



„Hygiene in Flüssigfütterungsanlagen“

Prof. Dr. Matthias Nagel

HOCHSCHULE BREMERHAVEN
Institut für Angewandte Mikrobiologie und Biotechnologie

1. EINLEITUNG

Die Flüssigfütterung von Schweinen findet in Deutschland und anderen europäischen Ländern eine signifikante Anwendung. Einer der Vorteile dieser Fütterungstechnik ist die große Flexibilität hinsichtlich des Einsatzes verschiedenster Futterkomponenten (RUSSELL et al. 1996). Tatsächlich variiert die Zusammensetzung von Flüssigfutter – häufig durch regionale Gegebenheiten bedingt – ganz erheblich. Diese Tatsache erschwert die Beurteilung diverser Flüssigfütterungen bezüglich der vergleichenden Einschätzung tierischer Leistungen oder möglicher Fehlerquellen. Die Zusammensetzung flüssiger Futtermittel reicht von der ausschließlichen Verwendung von Fertigfutter, welches mit Wasser oder flüssigen Nebenprodukten angemischt wird, bis zum vorwiegenden Einsatz von Nebenprodukten, die wiederum deutliche Qualitätsschwankungen aufweisen können (SCHOLTEN et al. 1998, BROOKS 1999, BROOKS et al. 1999). Der großen Variabilität hinsichtlich der Futterzusammensetzung steht eine breite Vielfalt an Anlagentechnik gegenüber. Neben herkömmlichen Anlagen, die den Tieren mehrfach täglich Futter zur Verfügung stellen, setzt sich zunehmend die Sensorfütterung durch, wodurch die Schweine einen permanenten Zugang zum Futter haben. Bei den Anlagen können wiederum folgende signifikante Parameter variieren:

Behandlung von Restfutter in den Leitungen

In den meisten Fällen wird das Restfutter aus den Leitungen entfernt. Dieses kann mit Wasser oder Luft erfolgen. Die mechanische Reinigung mittels Gummipropfen (Molch) findet gelegentlich ebenfalls Anwendung. In einigen Anlagen verbleibt das Futter jedoch auch in den Leitungen. Bei der Entfernung des Futters mit Wasser wird das entstehende Spülwasser mit ca. 2-5 % Trockenmasse entweder in Auslage-

rungsbehälter gepumpt und anschließend für den Ansatz nachfolgender Futter-Rationen eingesetzt oder direkt in den Anmischbottich zurückgeführt.

Anmischbottich

Die Anmischbottiche unterscheiden sich hinsichtlich des Materials. Neben Kunststoff (GfK) werden auch beschichtetes Metall oder Edelstahl eingesetzt. Eine weitere wichtige Unterscheidung erfolgt zwischen offenen und geschlossenen Versionen. Auch die Zugänglichkeit (Größe und Art der Öffnung, Beleuchtung) sowie die Art der Flüssigkeits- und Feststoff-Zufuhr sind sehr unterschiedlich und können den hygienischen Zustand des Bottichs und des angemischten Futters erheblich beeinflussen. Auch die Art der Wasserzufuhr sowie möglicherweise vorhandene Sprühsysteme zur Reinigung des Behälters sind sehr unterschiedlich ausgelegt.

Leitungen

Die Leitungssysteme unterscheiden sich vorwiegend im Hinblick auf die Länge. Ein weiterer entscheidender Unterschied ist der Neigungswinkel der Zuleitungen zu den Trögen sowie die Auslegung der Fallrohre (gerade auslaufend oder mit Y-Stück über dem Trog, Art der Befestigungen etc.).

Trog

Die Tröge unterscheiden sich bezüglich des verwendeten Materials (z. B. Steingut, Beton, Edelstahl), der Länge, der Geometrie sowie der baulichen Anordnung im Stall.

Lagertanks

Möglicherweise vorhandene Lagertanks für Nebenprodukte unterscheiden sich vorwiegend hinsichtlich der Größe, des verwendeten Materials und des Standortes (Innen-, Außen-, Erd-Tank).

Neben dem reibungslosen Betrieb sehr weniger Anlagen über einen langen Zeitraum wurden in der Vergangenheit immer wieder Probleme bei der Flüssigfütterung beschrieben. Die weitgehend übereinstimmenden Schilderungen dieser Probleme beinhalten, dass zunächst nach Installation einer Anlage gute Mastleistungen erzielt

werden. Innerhalb von Wochen bis Monaten erfolgt dann jedoch ein Rückgang der Leistungen. Dieses äußert sich in verringerter Futtermittelaufnahme, abnehmender Tageszunahme sowie erhöhten Krankheits- oder Todesraten. Zur Behebung dieser Probleme kommen dann meistens organische Säuren (z. B. Propion- und/oder Ameisensäure) zum Einsatz, wodurch es zunächst für eine kurze Zeit zur Verbesserung der Leistungen kommt. Nach einem erneuten Abfall der Leistungen werden wieder Säuren – häufig in erhöhter Dosierung – zugesetzt, wodurch es nochmals zu einer Verbesserung kommt. Diese Prozedur kann mehrfach wiederholt werden, bis es schließlich zu einem permanent schlechten Leistungsstand kommt. Dieser Zustand kann dann mit den bisher verfügbaren Mitteln nicht mehr signifikant beeinflusst werden. Die optischen Eindrücke, Geruchsabweichungen und die Symptome bei den Tieren deuteten immer wieder darauf hin, dass die Aktivität von Mikroorganismen für einen Großteil der Probleme in der Flüssigfütterung möglicherweise eine entscheidende Rolle spielt (NAGEL 1997 und 1998, LINDERMAYER & PROPSTMEIER 1999). Diese offenbar allgemeingültige Situation war der Anlass für umfassende mikrobiologische Untersuchungen, um die Ursache für derartige Effekte im Flüssigfutter festzustellen.

2. ART UND HERKUNFT DER MIKROORGANISMEN

Da alle Flüssigfutter unkontrolliert der Umwelt ausgesetzt sind, war zu erwarten, dass ein entsprechend breites Spektrum an Mikroorganismen in diesen Futtermitteln auftritt. Um ein mögliches Werkzeug zur Erkennung von Fehlern und zur analytischen Beurteilung von Flüssigfutter zur Verfügung zu haben, erfolgte daher zunächst die Suche nach verschiedensten Mikroorganismen-Gruppen mit üblichen mikrobiologischen Labormethoden. Zur Einschätzung der Gesamtbelastung an Bakterien wurde die aerobe mesophile Koloniezahl (häufig auch als „Gesamtkeimzahl“ bezeichnet) bestimmt. Hierbei werden alle vermehrungsfähigen Bakterien erfasst, die an der Luft bei 30 °C auf einem bestimmten Komplexnährboden zu Kolonien heranwachsen können.

Als weiterer Parameter wurde die Konzentration an Enterobacteriaceen (= „Darmbakterien“) ermittelt. Bei diesen Mikroorganismen handelt es sich nicht nur um Bewohner des Darms, sondern eine Vielzahl dieser Organismen kommt auch natürlicherweise im Boden vor. Diese typischen Bodenbakterien zeichnen sich im allgemeinen durch ein gutes Wachstum auch bei mäßigen Temperaturen (bis ca. 4 °C) aus und besitzen häufig die Fähigkeit zum Abbau von Protein und anderen polymeren Naturstoffen. Potentielle Krankheitserreger sind unter den Boden-Enterobacteriaceen jedoch selten und wurden im Flüssigfutter nur in Ausnahmefällen nachgewiesen. Auf Grund des Lebensraums werden die meisten Enterobacteriaceen über Getreide-Körner mit anhaftenden Bodenpartikeln in das Flüssigfutter eingetragen.

Als weiterer Nachweis hat sich die Quantifizierung von Hefen als sinnvoll erwiesen. Diese Mikroorganismen werden häufig in Nebenprodukten (z. B. einigen Molke-Partien) oder in silierten Komponenten (z. B. CCM) gefunden. Die Organismen wachsen bevorzugt an der Luft, können jedoch auch unter anaeroben Bedingungen (Sauerstoff-Abschluss) gären. Als Stoffwechselprodukt tritt dabei hauptsächlich Gas (CO₂) auf. Besonders ausgeprägt ist diese Stoffwechselaktivität bei der Anwesenheit leicht verwertbarer Substrate (z. B. niedermolekulare Zucker wie Glucose, Fructose, Saccharose).

Auch der Nachweis von Schimmel kann in begrenztem Umfang zur Bewertung von Flüssigfutter herangezogen werden. Als Quelle für den Eintrag haben sich – wie bei den Enterobacteriaceen auch – Getreide-Körner erwiesen. Weitere Eintragsquellen können beispielsweise verschimmelte CCM-Annahmen, Förderschnecken sowie schimmelhaltige Nebenprodukte sein. Zum Wachstum benötigen die meisten Schimmelpilze ausreichend Sauerstoff, so dass eine signifikante Vermehrung nur an Kontaktflächen zur Luft erfolgt (z. B. Bottich-Deckel).

Den Hauptanteil der Mikroorganismen im Flüssigfutter machen jedoch die Milchsäurebakterien aus (> 90 % der Bakterien). Bedingt durch den sauren pH-Wert (ca. pH 3,8-6,5) und die weitgehend anaeroben Verhältnisse in der Futtersuppe haben diese Bakterien gute Wachstumsbedingungen. Voraussetzung für ein gutes Wachstum ist

jedoch die obligatorische Anwesenheit niedermolekularer Zucker (z. B. Fructose, Glucose, Saccharose). Diese Substrate können einerseits durch diverse Komponenten in das Futter gelangen. Sie können jedoch andererseits auch durch die Stoffwechselaktivität begleitender anderer Mikroorganismen (z. B. durch Abbau von Stärke) erst im Futter gebildet werden. Polymere Substanzen wie Stärke werden nur selten durch einige spezialisierte Milchsäurebakterien-Species angegriffen (z. B. *Lactobacillus amylophilus*, *L. amylovorus*, *L. manihotivorans*). Der Eintrag in das Futtermittel erfolgt aus der Natur über silierte Produkte (z. B. CCM), über diverse Nebenprodukte und sicherlich auch aus der Stallumgebung.

Es ist zu vermuten, dass viele Bakterien in Biofilme eingeschlossen über lange Zeit in den Bottichen und Leitungssystemen verweilen, so dass sich eine „Hausflora“ in einer Fütterungsanlage etabliert. Für diese Vermutung ließen sich durch Laboruntersuchungen Hinweise erhalten (z. B. Nachweis einer typischen CCM-Flora auch noch mehrere Jahre nach dem Absetzen von CCM!). Auch die Sedimentation von Futterbestandteilen in Leitungen und die Verwendung unzugänglicher Auslagebehälter für Spülwasser führt dazu, dass bereits vorhandene Mikroorganismen permanent immer wieder in der Fütterungsanlage verteilt werden. Beispiele für typische Mikroorganismen-Spektren in Abhängigkeit von der Futterzusammensetzung zeigt Tab. 1. Ein vorläufiges Schema zur Bewertung der mikrobiologischen Werte ist in Tab. 2 dargestellt.

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass sich die mikrobiologische Untersuchung von Flüssigfutter noch nicht flächendeckend etabliert hat. Daraus ergibt sich, dass noch keine erprobten und sinnvollen Untersuchungsmethoden für alle Labors zur Verfügung stehen. Somit ist derzeit keine direkte Vergleichbarkeit der mikrobiologischen Ergebnisse aus verschiedenen Labors gegeben. Eine Interpretation eines Untersuchungsergebnisses ohne genaue Kenntnis der Methode ist daher nicht möglich!

3. AUSWIRKUNGEN DER MIKROORGANISMEN

Flüssigfutter ist nicht nur ein gutes Tierfutter, sondern stellt auch einen optimalen Nährboden für die meisten Mikroorganismen dar. Ab einer signifikanten Bakterienkonzentration von ca. 10^5 KBE/ml ist somit davon auszugehen, dass in einem relevanten Zeitbereich von etwa 24 h eine deutliche Abnahme leicht verwertbarer Substrate (Zucker, Aminosäuren etc.) beobachtet werden kann. Der Verlust einzelner essentieller Futterbestandteile kann daher zu einer deutlichen Verringerung der Mastleistung führen. Als Beispiel ist hier der Verlust an Lysin zu nennen. In mehreren Anlagen wurde beobachtet, dass aus dem Fallrohr über dem Trog entnommenes Futter nur noch ca. 50 % des theoretischen Lysin-Gehaltes von etwa 1 % besaß. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese Beobachtung neben dem mikrobiologischen Abbau in der Fütterungsanlage auch noch verschiedene andere Ursachen haben könnte (z. B. Ungenauigkeiten beim Dosieren, unsachgemäße Behandlung der Proben bei Transport oder Lagerung).

Neben dem Verbrauch essentieller Substrate kann natürlich auch die Bildung mikrobieller Stoffwechselprodukte negative Effekte im Stall hervorrufen (Tab. 3). Besonderes Augenmerk ist in diesem Zusammenhang auf die hauptsächlich vorkommenden Milchsäurebakterien zu legen. Diese bilden bei der Vergärung einfacher Kohlenhydrate entweder reine Milchsäure (homofermentativ) oder eine Mischung aus verschiedenen Produkten (Milchsäure, Essigsäure, Ethanol, CO_2) (heterofermentativ). Diese Stoffwechselprodukte sind zunächst als positiv anzusehen, da sie durch pH-Wert-Senkung eine Vielzahl weiterer Mikroorganismen im Wachstum hemmen sowie die Verdaulichkeit und Schmackhaftigkeit des Futters verbessern können. Negativ könnte sich die D(-)-Milchsäure auswirken, die genau wie die L(+)-Milchsäure von den Tieren resorbiert wird, jedoch nicht verstoffwechselt werden kann. Die D-Milchsäure wird somit nicht als Energiequelle von den Tieren genutzt. In der Praxis treten bei Anwesenheit einer natürlichen Mischflora beide Milchsäure-Varianten in etwa gleichem Verhältnis auf.

Da die Verfügbarkeit von niedermolekularen Kohlenhydraten in den meisten Flüssigfuttern jedoch limitiert ist, werden von den Milchsäurebakterien dann freie Aminosäuren als Substrat mit der nächsten Priorität angegriffen. Deren Abbau erfolgt jedoch im allgemeinen nur partiell unter Abspaltung der Carboxyl-Gruppe als CO_2 , so dass als Endprodukte biogene Amine entstehen (HALASZ et al. 1994). Einige dieser Ami-

ne können durch ihren unangenehmen Geruch die Futteraufnahme negativ beeinflussen. Andere Amine, vor allem Histamin und Tyramin, besitzen eine pharmakologische Wirkung und beeinflussen das Herz-Kreislauf-System. Dieses kann zu Appetitlosigkeit oder Unruhezuständen und anderen Symptomen führen. In extremen Fällen sind auch Todesfälle durch Histamin nicht auszuschließen (AHRENS 2003). Dabei sind bei einem schlechten Gesundheitszustand eines Tieres bereits 60 mg reines Histamin für eine tödliche Dosis ausreichend. Gesunde Tiere zeigten dagegen selbst bei Aufnahme von 600 mg Histamin noch keine Symptome einer Intoxikation (AHRENS 2003). Eigene Untersuchungen mit einem adaptierten immunologischen Testsystem (ELISA) zum Nachweis von Histamin zeigten sehr unterschiedliche Konzentrationen dieses Amins in diversen Flüssigfuttern (1 bis > 100 mg/kg). Neben der Durchführung des direkten Nachweises von biogenen Aminen, der relativ teuer ist, wurden und werden derzeit einfache und praxistaugliche mikrobiologische Tests entwickelt, um die Konzentration aminosäureabbauender Bakterien im Flüssigfutter zu bestimmen. Derzeit sind verschiedene Tests für die Quantifizierung von Histidin-, Lysin- und Tyrosin-Abbauern bereits verfügbar.

Konzentrationen an Hefen ab ca. 10^7 KBE/ml führen zu ausgeprägter Gasbildung im Futter. Die Aufnahme eines solchen Futters führt zu einem manchmal erheblichen Gas-Eintrag in den Magen-Darm-Trakt der Schweine. Dieses kann sich in Verringerung oder Verweigerung der Futteraufnahme sowie in Nervosität und Aggressivität äußern. In extremen Fällen kann auch der Tod der Tiere nach Verdrehen des Darpakets und dadurch hervorgerufenem inneren Verbluten nicht ausgeschlossen werden. Nachteilig ist bei der Anwesenheit hoher Hefezahlen, dass diese Tatsache häufig nicht rechtzeitig erkannt bzw. als unwichtig eingestuft wird, die Symptome bei den Tieren nicht richtig gedeutet werden und Gegenmaßnahmen nach Aufnahme stark gasenden Futters kaum noch ergriffen werden können. Starke Gasbildung in Fütterungsanlagen führt weiterhin zu erheblichen Dosierungenauigkeiten.

Die Vermehrung der Enterobacteriaceen ist in den meisten Flüssigfuttern wahrscheinlich von untergeordneter Bedeutung, da ihr Wachstum bei pH-Werten von kleiner ca. 5,0 signifikant unterdrückt wird. Probleme können durch Proteinabbau und dadurch entstehende Bitterpeptide sowie ebenfalls durch die Bildung biogener

Amine entstehen, wenn Enterobacteriaceen in relativ hohen Konzentrationen in das Flüssigfutter eingetragen wurden, auch ohne die anschließende Vermehrung dieser Bakterien. Durch die Stoffwechselaktivität der in hoher Konzentration vorhandenen Enterobacteriaceen kann auch eine permanente Anhebung des pH-Wertes erfolgen (z. B. Ammoniak-Bildung bei Protein-Abbau), was grundsätzlich als sehr negativ anzusehen ist. Weiterhin ist bei pH-Werten deutlich oberhalb 5,0 das Überleben und die Vermehrung auch pathogener Arten (z. B. Salmonellen) nicht völlig auszuschließen. Während des Verbleibs von Futtermittelresten in Teilen der Anlage über einen längeren Zeitraum (Wochen bis Monate, manchmal sogar Jahre) kann es zu weiteren ausgeprägten Verderbsprozessen kommen. Im Zuge dieses unkontrollierten Abbaus der Futterbestandteile durch Enterobacteriaceen oder andere Mikroorganismen können auch Ammoniak, Schwefelwasserstoff und viele andere unangenehm schmeckende und riechende Produkte gebildet werden. Diese führen zu einem signifikanten Rückgang der Futteraufnahme und möglicherweise zu gesundheitlichen Problemen (z. B. Schwächung der Infektionsabwehr).

Das Vorkommen von Schimmelpilzen im Flüssigfutter ist wahrscheinlich von untergeordneter Bedeutung, da ihr Wachstum in den meisten Fällen durch die Begleitflora und die suboptimale Sauerstoffversorgung deutlich gehemmt ist. Die Bildung von Mycotoxinen (DON, Zearalenon etc.) im Flüssigfutter selbst ist somit äußerst unwahrscheinlich. Die bisher nachweislich durch Mycotoxine hervorgerufenen Probleme im Flüssigfutter wurden durch die Verwendung kontaminierter Getreide oder anderer Futterkomponenten verursacht. Neben ackerbaulichen Maßnahmen gilt es eine entsprechende Konservierung oder andere schimmelhemmende Maßnahmen im Vorfeld der Verfütterung vorzunehmen. Die Anwesenheit hoher Schimmelkonzentrationen kann möglicherweise auch zu allergischen Reaktionen sowie zu erheblichen geschmacklichen Beeinträchtigungen des Futters führen.

4. MAßNAHMEN ZUR MINIMIERUNG NEGATIVER AUSWIRKUNGEN

Ältere Anlagen führen häufig zu einem deutlichen Rückgang der Futteraufnahme durch die Anwesenheit stark verdorbener Futterreste. Dieses ist besonders dann der

Fall, wenn CCM oder diverse Nebenprodukte über eine längere Zeit gefüttert wurden und keine oder nur eine ungenügende Reinigung der Anlage erfolgte. Besonders ausgeprägt ist diese Erscheinung bei der Verwendung eines unzugänglichen, völlig geschlossenen Auslagerungsbehälters für Spülwasser. Derartige Anlagen sollten daher unbedingt einer ausgiebigen Grundreinigung unterzogen werden, um verdorbene Futterrückstände zu entfernen. Hierzu bietet sich die chemische Reinigung mit Natronlauge an. Spülwasser-Behälter müssen unbedingt frei zugänglich in der Futterküche aufgestellt werden und große Öffnungen besitzen. Falls möglich, sollte ganz auf separate ausgelagerte Spülwasser-Bottiche verzichtet werden.

Probleme, die durch die Gasbildung nach dem Eintrag von Hefen bedingt sind, können im allgemeinen nur dauerhaft durch eine Kontrolle der Eintragsquelle für diese Mikroorganismen gelöst werden. Für eine akute, jedoch ausschließlich kurzfristige Unterdrückung der Hefeaktivität kann der Einsatz organischer Säuren manchmal hilfreich sein. Generell führt jedoch die längerfristige Anwendung von Säuren zu einer fortschreitenden Einengung des Mikrobiomenspektrums, wobei es zu einer Selektion zunehmend säuretolanterer Stämme kommt. Diese Organismen sind dann auch mit hohen Säurekonzentrationen, wie sie von den Tieren gerade noch toleriert werden, nicht mehr zu bekämpfen.

Die Unterdrückung des Wachstums von Enterobacteriaceen kann durch eine Absenkung des pH-Wertes im Flüssigfutter auf unter 5,0 erreicht werden. Eine entsprechende Säuerung wird bei dem Einsatz von CCM oder diversen Nebenprodukten immer erreicht. Probleme bilden jedoch häufig Fertigfutter, die direkt nach dem Anmischen manchmal pH-Werte von bis zu 6,8 besitzen können. In diesen Fällen empfiehlt sich der Einsatz von Säuren oder als bessere Variante das Anmischen mit sauren Flüssigprodukten wie Molke, Restmilch etc.

Ein großes Problem stellt der unkontrollierte Verderb diverser Nebenprodukte während der Lagerung auf dem Hof oder manchmal sogar schon während der Lagerung beim Lieferanten dar. Dieses kann zu unangenehmen Gerüchen sowie zur Entwicklung unerwünschter Mikroorganismen führen. Die Lagerung entsprechender Futterkomponenten sollte daher bei möglichst geringen Temperaturen (z. B. Molke in Erd-

tanks) und in möglichst sauberen Tanks erfolgen. Die Lagerung von Nebenproduktmischungen ist generell nicht anzuraten, da dieses erfahrungsgemäß zu einer rasanten Aktivität von Mikroorganismen führt (z. B. Gasbildung, Geruchsabweichungen).

Weiterhin besteht die Möglichkeit, den Verderb von Futterkomponenten und die Entwicklung unerwünschter Mikroorganismen durch den gezielten Zusatz ausgewählter Milchsäurebakterien-Reinkulturen zu unterdrücken (RÖPKE 1998, SCHOLTEN et al. 1999). Erste Erfahrungen liegen mit der Lagerstabilisierung von Restmilch durch Zusatz von *Pediococcus acidilactici* (Handelsnamen z. B. „Bactocell PA“ oder „BGW“) vor. Neuere Versuche von Landwirten haben ebenfalls günstige Effekte bei Zusatz von *Pediococcus acidilactici* während der Vormischung von CCM gezeigt. Der gleichzeitige Einsatz der Starterkulturen in Kombination mit einer regelmäßigen Anlagenreinigung führte nach Einschätzung der Landwirte zu einer besseren Futteraufnahme, zu besseren Tageszunahmen sowie zu einem verbesserten Gesundheitsstatus der Tiere. Gleichzeitig wurde beschrieben, dass durch den gezielten Zusatz von Bakterien zum CCM eine Verlängerung der Reinigungsintervalle erreicht werden konnte. Ausgiebige Untersuchungen haben bisher keine signifikante Neigung zu negativen Eigenschaften des homofermentativen und möglicherweise probiotischen Milchsäurebakteriums *Pediococcus acidilactici* (GARVIE 1986, FITZSIMONS et al. 1995, RAY 1995, GEARY et al. 1999) gezeigt. Auch der direkte Einsatz entsprechender „Starterkulturen“ im Anmischbottich ist denkbar, um durch einen Verdrängungseffekt die Fütterungsanlage mit einer neuen „Hausflora“ zu beimpfen. Eigene Erfahrungen und Ergebnisse aus der Literatur zeigen jedoch, dass der Einsatz „probiotischer“ Bakterien permanent und keinesfalls in zu geringer Dosierung erfolgen muss, um günstige Effekte auf die Tiere beobachten zu können (JONSSON & CONWAY 1992, ECKEL & HOLL 1998, NAGEL 1999). Die Anwendung anderer, derzeit futtermittelrechtlich zugelassener Mikroorganismen für die Stabilisierung von Flüssigfutter bzw. Nebenprodukten ist nicht zu empfehlen, da diese Organismen eine ausgeprägte Stoffwechselvielfalt besitzen. Dieses führt zu nicht überschaubaren Stoffwechselprodukten und somit in vielen Fällen sicherlich auch zu einem Verderb des Futters. Außerdem ist nicht auszuschließen, dass einige der derzeit zugelassenen Bakterien sogar potentiell pathogen für Mensch und Tier sein können (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2000, GARDINER et al. 2002). Dieses pathogene Potential

könnte sich negativ auswirken, falls man im Flüssigfutter oder in Nebenprodukten eine signifikante Vermehrung dieser Kulturen forciert. In diesem Zusammenhang muss betont werden, dass die Verwendung der zugelassenen Kulturen bezüglich des eigentlichen Einsatzzwecks, nämlich der direkten Verfütterung an Tiere ohne eine Entfaltung signifikanter Stoffwechselaktivitäten außerhalb des Magen-Darm-Traktes, vom Einsatz im Flüssigfutter deutlich abzugrenzen ist. Eigene Forschungen sollen die Praktikabilität der gezielten Verwendung definierter Milchsäurebakterien belegen und würden somit die bisher in der Literatur beschriebenen Erfahrungen bestätigen (CLOSE 2000, VAN WINSEN et al. 2001, BROOKS 2003). Die Unterdrückung schädlicher Futterkeime sowie die Auswirkungen auf die Mastleistungen sollen untersucht werden (NAGEL 1999).

Hinsichtlich des Verderbs von Molke muss davon ausgegangen werden, dass sich die Verfahren zur Käseherstellung in den letzten Jahren erheblich verändert haben. Dieses beinhaltet z. B. den zunehmenden Einsatz der Ultrafiltration zur Rückhaltung von Proteinen und Peptiden im Käse. Die ablaufende Molke ist somit an diesen Substanzen erheblich verarmt. Seit kurzem ist jedoch bekannt, dass gerade die Verfügbarkeit von Aminosäuren und Peptiden das Wachstum von Milchsäurebakterien vollständig limitieren kann (JUILLARD et al. 1995, FLAMBARD et al. 1998, JUILLARD et al. 1998). Somit wäre die in den letzten Jahren gerade im Bereich der Kälber-Fütterung zunehmend häufiger beobachtete „Verschlechterung“ der Molke-Qualität zu erklären. Tatsächlich wurde in eigenen Untersuchungen gezeigt, dass sich eine „schlechte“ Molke-Partie, die bei Kälbern innerhalb kurzer Zeit zu Durchfall führte, einen um ca. 0,5 Einheiten höheren pH-Wert als die vorherige „gute“ Molke-Lieferung aufwies. Gleichzeitig wurde ein um den Faktor 100 erhöhter Gehalt der schlechteren Molke an Enterobacteriaceen beobachtet. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die frisch aus der Käseproduktion stammende Molke auf dem Weg zu den Tieren eine signifikante Veränderung hinsichtlich der mikrobiologischen Zusammensetzung erfährt. Daraus resultiert gleichzeitig eine veränderte Zusammensetzung der Inhaltsstoffe, da die wachsenden Mikroorganismen Substrate verwerten und Stoffwechselprodukte ausscheiden. Dieses wird am deutlichsten in der Veränderung des pH-Wertes sichtbar.

Generell ist zu empfehlen, eine ausgeprägte Anlagenhygiene zu etablieren, was mittlerweile von einigen Anlagenbauern durch konstruktive Maßnahmen (Sprühdüsen für Wasser und/oder Säure, UV-Lampen, automatische Deckelöffnung etc.) unterstützt wird. Ein entsprechender Hygieneplan sollte mindestens die regelmäßige Reinigung (wöchentlich) von Bottichen und Trögen beinhalten. Zu empfehlen ist weiterhin, den Anmischbottich nach jedem Fütterungsvorgang zu entleeren und durch eine Belüftung das Abtrocknen zu gewährleisten. Mindestens sollten jedoch täglich die noch locker sitzenden Futterreste aus dem Bottich mit einem Schlauch entfernt werden. Auch automatische, funktionstüchtige Sprühsysteme sind mittlerweile von diversen Herstellern erhältlich. Diese erleichtern das häufige Entfernen frischer Futterreste und das regelmäßige Reinigen mit Säuren, Laugen oder Reinigungsmitteln. Für eine Grundreinigung hat sich der Einsatz von Natronlauge in Konzentrationen zwischen 1 und 5 % bewährt. Hierbei ist zu beachten, dass eine mehrstündige Einwirkzeit erforderlich ist, da die Lauge chemisch mit den organischen Resten in der Anlage reagieren muss. Sowohl die Lauge als auch das anschließend verwendete Spülwasser dürfen natürlich keinesfalls an die Tiere gelangen! Gelegentlich hat auch der wechselnde Einsatz von Lauge und Säure – wie er im Molkereibereich schon lange praktiziert wird – gute Erfolge bei der Grundreinigung von Fütterungsanlagen gezeigt. Die Häufigkeit, mit der eine Grundreinigung zu wiederholen ist, hängt sehr stark von den örtlichen Gegebenheiten ab. Bisherige Erfahrungen zeigen, dass je nach Situation ein Reinigungsabstand von 6 Wochen bis 1 Jahr sinnvoll ist. Dabei ist fast immer ein signifikanter Anstieg der Futteraufnahme nach einer solchen Reinigung zu beobachten. Ein genauer und optimierter Reinigungs- und Hygieneplan muss jedoch – möglichst in Zusammenarbeit mit Tierarzt, Futtermittel-Lieferant und Ringberater – in jedem Einzelfall gesondert erstellt werden. Nach erfolgter Grundreinigung kann der Zusatz geeigneter Milchsäurebakterien zum Futter sinnvoll sein, die mittlerweile aus diversen Quellen kommerziell erhältlich sind.

Im Zusammenhang mit der Verwendung von Lauge sollte auf die Sicherheitsrisiken im Umgang damit hingewiesen werden. Beim Ansetzen der Lauge muss zunächst immer das Wasser vorgelegt werden. Dann erst erfolgt die Zugabe der Hydroxid-Plätzchen unter Rühren (Vorsicht: Die Lösung kann sich dabei stark erwärmen!). Vorsichtshalber sollte beim Umgang mit Laugen immer Schutzkleidung und Schutz-

brille getragen werden. Bei Kontakt von Lauge mit der Körperoberfläche muss sofort ausgiebig mit Wasser und Seife gewaschen werden.

5. AUSBLICK

Die systematischen Untersuchungen zu den mikrobiologischen Prozessen im Flüssigfutter stehen gerade erst am Anfang. Bedingt durch die Komplexität der Flüssigfütterungsproblematik werden weitergehende Untersuchungen sicherlich noch viele Jahre in Anspruch nehmen. Empfehlungen, die bisher für die Handhabung von Flüssigfutter oder den Betrieb von Fütterungsanlagen gegeben werden, können daher nur vorläufig sein und werden sich mit zunehmender Erfahrung in der Praxis und mit weitergehenden Laborergebnissen sicherlich noch ändern bzw. ergänzt werden. Das wird allen mit dieser Problematik konfrontierten Personengruppen einen permanenten weiteren Einsatz abverlangen und erfordert in vielen Fällen sicherlich auch ein erhebliches Umdenken, stellt aber auch für viele weitere Jahre eine große Herausforderung dar.

Die Optimierung der Flüssigfütterung und die Kalkulierbarkeit tierischer Leistungen setzt eine Vielzahl an Maßnahmen und Veränderungen voraus. Dazu zählt sicherlich die kostengünstige, schnelle und vor allem aussagefähige analytische Bewertung von fertigem Flüssigfutter und dessen einzelnen Komponenten. Dabei sind natürlich nicht nur die Landwirte, sondern in erheblichem Umfang auch die Mischfutter-Hersteller gefordert. Ein weiterer, bisher leider häufig unbeachteter Faktor ist die Pflege und Hygiene der Fütterungsanlagen. Hierbei sind im optimalen Falle Hygiene-Bedingungen anzustreben, wie sie im Bereich der Milchgewinnung seit langem üblich sind. Damit in engem Zusammenhang steht die konstruktive Verbesserung der Fütterungsanlagen durch die Hersteller. Hierzu gibt es seit kurzem bereits einige gute Ansätze, jedoch besteht weiterhin ein erheblicher Entwicklungsbedarf. Ein weiterer sehr wichtiger Faktor ist die Verhinderung des Verderbs einzelner Futterkomponenten während des Transports oder der Lagerung. In diesem Zusammenhang sind neben den Landwirten auch die Erzeuger von Nebenprodukten aufgefordert, entsprechende Maßnahmen zu einem möglichst frühen Zeitpunkt zu ergreifen. Die-

ses könnte außer dem bisher schon üblichen Zusatz von Säuren zusätzlich oder ersatzweise auch die Beimpfung mit förderlichen, konservierenden Bakterienkulturen beinhalten. Ein gezielter Zusatz entsprechender Bakterien scheint nach bisherigen internationalen Untersuchungen auch dazu geeignet zu sein, einen Futtermittelverderb in der Anlage zu reduzieren und schädliche Mikroorganismen im Flüssigfutter weitgehend zu unterdrücken. In diesem Zusammenhang wird auch der Einsatz von Bakterien als Alternative zu einem Verzicht auf antibiotische Leistungsförderer diskutiert (CLOSE 2000).

6. LITERATUR

Ahrens, F.

Wirkung, Permeation und Katabolismus von Histamin an isolierten Darmepithelien des Schweins. Dissertation, Universität Leipzig (2003).

Brooks P.H.

The multiple benefits of liquid feed for pigs. *FeedTech* 3 (5), 29-31 (1999).

Brooks P.H.

Liquid feeding as a means to promote pig health. London Swine Conference, 9. – 10. April 2003.

Brooks P.H., Moran C., Beal J.D.

Liquid feeding of pigs: potential for reducing environmental impact and for improving productivity and food safety. In: Lyons T.P., Jacques K.A. (Hrsg.), *Biotechnology in the feed industry*. S. 111-129. Nottingham University Press, Nottingham (1999).

Close W.H.

Producing pigs without antibiotic growth promotors. *Adv. Pork Product*. 11, 47-56 (2000).

Eckel B., Holl E.

Probiotika können die Fütterungshygiene verbessern. *Ernährungsdienst* 74, 6-7 (1998).

Europäische Kommission (Health & Consumer Protection Directorate-General)

Opinion of the scientific committee on animal nutrition on the safety of use of *Bacillus* species in animal nutrition (17. Februar 2000).

Fitzsimons A., Duffner F., Curtin D., Brophy G., O'Kiely P., O'Connell M.

Assessment of *Pediococcus acidilactici* as a potential silage inoculant. *Appl. Environ. Microbiol.* 58, 3047-3052 (1992).

Flambard B., Helinck S., Richard J., Juillard V.

The contribution of caseins to the amino acid supply for *Lactococcus lactis* depends on the type of cell envelope proteinase. *Appl. Environ. Microbiol.* 64, 1991-1996 (1998).

Gardiner G.E., Ross R.P., Kelly P.M., Stanton C., Collins J.K., Fitzgerald G.

Microbiology of therapeutic milks. In: Robinson R.K. (Hrsg.), Dairy microbiology handbook, S. 431-478. John Wiley and Sons, Inc., New York (2002).

Garvie E.I.

Genus *Pediococcus*. In : Sneath P.H.A., Mair W.S., Sharpe M.E., Holt J.G. (Hrsg.), Bergey's manual of systematic bacteriology, Vol. 2, S. 1075-1079. Williams & Wilkins, Baltimore (1986).

Geary T.M., Brooks P.H., Beal J.D., Campbell A.

Effect on weaner pig performance and diet microbiology of feeding a liquid diet acidified to pH 4 with either lactic acid or through fermentation with *Pediococcus acidilactici*. J. Sci. Food Agric. 79, 633-640 (1999).

Halasz A., Barath A., Simon-Sarkadi L., Holzapfel W.

Biogenic amines and their production by microorganisms in food. Trends Food Sci. Technol. 5, 42-49 (1994).

Jonsson E., Conway P.

Probiotics for pigs. In: Fuller R. (Hrsg.), Probiotics-The scientific basis. S. 260-316. Chapman & Hall, London (1992).

Juillard V., Le Bars D., Kunji E.R.S., Konings W.N., Gripon J.-C., Richard J.

Oligopeptides are the main source of nitrogen for *Lactococcus lactis* during growth in milk. Appl. Environ. Microbiol. 61, 3024-3030 (1995).

Juillard V., Guillot A., Le Bars D., Gripon J.-C.

Specificity of milk peptide utilization by *Lactococcus lactis*. Appl. Environ. Microbiol. 64, 1230-1236 (1998).

Lindermayer H., Propstmeier G.

Orientierungsversuch zur Futterhygiene in einer Fließfutteranlage. SuB 08/99, IV-16 - IV-18 (1999).

Nagel M.

Mikrobiologische Vorgänge in Flüssigfutter für Schweine. In: Handbuch der tierischen Veredlung 98. S. 189-200, Kamlage-Verlag, Osnabrück (1997).

Nagel M.

Mikroorganismen im Flüssigfutter. Schweinewelt 23 (2), 15-20 (1998).

Nagel M.

Probiotische Mikroorganismen für die Verbesserung von Flüssigfutter? In: Handbuch der tierischen Veredlung 2000. S. 70-85. Kamlage-Verlag, Osnabrück (1999).

Ray B.

Pediococcus in fermented foods. In: Hui Y.H., Khachatourians G.G. (Hrsg.), Food biotechnology. S. 744-795. VCH Publishers, Inc., New York (1995).

Röpke R.

The way forward with micro-organisms. Feed Milling International 192 (1), VIII-IX (1998).

Russell P.J., Geary T.M., Brooks P.H., Campbell A.

Performance, water use and effluent output of weaner pigs fed *ad libitum* with either dry pellets or liquid feed and the role of microbial activity in the liquid feed. J. Sci. Food Agric. 72, 8-16 (1996).

Scholten R.H.J., van der Peet-Schwering C.M.C., den Hartog L.A., Vesseur P.C., Verstegen M.W.A.

Effect of liquid by-products on performance and health of pigs. Annual Meeting of the European Association of Animal Production, Warschau, 23.-27. August 1998.

Scholten R.H.J., van der Peet-Schwering C.M.C., Verstegen M.W.A., den Hartog L.A., Schrama J.W., Vesseur P.C.

Fermented co-products and fermented compound diets for pigs: a review. Anim. Feed Sci. Technol. 82, 1-19 (1999).

van Winsen R.L., Urlings B.A.P., Lipman L.J.A., Snijders J.M.A., Keuzenkamp D., Verheijden J.H.M., van Knapen F.

Effect of fermented feed on the microbial population of the gastrointestinal tracts of pigs. Appl. Environ. Microbiol. 67, 3071-3076 (2001).

Tabelle 1:

Typische Beispiele für Mikroorganismen-Spektren in Flüssigfutter mit unterschiedlichen Komponenten. Die Zahlenangaben für die Mikroorganismen-Konzentrationen beziehen sich auf KBE/ml.

PARAMETER	FUTTER-KOMPONENTEN			
	CCM + Ergänzter	CCM + Getreide + Waffeln	Eigenmischer, Getreide	Fertigfutter (Wasser)
aerobe Koloniezahl ¹⁾	1,6 x 10 ⁸	2,4 x 10 ⁸	1,9 x 10 ⁹	2,9 x 10 ⁹
Enterobacteriaceen	2,0 x 10 ²	8,4 x 10 ³	4,6 x 10 ⁵	1,1 x 10 ⁵
Hefen	8,5 x 10 ⁶	3,4 x 10 ⁷	3,4 x 10 ⁵	2,1 x 10 ⁵
Schimmel	8,2 x 10 ³	1,0 x 10 ⁵	1,5 x 10 ⁴	1,0 x 10 ⁴
Lactobacillen ²⁾	1,4 x 10 ⁹	5,3 x 10 ⁸	2,8 x 10 ⁹	3,1 x 10 ⁹
Tyrosin-Abbauer ³⁾	1,5 x 10 ⁶	< 100	6,5 x 10 ⁴	1,7 x 10 ⁵
pH-Wert	4,7	4,5	5,2	5,4

¹⁾ Die aerobe Koloniezahl wird auch manchmal als „Gesamtkeimzahl“ bezeichnet und beinhaltet alle Bakterien, die bei 30 °C an der Luft auf einem definierten Nährboden wachsen. Üblicherweise wird die Koloniezahl fast vollständig durch Milchsäurebakterien hervorgerufen, die auf dem verwendeten Nährboden ebenfalls zu einem erheblichen Anteil wachsen können.

²⁾ Es werden nicht nur Lactobacillen erfasst, sondern auch andere Milchsäurebakterien-Gattungen wie z. B. *Pediococcus*.

³⁾ Hier werden alle Mikroorganismen erfasst, die unter anaeroben und sauren Bedingungen die betreffende Aminosäure verwerten können. Das Auftreten signifikanter Konzentrationen dieser Organismen kann nach den bisherigen Erfahrungen nicht einer bestimmten Futter-Komponente zugeordnet werden und scheint rein zufällig zu sein. Derzeit sind kulturelle Testsysteme zum Nachweis des Abbaus von Tyrosin und Lysin entwickelt und für Routine-Untersuchungen verfügbar. Ein Test für die Verwertung von Histidin ist derzeit in der Probephase.

Tabelle 2:

Vorläufige Beurteilung diverser mikrobiologischer Parameter in Flüssigfutter. Die Einteilung beruht auf eigenen Erfahrungswerten, die durch die Untersuchung mehrerer Hundert Futterproben erhalten wurden.

Die Zahlenangaben für die Mikroorganismen-Konzentrationen beziehen sich auf KBE/ml.

Parameter	Noch keine Beanstandung	Warnwert	Nicht akzeptabel
aerobe Koloniezahl	k. A.	k. A.	k. A.
Enterobacteriaceen	10^3	10^4	10^5
Hefen	10^6	10^7	10^8
Schimmel	10^3	10^4	10^5
Lactobacillen	k. A.	k. A.	k. A.
Tyrosin-Abbauer ¹⁾	10^3	10^4	10^5
pH-Wert	4,0 - 4,8		< 4,0 > 5,0

¹⁾ Neben Tyrosin können auch andere Aminosäuren getestet werden, z. B. Histidin oder Lysin. Es gelten dann die gleichen Richtwerte.

k. A.: keine Angabe.

Die Angabe eines reinen Zahlenwertes als Richt- oder Grenzwert erscheint nicht sinnvoll, da offenbar die Zusammensetzung der Flora (Mikroorganismen-Spektrum) die entscheidende Rolle für die Beurteilung als „gut“ oder „schlecht“ spielt, nicht jedoch ausschließlich die Konzentration an Mikroorganismen.

Tabelle 3:

Stoffwechselprodukte einiger im Flüssigfutter vorkommender Mikroorganismen in Abhängigkeit von den vorhandenen Nährstoffen.

Mikroorganismen-Gruppe	Stoffwechselprodukte aus Zuckern	zusätzliche Produkte aus Proteinen
Hefen	? Ethanol ? CO ₂	? Fuselöle (n-Propanol, i-Butanol, i-Amylalkohol)
Milchsäurebakterien	? Milchsäure ? Essigsäure ? Ethanol ? CO ₂	? biogene Amine (z. B. Histamin, Tyramin)
Enterobacteriaceen	? Ameisensäure ? Bernsteinsäure ? Butandiol ? Essigsäure ? Ethanol ? Milchsäure ? H ₂ ? CO ₂	? Bitterpeptide ? biogene Amine ? Ammoniak ? Schwefelwasserstoff ? weitere Schwefelverbindungen

Auszug aus der anschließenden Diskussion mit dem Autor:

Frage 1: Werden von den Mikroben in Flüssigfütterungsanlagen auch Toxine gebildet?

Antwort: Es wurden keine zur Toxinbildung neigende Mikroben gefunden. Meistens werden Milchsäurebakterien gefunden. Es herrscht eine Konkurrenz zwischen Milchsäurebakterien und Enterobakterien. Bei einem pH-Wert < 5 sterben die Enterobakterien.

Ein pH - Wert < 3,8 reduziert die Schmackhaftigkeit der Futters. In einem pH – Bereich zwischen 4,2 – 4,8 herrschen gute Bedingungen für das Wachstum der Milchsäurebakterien.

Frage 2: In der Praxis ist Wasser häufig ein kritischer Faktor. Welche Maßnahmen sind bezüglich der Wasserhygiene vorzunehmen?

Antwort: Wenn das Wasser aus dem Boden kommt braucht man keine Entkeimung. Als problematisch stellen sich häufig alte Leitungen heraus. Bei Bedarf ist eine Entmanganesierung und Enteisierung notwendig.

Frage 3: Welche Säure sollte im Flüssigfutter eingesetzt werden? Sollte die Zufuhr kontinuierlich erfolgen?

Antwort: Ameisensäure ist sehr aggressiv und aufgrund der engen Einsatzkorridors schwer zu dosieren. Propionsäure ist auf vielen Betrieben vorhanden. Häufig werden Säuregemische eingesetzt. Von diesen Säuren sollte so viel in den Anmischbehälter dosiert werden bis ein pH-Wert von 5 erreicht wird.

Frage 4: Sollte man die Säuren schon in das Futter einmischen?

Antwort: Der Säureeinsatz im Futter ist positiv zu bewerten, da so bereits das Futter konserviert wird. Die erforderliche Säuremenge ist abhängig von der Pufferkapazität des Futters.