung der Gruppe der Mucorales (Jochpilze), deren coenocytisches, aus Hyphen bestehendes Myzel im Verhältnis weniger Kolonien produziert als andere Schimmelpilze, berücksichtigt.

Methode

Die für diese Bewertung verwendete Methode wird in insgesamt vier Dokumenten beschrieben, die im Methodenbuch des VDLUFA zusammengefasst sind (siehe Lite-

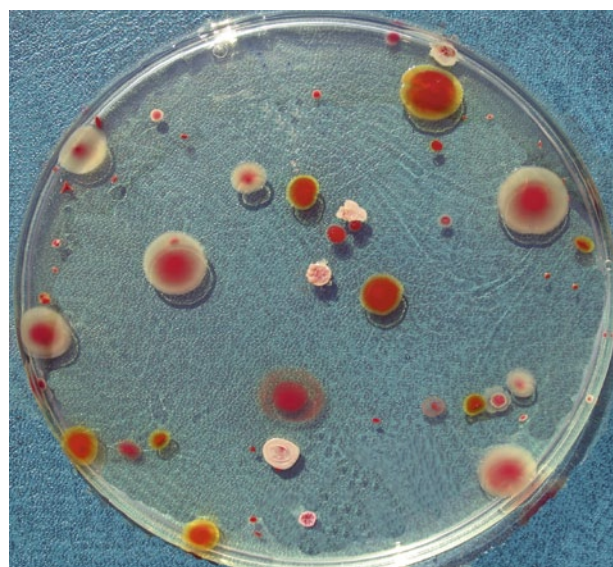


Abb. 2 | Produkttypische Bakterien (Schweinefutter der Qualität I) auf einem Trypton-Agar unter Zusatz von TTC. Die orangene Färbung bestimmter Bakterienkolonien ist auf eine Mischung der natürlichen Pigmentierung (gelb) mit dem durch Reduktion des TTC entstandenen Formazan (rot) zurückzuführen. (Foto: ALP-Haras)

Tab. 2 | Allgemeine Auslegung

Verhältnis Ermittelter Gehalt/Orientierungswert	Qualitätsstufe	Beurteilung
≤ 1x	I	Normale Qualität
>1x bis ≤ 5x	II	Geringgradig oder mässig herabgesetzte Qualität
>5x bis ≤ 10x	III	Herabgesetzte oder deutliche herabgesetzte Qualität
>10x	IV	Verschimmelt, verdorben, nicht mehr handelsfähig

raturverzeichnis). Das erste Dokument (Methode 28.1.1) enthält allgemeine Anweisungen zur Bestimmung von Keimgehalten. Das zweite Dokument beschreibt das Verfahren zur Bestimmung der Keimgehalte an Bakterien, Hefen, Schimmel- und Schwärzspilzen (Methode 28.1.2) und ein weiteres Dokument dient der Identifizierung von Bakterien, Hefen, Schimmel- und Schwärzspilzen als produkttypische oder verderbanzeigende Indikatorkeime (Methode 28.1.3). Ergänzt werden diese Dokumente durch eine Verfahrensanweisung zur mikrobiologischen Qualitätsbeurteilung (Methode 28.1.4). Zur Zählung der aeroben mesophilen Keime wird Trypton-Agar unter Zusatz von Triphenyltetrazoliumchlorid verwendet (TTC) (Abb. 2).

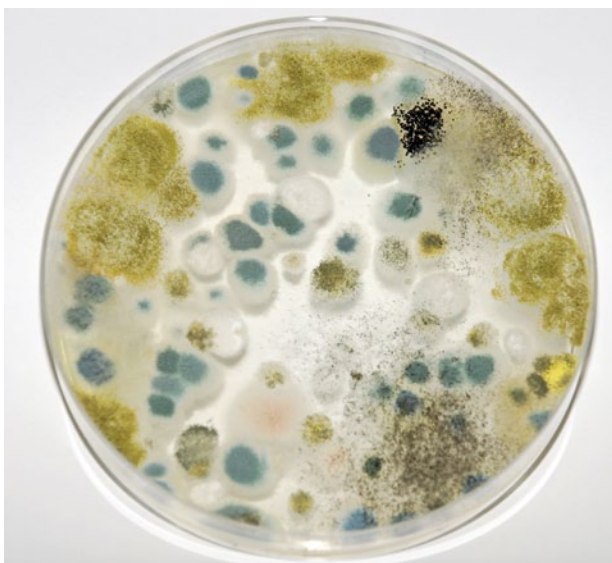


Abb. 3 | Verderbanzeigende Schimmelpilze auf DG18-Agar.
(Foto: ALP-Haras)

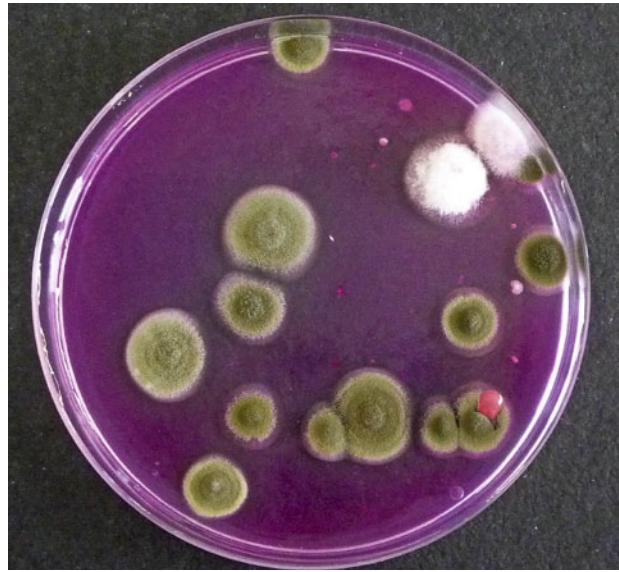


Abb. 4 | Produkttypische Schimmelpilze auf Bengalrot-Agar.
Auf diesem Nährboden können auch Hefen gezogen werden.
(Foto: ALP-Haras)

Für Schimmelpilze weicht die Methode des VDLUFA von den in ISO 21527-1 (2008) und ISO 21527-2 (2008) beschriebenen Methoden insofern ab, als sie unabhängig vom Wasseraktivitätswert (aw) der Stichprobe systematisch zwei verschiedene Nährmedien verwendet. Der ISO-Standard sieht nur ein Nährmedium vor, sofern der aw-Wert unter 0,95 liegt, was bei Mischfutter und bei Getreide nach der Ernte der Fall ist. Wir verwenden für die Untersuchung unserer Proben das gleiche Nährmedium wie der ISO-Standard, nämlich DG18-Agar (Abb. 3).

Für den Nachweis der für das Produkt typischen Schimmelpilze, wie z.B. den *Aureobasidium pullulans*, haben wir Bengalrot-Agar als Standardnährmedium beibehalten.

Die Tabelle 3 fasst die wichtigsten Gattungen von Mikroorganismen, die in den Futtermitteln gefunden wurden, zusammen (siehe VDLUFA, Methode 28.1.3):

Die Primärflora der Produkte pflanzlichen Ursprungs ist durch die Epiphyten und Saprophyten der Pflanzen geprägt. Unter den mesophilen aeroben Keimen finden sich in erster Linie produkttypische Gattungen: *Erwinia* sp (syn. *Rhanelia*) und *Enterobacter* sp (syn. *Pantoea*), *Pseudomonas* und coryneforme Bakterien. Während der Lagerung entwickeln sich im Rahmen der Entwicklung der im Futtermittel enthaltenen Mikroorganismenpopulationen schrittweise verderbanzeigende Gattungen, wie z.B. *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Bacillus*. Wenn der Verderb des Futtermittels bereits fortgeschritten ist, kommt die Gruppe der Actinobakterien (*Streptomyces*) hinzu. ➤

Tab. 3 | Zuordnung von Indikatorgruppen und deren Bedeutung (nach VDLUFA, Methode 28.1.3)

Gruppe	Bedeutung	Keimgruppen	Indikatorkeime
Mesophile aerobe Keime	Produkttypisch (Primärflora)	KG 1	Gelbkeime
			<i>Pseudomonas/Enterobacteriaceae</i>
			Sonstige produkttypische Bakterien (coryneforme Bakterien, usw.)
	Verderbanzeigend	KG 2	<i>Bacillus</i> spp.
			<i>Staphylococcus/Micrococcus</i>
		KG 3	Streptomyzeten
Schimmelpilze	Produkttypisch (Primärflora)	KG 4	Schwärzepilze
			<i>Verticillium</i> spp.
			<i>Acremonium</i> spp.
			<i>Fusarium</i> spp.
			<i>Aureobasidium</i> spp.
			Sonstige produkttypische Schimmelpilze
	Verderbanzeigend	KG 5	<i>Aspergillus</i> spp.
			<i>Penicillium</i> spp.
			<i>Scopulariopsis</i> spp.
			<i>Wallemia</i> spp.
			Sonstige Schimmelpilze
KG 6	Mucorales		
Hefen	Produkttypische und verderbanzeigende	KG 7	Alle Gattungen

Auch die Schimmelpilze folgen einander mit einer gewissen Dynamik: Es beginnt mit produkttypischen Art, wie den Schwärzepilzen (*Acremonium*, *Verticillium*), *Fusarium*, *Aureobasidium*. Diese verschwinden während der Lagerung aufgrund der nachlassenden Wasseraktivität (aw). An ihre Stelle treten die Arten, die typischerweise während der Lagerung auftreten. Bei starker Vermehrung stellen sie die Verderbniserreger dar (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Scopulariopsis*, *Wallemia*). Hinzu kommen Jochpilze und Hefen, die produkttypisch oder verderbanzeigend sein können.

Diskussion

Zum Einsatz dieser Methode muss man diese Gruppen von Indikatorkeimen, die durch klassische Kulturen auf gelatinehaltigem Nährboden nachgewiesen wurden, kennen. Dieses Wissen erlangt man durch die Anwendung in der Praxis und es wird durch die Zusammenarbeit zwischen den Laboratorien, die von dieser Option Gebrauch gemacht haben, vertieft. Für das Labor der For-

schungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP-Haras, wird diese Kooperation durch Arbeitssitzungen mit den Kollegen der deutschen LUFA, den EFMO-Kongress sowie durch die Teilnahme an Workshops zu den verschiedenen Arten von Mikroorganismen sowie durch vergleichende Arbeit im Rahmen von Ringanalysen sichergestellt. Die Methode befindet sich zurzeit in der Validierungsphase.

Das Labor von Agroscope erhält den Großteil seiner Aufträge von Betrieben, bei denen Probleme oder Schäden auftreten. Es gibt keine einfache, anerkannte und verlässliche Methode, um die Ursache für einen Schadenfall zu ermitteln. Die Untersuchungen sind häufig sekundär oder finden zu spät statt und es ist möglich, dass das verdächtige Futtermittel bereits verfüttert wurde. Darüber hinaus sind die beobachteten Symptome häufig nicht genau und die Bedingungen auf dem Betrieb sind häufig nur unvollständig bekannt. Als Beitrag zur Klärung der Ursache dieser Störungen muss die Probe, die das Labor erhält, analysiert werden. Dabei sind nicht alle Informationen verfügbar, die den Schaden erklären könnten. Diese könnte eine Fachperson vor Ort untersuchen. Das Aussehen, der Geruch und eventuell auch seine Zusammensetzung können wertvolle Auskünfte über die Qualität des Futtermittels geben. Hier kann es nützlich sein, die mikrobiologische Qualität zu kennen.

Landwirte, die prüfen möchten, ob ihre Tiere mit einwandfreiem Futter ernährt werden, bilden eine weitere Gruppe unserer Kunden.

Die amtliche Futtermittelkontrolle untersucht ebenfalls punktuell die Qualität der im Rahmen ihres Programms genommenen Futtermittelproben.

Schlussfolgerungen

Das Labor für Mikrobiologie von Agroscope Liebefeld-Posieux ALP-Haras bietet Tierhaltern, Produzenten und Importeuren von Futtermitteln, Tierärzten und andere Fachleuten, die sich mit der Gesundheit von Tieren und ihrer Ernährung beschäftigen, bewährte Dienstleistungen an.

Die Ergebnisse der Zählungen werden den Kunden vor dem Hintergrund der Orientierungswerte und der Bedeutung der ermittelten Mikroorganismen in einem detaillierten Kommentar erläutert.

Die Methode wird regelmäßig mit Hilfe von Ringanalysen auf die Probe gestellt.

Es besteht die Möglichkeit des Austauschs von analytischen Daten auf Ebene einer internationalen Organisation (EFMO). ■

Riassunto**La qualità microbiologica degli alimenti per animali**

La qualità di un alimento per animali non è definita solo dai diversi tenori in sostanze nutritive che contiene, né dalla composizione in materie prime o dalla sua digeribilità e appetibilità, dall'aspetto o dalle sue caratteristiche sensoriali, ma anche e soprattutto dal suo stato igienico.

Questo articolo presenta un metodo per valutare la qualità microbiologica degli alimenti animali la così come la sua attuazione in Europa, mettendo il baricentro sui paesi germanofoni. Egli analizza anche lo sviluppo delle popolazioni di microorganismi presenti nell'alimento, partendo dalla raccolta allo stoccaggio. In questo studio alcuni germi (indicatori) servono come riferimento. Per questi microorganismi che servono quali indicatori sono stati stabiliti valori di riferimento negli alimenti e nelle materie prime più utilizzate.

L'articolo presenta i risultati di un progetto di collaborazione che è stato avviato su iniziativa delle LUFA tedesche (Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt) con partner in diversi paesi europei, tra cui la Svizzera.

Summary**The microbiological quality of feedstuffs**

The quality of a feedstuff is not only defined by the various nutrient contents, or by its composition in terms of raw materials, or its digestibility or its palatability, nor even by its appearance or sensory characteristics, but also by its hygienic status.

This article presents a way of assessing the microbiological quality of feedstuff, as well as the history of how it became established in Europe, in particular in German-speaking countries. It describes the method used and the populations of micro-organisms present in the evolution of a feedstuff, from harvest to storage. Indicator micro-organisms act as a reference point in this assessment and orientation values were established for these indicator micro-organisms in the feedstuffs and raw materials which are used most.

The article presents the results of a joint project initiated by the German Agricultural Analytic and Research Institutes (LUFA) with partners in several European countries including Switzerland.

Key words: microbiological quality evaluation, feedstuffs, feed ingredients, aerobic mesophilic bacteria, mould, yeasts, counts, indicator micro-organisms, orientation values.

Literatur

- Wyllie T.D. & Morehouse L.G., 1978. Mycotoxin Fungi, Mycotoxins, Mycotoxicoses – An Encyclopedic Handbook. Band 1, 2 und 3, Marcel Dekker, Inc. New York.
- Schmidt, H.-L. et al., 1981. Keimgehaltbestimmung von Bakterien, Schimmelpilzen und Hefen in Futtermitteln. Nährböden und Methodik. *Landwirtschaftliche Forschung* 34 (4).
- Bucher E. et al. Orientierungswertschema zur Auswertung der Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen zwecks Beurteilung von Futtermitteln nach § 7 Futtermittelgesetz. Interne Veröffentlichung der Arbeitsgruppe «Futtermittelmikrobiologie» der Fachgruppe VI (Futtermittel) des VDLUFA (2002).
- Methode 28.1.1 Allgemeine Verfahrensanweisung zur Bestimmung von Keimgehalten mittels fester Nährmedien, VDLUFA Methodenbuch 2007.
- Methode 28.1.2 Bestimmung der Keimgehalte an Bakterien, Hefen, Schimmel- und Schwärzepilzen, VDLUFA Methodenbuch 2007.
- Methode 28.1.3 Verfahrensanweisung zur Identifizierung von Bakterien, Hefen, Schimmel- und Schwärzepilzen als produkttypische oder verderb-anzeigende Indikatorkeime, VDLUFA Methodenbuch 2007.
- Methode 28.1.4 Verfahrensanweisung zur mikrobiologischen Qualitätsbeurteilung, VDLUFA Methodenbuch 2007.
- ISO 21527 – 1:2008 Horizontales Verfahren zur Zählung von Hefen und Schimmelpilzen - Koloniezähltechnik - Teil 1: Erzeugnisse mit einer Wasseraktivität höher als 0,95
- ISO 21527 – 2:2008 Horizontales Verfahren zur Zählung von Hefen und Schimmelpilzen - Koloniezähltechnik - Teil 2: Erzeugnisse mit einer Wasseraktivität gleich oder kleiner als 0,95
- Unbekannter Verfasser: Orientierungswerte auf der Internetseite von Agroscope ALP-Haras. Zugang: <http://www.agroscope.admin.ch/org/00274/01914/05275/index.html?lang=de>.