

Abschlussbericht

Wirtschaftlichere Mastschweinefütterung

Arbeitspaket III:
Schweinefutterfermentation

Projekt-Nr.: 95.10

Langtitel: Wirtschaftlichere Mastschweinefütterung,
Arbeitspaket III, Schweinefutterfermentation

Kurztitel: Mastschweinefütterung

Projektleiter: Dr. Arnd Heinze

Abteilung: Tierproduktion

Abteilungsleiter: Dr. Hans Hochberg

Laufzeit: 01.01.2010 – 28.02.2014


Auftraggeber: Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt
und Naturschutz

Bearbeiter: Dr. Arnd Heinze
Katrín Rau
Prof. Friedrich Schöne
Roland Neumann
Dr. Karla Tolzin-Banasch
Dr. Hans-Joachim Alert, *Arzberg, Köllitsch*
Marko Schmidt, *FLESIMA-Schweinemast, Langenwetzendorf*

Juli 2014



Dr. Armin Vetter
(Stellv. Präsident)



Dr. Arnd Heinze
(Projektleiter)

Copyright:

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen und der foto-mechanischen Wiedergabe sind dem Herausgeber vorbehalten.

Fotonachweis: Arnd Heinze

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|---------|--|----|
| 1 | Einleitung | 4 |
| 2 | Verdauungs- und Bilanzversuch zum Einfluss der Futterfermentation auf die Protein- und Phosphorverwertung | 4 |
| 2.1 | Erarbeitung einer Versuchsmethodik zur Herstellung von fermentiertem Schweinefutter für Verdauungs- und Bilanzversuche | 4 |
| 2.1.1 | Technische Lösung | 4 |
| 2.1.2 | Bewirtschaftungsablauf in Verbindung mit Versuchsdurchführung..... | 5 |
| 2.1.3 | Futtermitteln | 6 |
| 2.1.4 | Ergebnisse zum Fermentationseinfluss | 6 |
| 2.1.5 | Zusammenfassung | 7 |
| 2.2 | Einfluss der Futterfermentation auf die Protein- und Phosphorverdauung sowie –ver wertung | 7 |
| 2.2.1 | Aufgabenstellung..... | 7 |
| 2.2.2 | Untersuchungsmethodik und Prüffutter | 9 |
| 2.2.3 | Ergebnisse..... | 9 |
| 2.2.3.1 | Stickstoff- und Phosphor-Bilanz | 9 |
| 2.2.3.2 | Protein- und Phosphorverdaulichkeit | 10 |
| 2.2.4 | Zusammenfassung | 11 |
| 3 | Ergebnisse der Laborversuche zur Fermentation | 12 |
| 3.1 | Einfluss der Fermentationsvariante und -dauer auf pH-Wert und mikrobiologische Merkmale (Laborversuch I) | 12 |
| 3.1.1 | Aufgabenstellung..... | 12 |
| 3.1.2 | Versuchsansatz | 12 |
| 3.1.3 | Ergebnisse..... | 12 |
| 3.1.4 | Zusammenfassung | 15 |
| 3.2 | Einfluss verschiedener Getreidekomponenten auf den Fermentationsverlauf (Laborversuch II) | 15 |
| 3.2.1 | Aufgabenstellung..... | 15 |
| 3.2.2 | Versuchsansatz | 16 |
| 3.2.3 | Ergebnisse..... | 16 |
| 3.2.4 | Zusammenfassung | 18 |
| 3.3 | Einfluss der Fermentation auf mykotoxinbelastetes Futter und die DON-Metabolisierung (Laborversuch III) | 19 |
| 3.3.1 | Aufgabenstellung..... | 19 |
| 3.3.2 | Versuchstechnischer Ansatz..... | 19 |
| 3.3.3 | Ergebnisse..... | 21 |
| 3.3.4 | Zusammenfassung | 24 |
| 4 | Ergebnisse Fütterungsversuche bei Mastschweinen mit fermentierten Futter | 25 |
| 4.1 | Fütterungstechnische und verfahrensmethodische Voraussetzungen | 25 |
| 4.2 | Versuchs- und auswertungsmethodischer Ansatz | 26 |
| 4.3 | Ergebnisse Fütterungsversuche Mastschweine | 27 |
| 4.3.1 | Fütterungsversuch I: Einfluss Fermentatfüttergabe auf Mast- und Schlachtleistung sowie Futteraufwand | 27 |
| 4.3.1.1 | Aufgabenstellung | 27 |
| 4.3.1.2 | Versuchsansatz | 27 |
| 4.3.1.3 | Ergebnisse | 27 |
| 4.3.1.4 | Zusammenfassung | 31 |
| 4.3.2 | Fütterungsversuch II : Einfluss einer zweiten Starterkultur auf das Fermentations-ergebnis und die tierische Leistung | 32 |
| 4.3.2.1 | Aufgabenstellung | 32 |
| 4.3.2.2 | Versuchsansatz | 32 |

| | | |
|---------|--|----|
| 4.3.2.3 | Ergebnisse | 32 |
| 4.3.2.4 | Zusammenfassung | 36 |
| 4.3.3 | Fütterungsversuch III: Wiederholende Prüfung der Starterkultur BioPrime BS 24 in Kombination mit veränderten Fermentatanteilen im Mastfutter | 36 |
| 4.3.3.1 | Aufgabenstellung | 36 |
| 4.3.3.2 | Versuchsansatz | 37 |
| 4.3.3.3 | Ergebnisse | 37 |
| 4.3.3.4 | Zusammenfassung | 41 |
| 5 | Wirtschaftliche Wertung | 42 |
| 6 | Zusammenfassende Wertung und Schlussfolgerungen für weitere Bearbeitung | 42 |
| 7 | Anhang | 44 |
| 8 | Literaturverzeichnis | 46 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-------------|--|----|
| Tabelle 1: | Einfluss der Fermentation auf pH-Wert und Gehalte wichtiger Fermentationsparameter (gemittelte Werte der Probennahmen bezogen auf die Originalsubstanz)..... | 6 |
| Tabelle 2: | Einfluss der Fermentation auf Keimgehalte (gemittelte Analysenwerte) | 7 |
| Tabelle 3: | Futterzusammensetzung und Tagesgaben/Tier | 8 |
| Tabelle 4: | Analysierte Nährstoffgehalte in der Trogmischung (Bezug auf 88 % Trockenmasse)..... | 9 |
| Tabelle 5: | N- Ansatz wachsender Böрге nach Verfütterung der unfermentierten bzw. fermentierten Flüssigfütteration | 9 |
| Tabelle 6: | P- Ansatz wachsender Böрге nach Verfütterung der unfermentierten bzw. der fermentierten Flüssigfütteration | 10 |
| Tabelle 7: | Rohproteinverdaulichkeit in %..... | 10 |
| Tabelle 8: | Ergebnisse zum Keimbesatz einer kontrollierten (MSB+) gegenüber unkontrollierten (MSB-) Fermentation über eine Zeitdauer von 2 Tagen..... | 14 |
| Tabelle 9: | Keimbesatz bei kontrollierter (MSB+) gegenüber unkontrollierter (MSB-) Fermentation unterschiedlicher Getreidesubstrate über zwei Tage | 17 |
| Tabelle 10: | Ergebnisse zur Keimzahlveränderung bei Fermentation DON-belasteter Proben ... | 21 |
| Tabelle 11: | Mikrobiologische Befundauswertung | 29 |
| Tabelle 12: | Tierbestandsveränderungen und Verluste..... | 29 |
| Tabelle 13: | Mastleistung im Vergleich zwischen Fermentat- und Nichtfermentatfütterung..... | 30 |
| Tabelle 14: | Ergebnisse zur Schlachtleistung und zum Futteraufwand im Vergleich zwischen Fermentat- und Nichtfermentatfütterung | 30 |
| Tabelle 15: | Tierbestandsveränderungen und Verluste..... | 35 |
| Tabelle 16: | Mastleistung im Vergleich zwischen Fermentat- und Nichtfermentatfütterung..... | 35 |
| Tabelle 17: | Ergebnisse zur Schlachtleistung und zum Futteraufwand im Vergleich zwischen Fermentat- und Nichtfermentatfütterung..... | 36 |
| Tabelle 18: | Tierbestandsveränderungen | 39 |
| Tabelle 19: | Mastleistung im Vergleich zwischen Fermentat- und Nichtfermentatfütterung..... | 39 |
| Tabelle 20: | Ergebnisse zur Schlachtleistung und zum Futteraufwand im Vergleich zwischen Fermentat- und Nichtfermentatfütterung..... | 40 |
| Tabelle 21: | Futterkostenvergleich zwischen Fermentat- und Flüssigfütteration..... | 42 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Kleinfärmenteranlage für Schweinefutter..... | 6 |
| Abbildung 2: Veränderung des Phytatphosphorgehaltes durch den Fermentationsprozess..... | 11 |
| Abbildung 3: Einfluss der Fermentation auf den Aminosäuregehalt im Kot..... | 11 |
| Abbildung 4: Einsatz Rotationsschüttler für Fermentationsversuch..... | 13 |
| Abbildung 5: Veränderungen des pH-Wertes in Abhängigkeit von der Fermentationsvariante und –dauer..... | 13 |
| Abbildung 6: Veränderungen im Keimbesatz über die zweitägige Fermentationsdauer..... | 15 |
| Abbildung 7: Einfluss unterschiedlicher Futterzusammensetzung auf die Veränderungen im pH-Wert bei kontrollierter (MSB+) und unkontrollierter (MSB-) Fermentation..... | 16 |
| Abbildung 8: Verlauf von Gärsäuren- und Äthanolbildung bei zweitägiger Fermentation mit (MSB+) bzw. ohne (MSB-) Einsatz einer Starterkultur und verschiedenen Ausgangskomponenten (G= Gerste; M= Gerste/Mais-Gemisch)..... | 18 |
| Abbildung 9: Ansicht eines der zur Fermentation eingesetzten Inkubationsschüttler..... | 20 |
| Abbildung 10: Milchsäurebildung bei ansteigenden DON-Gehalten und kontrollierter gegenüber spontaner Fermentation..... | 22 |
| Abbildung 11: Essigsäurebildung bei kontrollierter oder spontaner Fermentation von DON-belastetem Futter..... | 23 |
| Abbildung 12: Äthanolbildung bei kontrollierter oder spontaner Fermentation von DON-belastetem Futter..... | 23 |
| Abbildung 13: Fermentationseinfluss auf DON-belastete Futterproben..... | 24 |
| Abbildung 14: Ansicht Fermenter sowie Leitungs- und Steuerungseinheit für Fermenterbewirtschaftung..... | 26 |
| Abbildung 15: Absenkung des pH-Wertes durch Fermentation und in den Mastrationen..... | 28 |
| Abbildung 16: Vergleich der Entmischung zwischen fermentiertem und nicht fermentiertem Flüssigfutter..... | 31 |
| Abbildung 17: Einfluss der Fermentation auf die Milchsäurebildung..... | 33 |
| Abbildung 18: Absenkung des pH-Wertes durch Fermentation und in den Vergleichsrationen..... | 33 |
| Abbildung 19: Gehalte an Essigsäure nach Fermentation und in den Mastrationen..... | 34 |
| Abbildung 20: Gehalte an Äthanol nach Fermentation und in den Mastrationen..... | 34 |
| Abbildung 21: Einfluss der Fermentation auf die Milchsäurebildung..... | 37 |
| Abbildung 22: Absenkung des pH-Wertes durch Fermentation und in den Mastrationen..... | 38 |
| Abbildung 23: Essigsäuregehalte bei Fermentation und in den Mastrationen..... | 38 |
| Abbildung 24: Nachteiliger Einfluss eines zu hohen Fermentatanteils im Mastfutter auf die Futtermittelaufnahme nach der zehnten Mastwoche..... | 41 |

1 Einleitung

In der Schweinefütterung müssen über die bedarfsgerechte Versorgung und Wirtschaftlichkeit hinaus zunehmend die Problemfelder der Einflussnahme auf die Tiergesundheit, der Nährstoffausscheidung und dem nachhaltigen Einsatz der Futtermittel berücksichtigt werden. Als eine Möglichkeit zur Umsetzung bieten sich technische Verfahren zum Aufschluss der Futtermittel an. Alternativ zur Toastung oder Extrusion findet die Fermentation von Flüssigfutter zunehmendes Praktikerinteresse. Dieses Verfahren beruht auf dem mikrobiellen Aufschluss von Futtermitteln bzw. Futtermischungen im verflüssigtem Zustand. Die vorrangig aus Dänemark und den Niederlanden um das Jahr 2000 vorliegenden wissenschaftlichen Ergebnisse ergänzt durch Praxisinformationen lassen für diesen Futteraufschluss wichtige Vorteile erkennen. Dies betrifft beispielsweise eine Verbesserung der Futterhygiene und somit Stabilisierung der Darmgesundheit. Weiterhin führt ein verbesserter Nährstoffaufschluss zur Reduzierung des Stickstoff- und Phosphoraustrages. Zur Darstellung der bisherigen Erkenntnisse und als Grundlage für diese Themenbearbeitung wurde deshalb mit der im Projekt integrierten Literatur- und Praxisrecherche „Kenntnisstand zur Fermentierung von Futtermitteln in der Schweineproduktion“ eine wichtige Vorleistung erbracht (<http://www.tll.de/ainfo>).

In den letzten Jahren hat sich die Anwendungspraxis weiterentwickelt, wobei dies vorrangig auf Erfahrungswerten von Praktikern ohne wissenschaftliche Begleitung und Bewertung erfolgte. Deshalb ist es erforderlich, die aktuellen Empfehlungen zur Verfahrensgestaltung auf ihre Wirksamkeit zu prüfen, Daten für die Prozesskontrolle aufzuzeigen und Möglichkeiten für die Verfahrensoptimierung zu erschließen. Damit wurde der Schwerpunkt der Themenbearbeitung auf die fachlichen Grundlagen gelegt. Da die Durchführung der Fermentation im Vergleich zu anderen Aufschlussverfahren technologisch flexibler gestaltet werden kann sowie die einbezogenen Futtermittel mit ihren spezifischen Eigenschaften und der gegebenen Tiergesundheitsstatus zu abweichenden Effekten in der Wirtschaftlichkeit führen, erfolgte keine komplexe wirtschaftliche Verfahrensbewertung.

2 Verdauungs- und Bilanzversuch zum Einfluss der Futterfermentation auf die Protein- und Phosphorverwertung **Bearbeiter: A. Heinze , H.-J. Alert und F. Schöne**

2.1 Erarbeitung einer Versuchsmethodik zur Herstellung von fermentiertem Schweinefutter für Verdauungs- und Bilanzversuche

Die kontrollierte Fermentation von Schweinefutter soll nach vorliegenden Literaturquellen gegenüber der konventionellen Flüssigfütterung u. a. zur Verbesserung der Protein- und der Phosphorverwertung führen, wofür in Deutschland kaum belastbare Untersuchungsergebnisse vorliegen. Diese lassen sich nur mit klassischen Verdauungs- bzw. Bilanzversuchen erzielen und setzen die Bereitstellung sachgerecht fermentierter standardisierter Futtermischungen voraus. Dementsprechend wurde im ersten Bearbeitungsschritt eine Kleinformentationsanlage konzipiert, aufgebaut und auf ihre Funktionalität und Prozesssicherheit zur Absicherung der Versuchsdurchführung geprüft.

2.1.1 Technische Lösung

Die Kleinformenteranlage hatte ausgehend von den Praxisempfehlungen folgende Anforderungen abzusichern:

- Fermentationstemperatur von ca. 25 - 30 ° C
- Begrenzter Sauerstoffeintrag
- Kontinuierliche Durchmischung
- Eintägige Fermentationsdauer und damit täglich neue Bereitstellung einer Fertigmischung zur Verfütterung für jeweils ein Tier und einer Tagesportion zur Probenentnahme.

Zur technischen Umsetzung der Anforderungen wurden folgende Gerätschaften einbezogen:

- 3 Handrührwerke mit Rührquirl (1050 Watt)
- 1 Haltegestell für 3 Handrührwerke
- 3 Elektro-Universal-Dämpfer (26 l, stufenlose Temperaturregelung, 1000 Watt)
- 1 Elektronische Zeitschaltuhr
- 5 Milchkannen mit Gummideckel zu 10 Liter Inhalt.

Mit Abbildung 1 wird der Aufbau der Kleinfementeranlage verdeutlicht. Die im temperierten Wasserbad der Elektrodämpfer eingesetzten Milchkannen enthalten das nach Kannenreinigung im Vorbereitungs- und im Versuchsabschnitt jeden Morgen frisch angesetzte zu fermentierende Futter. Dazu enthält eine Milchkanne die erforderliche Tagesration für je eines der beiden dieser Futtervariante zugeordneten Prüftiere. Die mitgeführte dritte Fermentationsstrecke dient der adäquaten Futterherstellung zur Absicherung der erforderlichen Probenentnahmen.

2.1.2 Bewirtschaftungsablauf in Verbindung mit Versuchsdurchführung

Die Versuchsanstellung basierte auf den Methodischen Richtlinien zur Durchführung von Verdauungsversuchen für die Futterwertschätzung (Schiemann, 1981). Als Versuchstiere wurden 4 Börgen einbezogen.

Die Schrittfolge zur Herstellung des Fermentatfutters als absetziges Verfahren beinhaltete:

1. Einwaage der Ergänzungsmischungen zu 4 Tagesrationen und Einfüllen der 2 Tagesrationen für die Fermentatherstellung in je eine 10 l Kanne. Zugabe der jeweiligen Tagesmenge Molkepulver und Milchsäurebakterien (0,05 g gelöst in 5 ml Wasser). Abschließend Zugabe von 4,0 l Wasser (30° C)
2. Einsetzen der 2 Kannen in die Elektrodämpfer mit Wasserbad von 30° C, so dass Fermentationstemperatur 26 – 30 ° C abgesichert wird
3. Einsetzen eines Handrührwerkes je Kanne und Verschluss mit Deckel. Vorbereitend dazu wurde die Antriebswelle des Handrührers durch den Deckel geführt. Zuschaltung der Rührwerke bei niedrigster Drehzahl für 15 Minuten alle zwei Stunden mittels Zeitschaltuhr
4. Nach der Fermentationsdauer von 24 Stunden Entnahme der beiden Kannen mit Fertigfermentat und Ersatz durch zwei Kannen mit neu angesetzter Mischung, so dass eine absetzige Bewirtschaftung (Batchverfahren) realisiert wurde
5. Aufteilung der fermentierten Futtermischung zu annähernd gleichen Anteilen auf die Morgen- und Abendfütterung unter Zugabe der Mineral-/Wirkstoff-/Proteinmischung. Dabei verbleibt der Abendportion in der verschlossenen Kanne bei einer Raumtemperatur von 20 – 23° C
6. Bei Verabreichung der Trockenfuttermischung an die beiden Kontrolltiere wurden je Mahlzeit 2 Liter 30° C warmes Wasser in den Futtertroge zugegeben, so dass für alle Tiere die Wassermenge konstant war
7. Ergänzend zur Fermentatfutterzubereitung wurde stets noch eine dritte Kanne als Proben- bzw. Reservekanne mit den gleichen Komponentenanteilen mitgeführt. Sie diente der Bereitstellung der notwendigen Mischproben für die Nährstoffanalyse. Nach täglicher Fermentatabnahme von einem Liter über eine Mischkanne mit Bodenauslauf erfolgte die jeweilige Probentiefgefrierung bis zur Nährstoffanalyse. Die Kannenbefüllung diente zugleich für die planmäßige Probenentnahme zur Untersuchung mikrobiologischer und weiterer Fermentationsparameter. Diese Proben wurden nach Entnahme sofort wassergekühlt und dem Untersuchungslabor zugeleitet.



Abbildung 1: Kleinfermenteranlage für Schweinefutter

2.1.3 Futtermitteln

Die Rationszusammensetzung basiert auf einer in der Praxis an Mastschweine verabreichten fermentierten Futtermitteln. Einbezogen war ein betrieblich eingesetzter Ergnzer auf Getreidebasis und Rapsextraktionsschrot, dem unter Berücksichtigung der Aufgabenstellung und der Anforderungen an einen Verdauungsversuch weitere Futtermittel zugesetzt wurden. Bei der Fermentationsvariante wurden vorliegende Empfehlungen mit der Zumischung der Mineralstoffe und dem Hauptanteil des Proteintrgers erst bei Verfütterung berücksichtigt.

2.1.4 Ergebnisse zum Fermentationseinfluss

Mit der aufgezeigten technischen Lösung konnten die angestrebten Fermentationsabläufe realisiert werden. Innerhalb von 24 Stunden trat eine deutliche Absenkung des pH-Wertes auf < 4 ein. Zugleich stieg der Milchsäuregehalt durch die Aktivität der endogen und der zugesetzten Laktatbildner deutlich an. Charakteristisch sind auch die Veränderungen in den Gehalten der kurzkettigen flüchtigen Fettsäuren und der Ethanolkonzentration als Einflussfaktoren auf den Säurestatus und den Futtergeschmack (Tabelle 1).

Tabelle 1: Einfluss der Fermentation auf pH-Wert und Gehalte wichtiger Fermentationsparameter (gemittelte Werte der Probenahmen bezogen auf die Originalsubstanz)

| Parameter | Maßeinheit | vor Fermentation | nach Fermentation |
|--------------|------------|------------------|-------------------|
| pH-Wert | - | 5,97 | 3,63 |
| Milchsäure | g/l | < 0,5 | 15,4 |
| Essigsäure | mmol/l | 3,47 | 27,49 |
| Propionsäure | mmol/l | 0,30 | 0,13 |
| Buttersäure | mmol/l | < 0,11 | < 0,11 |
| Ethanol | mmol/l | 1,83 | 64,12 |

Im Ergebnis der Untersuchungen zu den mikrobiellen Veränderungen zeichnete sich eine deutliche Vermehrung der Milchsäurebakterien bei begrenzter Vermehrungsrate der Hefen und der Reduzierung weiterer futterhygienisch als kritisch einzustufenden Keimgruppen ab (Tabelle 2).

Tabelle 2: Einfluss der Fermentation auf Keimgehalte (gemittelte Analysenwerte)

| Parameter | Maßeinheit | vor Fermentation | nach Fermentation |
|---------------------------|------------|-------------------|--------------------|
| Milchsäurebakterien | KBE/g | $6,7 \times 10^4$ | $5,9 \times 10^8$ |
| Hefen | KBE/g | $3,4 \times 10^3$ | $1,8 \times 10^5$ |
| Enterobakterien | KBE/g | $6,0 \times 10^4$ | $<1,0 \times 10^2$ |
| Aerob mesophile Bakterien | KBE/g | $5,8 \times 10^5$ | $1,0 \times 10^4$ |

2.1.5 Zusammenfassung

Die erarbeitete und überprüfte Verfahrenstechnik ist zur Herstellung von eintägig fermentiertem Schweinefutter absetzig im Batchverfahren für Verdauungs- und Bilanzversuche geeignet. Das fermentierte Futter erreicht durch einen deutlichen Anstieg der Milchsäurebakterienkonzentration und des Milchsäuregehaltes innerhalb von 24 Stunden einen pH-Wert $< 4,0$, der zur Einschränkung der Vermehrung von unerwünschten Keimen sowie begrenzter Bildung von geschmacklich bzw. verdauungsphysiologisch nachteiligen Stoffwechselprodukten führt. Damit erfüllt das angewandte Verfahren die Anforderungen an die Futterfermentation.

2.2 Einfluss der Futterfermentation auf die Protein- und Phosphorverdauung sowie -verwertung

2.2.1 Aufgabenstellung

Mit einer sachgerechten Fermentation von Schweinefutter soll u. a. eine verbesserte Nährstoffverdaulichkeit zu erzielen sein. Von den in Frage kommenden Inhaltsstoffen bietet sich den vorliegenden Literaturangaben und Praxisberichten zufolge die Prüfung der Protein- und der Phosphorverdaulichkeit an. Dies nicht nur aufgrund der z. T. Widersprüchlichkeit bisher vorliegender Ergebnisse, sondern auch in Hinblick auf die wachsenden Anforderungen zur Nachhaltigkeit in Bezug auf den Stoffeinsatz bzw. die Reststoffausscheidungen. Fachlich strittig ist in Bezug auf die Verdaulichkeit von Phosphor zudem die Notwendigkeit einer Zugabe des Enzyms Phytase zum Fermentationsbeginn.

2.2.2 Untersuchungsmethodik und Prüffutter

Die Untersuchungen basierten auf den von Schiemann (1981) ausgewiesenen methodischen Richtlinien zur Durchführung von Verdauungsversuchen. Einbezogen wurden vier Börgen der Kreuzung Pietrain x (Large White x Landrasse) mit mittleren Lebendmassen von 31,25 kg. Je zwei Tiere bildeten eine Prüfgruppe. Zur Eingewöhnung erfolgte die Aufstallung der Tiere in Einzelständen und ab drei Tage vor Beginn der Sammelperiode in den Verdauungskäfigen. Der Verdauungs-/Bilanzversuch fand als cross over-Versuch mit zwei jeweils 5tägigen Hauptperioden, einer 10tägigen Vorperiode zum Versuchsbeginn sowie einer 7tägigen Vorperiode bei Futterwechsel zwischen den beiden Tiergruppen statt. Die Fütterung der Tiere der Fermentatgruppe erfolgte mit der auf zwei Mahlzeiten (8.00 und 20.00 Uhr) verteilten restlos verabreichten Kannenmischung. Zu den gleichen Zeitpunkten erhielten die beiden Kontrollgruppentiere das ausgangsstoffgleiche, aber nicht fermentierte Futtermischung mit dem entsprechenden Wasserzusatz. Bei jedem der Tiere wurden in der Hauptperiode Kot und Harn kontinuierlich aufgefangen und zweimal am Tag in einer Kühlzelle bei 3°C eingelagert, die gesammelten Kotmengen mit HCL besprüht und die Harnproben in einer Vorlage mit 30 ml 10 %iger H_2SO_4 gesammelt. Nach Abschluss der jeweiligen Sammelperiode erfolgte vor der Gefrierkonservierung eine Durchmischung der gesamten Kotmenge für das jeweilige Tier und die Entnahme einer repräsentativen Teilprobe von ca. 1 kg. Vorbereitend auf die Nährstoffanalyse wurden die Proben gefriergetrocknet.

Als Basisfütterration kam ein für die Futterfermentation in der Praxis verwendetes Mastergänzerfutter zum Einsatz. Diese Futtermischung setzte sich aus den in Tabelle 4 angeführten Komponenten zusammen. Alternativ zum betrieblichen Flüssigmolkeinsatz erfolgte vor Fermentationsbeginn die Zugabe von Süßmolkepulver. Unmittelbar vor Verfütterung wurde entsprechend den Empfehlungen zur Fermentation dann eine Mineral-/ Wirkstoff-/ Kartoffeleiweißmischung zugegeben. Gemäß der Aufgabenstellung erfolgte in beiden Tiergruppen keine Zugabe von Phytase. Bei den Kontroll-

tieren kam die gleiche, aber unfermentierte Futtermischung, die vor Verfütterung mit 2,00 l Wasser versetzt wurde, zum Einsatz. Die Futtermischung zur Fermentation wurde als Tagesration abgewogen und unter Zugabe von 4,00 l Wasser und 0,05 g gefriergetrockneter Bakterienkultur zur 24 stündigen Fermentation angesetzt. Die halbtäglichen Futtermischungen der Börgen mit Trockenfütterung wurden mahlzeitbezogen eingewogen und dann im Trog mit 2,00 l Wasser ergänzt.

Das im Versuch verwendete Futtergemisch basiert auf der Mastschweineration eines Thüringer Anwenders der Futterfermentation. Dabei wurde die im Betrieb eingesetzte Frischmolke durch Molkepulver ersetzt. Zur Absicherung der Verdaulichkeitsbewertung des pflanzlichen Phosphors erfolgte keine Zugabe von mineralischem Phosphor und des Enzyms Phytase. Entsprechend den Empfehlungen zur Futterfermentation wurde das Mineralstoffgemisch und Kartoffeleiweiß als Proteinträger erst nach der Fermentation bei der Futtergabe eingemischt. Die Angaben zum Futtereinsatz sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Futterzusammensetzung und Tagesgaben/Tier

| Komponenten | Futtermenge/Tier u. Tag g | Trockenrationsanteil % | Komponenten |
|---|------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Ergänzer ¹⁾ | 1120 | 85,88 | fermentiert ²⁾ |
| Süßmolke (trocken) | 82 | 6,27 | fermentiert ²⁾ |
| Mineral-/Wirkstoff-/ Kartoffelproteinmischung | 96 | 7,85 | nicht fermentiert |

¹⁾ Zusammensetzung: 40 % Weizen, 28% Gerste, 20% Mais, 10% Rapsextraktionsschrot, 2% Sojaöl

²⁾ Zugabe Starterkultur SCHAUMALAC FEED PROJEKT 0,05g/5 l Flüssigfutter

Aus den Futteranalysen ergab sich der in Tabelle 4 ausgewiesene mittlere Nährstoff- und Energiegehalt.

Tabelle 4: Analyisierte Nährstoffgehalte in der Trogmischung (Bezug auf 88 % Trockenmasse)

| Inhaltsstoff | Einheit | Futter |
|--------------------|---------|--------|
| Rohasche | % | 4,05 |
| Rohprotein | % | 16,19 |
| Rohfett | % | 3,13 |
| Stärke | % | 43,95 |
| Rohfaser | % | 4,03 |
| Lysin | % | 0,89 |
| Methionin | % | 0,27 |
| Cystin | % | 0,33 |
| Threonin | % | 0,66 |
| Phosphor | % | 0,50 |
| Umsetzbare Energie | MJ | 13,2 |

Zur Bewertung der Veränderungen des phytatgebundenen Phosphorgehaltes im Ergebnis der Fermentation erfolgten je zwei Probenahmen zu Fermentationsbeginn bzw. -ende und die Ermittlung des Phytatphosphorgehaltes. Die Bestimmung wurde nach der Methode von Holand & Oberleas (1986) durchgeführt und fasst dabei neben Inositphosphat 6 (IP 6) auch die weiteren Abbauprodukte IP5, IP4,..... zusammen.

2.2.3 Ergebnisse

2.2.3.1 Stickstoff- und Phosphor-Bilanz

Die ermittelten Bilanzen zum N- und P-Ansatz sind in Tabelle 5 und Tabelle 6 ausgewiesen.

Tabelle 5: N- Ansatz wachsender Börgen nach Verfütterung der unfermentierten bzw. fermentierten Flüssigfütteration

| Variante | Tierzahl | Lebendmasse kg | N-Aufnahme g/Tier u. Tag | N-Ausscheidung | | N-Bilanz ¹⁾ |
|---------------|-----------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------------|
| | | | | Harn-N g/Tier u. Tag | Kot-N g/Tier u. Tag | |
| unfermentiert | 3 ²⁾ | 37,67 ± 0,76 | 33,70 | 19,81 ± 0,86 | 7,88 ± 1,11 | 6,62 ^a ± 0,18 |
| fermentiert | 3 ²⁾ | 36,50 ± 2,65 | 33,70 | 20,20 ± 0,89 | 5,75 ± 1,20 | 7,75 ^a ± 0,87 |

¹⁾ Signifikanz mit p < 5% für abweichende Buchstaben

²⁾ 1 Tier harnseitig nicht auswertbar

Tabelle 6: P- Ansatz wachsender Börgen nach Verfütterung der unfermentierten bzw. der fermentierten Flüssigfütteration

| Variante | Tierzahl | Lebendmasse kg | P-Aufnahme g/Tier u. Tag | P-Ausscheidung | | P-Bilanz ¹⁾ |
|---------------|-----------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------------|
| | | | | Harn-P g/Tier u. Tag | Kot-P g/Tier u. Tag | |
| unfermentiert | 3 ²⁾ | 37,67 ± 0,76 | 6,24 | 0,11 ± 0,02 | 4,01 ± 0,45 | 2,12 ^a ± 0,43 |
| fermentiert | 3 ²⁾ | 36,50 ± 2,65 | 6,24 | 0,16 ± 0,03 | 3,14 ± 0,05 | 2,94 ^a ± 0,04 |

¹⁾ Signifikanz mit $p < 5\%$ für abweichende Buchstaben

²⁾ 1 Tier harnseitig nicht auswertbar

Im Ergebnis der Auswertungen zum Stickstoff- und zum Phosphoransatz ergaben sich zwar jeweils wertmäßig höhere Ansatzleistungen mit dem Einsatz von eintägig fermentiertem gegenüber nicht fermentiertem Futter. Diese ließen sich jedoch beim gegebenen Prüfumfang mittels t-Test nicht abzusichern.

2.2.3.2 Protein- und Phosphorverdaulichkeit

Die ermittelten Verdaulichkeiten zum Rohprotein und Phosphor sind in der Tabelle 7 aufgeführt.

Tabelle 7: Rohproteinverdaulichkeit in %

| Variante | Tierzahl | Rohprotein ¹⁾ | Phosphorverdaulichkeit ¹⁾ % |
|-------------------|----------|---------------------------|---|
| fermentiert | 4 | 81,30 ^a ± 2,78 | 47,18 ^a ± 3,77 |
| nicht fermentiert | 4 | 75,76 ^b ± 2,45 | 35,64 ^b ± 7,11 |

¹⁾ Signifikanz mit $p < 5\%$ für abweichende Buchstaben

Mit dem Einsatz des fermentierten Futters trat eine signifikante Verbesserung der Rohprotein- und der Phosphorverdaulichkeit um 5,5 bzw. 11,5 Prozentpunkte gegenüber der nicht fermentierten Futtergabe ein. Grundlage für diese verbesserte Phosphorresorption ist die ermittelte Reduzierung des phytatgebundenen Phosphors in der fermentierten Futtermischung auf 57 % des Ausgangsgehaltes vor Fermentationsbeginn (Abbildung 2). Nach NITRAYOVA u. a. (2009) kommt dabei dem mit der Fermentation verbundenen Einweichprozess des Futters mit pH-Wert-Absenkung und der damit ausgelösten erhöhten Aktivität des phytatspaltenden Enzyms Phytase die entscheidende Bedeutung zu.

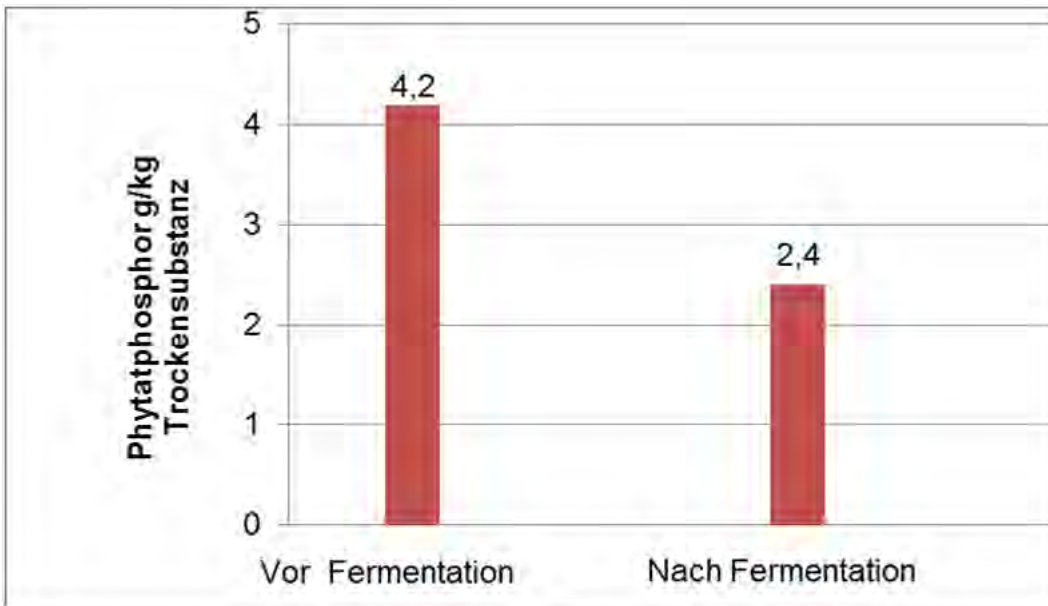


Abbildung 2: Veränderung des Phytatphosphorgehaltes durch den Fermentationsprozess

In die Untersuchungen wurden weiterhin die Gehalte wichtiger essentieller Aminosäuren im Futter und im Kot einbezogen. Für diese Auswertungen erfolgten keine Berechnungen zur Verdaulichkeit. Bestätigend zur Rohproteinverdaulichkeit als Gesamtheit aller Futteramino­säuren ergaben sich numerisch niedrigere Kotalausscheidungen für wichtige essentielle Aminosäuren bei den mit Fermentat gefütterten Tieren. Diese abgesenkten Kotgehalte könnten auf eine erhöhte Resorption von Lysin, Methionin und Threonin im Dünndarm im Ergebnis eines fermentativen Aufschlusses hindeuten (Abbildung 3).

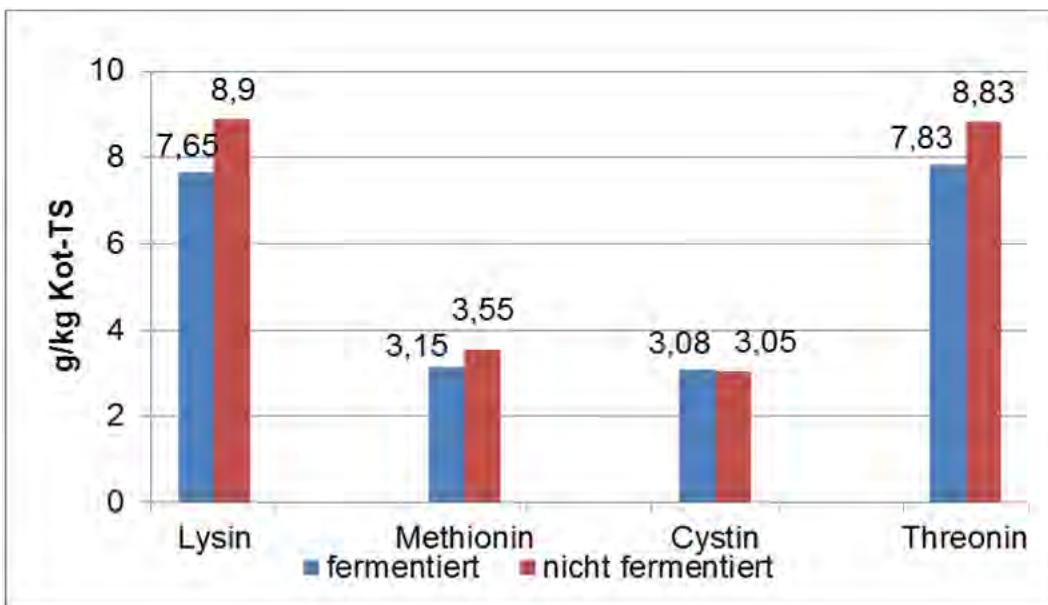


Abbildung 3: Einfluss der Fermentation auf den Aminosäuregehalt im Kot

2.2.4 Zusammenfassung

In einem N- und P-Bilanzversuch mit Börgen wurde fermentiertes gegenüber nicht fermentiertem, flüssig verabreichtem Schweinemastfutter geprüft. Die Fermentation erfolgte in einer dazu errichteten Kleinfärmenteranlage in der die angestrebten Fermentationsparameter (u. a. pH-Wert nach 24 Stunden < 4, Anstieg Milchsäurebakterien auf 10^8 KBE/g) realisiert wurden. Bei den Bilanzen der beiden Nährstoffe traten keine signifikanten Differenzen gegebenenfalls bedingt durch die reduzierte Tierzahl auf. Jedoch wurde durch die Fermentation die Rohproteinverdaulichkeit um 5,5 %-

Punkte und die Phosphorverdaulichkeit um 11,5 %-Punkte signifikant verbessert. Weiterhin konnte ein Anstieg der Abbaurate des Phytatphosphors von über 40 % durch Futterfermentation ohne Zugabe von Phytase nachgewiesen werden.

3 Ergebnisse der Laborversuche zur Fermentation **Bearbeiter: A. Heinze, R. Neumann, K. Tolzin-Banasch**

3.1 Einfluss der Fermentationsvariante und -dauer auf pH-Wert und mikrobiologische Merkmale (Laborversuch I)

3.1.1 Aufgabenstellung

In Abhängigkeit von der Zeitdauer der Futterfermentation treten Veränderungen im Keimbesatz und der stofflichen Umsetzung im Futter ein. Aus fachlicher Sicht ist dabei eine schnelle Vermehrungsrate der Milchsäurebildner anzustreben. Diese soll zu einer deutlichen pH-Wert-Absenkung führen, um so die Vermehrung unerwünschter Keime zu hemmen bzw. deren Besatz möglichst zu reduzieren. Dies betrifft insbesondere Hefen und Enterobakterien, darunter speziell die Escherichia coli (E. coli). und die Salmonellen. Die Geschwindigkeit dieses Prozessverlaufes hat bei der praktischen Umsetzung Einfluss auf die Verfahrenstechnologie und damit die Investitionen. Deshalb sollte im Rahmen des ersten Laborversuches diese Problematik unter Berücksichtigung der bisher vorliegenden Praxiserfahrungen geprüft werden.

3.1.2 Versuchsansatz

- Basisfuttermischung: Wintergerste/Mais-Gemisch im Verhältnis 3:1, geschrotet
- Feuchtfutterzusammensetzung: 320 g Getreidemischung und 820 ml Leitungswasser in verschließbaren Glasbehältern (1 l Schraubverschluss-Einweckgläser) zur Fermentation im Rotationsschüttler (Abbildung 3)
- Einsatz Milchsäurebakterienkultur (MSB+) Schaumalac Feed Project
- Temperatur: 23 ° C
- Zeitregime: 0, 24 und 48 Stunden

Untersuchungsparameter: pH-Wert, Keimbesatz

3.1.3 Ergebnisse

Die Untersuchungen erfolgten in Zeitintervallen von 24 Stunden und einer Versuchsreihe mit bzw. ohne Zugabe von Milchsäurebakterien. Damit standen je Versuchsreihe drei Analysezeitpunkte zur Verfügung. Sie ergaben sich wie folgt:

- Startprobe mit (0/MSB+) bzw. ohne (0/MSB-) Zugabe von Milchsäurebakterien
- 24 Stunden-Probe mit bzw. ohne Zugabe von Milchsäurebakterien (24/MSB+ bzw. 24/MSB-)
- 48 Stunden-Probe mit bzw. ohne Zugabe von Milchsäurebakterien (48/MSB+ bzw. 48/MSB-).

Der Verlauf des pH-Wertes im Vergleich der Fermentationsvarianten über den zweitägigen Zeitraum wird in Abbildung 5 aufgezeigt.



Abbildung 4: Einsatz Rotationsschüttler für Fermentationsversuch

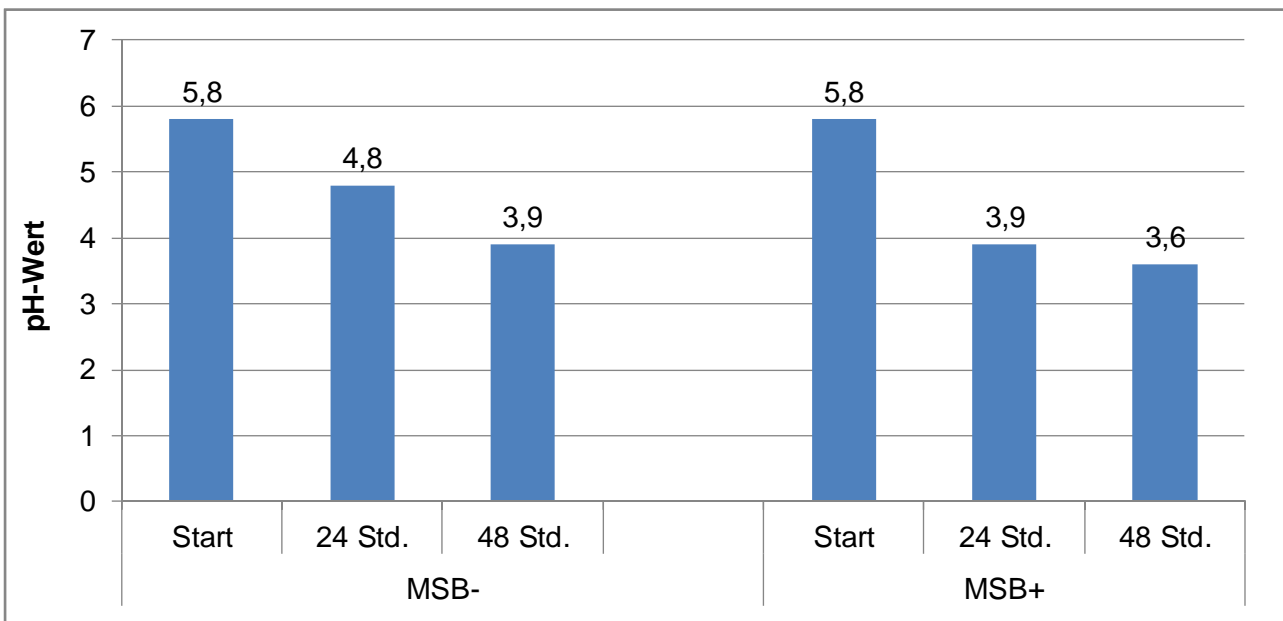


Abbildung 5: Veränderungen pH-Wert in Abhängigkeit von der Fermentationsvariante und -dauer

Nur mit Zugabe der Fermentationsstarterkultur (MSB+) konnte bereits nach 24 Stunden die gewünschte deutliche Absenkung des pH-Wertes ≤ 4 erzielt werden. Demgegenüber wurde die unkontrollierte Fermentation (MSB-), basierend auf dem alleinigen Keimbesatz des Substrates, mit einem pH-Wert von 4,8 dieser Anforderung nicht gerecht. Erst nach zweitägiger Fermentationsdauer lag hier der pH-Wert bei ≤ 4 . Wie die Ergebnisse mit MSB-Zugabe weiter zeigen, ist eine noch deutlichere Absenkung unter pH 4 selbst bei zweitägiger Fermentationsdauer nicht eingetreten.

Ausgehend vom Einfluss der Vergärung durch die Milchsäurebakterien ergaben sich wichtige Veränderungen in der Besiedlung mit unerwünschten Keimen. Dazu gibt
 Tabelle 8: Ergebnisse zum Keimbesatz einer kontrollierten (MSB+) gegenüber unkontrollierten (MSB-) Fermentation über eine Zeitdauer von 2 Tagen einen Überblick.

Tabelle 8: Ergebnisse zum Keimbesatz einer kontrollierten (MSB+) gegenüber unkontrollierten (MSB-) Fermentation über eine Zeitdauer von 2 Tagen

| Variante | Milchsäure-Bakterien | Hefen | Entero-bakterien | aerobe mesophile Bakterien | E. coli |
|--------------------|----------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
| Stunden/MSB-Zugabe | KBE/g | | | | |
| 0/MSB- | $1,0 \cdot 10^3$ | $1,2 \cdot 10^4$ | $1,5 \cdot 10^5$ | $4,8 \cdot 10^6$ | $<1,0 \cdot 10^2$ |
| 24/MSB- | $5,9 \cdot 10^8$ | $<1,0 \cdot 10^2$ | $6,0 \cdot 10^5$ | $4,4 \cdot 10^7$ | $5,5 \cdot 10^3$ |
| 48/MSB- | $1,3 \cdot 10^9$ | $1,9 \cdot 10^3$ | $5,2 \cdot 10^4$ | $5,0 \cdot 10^4$ | $5,4 \cdot 10^4$ |
| | | | | | |
| 0/MSB+ | $1,9 \cdot 10^5$ | $1,3 \cdot 10^4$ | $1,5 \cdot 10^5$ | $5,1 \cdot 10^6$ | $<1,0 \cdot 10^2$ |
| 24/MSB+ | $2,8 \cdot 10^{10}$ | $1,8 \cdot 10^3$ | $6,5 \cdot 10^2$ | $1,7 \cdot 10^8$ | $3,0 \cdot 10^2$ |
| 48/MSB+ | $9,3 \cdot 10^8$ | $7,6 \cdot 10^3$ | $<1,0 \cdot 10^2$ | $<1,0 \cdot 10^4$ | $<1,0 \cdot 10^2$ |

Mit zunehmendem Verlauf des Fermentationsprozesses kommt es zum Anstieg der Keimzahl an Milchsäurebakterien. Dabei liegt bei kontrollierter Fermentation (Probe MSB+) erwartungsgemäß durch die Zugabe der Bakterienstarterkultur ein höherer Ausgangswert vor. Hier ist auch bereits nach 24 Stunden der höchste Besatz zu verzeichnen, der jedoch am zweiten Tag wieder abnimmt, was mit einem begrenzten Angebot leicht fermentierbarer Nährstoffe im Zusammenhang stehen könnte aber aus dem pH-Wert-Verlauf nicht abzuleiten ist. Demgegenüber liegen bei der unkontrollierten Fermentation nach den ersten 24 Stunden mit zwei Zehnerpotenzen niedrigere MSB-Keimgehalte vor, die am zweiten Fermentationstag noch leicht ansteigen.

Für die aus Sicht der Futterhygiene kritisch zu bewertenden Hefen wird deutlich, dass mit der kontrollierten Fermentation diese im unbedenklichen Bereich ermittelte Ausgangskeimkonzentration leicht reduziert wurde, jedoch keine Vorteilseffekte zur Variante mit der lediglich besatzbedingten Fermentation auftraten.

Bei der Beurteilung der weiterhin untersuchten Keimgruppen ist die bei kontrollierter Fermentation eingetretene deutliche Reduzierung des Besatzes an Enterobakterien bereits nach eintägiger Fermentationsdauer hervorzuheben. Für die Tiergesundheit wichtig und mit der schnellen pH-Wert-Absenkung in Verbindung stehend, führte die kontrollierte Fermentation auch zur Eindämmung des stets kritisch zu bewertenden Auftretens von E. coli. Dagegen konnte die alleinig futterbesatzbedingte Fermentation eine E. coli-Vermehrung nicht unterbinden.

In Abbildung 6 werden die Veränderungen im Keimbesatz über die zweitägige Fermentationsdauer noch einmal verdeutlicht.

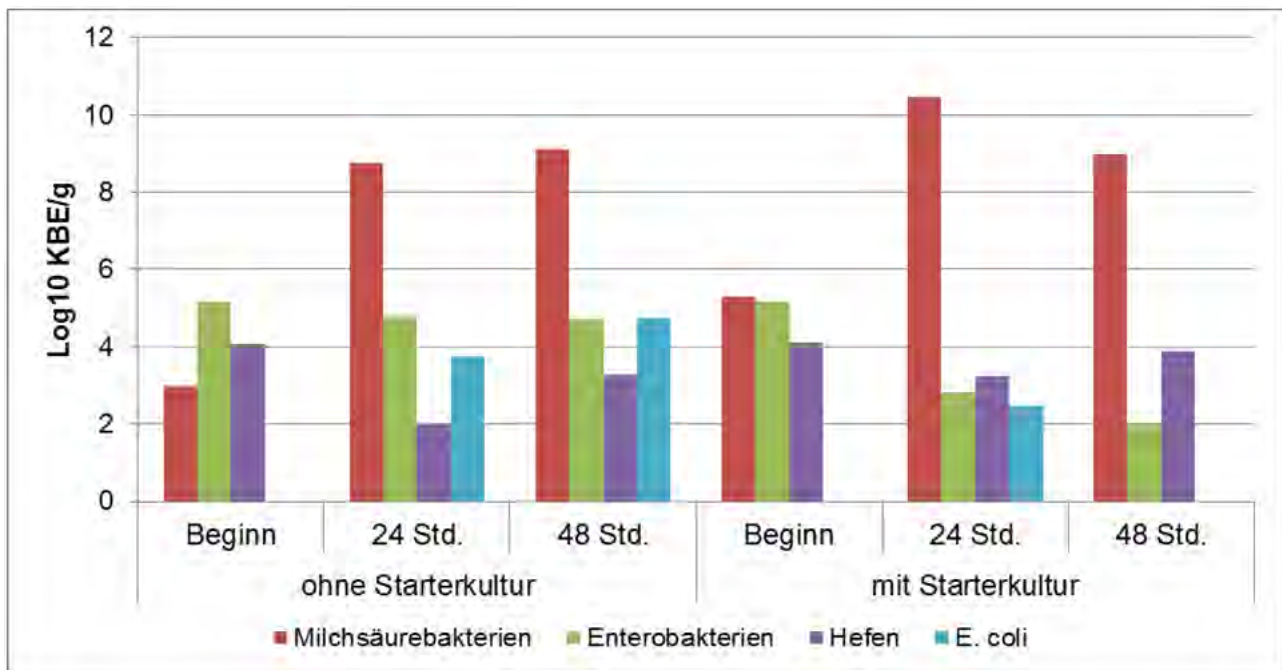


Abbildung 6: Veränderungen im Keimbesatz über die zweitägige Fermentationsdauer

3.1.4 Zusammenfassung

Die Ergebnisse des voranstehenden Fermentationsversuches zur Abklärung von Einflussfaktoren lassen erkennen:

- Eine unkontrollierte und damit eine allein auf dem Keimbesatz der Futtermittel basierende Fermentation ist der durch gezielten Milchsäurebakterienzusatz beeinflussten kontrollierten Vergärung in der pH-Wert-Absenkung und der Begrenzung des unerwünschten Keimbesatzes unterlegen.
- Die eintägige kontrollierte Fermentation reicht aus, um den Keimbesatz auf ein für die Tiere akzeptables Niveau zu senken.
- Der zweite Fermentationstag führte beim Einsatz einer Starterkultur zu keinen weiteren vorteilhaften Veränderungen.

3.2 Einfluss verschiedener Getreidekomponenten auf den Fermentationsverlauf (Laborversuch II)

3.2.1 Aufgabenstellung

Zur Bestätigung der im Laborversuch I ermittelten Ergebnisse und zur Ermittlung des Einflusses verschiedener Rohkomponenten in Hinblick auf die Durchführung von Fütterungsversuchen erfolgte ein weiterer Laborversuch. Dazu wurden als charakteristische Getreidekomponenten für die Schweinemast Wintergerste und Mais ausgewählt. Beide Getreidearten weisen insbesondere Unterschiede im Rohfaser- und Stärkegehalt sowie in der Verdaulichkeit der organischen Substanz auf. Die Analytik wurde durch die Bestimmung organischer Säuren und von Ethanol ergänzt.

3.2.2 Versuchsansatz

- Basisfuttermischung: Wintergerste oder Wintergerste/Mais-Gemisch im Verhältnis 3:1, geschrotet
- Feuchtfutterzusammensetzung: 180 g Getreide und 480 ml Leitungswasser in verschließbaren Plastikflaschen zur Fermentation gebracht
- Einsatz Milchsäurebakterienkultur Schaumalac Feed Project nach Dosierempfehlung (MSB+)
- Temperatur: 32 - 35° C
- Zeitregime: 0, 24 und 48 Stunden

Untersuchungsparameter: pH-Wert, Keimbesatz, Gärsäuren, Ethanol

Im Versuchsverlauf kam es nach dem ersten Fermentationstag bei einzelnen Proben zum Platzen der verwendeten Plastikprobenflaschen aufgrund eines angestiegenen Gasinnendruckes. Die Proben wurden daraufhin in ein neues Behältnis umgefüllt, registriert und weiter fermentiert. Bei Auffälligkeiten in der Ergebnisauswertung wird darauf Bezug genommen.

3.2.3 Ergebnisse

Die Veränderungen des pH-Wertes zu den drei Untersuchungszeitpunkten und im Zusammenhang mit der unterschiedlichen Substratzusammensetzung sind der Abbildung 7 zu entnehmen.

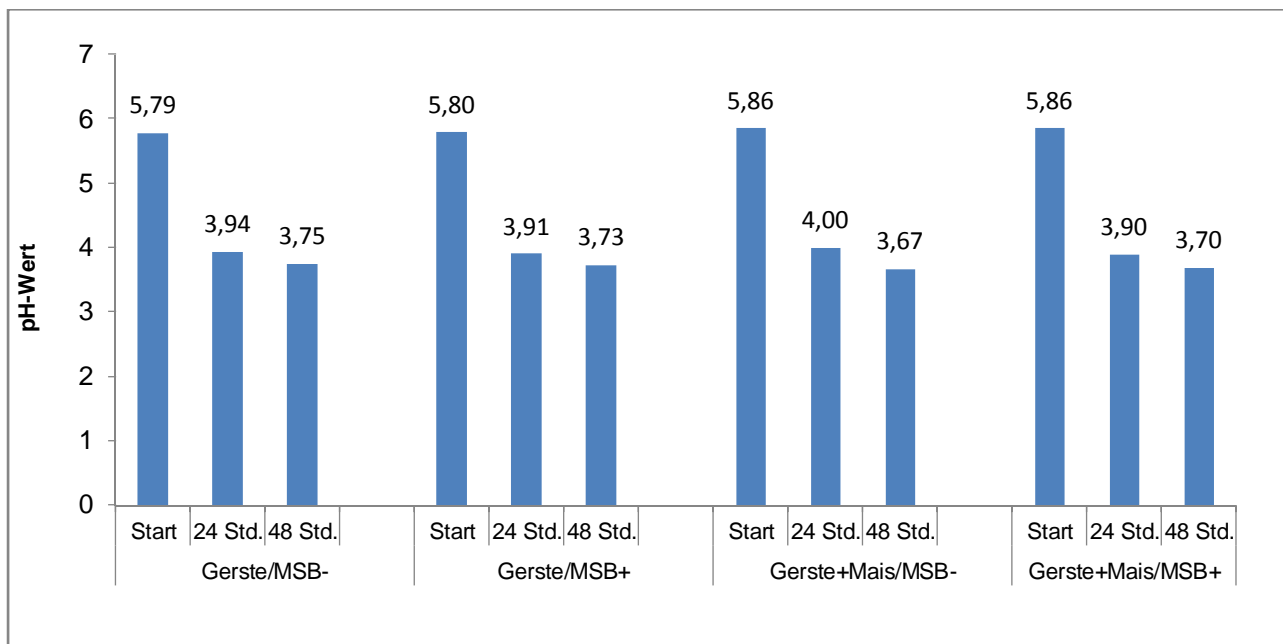


Abbildung 7: Einfluss unterschiedlicher Futterzusammensetzung auf die Veränderungen im pH-Wert bei kontrollierter (MSB+) und unkontrollierter (MSB-) Fermentation

Unabhängig von den eingesetzten Futtermitteln und auch vom Einsatz der Starterkultur (MSB +/-) traten über die Zeitschiene der Untersuchung gleiche pH-Wert-Veränderungen ein. So konnte bereits nach eintägiger Fermentation einheitlich mit $\text{pH} \leq 4$ der Zielbereich erreicht werden. Da mit dem Einsatz der Gersten/Mais-Mischung das gleiche Ausgangskomponentengemisch wie im Laborversuch I zum Einsatz kam, lassen sich die methodischen Unterschiede im Wesentlichen auf die höhere Fermentationstemperatur dieses Versuches von 32 – 35 ° C anstelle 23 ° C zurückführen.

Im Weiteren werden die Ergebnisse zu den Veränderungen im Keimbesatz dargestellt (Tabelle 9 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Tabelle 9: Keimbefall bei kontrollierter (MSB+) gegenüber unkontrollierter (MSB-) Fermentation unterschiedlicher Getreidesubstrate über zwei Tage

| Variante | Milchsäurebakterien | Hefen | Enterobakterien | E. coli |
|--------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | KBE/g | | | |
| Gerste/0 Std./MSB- | $< 1,0 \cdot 10^3$ | $1,1 \cdot 10^4$ | $3,9 \cdot 10^4$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ |
| Gerste/24 Std./MSB- | $8,2 \cdot 10^8$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ | $1,6 \cdot 10^4$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ |
| Gerste/48 Std./MSB- | $7,3 \cdot 10^8$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ |
| | | | | |
| Gerste/0 Std./MSB+ | $2,9 \cdot 10^5$ | $1,1 \cdot 10^4$ | $4,7 \cdot 10^4$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ |
| Gerste/24 Std./MSB+ | $4,6 \cdot 10^8$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ |
| Gerste/48 Std./MSB+ | $4,8 \cdot 10^8$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ |
| | | | | |
| Gerste+Mais/0 Std./MSB- | $< 1,0 \cdot 10^3$ | $8,6 \cdot 10^3$ | $2,9 \cdot 10^4$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ |
| Gerste+Mais/24 Std./MSB- | $9,5 \cdot 10^8$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ | $1,5 \cdot 10^5$ | $3,5 \cdot 10^5$ |
| Gerste+Mais/48 Std./MSB- | $8,3 \cdot 10^8$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ |
| | | | | |
| Gerste+Mais/0 Std./MSB+ | $2,7 \cdot 10^5$ | $9,5 \cdot 10^3$ | $2,3 \cdot 10^4$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ |
| Gerste+Mais/24 Std./MSB+ | $5,1 \cdot 10^8$ | $1,5 \cdot 10^2$ | $6,5 \cdot 10^2$ | $4,5 \cdot 10^2$ |
| Gerste+Mais/48 Std./MSB+ | $3,1 \cdot 10^8$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ | $< 1,0 \cdot 10^2$ |

Einheitlich in beiden Rohkomponentenblöcken kommt es sowohl bei der unkontrollierten als auch der durch eine Starterkultur ausgelösten kontrollierten Fermentation in der ersten 24 Stunden zur ausgeglichenen und deutlichen Vermehrung der Milchsäurebakterien auf 10^8 Keime je Gramm. Diese stellt offensichtlich ein Konzentrationsplateau dar, da bei allen Varianten in den folgenden 24 Stunden nur unwesentliche Veränderungen eintraten.

Bemerkenswert war in dieser Untersuchungsreihe der Fermentationseinfluss auf das Hefenvorkommen. Bei einer in den reinen Gerstenpartien um eine Zehnerpotenz höheren Ausgangslage (10^4 KBE/g) als beim Gemisch mit Mais (10^3 KBE/g) trat in allen vier Untersuchungsreihen einheitlich nicht nur Stagnation in der Vermehrungsrate, sondern ein deutlicher Rückgang der Keimzahlen unter die Nachweisgrenze ein, was für die Produktionspraxis ein entscheidendes Ergebnis wäre.

Für die Enterobakterien wird bestätigend zu Laborversuch I der Vorteil der kontrollierten Fermentation durch die schnelle Absenkung der Keimzahl innerhalb der ersten 24 Stunden gegenüber des spontanen Fermentationsverlaufes deutlich. Letztlich lassen die beiden Nachweise von E. coli oberhalb der Nachweisgrenze kaum eine fundierte Interpretation zu. Als Bestätigung zum Laborversuch I ist der bei unkontrollierter Vergärung erneute Anstieg der E. coli-Keimzahl am ersten Fermentationstag anzusehen. Mit drei Zehnerpotenzen fällt er dabei sehr deutlich aus.

Das Untersuchungskonzept beinhaltete weiterhin die Analytik charakteristischer bakterieller Stoffwechselprodukte, die beim Überschreiten bestimmter Konzentrationen sich nachteilig auf den Futtergeschmack, die Futteraufnahme und eventuell den physiologischen Verlauf der Verdauungsvorgänge auswirken können. Die Analyse der flüchtigen Fettsäuren erfolgte dabei mit HPLC-UV am GC-FID, wobei die Ergebnisse in Abbildung 8 ausgewiesen werden.

Bei einheitlich in den vier Versuchsblöcken niedrigen Ausgangsgehalten kommt es innerhalb des ersten Tages besonders bei der reinen Gerstenmischung und ohne MSB-Zugabe zur massiven Synthese der Essig- und der Buttersäure sowie von Äthanol. Ein weiterer Konzentrationsanstieg ist dann am zweiten Fermentationstag nicht mehr festzustellen. Nicht nur bei dieser Rohstoffkomponente, sondern auch in der Getreidemischung führt die kontrollierte Fermentation tendenziell zu den gleichen Veränderungen, aber hinsichtlich der Gehalte zu deutlich niedrigeren Werten. Die verstärkte Bildung von Buttersäure ist nur für diesen Versuch charakteristisch und kann ursächlich nur in Verbindung mit den Schäden der Fermentationsgefäße in Verbindung gebracht werden. Quantitativ liegen dabei zahlreiche Werte über der von VAN WINSEN u. a. (2001) angegebenen Obergrenze von 5 mmol/Liter.

Der mit dem Probengefäßwechsel verbundene Sauerstoffeintrag führt in den drei Fällen zu einem sehr deutlichen bis extremen Anstieg der Äthanolgehalte, wobei jedoch die Keimzahl an Hefen als deren Verursacher sehr niedrig bleibt. Diese unbeabsichtigten Ergebnisse verdeutlichen, dass bei der Praxisanwendung der Forderung nach einem geringen Lufteintrag beim Durchmischen des Fermentatfutters eine große Bedeutung zukommt.

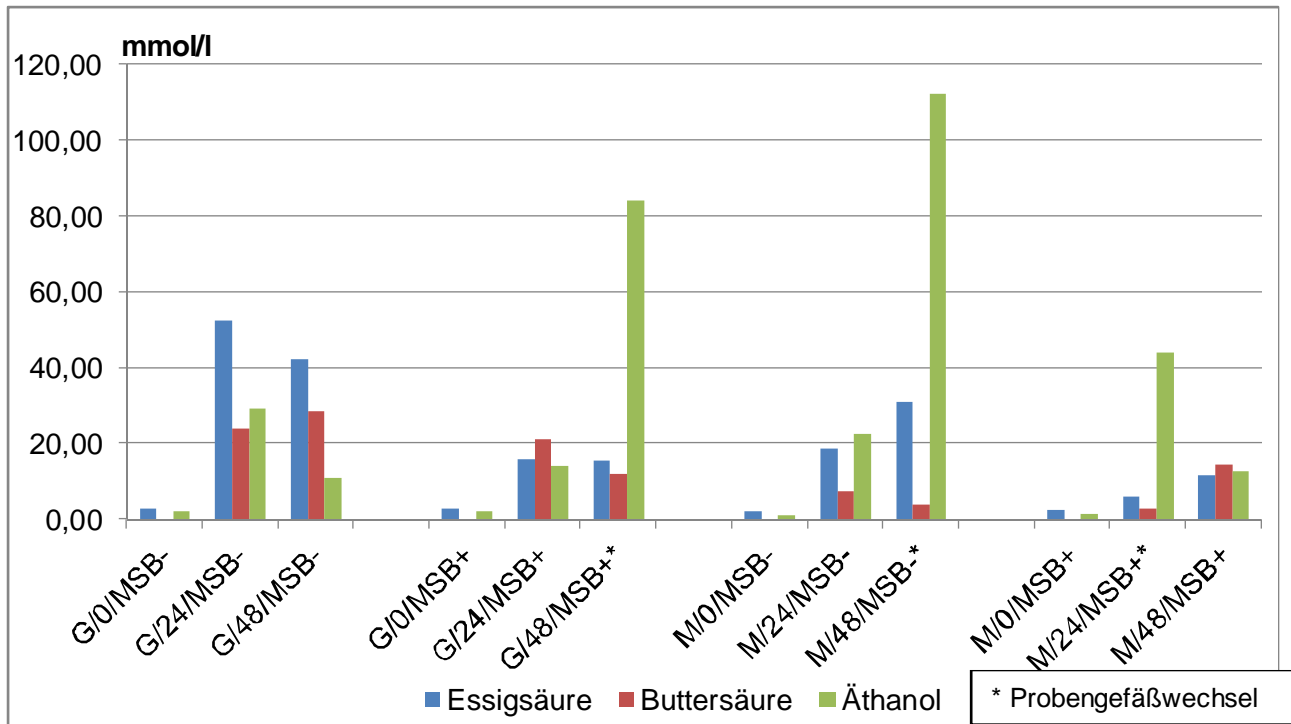


Abbildung 8: Verlauf von Gär säuren- und Äthanolbildung bei zweitägiger Fermentation mit (MSB+) bzw. ohne (MSB-) Einsatz einer Starterkultur und verschiedenen Ausgangskomponenten (G= Gerste; M= Gerste/Mais-Gemisch)

3.2.4 Zusammenfassung

Als Ergebnisse dieser Untersuchungen lassen sich zusammenfassen:

- Bestätigung der Absenkung des pH-Wertes auf < 4 innerhalb von 24 Stunden bei kontrollierter Fermentation unabhängig von den eingesetzten Getreidemischungen.
- Bei Temperaturen von ca. 35 ° C auch für unkontrollierte Fermentation schnellere pH-Absenkung als bei 23 ° C
- Unerwünschter Keimbesatz hier einschließlich der vorgefundenen Hefenbesiedlung durch eintägige kontrollierte Fermentierung in den unbedenklichen Bereich reduziert, bei unkontrollierter Fermentation nur anteilig.
- Bei analysierter Gär säurenbildung substratspezifische Effekte. Zugleich Vorteile der kontrollierten Fermentation durch jeweils niedrigere Gehalte gegenüber dem spontanen Fermentationsverlauf.
- Der durch erforderlichen Behälterwechsel nicht vermeidbare erhöhte Lufteintrag führte in den betreffenden Fällen zu einer massiven Äthanolbildung, was die Forderung nach einem niedrigen Sauerstoffeintrag in der Fermentationspraxis bekräftigt.

3.3 Einfluss der Fermentation auf mykotoxinbelastetes Futter und die DON-Metabolisierung (Laborversuch III)

3.3.1 Aufgabenstellung

Bei der Durchführung eines Fermentationsfütterungsversuches im Versuchsbetrieb im Sommerhalbjahr 2013 kam es im Mastabschnitt zu einer Futteraufnahmedepression bei den Tieren mit Flüssig- aber nicht mit Fermentatfütterung, die mit dem Wechsel zur nächsten Getreidecharge wieder abklang. Empirisch wurde im Zusammenhang mit dem Einsatz frischer Wintergerste auf Mykotoxinverdacht geschlossen, der sich durch eine nachfolgend veranlasste Futteranalyse auch bestätigte (2,2 mg DON/kg TM). Der Sachverhalt war Anlass, diese Problemstellung aufzugreifen und mit einer gezielten Versuchsanstellung abzuklären. Fachlich bestätigt ist bei Wiederkäuern, dass durch die mikrobielle Aktivität in den Vormägen eine Metabolisierung des Mykotoxins Deoxynivalenol (DON) überwiegend in den Metaboliten de-epoxynivalenol (DOM 1) stattfindet (SEELING u. DÄNICKE, 2005; VALENTA u. a., 2005). Dieser weist eine deutlich geringe Toxizität als DON auf und wird nicht resorbiert. Deshalb sollte versuchsmäßig abgeklärt werden, ob durch die mikrobielle Aktivität bei der Futterfermentation eine Metabolisierung von DON in DOM1 stattfindet und welchen Einfluss die Fermentation auf eine mit Schimmelpilzen und Mykotoxinen belastete Getreidecharge hat.

3.3.2 Versuchstechnischer Ansatz

Das Untersuchungskonzept basiert auf 3 Versuchsblöcken mit jeweils einer einheitlichen Ausgangsmischung einschließlich Trockenmassegehalt. Ausgehend von der Aufgabenstellung wurden drei Gerstenchargen mit im vorab ermittelten DON- Gehalten > 1,0 mg/kg Frischmasse der Ernte 2013 einbezogen. Eine Zearalenonbelastung lag dabei ebenso wie beim anteilig zugemischtem Sojaextraktionsschrot nicht vor. Letzteres wies zugleich keine DON-Gehalte oberhalb der Nachweisgrenze von < 0,050 mg/kg FM auf. Zum Versuchsstart erfolgte bei jeweils einer der beiden Prüfreiheiten die Zugabe einer Fermentationsstarterkultur entsprechend Anwendungsvorschrift. Zur Absicherung der ausreichenden Probenmengenverfügbarkeit und homogenen Probenverteilung wurden die Ausgangsgemische in dreifacher Ausfertigung hergestellt und jeweils für einen der Analysezeitpunkte verwendet. Die labortechnische Durchführung erfolgte unter Einbeziehung von Inkubationsschüttlern mit der gleichen Einstellung von Temperatur (30° C) und Schüttelfrequenz (Abbildung 9). Als Behältnisse wurden Glaskulturflaschen mit Kapsenbergkappen verwendet, die bei Überdruck einen Gasaustritt ermöglichten.

Von allen Proben wurden Kennzahlen zur Mikrobiologie, zum Einfluss auf die Gehalte an organischen Säuren bzw. Ethanol und zum Mykotoxinnachweis erfasst. Letzteres betraf neben DON und Zearalenon auch den DON-Metaboliten DOM 1. Dazu erfolgte vorbereitend im TLL-Labor die Einarbeitung für dieses bisher nicht durchgeführte Nachweisverfahren. Die DON-Gehalte der drei nach aufsteigenden Werten geordneten Ausgangsfutterproben (DON 1-3) lagen jeweils im Mittel bei 1.5, 3.8 bzw. 5.6 mg/kg Trockenmasse. Die DON- sowie die DOM 1-Analytik erfolgten mit LC-MS/MS.

Übersicht: Ansatz für jeweils einen der drei identisch gestalteten Versuchsblöcke

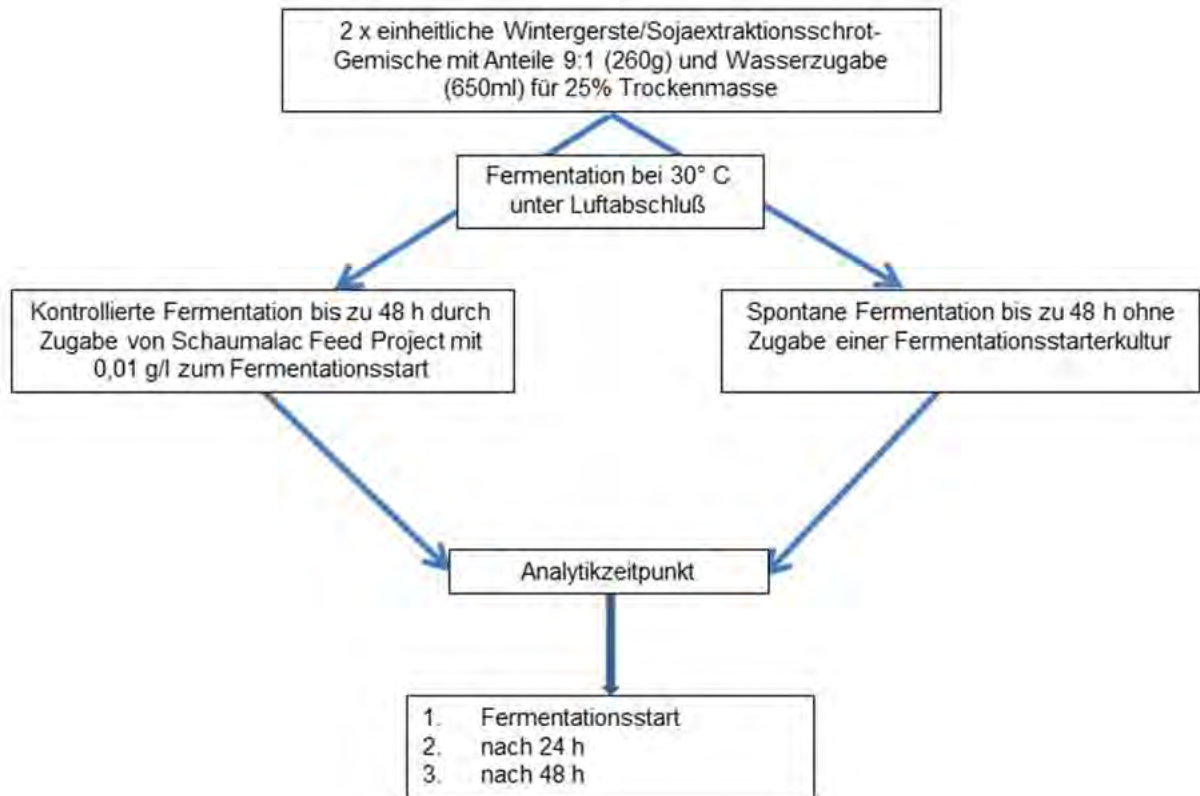


Abbildung 9: Ansicht eines zur Fermentation eingesetzten Inkubationsschüttlers

3.3.3 Ergebnisse

Die Untersuchungen zum Ausgangsstatus und zum Fermentationseinfluss auf die Keimzahlentwicklung ergaben die in Tabelle 10 aufgezeigten Ergebnisse. Dabei erfolgte die Rangierung der DON-Varianten nach aufsteigenden Analysewerten.

Tabelle 10: Ergebnisse zur Keimzahlveränderung bei Fermentation DON-belasteter Proben

| DON-Variante | Zeitpunkt | Pilzkeime | Fusarien | Milchsäurebakterien | Hefen | Enterobakterien |
|-----------------------|-----------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| | | KBE/g | | | | |
| DON 1 ohne MSB-Zugabe | 0 | 1,6 * 10 ⁴ | 1,0 * 10 ² | 2,5 * 10 ² | 8,5 * 10 ⁴ | 9,6 * 10 ⁵ |
| | 24 | 9,5 * 10 ² | n. n | 1,3 * 10 ⁹ | 3,0 * 10 ³ | 2,9 * 10 ⁷ |
| | 48 | 5,0 * 10 ² | n. n | 7,9 * 10 ⁸ | 3,1 * 10 ⁷ | < 1,0 * 10 ² |
| DON 1 mit MSB-Zugabe | 0 | 2,3 * 10 ⁴ | 5,0 * 10 ² | 1,2 * 10 ⁶ | 1,0 * 10 ⁵ | 9,0 * 10 ⁵ |
| | 24 | 5,0 * 10 ² | n. n | 9,1 * 10 ⁸ | 8,4 * 10 ⁴ | 9,0 * 10 ⁶ |
| | 48 | 1,0 * 10 ² | n. n | 4,0 * 10 ⁸ | 2,3 * 10 ⁷ | < 1,0 * 10 ² |
| DON 2 ohne MSB-Zugabe | 0 | 1,7 * 10 ⁴ | 5,5 * 10 ³ | 2,5 * 10 ² | 4,0 * 10 ⁴ | 6,0 * 10 ⁵ |
| | 24 | 9,5 * 10 ³ | 6,5 * 10 ³ | 1,1 * 10 ⁹ | 2,4 * 10 ⁴ | 1,6 * 10 ⁶ |
| | 48 | < 1,0 * 10 ² | n. n | 7,0 * 10 ⁸ | 1,1 * 10 ⁷ | 1,0 * 10 ² |
| DON 2 mit MSB-Zugabe | 0 | 7,5 * 10 ⁴ | 2,0 * 10 ⁴ | 1,3 * 10 ⁶ | 4,5 * 10 ⁴ | 6,8 * 10 ⁵ |
| | 24 | 9,5 * 10 ² | n. n | 1,2 * 10 ⁹ | 2,1 * 10 ³ | 3,1 * 10 ⁴ |
| | 48 | < 1,0 * 10 ² | n. n | 3,3 * 10 ⁸ | 2,6 * 10 ⁷ | 3,0 * 10 ² |
| DON 3 ohne MSB-Zugabe | 0 | 1,0 * 10 ⁴ | 8,0 * 10 ² | 3,5 * 10 ² | 1,9 * 10 ⁴ | 3,7 * 10 ⁵ |
| | 24 | 4,5 * 10 ² | n. n | 2,0 * 10 ⁹ | 9,4 * 10 ⁵ | 2,4 * 10 ⁶ |
| | 48 | 1,0 * 10 ² | n. n | 4,3 * 10 ⁸ | 4,0 * 10 ⁷ | <1,0 * 10 ² |
| DON 3 mit MSB-Zugabe | 0 | 5,0 * 10 ³ | 6,5 * 10 ² | 1,1 * 10 ⁶ | 1,8 * 10 ⁴ | 4,0 * 10 ⁵ |
| | 24 | 4,0 * 10 ² | n. n | 8,8 * 10 ⁸ | 3,0 * 10 ³ | 1,8 * 10 ⁵ |
| | 48 | 1,0 * 10 ² | n. n | 5,2 * 10 ⁸ | 1,0 * 10 ⁷ | 3,0 * 10 ² |

Die Ausgangsproben wiesen mit Keimzahlen von 10⁴ bei Schimmelpilzen in die Dimension des Warnwertes hineinreichende und bei den Enterobakterien mit 10⁵ nicht akzeptable Belastungen auf. Zugleich wurden Fusarien, insbesondere bei der am höchsten mit DON- belasteten Charge in bedenklicher Besatzdichte, festgestellt. Demgegenüber lag die Konzentration der Hefen mit 10⁴ bis 10⁵ im nicht kritischen Bereich. Nach Fermentation mit Zugabe der Starterkultur kam es einheitlich und bei der unkontrollierten Fermentation mit Einschränkung innerhalb von 24 Stunden zur Halbierung der Schimmelpilzkonzentration. Am zweiten Fermentationstag trat dann noch eine zwar deutlich geringere aber weitere Keimreduzierung bis zur bzw. unter die Nachweisgrenze ein. Bemerkenswert ist ebenfalls die Keimreduzierung für die Pilzgattung Fusarium. Hier führte die kontrollierte Fermentation bereits nach 24 Stunden einheitlich zur Unterschreitung der Nachweisgrenze der mit 10² bzw. 10⁴ belasteten Ausgangschargen. Bei der spontanen Fermentation ließ sich dies nur anteilig feststellen.

Bei dem nicht mit der Mykotoxinbildung im Zusammenhang stehenden Keimspektrum lässt sich für die Hefen bei kontrollierter Fermentation innerhalb des ersten Tages eine Reduzierung um eine Zehnerpotenz feststellen, die jedoch am Folgetag durch einen deutlichen Konzentrationsanstieg auf 10⁷ umschlägt. Diese Keimzahlen treten dann ebenfalls bei der unkontrollierten Fermentation auf.

Der ermittelte fütterungshygienisch zu hohe Keimbesatz an Enterobakterien in den Ausgangsmischungen konnte innerhalb der ersten 24 Fermentationsstunden selbst bei kontrollierter Fermenta-

tion nicht entscheidend abgesenkt werden. Erst mit Abschluss des zweiten Fermentationstages trat eine deutlich Reduzierung in den Bereich der bzw. unter die Nachweisgrenze ein. Zur Charakterisierung des Fermentationsverlaufes ist die Milchsäurebildung ein wichtiger Indikator. Die Nachweisführung erfolgte mit HPLC-UV an einer Ionenaustauschssäule. Aus der Abbildung 10 wird deutlich, dass auch bei derartig belasteten Futtermitteln innerhalb der ersten 24 Stunden die umfangreiche Vergärung zu Milchsäure erfolgt. In ihrer Höhe entsprechen die ermittelten Gehalte denen aus eigenen Untersuchungen zur Fermentation von Getreidekomponenten.

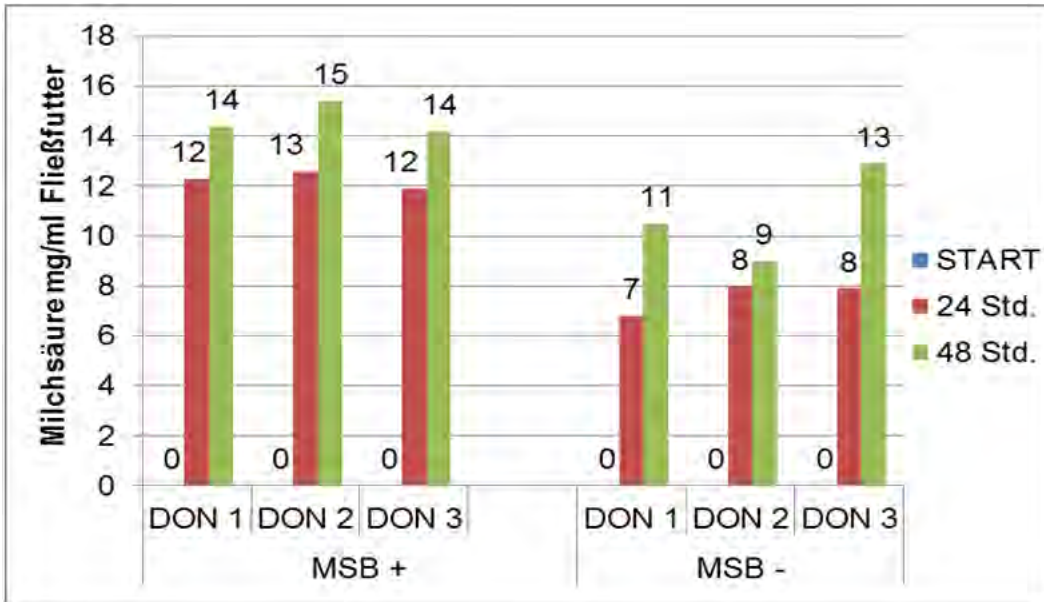


Abbildung 10: Milchsäurebildung bei ansteigenden DON-Gehalten und spontaner Fermentation

Unabhängig von der DON-Belastung des Substrates kommt es innerhalb der Fermentationsvarianten mit MSB-Zugabe in den beiden Zeiträume zu einer ausgeglichenen Laktatbildung. Für die Fermentation ohne Starterkultur liegt bei ausgeglichenen Werten nach 24 Stunden eine jedoch bei der 48 stündigen Fermentationsdauer größere Variation vor. Ableitend davon übt die Höhe der DON-Belastung der fermentierten Futtercharge keinen wesentlichen Einfluss auf die Stoffumsatzaktivität der Milchsäurebakterien aus.

Quantitativ liegt der Milchsäuregehalt bei kontrollierter Fermentation nach 24 Stunden im Mittel der drei Versuchsblöcke bei 12,2 mg/ml Fließfutter und damit um ca. 40 % über dem Mittel beim spontanen Fermentationsverlauf. Am zweiten Tag kommt es bei der kontrollierten Vergärung nur noch zu einem geringeren Konzentrationsanstieg, der bei der spontanen Fermentation dann höher ausfällt, was die Gehaltsdifferenz auf etwa 25 % verringert.

Im Weiteren werden die Gehalte von Essigsäure und Ethanol über die Fermentationsdauer von 48 Stunden in Abbildung 11 grafisch dargestellt.

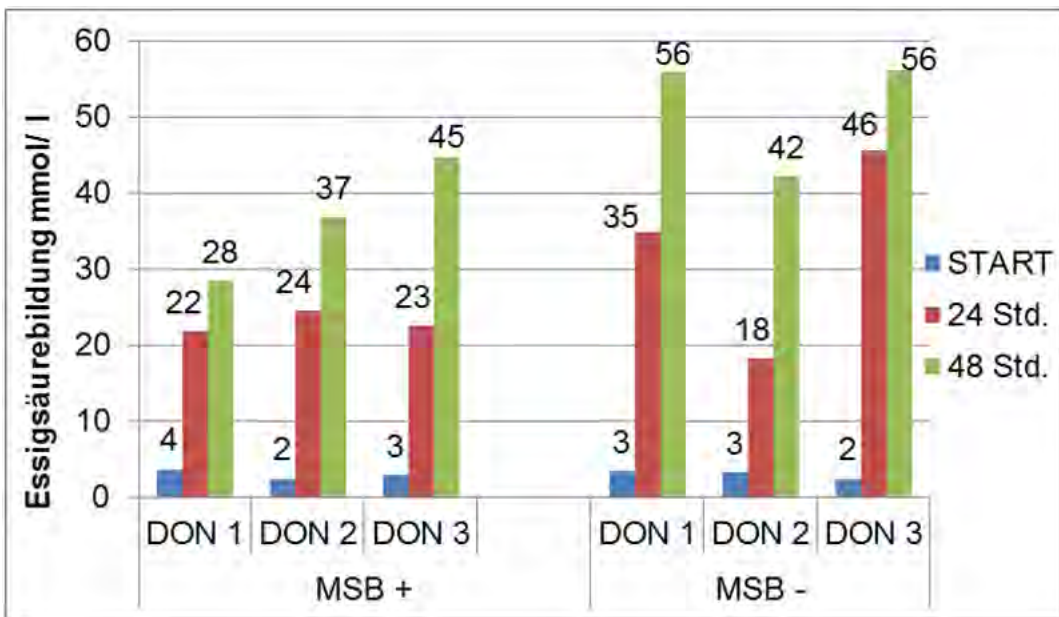


Abbildung 11: Essigsäurebildung bei kontrollierter oder spontaner Fermentation von DON-belastetem Futter

Bei den mit Starterkulturzugabe fermentierten Substraten kommt es unabhängig von der DON-Belastung am ersten Fermentationstag zur gleichwertigen Acetatbildung, wogegen am zweiten Tag der Vergärung mit steigenden DON-Gehalten auch die Gehalte an Essigsäure zunehmen. Die Substratspezifität bei der spontanen Fermentation lässt für den ersten bzw. zweiten Fermentationstag beträchtliche Unterschiede in der Aktivität der Essigsäurebildner erkennen, die keinen gerichteten Zusammenhang mit dem Anstieg der DON-Gehalte aufweisen.

Unabhängig von der Mykotoxinbelastung der Getreidegemische erweist sich die kontrollierte Fermentation bei eintägiger Fermentationsdauer als wesentlich sicherer in der Begrenzung der Essigsäurebildung als die spontane Fermentation.

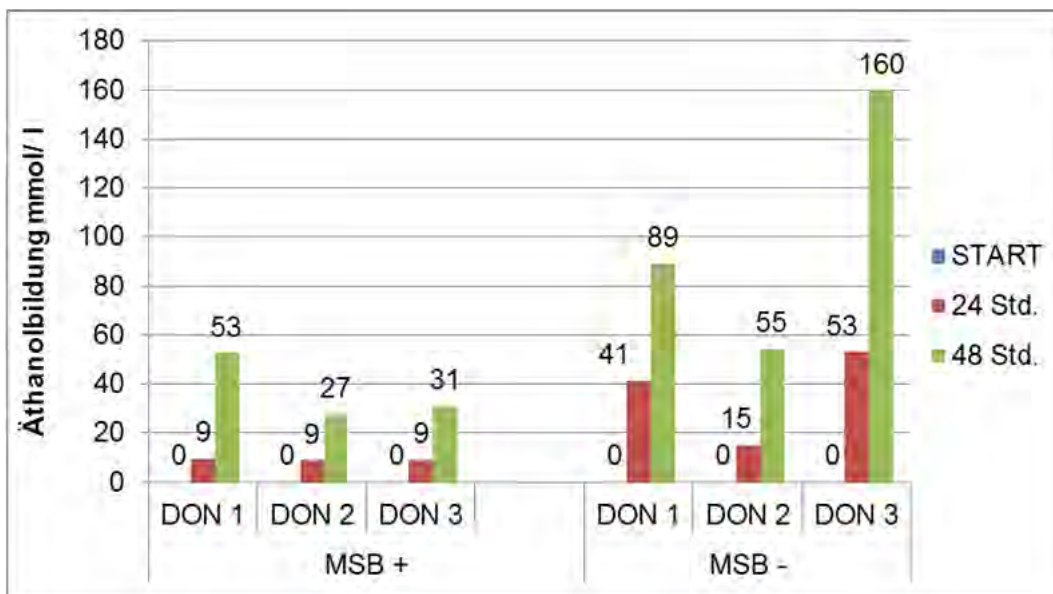


Abbildung 12: Äthanolbildung bei kontrollierter oder spontaner Fermentation von DON-belastetem Futter

Die im Fermentationsverlauf stattfindende Äthanolbildung lässt für beide Fermentationsvarianten keine gerichtete Beeinflussung durch die differenzierte DON-Belastung der eingesetzten Futterchargen erkennen (Abbildung 13). Trotz bisher noch nicht vorliegender Angaben zu kritischen Konzentrationen bietet auch hier die kontrollierte Fermentation eine größere Sicherheit, um die von Hefen ausgehende Alkoholbildung zu begrenzen.

Die HPLC-Analytik der DON-Gehalte ergab die in Abbildung 13 aufgezeigten Werte. Während bei der kontrollierten Fermentation übereinstimmend für die drei Varianten über die ein- bzw. zweitägige Fermentation geringfügig niedrigere Gehalte gegenüber dem Fermentationsstart auftraten, war dies bei der unkontrolliert ablaufenden Fermentation nicht der Fall. Eine durchgeführte Signifikanzprüfung ergab dennoch für beide Versuchsblöcke lediglich zufallsbedingte Veränderungen. Der mit der Versuchshypothese angenommene DON-Abbau durch Metabolisierung in DOM 1 müsste sich auch im Anstieg der DOM 1-Gehalte widerspiegeln. Dies konnte in den Analysen jedoch nicht bestätigt werden, da in beiden Fermentationsvarianten DOM 1 nach ein- oder zweitägiger Vergärung nicht oberhalb der Nachweisgrenze festzustellen war.

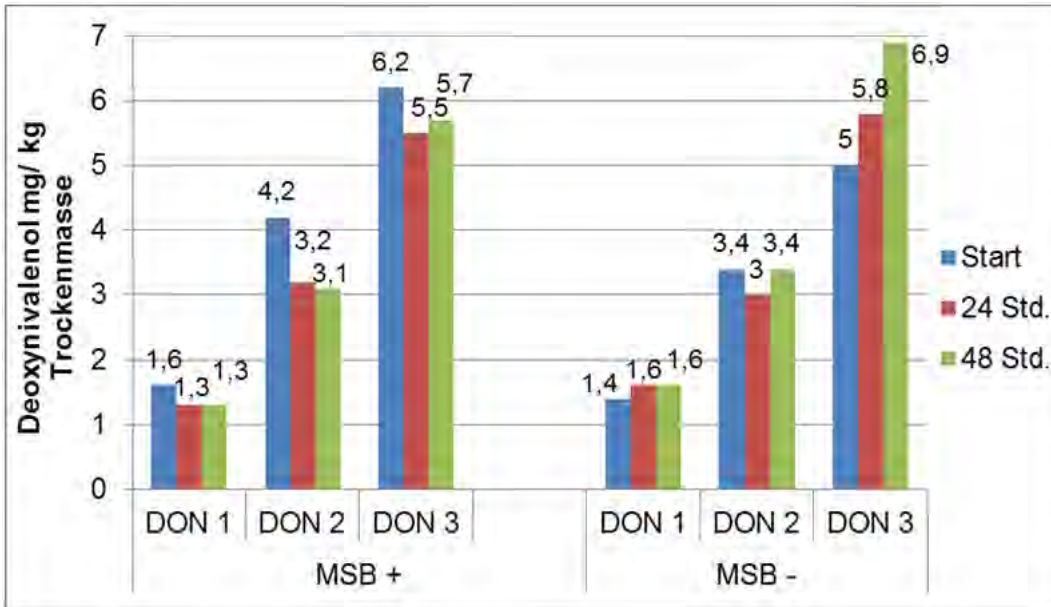


Abbildung 13: Fermentationseinfluss auf DON-belastete Futterproben

3.3.4 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Untersuchung lassen erkennen:

- Der in den Ausgangschargen in Verbindung mit der DON-Belastung durch Anzüchtung nachgewiesene Schimmelpilzbesatz ließ sich unter dem Einfluss einer eintägigen kontrollierten Fermentation halbieren, wobei die mit Keimzahlen von 10^2 bis 10^4 erfasste Keimgruppe der Fusarien dann nicht mehr nachweisbar war.
- Ein deutlicher Fermentationseinfluss trat bei der vorhandenen Probenbelastung für die Enterobakterien erst am zweiten Fermentationstag selbst bei Zugabe der Starterkultur ein.
- Die Milchsäurebildung bei kontrollierter Fermentation ließ keinen Einfluss der Schimmelpilz- bzw. der DON-Belastung erkennen und lag im Bereich des Vorversuches.
- Mittels Fermentation konnte keine abgesicherte Reduzierung der DON-Gehalte über den geprüften Zeitabschnitt ebenso wie keine über Metabolisierung erfolgende Bildung des niedrig toxischen DOM 1 nachgewiesen werden.

4 Ergebnisse Fütterungsversuche bei Mastschweinen mit fermentierten Futter **Bearbeiter: A. Heinze, K. Rau und M. Schmidt**

4.1 Fütterungstechnische und verfahrensmethodische Voraussetzungen

Die Untersuchungen erfolgten in Zusammenarbeit mit einem Thüringer Schweinemastbetrieb, der seit mehreren Jahren Kooperationspartner unserer Einrichtung zur Durchführung von Fütterungsversuchen bei Mastschweinen ist. Dazu steht ein Stallabteil mit 690 Tierplätzen zur Verfügung, das über eine separate Flüssigfütterungsanlage mit Anschluss an drei Mischfuttersilos versorgt wird. Im Rahmen eines Fördervorhabens zur Innovationsförderung errichtete das Unternehmen eine kapazitätsbezogene Fermentationsanlage mit Kopplung an die vorhandene Futterstrecke. Dabei konnte der Betrieb auf eigene Erfahrungen zur Futterfermentation zurückgreifen. Diese Fermentationsanlage stand im zugelassenen Förderzeitraum für die Versuchsdurchführung zur Verfügung, was nach einem Erprobungsdurchgang drei Versuchsdurchgänge in der Masteinheit ermöglichte. Die Tiere sind in Buchten zu 15 Tieren aufgestellt, wobei zwei Buchten durch einen mittelwandigen Futtertrog eine Fütterungsgruppe bilden. Die Futterbereitstellung erfolgt über eine sensorgesteuerte Futterabgabe. Die Mastschweine werden auf Vollspaltenboden mit Gülleentmistung gehalten.

Die Fermentationsanlage besteht aus vier Futterfermentern zu jeweils 5,5 m³ Fassungsvermögen, den erforderlichen Leitungsanschlüssen, Pumpen sowie einer Steuereinheit (Abbildung 14). Die Behälter weisen eine aus säurefestem Edelstahl bestehende Außenhaut sowie Abdeckung einschließlich Kontrollluke auf. Sie sind mit einem Rührwerk und Rohrleitungen zur Erwärmung des Fließfutters ausgestattet. Die Warmwasserbereitstellung wird dabei über die Einspeisung von Kühlwasser der am Standort befindlichen Biogasanlage abgesichert. Die Befüllung erfolgt über den Futtermischer der Versuchsstalleinheit in einem festgelegten Zeitfenster am Morgen. Aus diesen wird dann am Folgetag mengenbezogen der zur Verfütterung erforderliche Rationsanteil über den Fütterungscomputer als Steuereinheit abgerufen. Ab Futtermischer steht lediglich eine Leitungsstrecke als Ringleitung für die Futterzuleitung und -verteilung im Stall zur Verfügung. Nach dem Ausfüttern einer Futtermischung und damit vor dem Wechsel zur nächsten Mischung erfolgt eine Leitungsspülung mit Brauchwassersammlung und dessen Wiedereinsatz beim folgenden Anmischgang, der in der Regel mit einem Rationsvariantenwechsel verbunden ist. Diese technischen Voraussetzungen sind bei der Ergebnisbewertung zu berücksichtigen.

Für die Durchführung der Futterfermentation wurden betriebliche Erfahrungen und weitere Anwen- derempfehlungen berücksichtigt. Einheitlich für die drei Versuchsdurchgänge basierte die Vergä- rung auf einer eintägigen Fermentationsdauer, wobei die Ausfütterung dieser Fermentatcharge in den nächsten 24 Stunden stattfand. Die durchschnittliche Fermentationstemperatur lag bei 30°C. Die Vergärung fand als kontrollierte Fermentation durch die Zugabe spezieller Starterkulturen zum Fermentationsbeginn statt. Die Dosierung der dabei eingesetzten zwei verschiedenen Futterzusät- ze erfolgte nach Einsatzempfehlung in Bezug auf das bereitgestellte Futter/Wassergemisch. Das so fermentierte Futter wurde mit einem mastphasenbezogenen festen Anteil jeder Anmischration zudosiert und verfüttert. Die zu fermentierende Futtermischung bestand zu einem überwiegenden Teil aus Getreide (Gerste, Roggen, Mais) ergänzt durch einen zwischen den Versuchsdurchgän- gen abweichenden Anteil an Sojaextraktionsschrot und einen Zusatz mit Phytase. Der auszufüt- ternden Ration wurden neben dem Fermentat der verbliebene Anteil an unfermentierten Getreide und Sojaextraktionsschrot sowie die Mineralstoff/Wirkstoffmischung zugegeben. In den drei Ver- suchsreihen kamen jeweils zwei Prüfgruppen zum Einsatz, wobei die mit Fermentat ergänzte Rati- on einer mit den gleichen, aber unfermentierten Rohkomponenten supplementierten Mischung gegenübergestellt wurde. Hinsichtlich der Gehalte an Inhaltsstoffen war die Fermentatmastmi- schung durch eine zweiprozentige Absenkung des Sojaextraktionsschrotanteiles im Proteingehalt und durch den Verzicht auf die Zugabe von mineralischem Phosphor in diesen beiden Parametern niedriger als die Ration ohne Fermentatzugabe ausgestattet. Ansonsten wurden gleiche Gehalte bilanziert.



Abbildung 14: Ansicht Fermenter sowie Leitungs- und Steuerungseinheit für Fermenterbewirtschaftung

4.2 Versuchs- und auswertungsmethodischer Ansatz

Das zur Verfügung stehende Tiermaterial stammt von Kreuzungssauen (L x E) und Endstufenebern der Rasse Duroc ab und weist einen konventionellen Tiergesundheitsstatus auf. Die Tiere wurden bei Einstellung einzeln gewogen und mit Ohrmarken tierindividuell gekennzeichnet. Die Schlachtungen erfolgten mit drei Ausstallterminen einheitlich für jeden Mastdurchgang auf dem gleichen Schlachthof. Die Schlachtkörper wurden über FOM klassifiziert. Das Schlachtkörpergewicht diente bei einheitlicher Umrechnung als Basis für das Mastendgewicht (Schlachtgewicht), weshalb nur letzteres in den Auswertung ausgewiesen wurde.

Das zugrunde liegende und aus den fütterungstechnischen Voraussetzungen resultierende Versuchskonzept beinhaltet die Unterteilung der eingestellten Tiere in eine Versuchs- und Kontrollgruppe. Die Tiere der Kontrollgruppe wurden einheitlich über die Mastdurchgänge mit einer Flüssigfütterration bedarfsbezogen nach DLG-Versorgungsempfehlungen gefüttert. Die Rationen der Versuchstiere enthielten anteilig ein fermentiertes Getreide/Sojaschrotgemisch und waren gezielt durch die Absenkung des Sojaextraktionsschrot- und Phosphorgehaltes nur in diesen Inhaltsstoffen niedriger als die Kontrollgruppenfutter ausgestattet. Die Detailangaben sind nachfolgend unter dem jeweiligen Fütterungsversuch aufgeführt. Einheitlich für die Fütterung mit Fermentatfutter war weiterhin der Verzicht auf die Zugabe von Futtersäuren beim Anmischen der Trogration, der dagegen bei der Fütterung der Kontrollgruppenmischungen zur Absenkung des pH-Wertes erforderlich war.

Die Auswertungen umfassten Ergebnisse zur Bewertung des Fermentationseinflusses auf die mikrobiologische Qualität, die Gärsäurenbildung und den pH-Wert neben der Ermittlung der Mast- und Schlachtleistungsdaten. Für die Futterbeprobung lag dazu ein einheitlicher Probenplan vor. Die Auswertungen der tierischen Leistungen und der Futterdaten der drei Mastversuche erfolgte mittels SAS-Statistikprogrammpaket (9.3) als LSQmeans mit $p < 0,05$.

4.3 Ergebnisse Fütterungsversuche Mastschweine

4.3.1 Fütterungsversuch I: Einfluss Fermentatfütterung auf Mast- und Schlachtleistung sowie Futteraufwand

4.3.1.1 Aufgabenstellung

In diesem Mastschweinefütterungsversuch sollte der Einfluss von Fermentatfütterungen auf Getreidebasis bei leichter Reduzierung der Proteingehalte sowie dem Verzicht auf den Einsatz mineralischen Phosphors gegenüber ansonsten nährstoffgleichen unfermentierten Flüssigfütterungen geprüft werden. Dabei wird von einer kontrollierten Fermentation durch Zugabe einer Starterkultur ausgegangen.

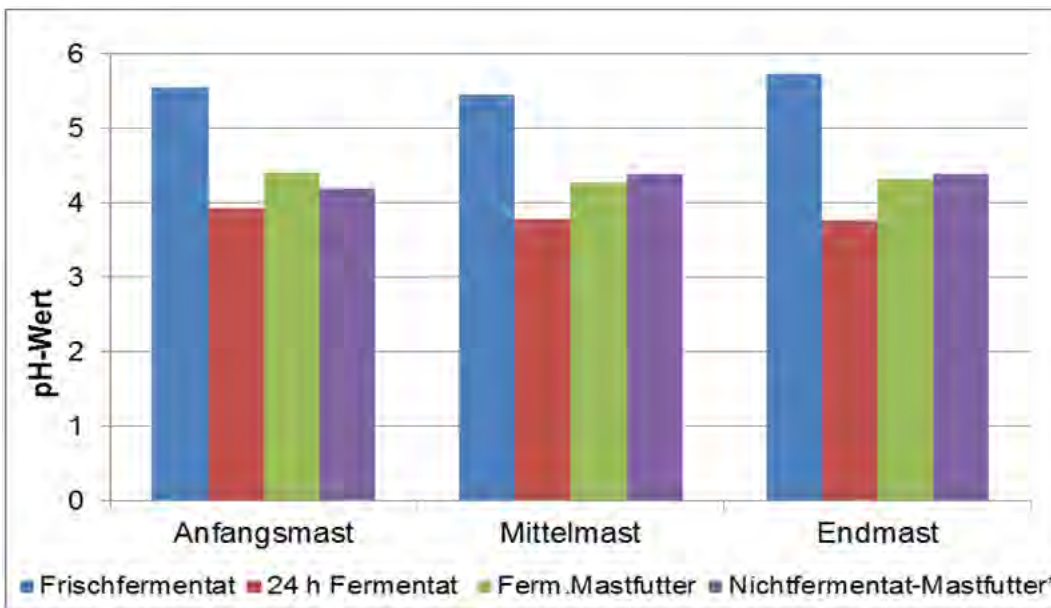
4.3.1.2 Versuchsansatz

Der Fütterungsversuch wurde von Oktober 2012 bis Februar 2013 durchgeführt. Einbezogen waren insgesamt 612 Tiere die zu ausgeglichenen Geschlechteranteilen auf eine Gruppe mit Fermentatfütterung und eine als Vergleich aufgestallte Gruppe mit konventioneller Flüssigfütterung aufgeteilt wurden. Zur Auslösung einer gezielten Fermentation kam das zugelassene Produkt Schumacid Feed Project der Fa. Schaumann mit der Dosierung 10 g/t Fließfutter zum Einsatz. Es setzt sich aus den Milchsäurebakterienstämmen *Lactobacillus paracasei*, *L. rhamnosus* und *Pediococcus pentosaceus* zusammen. Der Fermentatanteil in der Trogmischung lag in der Vormast bei 60 %, der Mittelmast bei 48 % und der Endmast bei 37 %. Dabei enthielt das Fermentat bezogen auf die Gesamtration nur die entsprechenden Anteile an der Getreidemischung und dem Sojaextraktionsschrot. Zusätzlich wurde Phytase mit der Menge von ein Prozent der Gesamtration aber kein Mineralstoff zugesetzt. Die Fütterung mit Fermentateinsatz enthielt gegenüber der Vergleichsration in den drei Mastphasen jeweils zwei Prozent weniger an Sojaextraktionsschrot und generell keinen mineralischen Phosphor.

4.3.1.3 Ergebnisse

pH- Wert

Die Ergebnisse für die drei Mastabschnitte werden in der Abbildung 15 dargestellt. Neben den Einzelproben aus Vormast und Mittelmast wurden die beiden Endmastbeprobungen gemittelt. Für die fachliche Bewertung muss berücksichtigt werden, dass aus futterhygienischen Anforderungen bei der üblichen Flüssigfütterung (Nichtfermentatgruppe) die Zugabe organischer Säuren zur pH-Wertabsenkung erforderlich ist. Dies erfolgte mit einem Anteil von ca. 1 % der Gesamtmischung. Fütterungsempfehlungen zum Säurestatus der Flüssigfütterungen geben einen pH-Bereich von 4,0 bis 4,8 an, der durch die geprüfte Bakterienkultur in Verbindung mit den praktizierten Fermentateinmischraten ohne zusätzlichen Einsatz von Futtersäuren realisiert wurde.



* pH-Absenkung durch Zugabe organischer Säure

Abbildung 15: Absenkung des pH-Wertes durch Fermentation und in den Mastrationen

Gärsäuren

Als wichtiges Merkmal für die Kontrolle des Fermentationserfolges wird der Milchsäuregehalt angesehen. Die Konzentrationen im Endfermentat lagen in der Vor-, Mittel- und Endmast bei 10,5; 11,0 und 7,2 mg/ml Fließfutter. Diese Gehalte liegen dabei im unteren Bereich der Empfehlungen für die Fertigfermentate mit 1 – 3 %/kg Frischmasse (PECHER, 2014). Ausgehend vom Fermentatanteil in der fertigen Trogmischung kam es dann zu Reduzierung, wobei nur Mittel- und Endmastfutter auswertbar waren. Die zugeordneten Milchsäuregehalte lagen hier bei 4,8 und 3,7 mg/ml Futter währenddessen die Nichtfermentatgruppe mit 0,7 und 0,5 mg/ml Futter deutlich niedrigere Werte aufwies.

Mikrobiologische Befunde

In der Tabelle 11 wird eine Übersicht zur Veränderung der Keimzahlen wichtiger Kontrollparameter für die Mastabschnitte gegeben.

Die Futterproben wurden kurzfristig nach Probenahme den Untersuchungen zum Keimgehalt zugeführt. Dabei kommen die Ergebnisse von drei wichtigen Keimgruppen zur Darstellung. Auf die Angabe zu den Gehalten der aerob mesophilen Bakterien wurde hier verzichtet. Die Enterobakterien sind Darmkeime, die mit dem Futter aufgenommen werden können und zum Teil (E. coli, Salmonellen,...) als nachteilig einzustufen sind. Als Warnwert wird eine Konzentration von 10^4 KBE/ml (Angaben in KBE/g nicht verfügbar) Fließfutter angeführt. Im Anfangsmast- und Mittelmastabschnitt lagen unbedenkliche Konzentrationen der Enterobakterien vor, wobei in der Mittelmast durch die Fermentation eine Zehnerpotenz reduziert wurde. Die Ausgangsfutterchargen in der Endmast wiesen offensichtlich eine höhere Ausgangsbelastung auf, so dass die beiden Fermentat-Mastfutter selbst durch die Absenkung im Fertigfermentat nicht entscheidend besser als die Nichtfermentatgruppe waren.

Tabelle 11: Mikrobiologische Befundauswertung

| Mastabschnitt | Variante | Enterobakterien | Hefen | Milchsäurebakterien |
|---------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | KBE/g Fließfutter | | |
| Anfangsmast | 24 h Fermentat | 1,0 * 10 | 2,4 * 10 ⁷ | 1,3 * 10 ⁸ |
| | Ferm. Mastfutter | 2,7 * 10 ² | 1,3 * 10 ⁷ | 2,0 * 10 ⁸ |
| | Nichtfermentat-Mastfutter | 1,4 * 10 ² | 8,6 * 10 ⁶ | 1,1 * 10 ⁸ |
| Mittelmast | 24 h Fermentat | < 1,0 * 10 ² | 1,6 * 10 ⁷ | 8,8 * 10 ⁸ |
| | Ferm. Mastfutter | 2,0 * 10 ² | 1,5 * 10 ⁷ | 5,8 * 10 ⁸ |
| | Nichtfermentat-Mastfutter | 1,1 * 10 ³ | 2,1 * 10 ⁶ | 1,2 * 10 ⁸ |
| Endmast 1 | 24 h Fermentat | 5,9 * 10 ³ | 2,0 * 10 ⁷ | 5,4 * 10 ⁸ |
| | Ferm. Mastfutter | 1,9 * 10 ⁵ | 6,1 * 10 ⁶ | 2,3 * 10 ⁸ |
| | Nichtfermentat-Mastfutter | 2,0 * 10 ⁵ | 8,5 * 10 ⁵ | 3,6 * 10 ⁷ |
| Endmast 2 | Fermentatstart | 8,5 + 10 ³ | 7,5 * 10 ⁵ | 6,8 * 10 ⁷ |
| | 24 h Fermentat | 3,9 * 10 ³ | 6,1 * 10 ⁶ | 7,3 * 10 ⁸ |
| | Ferm. Mastfutter | 8,5 * 10 ⁴ | 2,0 * 10 ⁶ | 8,2 * 10 ⁸ |
| | Nichtfermentat-Mastfutter | 6,0 * 10 ⁴ | 8,5 * 10 ⁵ | 1,3 * 10 ⁸ |

Als sehr kritische Keimgruppe werden die Hefen eingestuft. Deshalb werden Gehalte von < 10⁷ KBE/g Flüssigfutter gefordert. Offensichtlich kommt es während der eintägigen Fermentation bereits zu einem mäßigen Anstieg der Keimzahlen, was sich mit dem erweiterten Probennahmeregime bei der zweiten Endmastprobe auch konkret belegen lässt. Durchweg über alle Proben sind in diesem Merkmal die Fermentatfutmischungen um eine Zehnerpotenz schlechter als die verabreichten konventionellen Flüssigfutter und liegen dabei anteilig im bedenklichen Bereich.

Mastabgänge

In Tabelle 12 werden die Daten zu den Tierabgängen ausgewiesen. Unter der Kategorie Versetzung sind Mastschweine eingeordnet, die im Mastverlauf zur Durchführung von Behandlungen bzw. wegen Fundamentproblemen u. a. in die Krankenbuchten umgestallt wurden. Das Tierverlustgeschehen lag bei den Fütterungsvarianten zwischen 3 und 4 % und damit für die Praxis noch im üblichen Bereich. Die Unterschiede in der Position Verluste zwischen den beiden Varianten erwiesen sich ebenso wie bei den wegen Erkrankung u. a. Befunden in Krankenbuchten umgestellten Tieren als nicht signifikant.

Tabelle 12: Tierbestandsveränderungen und Verluste

| Variante | Einstellung | Verluste* | | Versetzung* | | Schlachtung | Lebend Verwiegung (Nachzügler) |
|---------------------------|-------------|-----------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|--------------------------------|
| | Stück | n | % | n | % | Stück | Stück |
| Fermentat-Mastfutter | 281 | 10 | 3,56 ^a | 14 | 4,98 ^a | 248 | 9 |
| Nichtfermentat-Mastfutter | 267 | 7 | 2,62 ^a | 5 | 1,87 ^a | 245 | 10 |

*Abweichende Buchstaben in Spalte verweisen auf Signifikanz

Mastleistung

Die Ergebnisse zu den Mastleistungsparametern werden in der Tabelle 13 ausgewiesen. Für diese Berechnungen wurden die auswertbaren Tiere berücksichtigt.

Tabelle 13: Mastleistung im Vergleich zwischen Fermentat- und Nichtfermentatfütterung

| Variante | Geschlecht | Auswertbare Tiere Stück | Einstallgewicht* kg | Schlachtgewicht* kg | Masttagszunahme* g |
|---------------------------|------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Fermentat-Mastfutter | Gesamt | 251 | 24,04 ^a ± 2,76 | 121,58 ^a ± 7,37 | 863 ^a ± 83 |
| Nichtfermentat-Mastfutter | | 260 | 23,90 ^a ± 2,95 | 120,49 ^a ± 8,87 | 857 ^a ± 90 |
| Fermentat-Mastfutter | Kastrat | 146 | 24,08 ^a ± 2,84 | 123,14 ^a ± 7,94 | 880 ^a ± 76 |
| Nichtfermentat-Mastfutter | | 141 | 23,61 ^a ± 3,13 | 121,63 ^a ± 9,30 | 883 ^a ± 93 |
| Fermentat-Mastfutter | Weiblich | 105 | 23,97 ^a ± 2,66 | 119,42 ^a ± 8,65 | 834 ^a ± 85 |
| Nichtfermentat-Mastfutter | | 119 | 24,25 ^a ± 2,70 | 119,14 ^a ± 8,16 | 827 ^a ± 77 |

*Abweichende Buchstaben im jeweiligen Geschlechterblock verweisen auf Signifikanz

Bei ausgeglichenen Einstall- und Schlachtgewichten ergaben sich in dem erzielten bestandsbezogenen hohen Zunahmenniveau keine gesicherten Unterschiede in der Masttagszunahme zwischen den beiden Fütterungsgruppen innerhalb der Kastrate bzw. der weiblichen Tiere.

Schlachtleistung und Futteraufnahme

Tabelle 14: Ergebnisse zur Schlachtleistung und zum Futteraufwand im Vergleich zwischen Fermentat- und Nichtfermentatfütterung

| Variante | Geschlecht | Muskelfleisch* % | Speckmaß* mm | Fleischmaß* mm | Futteraufnahme* kg/Tag | Futteraufwand* kg/kg Zuwachs |
|---------------------------|------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Fermentat-Mastfutter | Gesamt | 55,61 ^a ± 2,45 | 17,24 ^a ± 2,58 | 57,24 ^a ± 4,84 | 2,28 ^a ± 0,18 | 2,67 ^a ± 0,29 |
| Nichtfermentat-Mastfutter | | 56,20 ^b ± 2,79 | 16,39 ^b ± 3,05 | 56,41 ^a ± 4,98 | 2,31 ^b ± 0,16 | 2,72 ^a ± 0,32 |
| Fermentat-Mastfutter | Kastrat | 54,92 ^a ± 2,53 | 18,08 ^a ± 2,55 | 57,44 ^a ± 4,85 | 2,35 ^a ± 0,08 | 2,69 ^a ± 0,27 |
| Nichtfermentat-Mastfutter | | 55,13 ^a ± 2,75 | 17,65 ^a ± 3,05 | 56,46 ^a ± 4,47 | 2,39 ^b ± 0,09 | 2,74 ^b ± 0,33 |
| Fermentat-Mastfutter | Weiblich | 56,57 ^a ± 1,99 | 16,06 ^a ± 2,13 | 56,96 ^a ± 4,83 | 2,19 ^a ± 0,09 | 2,64 ^a ± 0,31 |
| Nichtfermentat-Mastfutter | | 57,47 ^b ± 2,27 | 14,90 ^b ± 2,30 | 56,35 ^a ± 5,54 | 2,21 ^a ± 0,17 | 2,70 ^a ± 0,31 |

*Abweichende Buchstaben im jeweiligen Geschlechterblock verweisen auf Signifikanz

Zwischen den Fütterungsvarianten kam es im Muskelfleischanteil beim Gruppenvergleich und bei den weiblichen Schlachttieren zu signifikant niedrigeren Ergebnissen zum Nachteil der Fermentatvariante. Zur Ursachenfindung wurden die bei der FOM-Klassifizierung ermittelten Speck- und Fleischmaße mit aufgeführt. Während in den Fleischmaßen generell keine gesicherten Unterschiede auftraten, lässt sich das schlechtere Klassifizierungsergebnis aus den auch signifikant höheren Speckmaßen in den betreffenden Gruppierungen herleiten.

Bei ausgeglichener Futteraufnahme der weiblichen Mastschweine zwischen den beiden Gruppen lag demgegenüber der mittlere tägliche Futtermittelverzehr bei Fermentatfütterung der Kastraten leicht, aber signifikant, unter dem Wert der entsprechenden Kontrolltiere. Dies wirkte sich gleichgerichtet auf die Gesamtauswertung aus. Der niedrigere Futtermittelverzehr der Kastraten mit Fermentatfütterung

reflektierte sich dann auch in einem gesichert niedrigeren Futteraufwand, der in den anderen Auswertungsblöcken ausgeglichen ausfiel.

Bei den Stalldurchgängen wurde auch die Futterhomogenität und die Entmischung im Trog zwischen den beiden Fütterungsvarianten in Augenschein genommen. Dabei war für die Nichtfermentatfütterung ein sehr schnelles Absetzen der festen Futterbestandteile und davon ausgehend ein selektives Fressen der Tiere zu beobachten. Diese Futterentmischung trat bei der Fermentatfütterung mit dieser Deutlichkeit nicht auf. Um die Unterschiede nachzuweisen, führten wir einen Entmischungsvergleich mit einem einheitlichen Mastfutter, entweder fermentiert oder als übliches Flüssigfutter zubereitet, durch und registrierten die Veränderungen im Zeitabstand zur Mischerentnahme. Das unterschiedliche Absetzverhalten zwischen den Mischungen ließ sich bereits nach 3 Minuten deutlich registrieren und war auch nach 10 Minuten noch nachzuweisen.

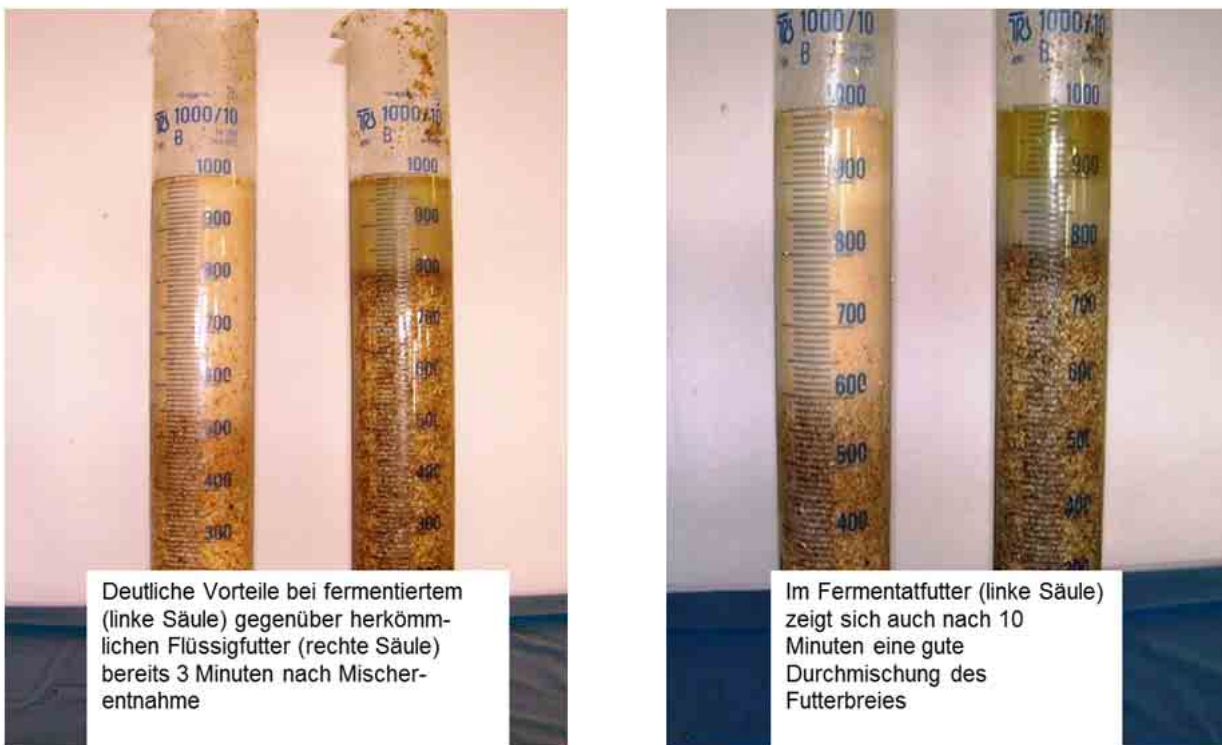


Abbildung 16: Vergleich der Entmischung zwischen fermentiertem und nicht fermentiertem Flüssigfutter

4.3.1.4 Zusammenfassung

Als Ergebnisse und Hinweise aus dem ersten Mastfütterungsversuch mit eintägiger kontrollierter Fermentation von Mastmischungen auf Getreidebasis und Vergleich mit einer Flüssigfütteration auf Basis gleicher Futtermittel lässt sich feststellen:

- Der Fermentationsverlauf zeichnete sich durch eine deutliche pH-Wert-Absenkung und bei nur mäßiger Milchsäurebildung aus.
- Bei unterschiedlichem Ausgangsbesatz der Futtermittel ließ sich kein deutlicher Einfluss der Fermentation auf die Reduzierung der Enterobakterien ermitteln. Kritischer ist jedoch der Anstieg bei den Koloniezahlen der Hefen während der Fermentation zu bewerten, der jedoch zu keinen tiergesundheitlichen Problemen führte.
- Bei ausgeglichenen Masttagszunahmen war ein gesichert niedriger Muskelfleischanteil nach Geschlechterdifferenzierung bei den weiblichen Tieren und Fermentatfütterung aufgetreten. Er resultierte aus signifikant höheren Speckmaßen im Schlachtkörper. Demgegenüber waren die Unterschiede bei den Kastraten geringer und zufällig. Ursächlich kann hier ein Zusammenhang zu einer nicht bedarfsgerechten Protein- bzw. essentiellen Aminosäurenversorgung bestehen. Ob die leichte Absenkung des Sojaschrotanteiles oder Abbauvorgänge an Einzelami-

nosäuren während der Fermentation der auslösende Faktor sind, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden.

- Im Vergleich der täglichen Futterraufnahme ergab sich ein geringfügig niedrigerer Wert für die Gesamtfermentatgruppe, der ebenso wie die gleiche Relation bei den Kastraten sich sichern lies und bei den Kastraten auch durch eine niedrigere Futtermittelverwertung reflektiert wurde.

4.3.2 Fütterungsversuch II : Einfluss einer zweiten Starterkultur auf das Fermentationsergebnis und die tierische Leistung

4.3.2.1 Aufgabenstellung

Mit dem Einsatz der bisher als Starterkultur verwendeten Milchsäurebakterien konnte unter unseren Voraussetzungen noch nicht die empfohlene optimale Vergärung zu Milchsäure erzielt werden. Weiterhin trat eine deutliche Hefenbesiedlung auf, die im Risikobereich lag. Deshalb erfolgten Recherchen, um eine andere Starterkultur einzubeziehen. Die Wahl fiel auf das Produkt BioPrime BS 24 pedio-150. Dabei handelt es sich um eine gefriergetrocknete konzentrierte Kultur des Milchsäurebakterienstammes *Pediococcus pentosaceus*. Dieser homofermentative Bakterienstamm vergärt fast ausschließlich zu Milchsäure mit der für Menschen positiven L-Konfiguration. Sein Einsatz erfolgt bisher nur in der Lebensmittelherstellung und erforderte deshalb als Futterzusatzstoff eine Ausnahmegenehmigung durch die zuständige Behörde.

4.3.2.2 Versuchsansatz

Der Fütterungsversuch entsprach im Versuchsdesign der vorangehenden Untersuchung, um eine möglichst hohe Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Auf einen unmittelbaren Vergleich der beiden Fermentationsstarter musste in diesem Fütterungsversuch auf Grund der vorhandenen Fütterungsstrecke (ein Futtermischer und Ringleitung) ausgeschlossen werden. Die Dosierung von BioPrime BS 24 entsprach nach Herstellerangabe mit 10g/t Fließfutter der bisher verwendeten Produktmenge. Auch in dieser Untersuchung wurde dem Getreidegemisch der gleiche Sojaschrotanteil zur Fermentation wie im vorangehenden Versuch zugeteilt und diese so fermentierte Mischung nach Mastphasen anteilig der Gesamtmischung zugeführt. Für die Futteranalytik erfolgten je Mastphase stets zwei Probenahmen, so dass die nachfolgenden Analysewerte jeweils als gemittelte Daten ausgewiesen werden.

4.3.2.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse zur Bildung der Milchsäure und zur pH-Wertabsenkung als Merkmale für den Fermentationsverlauf werden in Abbildungen 17 und Abbildung 18 für die drei Mastabschnitte dargestellt. Nach der eintägigen Fermentation ist besonders für die Mittelmast ein deutlichen Anstieg in der Milchsäurebildung erkennen, wogegen sie in den beiden weiteren Mastphasen zu niedrig ausfiel.

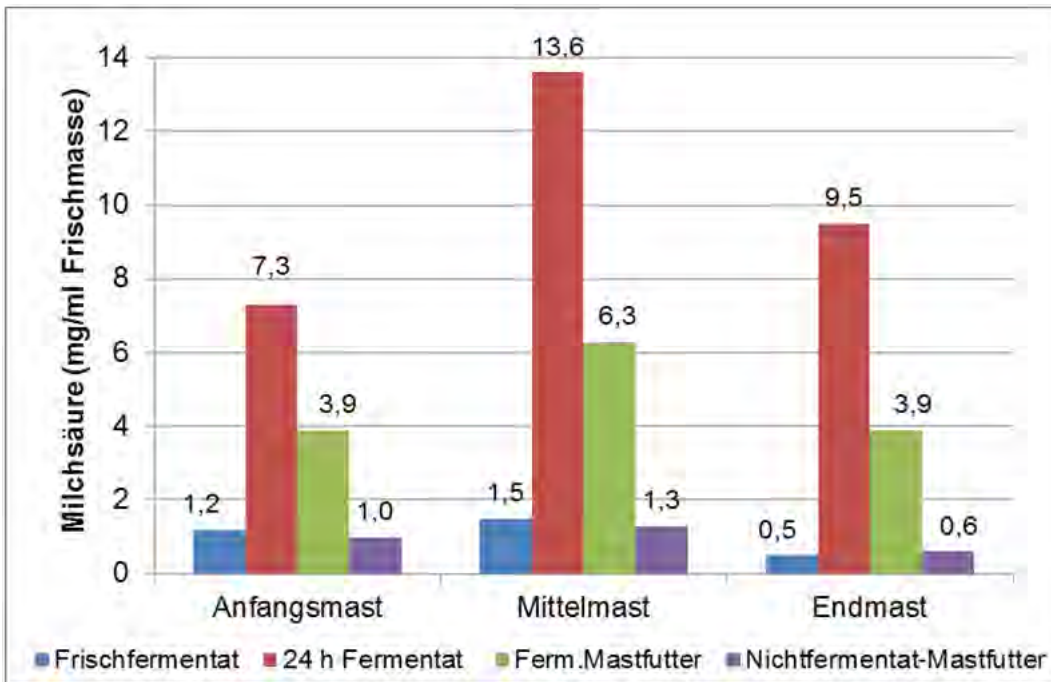
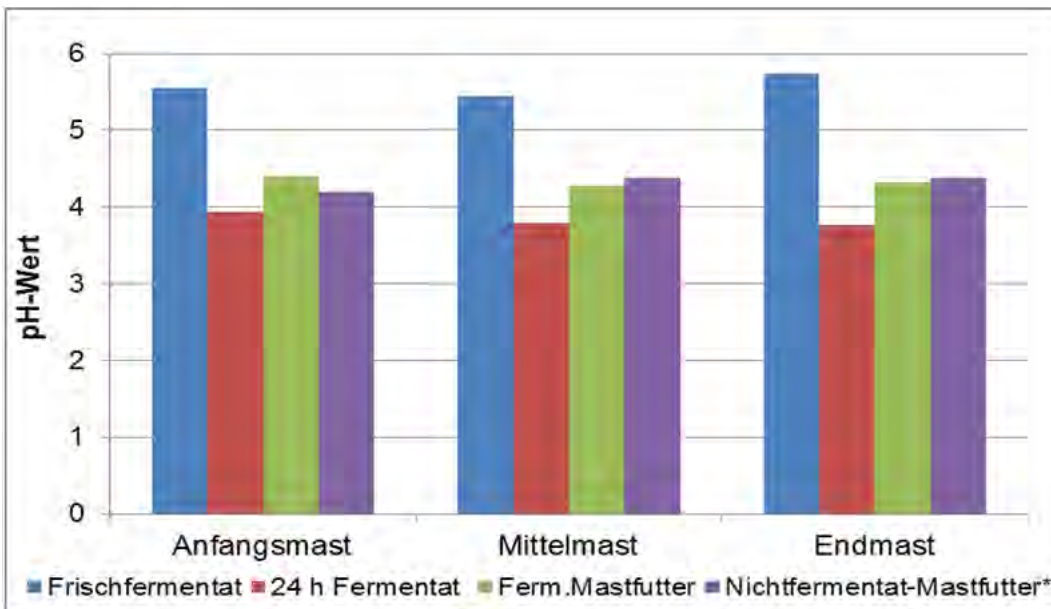


Abbildung 17: Einfluss der Fermentation auf die Milchsäurebildung

pH- Wert

Bei Ausgangswerten der Fermentatmischungen von geringfügig unter pH 6 trat innerhalb eines Tages in allen Fermentaten eine deutliche Reduzierung auf unterhalb von pH 4 ein, die einen wichtigen Einfluss auf die mikrobiologischen Veränderungen ausübt.



* pH-Absenkung durch Zugabe organischer Säure

Abbildung 18: Absenkung des pH-Wertes durch Fermentation und Vergleichsrationen

Gärsäuren

Ergänzend zu den Ergebnissen der Milchsäurebildung wurden weitere Gärsäuren in den Futterproben analysiert. Im Vordergrund steht dabei die Essigsäurebildung, deren Ergebnisse der Abbildung 19 zu entnehmen sind.

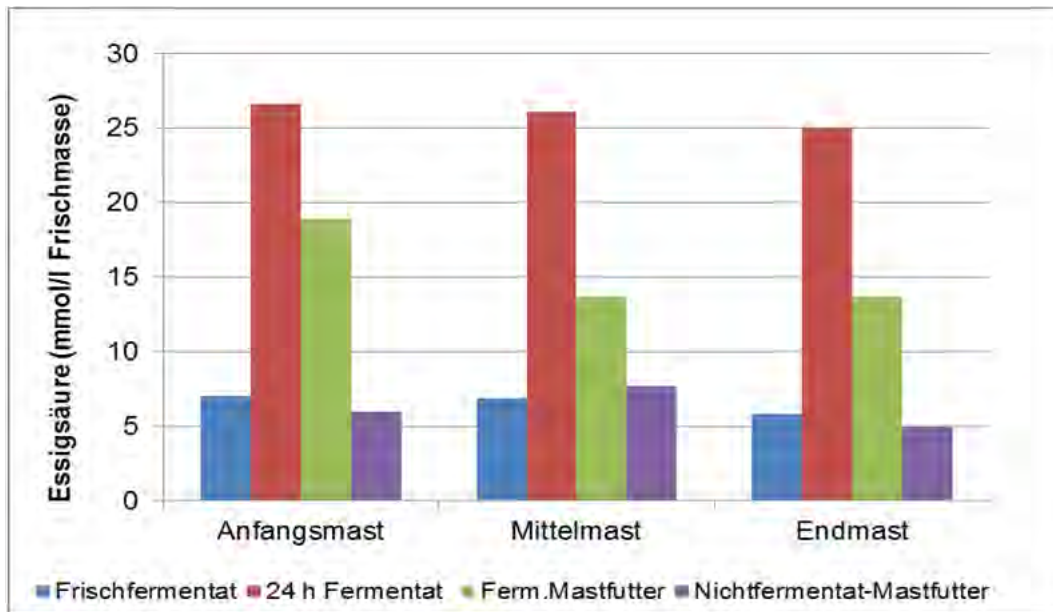


Abbildung 19: Gehalte an Essigsäure nach Fermentation und in den Mastrationen

Im Verlauf der eintägigen Fermentation kommt es zwar zu einer Vervierfachung der Ausgangsgehalte an Acetat, bei den absoluten Konzentrationen liegen diese Werte mit ca. 25 mmol/l jedoch deutlich unter dem von LEGARD (2013) angeführten Richtwert für Mastschweine von 60 bis 70 mmol/l Fließfutter. Bei ausgeglichenen Gehalten in den Endfermentaten resultieren die höheren Werte des Fermentat- Anfangsmastfutters aus seiner mit 60 % höheren Einmischrate gegenüber den späteren Mastphasen.

Da die Analytik weitere Gärsäuren erfasst, kann auch eine Aussage zur Buttersäurebildung getroffen werden. Die Gehalte liegen einheitlich für die Mastabschnitte und Probennahmeabfolge unter der mit 0,11 mmol/l angegebenen Nachweisgrenze bzw. Bereich dieses Wertes. Damit sind nachteilige Einflüsse auf die Futteraufnahme durch Buttersäurebildung auszuschließen. Als weiterer Bewertungsparameter wurden die Alkoholkonzentrationen ermittelt. Dazu gibt die Abbildung 20 einen Überblick.

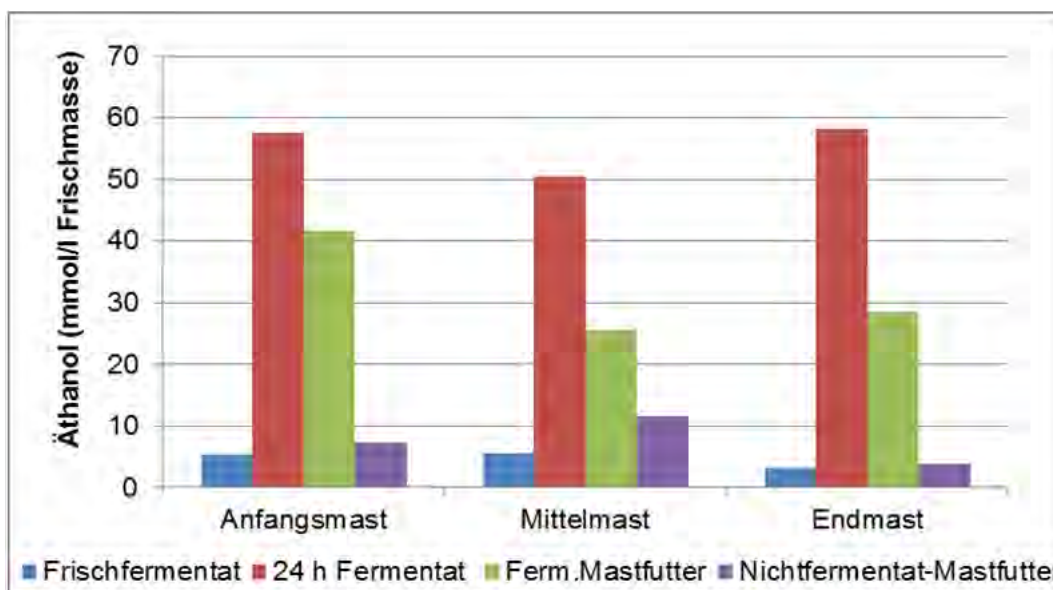


Abbildung 20: Gehalte an Äthanol nach Fermentation und in den Mastrationen

Die Äthanolgehalte der Fermentate steigen von ca. 5 mmol/l als Ausgangswert auf 50 bis 60 mmol/l nach eintägiger Fermentation und liegen in den Fermentatfuttern in Konzentrationen zwischen 25 und 42 mmol/l vor. Diese Gehalte lassen sich durch bisher nicht vorliegende Empfehlungen zu Obergrenzen jedoch nicht bewerten.

Mikrobiologische Befunde

Die für die jeweiligen Probenahme ausgewiesenen Ergebnisse sind in Tabelle A- 1 (Anhang) „Ergebnisse mikrobiologische Befundausswertung für Mastfütterungsversuch II“ zu entnehmen. Mit der Fermentation kommt es erwartungsgemäß zum Anstieg der Milchsäurebakterienkonzentration, wobei im Endfermentat Werte um 10^9 vorliegen. Die in ihren Koloniezahlen abweichenden Ausgangswerte an Enterobakterien ($10^3 - 10^5$) werden durch die Fermentation deutlich reduziert. Demgegenüber kommt es durch diese Fermentation auch zu einem leichten Anstieg in der Hefenkeimzahl. Für die bei der Keimanzüchtung in Einzelproben erfassten E. coli ergab sich kein eindeutiges Bild. In zwei der drei Fälle führte die eintägige Fermentierung zur Keimreduzierung.

Mastabgänge

In der Tabelle 15 werden die Daten zu den Tierabgängen ausgewiesen. Bei den auffälligen aber als zufallsbedingt einzuordnenden Differenzen in der Position Versetzung ließen sich aus der Bestandsdokumentation keine im Zusammenhang mit einem Fütterungseinfluss stehende gehäufte Ursachen zu Lasten der Fermentatgruppe feststellen.

Tabelle 15: Tierbestandsveränderungen und Verluste

| Variante | Einstellung | Verluste* | | Versetzung* | | Schlachtung Stück | Lebend Verwiegung (Nachzügler) |
|---------------------------|-------------|-----------|-------------------|-------------|-------------------|----------------------|-----------------------------------|
| | Stück | n | % | n | % | | |
| Fermentat-Mastfutter | 281 | 10 | 3,56 ^a | 14 | 4,98 ^a | 248 | 9 |
| Nichtfermentat-Mastfutter | 267 | 7 | 2,62 ^a | 5 | 1,87 ^a | 245 | 10 |

Abweichende Buchstaben in der Spalte verweisen auf Signifikanz

Mastleistung

Auch in diesem Versuch konnten ausgeglichene Einstallgewichte zwischen den Fütterungsgruppen erzielt werden. Ebenfalls ausgeglichen und damit ohne signifikante Unterschiede waren die Schlachtgewichte und die Masttagszunahmen bei den zu vergleichenden Fütterungsgruppen (Tabelle 16).

Tabelle 16: Mastleistung im Vergleich zwischen Fermentat- und Nichtfermentatfütterung

| Variante | Geschlecht | Auswertbare Tiere | Einstallgewicht* | Schlachtgewicht* | Masttagszunahme* |
|---------------------------|------------|-------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------|
| | | Stück | kg | kg | g |
| Fermentat-Mastfutter | Gesamt | 280 | 24,68 ^a ± 3,76 | 116,21 ^a ± 8,15 | 872 ^a ± 89 |
| Nichtfermentat-Mastfutter | | 267 | 24,90 ^a ± 3,90 | 115,87 ^a ± 8,60 | 871 ^a ± 96 |
| Fermentat-Mastfutter | Kastrat | 156 | 24,86 ^a ± 3,72 | 117,72 ^a ± 8,57 | 891 ^a ± 92 |
| Nichtfermentat-Mastfutter | | 152 | 24,95 ^a ± 3,94 | 116,14 ^a ± 8,66 | 881 ^a ± 95 |
| Fermentat-Mastfutter | Weiblich | 124 | 24,45 ^a ± 3,82 | 114,31 ^a ± 7,19 | 848 ^a ± 78 |
| Nichtfermentat-Mastfutter | | 115 | 24,84 ^a ± 3,87 | 115,51 ^a ± 8,54 | 856 ^a ± 97 |

*Abweichende Buchstaben im jeweiligen Geschlechterblock verweisen auf Signifikanz

Schlachtleistung und Futtermittelaufnahme

Aus den in

Tabelle 17 ausgewiesenen Ergebnissen lassen sich neben ausgeglichenen Muskelfleischanteilen im Schlachtkörper für die Fütterungsvarianten innerhalb der Geschlechter gesicherte Unterschiede in der Futtermittelaufnahme zwischen den Fütterungsgruppen für beide Geschlechter feststellen. Bezogen auf alle Tiere nahmen die mit Fermentat gefütterten Mastschweine 50g Futter je Tag weniger als die Kontrolltiere auf. Bei ausgeglichenen Zunahmedaten zwischen den beiden Varianten führte dies auch zum verbesserten Futtermittelaufwand bei der Fermentatgruppe mit Bezugsbasis Gesamttiere.

Tabelle 17: Ergebnisse zur Schlachtleistung und zum Futtermittelaufwand im Vergleich zwischen Fermentat- und Nichtfermentatfütterung

| Variante | Geschlecht | Muskelfleisch* % | Futtermittelaufnahme* kg/Tag | Futtermittelaufwand* kg/kg Zuwachs |
|---------------------------|------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| Fermentat-Mastfutter | Gesamt | 56,85 ^a ±3,00 | 2,20 ^a ± 0,13 | 2,55 ^a ± 0,30 |
| Nichtfermentat-Mastfutter | | 57,02 ^a ±3,01 | 2,25 ^b ± 0,14 | 2,62 ^b ± 0,35 |
| Fermentat-Mastfutter | Kastrat | 55,75 ^a ±2,94 | 2,27 ^a ± 0,08 | 2,58 ^a ± 0,31 |
| Nichtfermentat-Mastfutter | | 55,96 ^a ±2,77 | 2,31 ^b ± 0,13 | 2,65 ^a ± 0,33 |
| Fermentat-Mastfutter | Weiblich | 58,22 ^a ±2,46 | 2,11 ^a ± 0,12 | 2,51 ^a ± 0,27 |
| Nichtfermentat-Mastfutter | | 58,42 ^a ±2,74 | 2,17 ^b ± 0,12 | 2,57 ^a ± 0,36 |

*Abweichende Buchstaben im jeweiligen Geschlechterblock verweisen auf Signifikanz

4.3.2.4 Zusammenfassung

Als Ergebnisse und Hinweise aus dem zweiten Mastfütterungsversuch unter Einbeziehung einer anderen Milchsäurebakterienherkunft als Starterkultur bei ansonsten gleichem Versuchsaufbau wie im vorangehenden Mastversuch lässt sich feststellen:

- Auch mit dem Einsatz dieser Starterkultur konnte ein deutlicher Rückgang im Säuregrad auf pH < 4, aber nur anteilig die gewünschte hohe Lactatbildung erzielt werden.
- Die ermittelte Essigsäurebildung war zwischen den Mastabschnitten ausgeglichen und lag in unproblematischen Konzentrationen beim Fermentationsende vor.
- Mikrobiologisch neben dem leichten Konzentrationsanstieg der Milchsäurebakterien im Fermentationsverlauf war der anzustrebende deutliche Rückgang der Enterobakterien auffällig. Weiterhin und in Übereinstimmung mit dem Vorversuch trat ein Anstieg der Hefen um ca. eine Zehnerpotenz bis Fermentationsende ein. Die anteilig in den Ausgangsfuttern nachgewiesenen E. coli konnten durch die Fermentation mehrheitlich reduziert werden.
- Bei ausgeglichenen Produktionsleistungen in den Positionen Tageszunahme und Muskelfleischanteil ergab sich eine gesichert geringfügig niedrigere Futtermittelaufnahme bei beiden Geschlechtern für das fermentierte Mastfutter. Dies führte beim Vergleich der beiden Fütterungsvarianten auf Basis aller Tiere auch zum gesichert niedrigeren Futtermittelaufwand bei Fermentatfütterung.

4.3.3 Fütterungsversuch III: Wiederholende Prüfung der Starterkultur BioPrime BS 24 in Kombination mit veränderten Fermentatanteilen im Mastfutter

4.3.3.1 Aufgabenstellung

Mit diesem Versuchsansatz erfolgte eine weiterführende Prüfung der Starterkultur BioPrime BS 24 in Kombination mit der Anpassung einzelner verfahrensmethodischer Ansätze zur besseren Um-

setzbarkeit der Bewirtschaftungsabläufe und Nutzung der Fermentationseffekte. So betrafen die Änderungen die Reduzierung des Proteinträgeranteils der zu fermentierenden Futtergemische. Fachlich wird nach neueren Ergebnissen von einem nachteiligen bakteriellen Aminosäurenab- bzw. -umbau während des Fermentationsverlaufes ausgegangen, weshalb nur ein niedriger Anteil des Proteinträgers bereits in das zu fermentierende Futter einzumischen ist. Weiterhin erfolgte eine Angleichung der Rationsanteile an fermentierten Futter in Bezug auf die Endmischung für alle drei Mastphasen, um entgegen den bisher abnehmenden Anteilen eine vereinfachte Bewirtschaftungsweise für die Praktiker zu erzielen und die Fermentationseffekte vorrangig im Endmastabschnitt besser zu nutzen.

4.3.3.2 Versuchsansatz

Die eingebrachten Veränderungen in Abweichung zu den vorangehenden Versuchskonzepten führten zur Reduzierung des Anteils an Sojaextraktionsschrot als Proteinträger in der Futtermischung zur Fermentierung, der vom bisher rationsbezogenen Anteil auf ca. 10 bis 15 % der Gesamtsojaschrotmenge abgesenkt wurde. Als weitere Anpassung wurde ein 50 %iger Fermentatfuteranteil in Bezug auf die Gesamtmischung für alle drei Mastphasen umgesetzt.

4.3.3.3 Ergebnisse

Milchsäure

Die Milchsäurebildung im 24 stündigen Fermentationszeitraum entsprach im Umfang den Ergebnissen des voranstehend aufgeführten Versuches. Die Gehalte in den Futtermischungen der Nichtfermentatfutergruppe resultieren aus dem technologisch bedingten Leitungsspülwassereinsatz beim Anmischen.

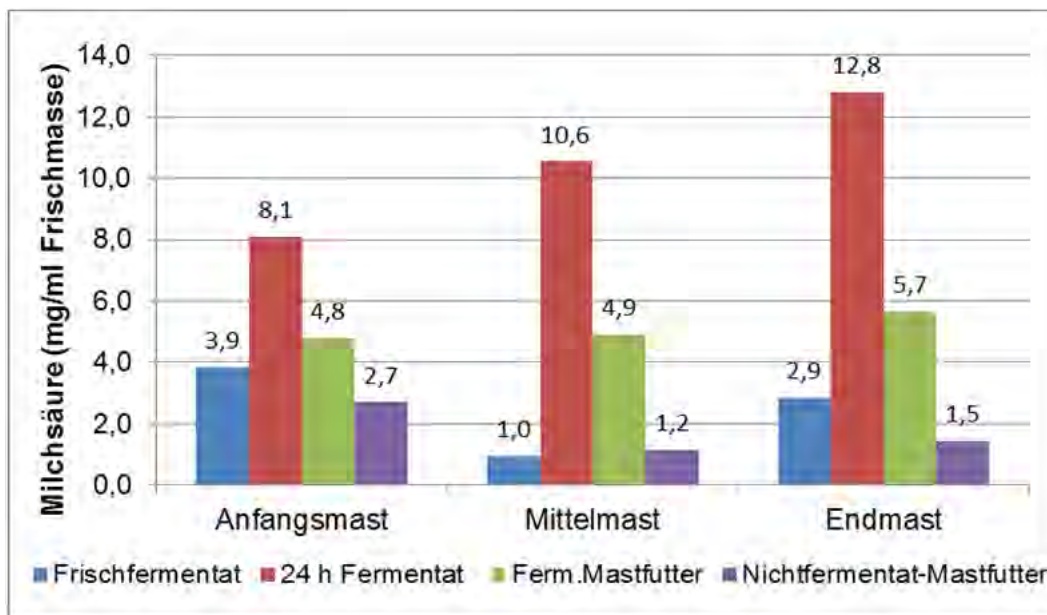
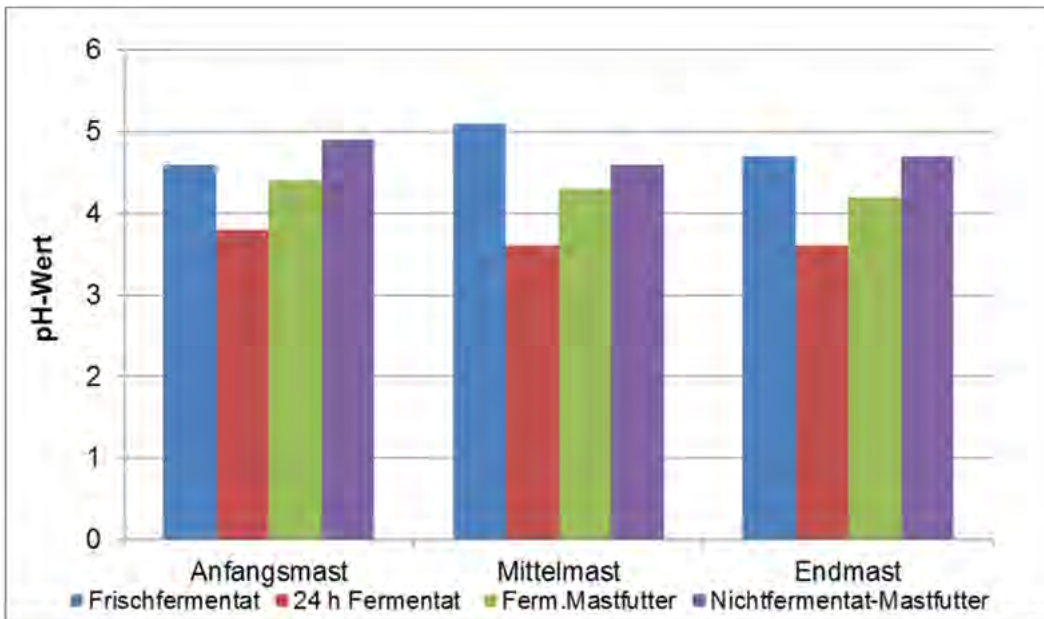


Abbildung 21: Einfluss der Fermentation auf die Milchsäurebildung

pH-Wert

Auch in dieser Untersuchung führte die Aktivität der Milchsäurebakterien zu der deutlichen und angestrebten Absenkung des pH-Wertes auf < 4 innerhalb eines Tages (Abbildung 22). Die zur Verfütterung angemischten Fermentatfuter wiesen dabei recht ausgeglichen pH-Werte auf, wogegen beim Nichtfermentat-Mastfutter zumindest in der Vormast zu hohe pH-Werte ermittelt wurden und ein nachjustieren der Säurezugabe erforderlich war. Die ungewöhnlich niedrigen pH-Werte der Futtergemische beim Fermentationsstart sind nicht komponententypisch, sondern resultieren aus der Zuführung der Restfermentatmenge des Vortages in den frisch angesetzten Fermenter.



* pH-Absenkung durch Zugabe organischer Säure

Abbildung 22: Absenkung des pH-Wertes durch Fermentation und in den Mastrationen

Analog zum Mastversuch I werden für die beprobten Rationen die Essigsäuregehalte ausgewiesen (Abbildung 23). Dabei liegen die Ausgangsgehalte über denen des vorangehenden Versuches, was in Übereinstimmung mit dem pH-Wert nur fütterungstechnisch aus der Zugabe höherer Restmengen des Vortages bei der Befüllung des Startfermenters erklärbar ist. Im Fermentationsverlauf kommt es zur Verdoppelung der Acetatgehalte. Dabei sind die Werte im Fertigfermentat und in den entsprechenden Futtermischungen als unproblematisch einzustufen.

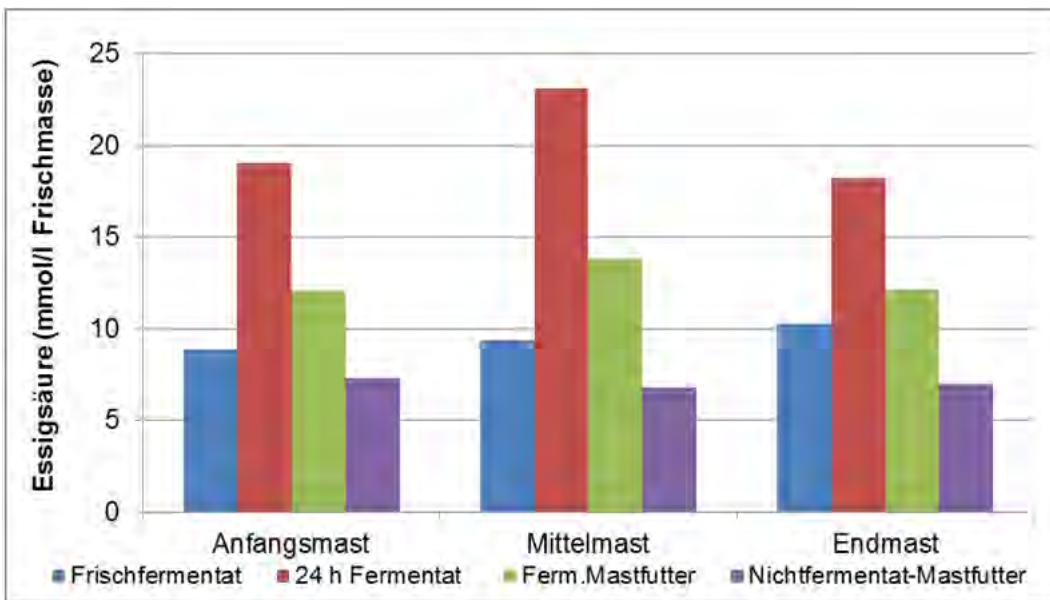


Abbildung 23: Essigsäuregehalte bei Fermentation und in den Mastrationen

Mikrobiologische Befunde

Die Ergebnisse zur mikrobiologischen Bewertung der Futterproben sind in Tabelle A-2 (Anhang) „Mikrobiologische Befundausswertung für Mastfütterungsversuch III“ aufgeführt. Bestätigend zum vorangehenden Versuch ist festzustellen, dass in Verbindung mit dem Fermentationsprozess der Keimdruck durch die Enterobakterien einheitlich um zwei Zehnerpotenzen und damit unter die Nachweisgrenze herabgesetzt werden konnte. Aus dem Hefenbesatz ist im Abschnitt der Anfangsmast mit 10^7 KBE/g bereits eine bedenkliche Getreidequalität ersichtlich. Hier kommt es im Fermentationsverlauf zu keinem weiteren Anstieg der Keimzahl, wogegen in den folgenden Mast-

abschnitten mit besserer Ausgangslage die Veränderungen analog de Mastfütterungsversuches II und damit einem leichten Keimzahlanstieg festzustellen sind. Für die Milchsäurebakterien ist ebenfalls bestätigend eine Zunahme um ca. eine Zehnerpotenz innerhalb der eintägigen Fermentation eingetreten. Soweit im Futter feststellbar, werden Colikeime durch diesen Fermentationsprozess zurückgedrängt, was die Darmgesundheit begünstigt und den bereits vor Futteraufnahme eintretenden Aminosäurenabbau hemmt.

Mastabgänge

Auch in dieser Versuchsreihe traten zwischen den beiden Fütterungsvarianten nur zufallsbedingte Differenzen bei den Mastabgängen und den Umsetzungen der zu behandelten Tiere auf (Tabelle 18).

Tabelle 18: Tierbestandsveränderungen

| Variante | Einstellung | Verluste* | | Versetzung* | | Schlachtung | Lebend Verwertung (Nachzügler) |
|---------------------------|-------------|-----------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|--------------------------------|
| | Stück | n | % | n | % | | |
| Fermentat-Mastfutter | 330 | 9 | 2,73 ^a | 11 | 3,33 ^a | 304 | entfällt |
| Nichtfermentat-Mastfutter | 330 | 13 | 3,94 ^a | 22 | 6,66 ^a | 295 | entfällt |

*Abweichende Buchstaben in der Spalte verweisen auf Signifikanz

Mastleistungen

Bei innerhalb der Geschlechter ausgeglichenen und gegenüber dem Vorversuch höheren Einstallgewichten wurde, bedingt durch höhere Ausstallgewichte und die ermittelten nachteiligen Einflüsse auf die Futteraufnahme das hohe Zunahmenniveau des vorangehenden Mastdurchganges nicht erreicht. Die Ergebnisse zur Tageszunahme (Tabelle 19) und dem in Tabelle 20 dargestellten Muskelfleischanteil sind durch die aufgetretenen Fütterungseinflüsse in den beiden Gruppen nur eingeschränkt zu bewerten, wobei lediglich zufallsbedingte Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen auftreten.

Tabelle 19: Mastleistung im Vergleich zwischen Fermentat- und Nichtfermentatfütterung

| Variante | Geschlecht | Auswertbare Tiere Stück | Einstallgewicht* kg | Schlachtgewicht* kg | Masttagszunahme* g |
|---------------------------|------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Fermentat-Mastfutter | Gesamt | 292 | 29,16 ^a ± 2,97 | 124,14 ^a ± 9,03 | 845 ^a ± 95 |
| Nichtfermentat-Mastfutter | | 291 | 29,16 ^a ± 3,21 | 124,84 ^a ± 9,59 | 851 ^a ± 94 |
| Fermentat-Mastfutter | Kastrat | 146 | 29,16 ^a ± 2,95 | 125,44 ^a ± 8,86 | 865 ^a ± 95 |
| Nichtfermentat-Mastfutter | | 141 | 29,38 ^a ± 3,18 | 126,58 ^a ± 9,30 | 866 ^a ± 96 |
| Fermentat-Mastfutter | Weiblich | 105 | 29,16 ^a ± 3,01 | 122,64 ^a ± 9,02 | 822 ^a ± 90 |
| Nichtfermentat-Mastfutter | | 119 | 28,92 ^a ± 3,24 | 122,86 ^a ± 9,57 | 833 ^a ± 89 |

*Abweichende Buchstaben im jeweiligen Geschlechterblock verweisen auf Signifikanz

Schlachtleistung und Futterraufnahme

Mit der Tabelle 20 wird zugleich ein Überblick zur Futterraufnahme und dem Futteraufwand gegeben. Hier erfolgte aus den angeführten Gründen keine Signifikanzprüfung.

Tabelle 20: Ergebnisse zur Schlachtleistung und zum Futteraufwand im Vergleich zwischen Fermentat- und Nichtfermentatfütterung

| Variante | Geschlecht | Muskelfleisch* | Futterraufnahme | Futteraufwand |
|---------------------------|------------|---------------------------|-----------------|---------------|
| | | % | kg/Tag | kg/kg Zuwachs |
| Fermentat-Mastfutter | Gesamt | 56,03 ^a ± 2,79 | 2,14 ± 0,16 | 2,58 ± 0,35 |
| Nichtfermentat-Mastfutter | | 56,39 ^a ± 2,89 | 2,13 ± 0,21 | 2,55 ± 0,35 |
| Fermentat-Mastfutter | Kastrat | 54,73 ^a ± 2,64 | 2,20 ± 0,11 | 2,59 ± 0,30 |
| Nichtfermentat-Mastfutter | | 55,22 ^a ± 2,68 | 2,23 ± 0,23 | 2,63 ± 0,37 |
| Fermentat-Mastfutter | Weiblich | 57,53 ^a ± 1,99 | 2,06 ± 0,18 | 2,57 ± 0,39 |
| Nichtfermentat-Mastfutter | | 57,72 ^a ± 2,54 | 2,02 ± 0,12 | 2,48 ± 0,29 |

*Abweichende Buchstaben im jeweiligen Geschlechterblock verweisen auf Signifikanz

Als im Versuchsablauf aufgetretene Auffälligkeiten bezüglich der Futterraufnahme ließen sich zwei verschiedene Schwerpunkte feststellen:

- Rückgang der Futterraufnahme in erster und zweiter Futterwoche Mittelmast bei Nichtfermentatgruppe gegenüber Fermentatgruppe mit einer erst nachträglich ermittelten Ursache. Mit dem Einsatz der folgenden angelieferten Getreidecharge (Wintergerste) trat wieder Angleichung der Futteraufnahmekurven zwischen den beiden Varianten ein. Als Ursache wurde Schimmelpilzbelastung bei angelieferter Wintergerstencharge (Ernte 2013) angenommen, die sich nachträglich als DON-Belastung bestätigen ließ. Durch die auf Grund der Verfütterung nicht mehr zu beprobende Gerstencharge konnte kein ergänzender mikrobiologischer Befund erhoben werden.
- Rückgang der Futterraufnahme im letzten Mittelmast- und beginnenden Endmastabschnitt bei der Verfütterung des Fermentat-Mastfutters. Als Ursache wurde der Einfluss des auf 50 % gegenüber den Vorversuchen angehobenen Fermentatanteils in Betracht gezogen und dieser kurzfristig abgesenkt. Die daraus resultierenden Veränderungen in der Futterraufnahme sind aus Abbildung 24 ersichtlich. Eine schrittweise erfolgte Absenkung auf 35 % Fermentatanteil führte zur Angleichung der Futterraufnahme an die Nichtfermentat und die angestrebte Futterraufnahmekurve.

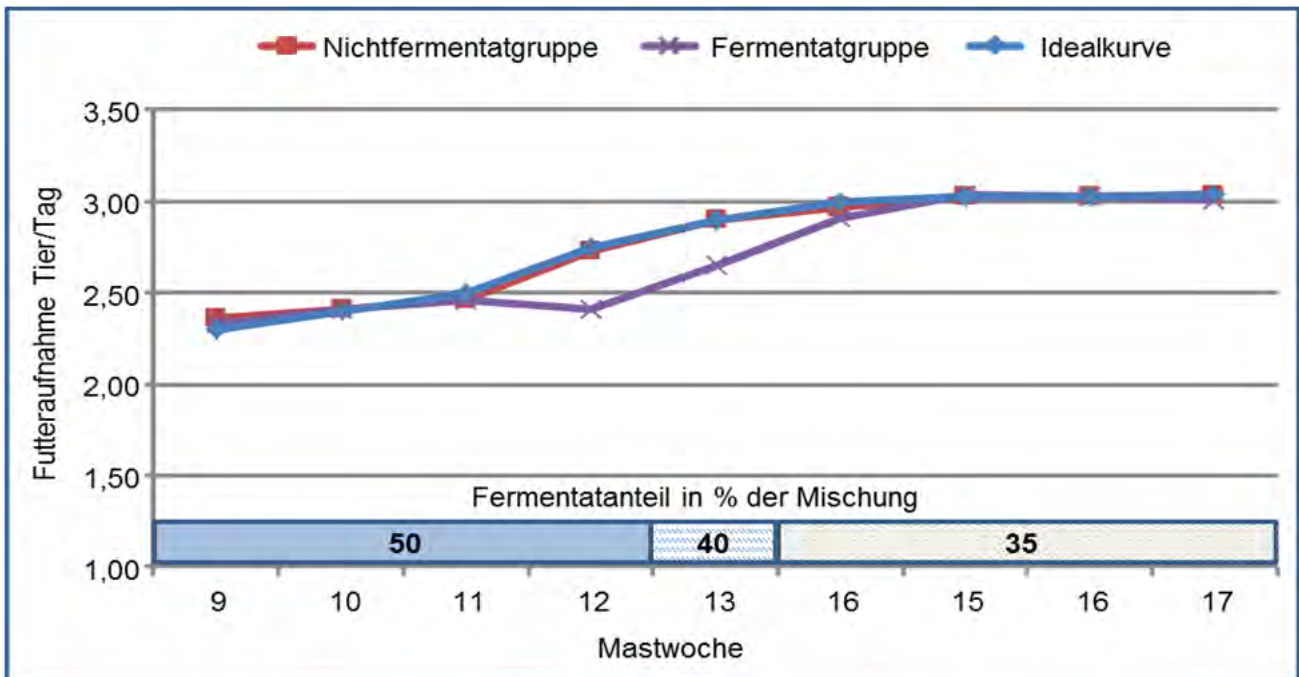


Abbildung 24: Nachteiliger Einfluss eines zu hohen Fermentatanteils im Mastfutter auf die Futteraufnahme nach der zehnten Mastwoche

4.3.3.4 Zusammenfassung

Dieser als Wiederholung zum Mastfütterungsversuch II ausgelegte und durch einen einheitlichen Fermentatanteil im Mastfutter von 50 % sowie einer Reduzierung der fermentierten Sojaschrotanteile gekennzeichnete Fütterungsversuch konnte durch zwei wesentliche Störungen in der Futteraufnahme in der tierischen Leistungen nur eingeschränkt ausgewertet werden. Wichtige Ergebnisse sind:

- Bestätigung des Fermentationseinflusses auf pH-Wert-Absenkung, Gärsäurenbildung und mikrobiologische Ergebnisse wie im vorangehenden Fütterungsversuch. Dabei Besonderheit der Milchsäurebildung mit einem Konzentrationsanstieg im Endfermentat mit zunehmender Mastphase. Möglicher Einflussfaktor kann die erfolgte Absenkung des Sojaschrot- und damit Proteinanteiles in Bezug auf den Getreideanteil sein.
- Bei dem durch eine offensichtlich futterhygienisch und nachweislich mit DON-belastete Getreidecharge trat eine abweichender Futtermittelverzehr zwischen den beiden Fütterungsvarianten mit einer niedrigeren Futteraufnahme in der Nichtfermentatgruppe auf. Eine Abklärung des Fermentationseinflusses auf derartige Futterchargen sollte über standardisierte Untersuchungen durchgeführt werden, wie dies hier am Beispiel eines darauf ausgerichteten Laborversuches erfolgte.
- Ein weiterer Einbruch in der Futteraufnahme war im späteren Mastverlauf zum Ende der Mittelmastphase aufgetreten. Hier konnte der nachteilige Einfluss des mit 50 % zu hohen Fermentatanteiles im Mastfutter durch eine Reduzierung des Anteils auf 35 % als Ursache herausgestellt werden. Damit ließen sich Praxisbeobachtungen bestätigen, so dass mit zunehmender Mastdauer abnehmende Anteile an Fermentat im Mastfutter zum Einsatz kommen sollten. Obwohl dazu bisher keine Ursachen aufgezeigt wurden, kann dies in Verbindung mit der in diesem Wachstumsabschnitt hohen Futteraufnahme und der Übersäuerung des Mageninhaltes stehen.

5 Wirtschaftliche Wertung

Bei der Themenbearbeitung wurde bewusst auf eine gesamtwirtschaftliche Bewertung des Fermentationsverfahrens verzichtet. So waren die betrieblichen Investitionskosten von 64.450,- € nur auf die Versuchsstallkapazität von 700 Mastplätzen ausgelegt. In der Regel erfolgt aber eine derartige Investition für einen Gesamtbestand mit deutlich höherer Tierzahl, was zu einer niedrigeren Kostenbelastung je Tierplatz führt. Zugleich lassen die inhaltlichen abweichenden Aufgabenstellungen der drei Fütterungsversuche mit den anteilig aufgetretenen versuchsbezogenen Leistungsdefiziten keine fundierte Bewertung des Fermentationseinflusses auf wirtschaftlich entscheidende Parameter zu, um so eine belastbare Wirtschaftlichkeitsberechnung durchzuführen. Dennoch ergeben sich aus den vorliegenden Futtermitteln und ermittelten Futterkosten konkrete Daten zum Vergleich der praktizierten Fermentations- gegenüber der konventionellen Flüssigfütterung (Tabelle 21).

Tabelle 21: Futterkostenvergleich zwischen Fermentat- und Flüssigfütterung

| Position | Maßeinheit | Fermentat-Mastration | Nichtfermentatration |
|---|-------------|--|----------------------|
| Abweichende Gehalte im Futter | - | 2 % Absenkung Sojaschrot kein mineralischer Phosphor* Zugabe Starterkultur | Zugabe Futtersäure |
| Futtermitteln/Tier | kg (88 %TM) | 257 | 257 |
| Futterkosten/dt | € | 29,68 | 30,97 |
| Futterkosten/Tier | € | 76,28 | 79,59 |
| Futterkosten/Tier incl. Starterkultur für Fermentat | € | 76,71 | 79,59 |

*Absenkung im Mittel um 0,8g/kg Mischfutter mit 88% TM

Durch die Einbeziehung der Kosten für die Zugabe der Milchsäurebakterienkultur von 1,20 €/ Tonne Fließfutter und einen gemittelten Fermentatanteil am Gesamtmastfutter von 40 % kommt es zur Kostenbelastung durch den Einsatz der Starterkultur von 0,43 €/erzeugtes Mastschwein. Bei einem Umschlag von 2,73 Tieren/Mastplatz führt dies in der Position der Futterkosten zu einer jährlichen Kosteneinsparung von 7,86 €/ Mastplatz bei einer diesbezüglichen Fermentatfütterung.

Daten zur Bewertung der Investitionskosten für eine im absetzigen Verfahren arbeitende Fermentationsanlage einschließlich Bewirtschaftung werden von LEUER (2012) mit 2,80 €/ Mastschwein angeführt, so dass aus der in den durchgeführten Mastversuchen erzielten Futterkosteneinsparung ein Ausgleich zu den verfahrenstechnischen Kosten möglich wird. In diesem Beitrag werden zugleich Kalkulationen zum Ausgleich der fermentationsbedingten Verfahrenskosten durch eine Leistungsbeeinflussung aufgeführt

6 Zusammenfassende Wertung und Schlussfolgerungen für weitere Bearbeitung

Im Ergebnis der auf drei Bearbeitungsblöcke (Verdaulichkeitsversuch, Laboruntersuchungen und Mastschweinefütterungsversuche) ausgelegten Themenbearbeitung lassen sich über die Darstellung der Einzelergebnisse am Ende des jeweiligen Gliederungspunktes hinaus folgende Schwerpunkte zusammenfassen und Schlussfolgerungen ableiten:

1. Mit dem Aufbau und Nutzung der Kleinfärmenteranlage wurde eine bisher nicht verfügbare Lösung als funktionssichere Versuchstechnik für Fermentationsversuche erstellt, die von anderen Versuchsanstaltern übernommen werden kann.
2. Die ermittelte bessere Verdaulichkeit von Protein und Phosphor bei der eingesetzten Getreide/Rapsschrotation bestätigt Angaben anderer Versuchsansteller zur Nährstoffverdaulichkeit. Dabei ist jedoch Vorsicht mit der pauschalen Übertragbarkeit der ermittelten Steigerungsraten auf andere Futtermischungen geboten, da die native Nährstoffverdaulichkeit der Futtermittel beachtet werden muss.
3. Durch den Verdauungsversuch konnte beim Phosphor in Verbindung mit der Fermentation der Nachweis einer Aktivierung der futtermittelleigenen Phytase zur Aufspaltung des Phytin-

phosphors erbracht werden. Ob damit auf die derzeit empfohlene Zugabe von Phytase aus Sicht der Futterkosten generell oder anteilig verzichtet werden kann, wäre mit veränderten Futtermischungen zukünftig abzu prüfen, wobei nach CARSON und DAMGAARD-POULSEN (2002) die Fermentationstemperatur Einfluss ausübt.

4. Die Verbesserung der Verdaulichkeit von Protein und Phosphor führt zu einer reduzierten Nährstoffausscheidung. In Regionen mit hohem Tierbesatz könnte so die Anwendung der Futterfermentation zumindest in die Bilanzierung der Phosphorausscheidung einbezogen werden
5. In ihrer Gesamtheit zeigten die Laborversuche auf, dass die kontrollierte Fermentation, dies beinhaltet die Zugabe einer futtermittelrechtlich zugelassenen Milchsäurebakterienkultur zum Fermentationsstart, der unkontrollierten (spontanen bzw. wilden) Fermentation ohne Starterkulturzugabe in der Schnelligkeit der Milchsäurebildung, der damit einhergehenden pH-Wert-Absenkung, der Sicherheit zur Reduzierung der unerwünschten Keimbelastung sowie der reduzierten Bildung von Essigsäure und Äthanol überlegen ist.
6. Hefen als futterhygienische Risikogruppe zeigen auf Grund ihrer Säuretoleranz über die zweitägige Fermentation einen abweichenden Keimbesatz. In der Mehrzahl der Laborversuche kam es nach Stagnation oder Rückgang der Keimzahl am ersten Fermentationstag zum Konzentrationsanstieg am zweiten Tag der Vergärung. In den Mastversuchen trat bereits bei eintägiger Fermentation ein Anstieg der Hefen im Zehnerpotenzbereich ein.
7. Ausgehend von den hier ermittelten Ergebnissen ist die eintägige Fermentation (Verfütterung mit anteiligem weiteren Fermentationsverlauf am zweiten Tag) anstelle einer längeren Fermentationsdauer im Vorteile und zu bevorzugen.
8. Die Milchsäurebildung ist neben der pH-Wert-Änderung ein wichtiger Kontrollfaktor für den Fermentationserfolg. Die mit Getreide/Sojaschrotgemischen in den Mastversuchen erzielten Werte des Endfermentats lagen lediglich im unteren Zielwertbereich, der mit 10 – 30 g/l Fließfutter angegeben wird. Auch die Daten der Laborversuche mit ebenfalls stärkehaltigen Futtermitteln führten zu adäquaten Werten bei gleichzeitiger deutlicher Absenkung des pH-Wert-. Deshalb wäre die Überprüfung anderer Rationszusammensetzungen bzw. anderer Starterkulturen angebracht, um die veröffentlichten Zielwerte hinsichtlich Realisierbarkeit und als Maßstab für eine noch wirksamere Fermentation zu überprüfen.
9. In den drei Fütterungsversuchen mit Mastschweinen erfolgte eine anteilige Zugabe von eintägig fermentierten Getreide/Sojaschrotmischungen zum Mastfutter unmittelbar vor Verfütterung. Diese Rationen wurden mit komponenten- und nährstoffseitig angeglichenen Flüssigfütterungen verglichen. Dabei führte die Absenkung des Sojaschrotanteiles als Proteinkomponente zu abweichenden Ergebnissen im Muskelfleischanteil, wogegen der Verzicht auf mineralischen Phosphor (Ø 17 % des Gesamtphosphors) und Phytasezugabe bei Fermentation ohne Auffälligkeiten und mit reduzierter Ausscheidung einherging.
10. Ausgehend vom Hinweis aus einem der Mastversuche wurde der Fermentationseinfluss auf Schimmelpilz- und mykotoxinbelastetes Futter überprüft. Eine Metabolisierung des toxischen Deoxynivalenol (DON) in niedrig toxisches de-epoxynivealenol (DOM 1) war nicht nachweisbar, jedoch ein deutlicher Rückgang der Schimmelpilzkeime. Die Wiederholung zwecks Abklärung des tendenziell festgestellten DON-Rückganges ist angebracht.
11. Der Futteraufwand in den Mastversuchen zwischen Fermentat- vs. Flüssigfütterung war teilweise ausgeglichen oder zugunsten der Fermentation ausgefallen. Wichtig für hohe Futteraufnahme ist die Absenkung der anteilig dem Mastfutter zugegebenen Fermentatmenge im letzten Mastdrittel auf ca. 35 %.
12. Die Erarbeitung eines Faltblattes zur Schweinefutterfermentation mit Hinweisen zu Arbeitsabläufen und Angaben zu Überwachungsparametern für die Anwender länderübergreifend durch thematikbearbeitende Fütterungsreferenten bzw. Fachberater wird vorgeschlagen.

7 Anhang

Tabelle A- 1: Ergebnisse mikrobiologische Befundauswertung für Mastfütterungsversuch II

| Mast- abschnitt | Variante | Enterobakterien | Hefen | Milchsäurebak- terien | E. coli |
|--------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
| | | KBE/g Fließfutter | | | |
| Anfangsmast 1 | Frischfermentat | 3,3 * 10 ⁴ | 2,9 * 10 ⁶ | 1,2 * 10 ⁸ | 2,8 * 10 ³ |
| | 24 h Fermentat | 8,5 * 10 ² | 2,7 * 10 ⁷ | 1,0 * 10 ⁹ | 1,5 * 10 ² |
| | Ferm. Mastfutter | 3,9 * 10 ³ | 1,6 * 10 ⁷ | 6,7 * 10 ⁸ | 1,5 * 10 ² |
| | Nichtfermentat- Mastfutter | 2,0 * 10 ³ | 4,3 * 10 ⁶ | 1,6 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |
| Anfangsmast 2 | Frischfermentat | Nicht beprobt | | | |
| | 24 h Fermentat | 3,8 * 10 ³ | 3,5 * 10 ⁷ | 9,7 * 10 ⁸ | 2,5 * 10 ³ |
| | Ferm. Mastfutter | 3,6 * 10 ³ | 2,4 * 10 ⁷ | 8,5 * 10 ⁸ | 1,1 * 10 ³ |
| | Nichtfermentat- Mastfutter | 8,0 * 10 ² | 4,8 * 10 ⁶ | 2,0 * 10 ⁸ | 1,5 * 10 ² |
| Mittelmast 1 | Frischfermentat | 1,5 * 10 ³ | 3,9 * 10 ⁶ | 1,6 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |
| | 24 h Fermentat | < 1,0 * 10 ² | 2,2 * 10 ⁷ | 1,9 * 10 ⁹ | < 1,0 * 10 ² |
| | Ferm. Mastfutter | 1,0 * 10 ³ | 1,1 * 10 ⁷ | 6,8 * 10 ⁸ | 1,5 * 10 ² |
| | Nichtfermentat- Mastfutter | 1,1 * 10 ³ | 5,3 * 10 ⁶ | 4,6 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |
| Mittelmast 2 | Frischfermentat | 1,1 * 10 ⁶ | 4,1 * 10 ⁶ | 2,0 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |
| | 24 h Fermentat | 2,5 * 10 ² | 2,7 * 10 ⁷ | 2,1 * 10 ⁹ | 1,5 * 10 ² |
| | Ferm. Mastfutter | 3,1 * 10 ⁴ | 1,9 * 10 ⁷ | 1,1 * 10 ⁹ | < 1,0 * 10 ² |
| | Nichtfermentat- Mastfutter | 6,9 * 10 ⁴ | 3,1 * 10 ⁶ | 4,4 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |
| Endmast 1 | Frischfermentat | 4,8 * 10 ⁴ | 7,5 * 10 ⁵ | 6,3 * 10 ⁷ | < 1,0 * 10 ² |
| | 24 h Fermentat | < 1,0 * 10 ² | 2,7 * 10 ⁷ | 1,4 * 10 ⁹ | < 1,0 * 10 ² |
| | Ferm. Mastfutter | 4,6 * 10 ⁴ | 1,1 * 10 ⁷ | 8,0 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |
| | Nichtfermentat- Mastfutter | 2,2 * 10 ⁴ | 1,5 * 10 ⁶ | 1,5 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |
| Endmast 2 | Frischfermentat | 1,3 * 10 ⁵ | 2,1 * 10 ⁶ | 6,5 * 10 ⁷ | 1,0 * 10 ² |
| | 24 h Fermentat | < 1,0 * 10 ² | 2,4 * 10 ⁷ | 1,0 * 10 ⁹ | < 1,0 * 10 ² |
| | Ferm. Mastfutter | 3,2 * 10 ⁵ | 2,1 * 10 ⁷ | 6,1 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |
| | Nichtfermentat- Mastfutter | 2,9 * 10 ⁴ | 1,6 * 10 ⁶ | 5,3 * 10 ⁷ | < 1,0 * 10 ² |

Tabelle A- 2: Mikrobiologische Befundauswertung für Mastfütterungsversuch III

| Mast- abschnitt | Variante | Enterobakterien | Hefen | Milchsäurebak- terien | E. coli |
|--------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
| | | KBE/g Fließfutter | | | |
| Anfangsmast 1 | Frischfermentat | 1,2 * 10 ⁴ | 3,4 * 10 ⁷ | 7,9 * 10 ⁸ | 1,0 * 10 ² |
| | 24 h Fermentat | < 1,2 * 10 ² | 3,8 * 10 ⁷ | 1,5 * 10 ⁹ | 1,0 * 10 ² |
| | Ferm. Mastfutter | 2,4 * 10 ⁴ | 2,9 * 10 ⁷ | 1,0 * 10 ⁹ | < 1,0 * 10 ² |
| | Nichtfermentat- Mastfutter | 6,8 * 10 ⁴ | 1,3 * 10 ⁷ | 8,9 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |
| Anfangsmast 2 | Frischfermentat | 4,6 * 10 ⁴ | 1,6 * 10 ⁷ | 4,1 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |
| | 24 h Fermentat | < 1,0 * 10 ² | 3,0 * 10 ⁷ | 1,1 * 10 ⁹ | < 1,0 * 10 ² |
| | Ferm. Mastfutter | 3,7 * 10 ⁴ | 3,5 * 10 ⁷ | 8,9 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |
| | Nichtfermentat- Mastfutter | 1,3 * 10 ⁴ | 1,6 * 10 ⁷ | 4,3 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |
| Mittelmast 1 | Frischfermentat | 4,6 * 10 ⁴ | 6,7 * 10 ⁶ | 1,9 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |
| | 24 h Fermentat | < 1,0 * 10 ² | 3,9 * 10 ⁷ | 9,3 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |
| | Ferm.Mastfutter | 6,7 * 10 ³ | 3,1 * 10 ⁷ | 7,3 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |
| | Nichtfermentat- Mastfutter | 2,8 * 10 ⁴ | 4,4 * 10 ⁶ | 1,8 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |
| Mittelmast 2 | Frischfermentat | 7,5 * 10 ⁴ | 6,7 * 10 ⁶ | 1,6 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |
| | 24 h Fermentat | < 1,0 * 10 ² | 2,7 * 10 ⁷ | 9,6 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |
| | Ferm.Mastfutter | 7,7 * 10 ⁴ | 1,5 * 10 ⁷ | 4,6 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |
| | Nichtfermentat- Mastfutter | 8,5 * 10 ⁴ | 5,0 * 10 ⁶ | 1,6 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |
| Endmast 1 | Frischfermentat | 4,0 * 10 ⁴ | 8,3 * 10 ⁶ | 3,5 * 10 ⁸ | 1,0 * 10 ² |
| | 24 h Fermentat | < 1,0 * 10 ² | 1,8 * 10 ⁸ | 1,1 * 10 ⁹ | < 1,0 * 10 ² |
| | Ferm.Mastfutter | 2,0 * 10 ⁴ | 8,9 * 10 ⁶ | 5,1 * 10 ⁸ | 1,0 * 10 ² |
| | Nichtfermentat- Mastfutter | 2,2 * 10 ⁴ | 1,1 * 10 ⁶ | 1,0 * 10 ⁸ | 3,5 * 10 ² |
| Endmast 2 | Frischfermentat | 6,1 * 10 ⁴ | 3,1 * 10 ⁶ | 1,0 * 10 ⁸ | 1,5 * 10 ² |
| | 24 h Fermentat | < 1,0 * 10 ² | 2,4 * 10 ⁷ | 1,1 * 10 ⁹ | < 1,0 * 10 ² |
| | Ferm.Mastfutter | 1,9 * 10 ⁴ | 1,9 * 10 ⁷ | 5,5 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |
| | Nichtfermentat- Mastfutter | 2,2 * 10 ⁴ | 4,4 * 10 ⁶ | 2,0 * 10 ⁸ | < 1,0 * 10 ² |

8 Literaturverzeichnis

Carlson, D., Damgaard-Poulsen, H. (2003): Phytate degradation in soaked and fermented liquid feed-effect of diet, time of soaking, heat treatment, phytase activity, ph and temperature. *Animal Food Science and Technology* 103, S. 141 – 154

Legard, J.: (2013): persönliche Mitteilung

Leuer, S. (2012): Wann lohnt die Fermentation. *Top agrar Heft* 12, S. S6

Nitroyova, S.; Patras, P.; Brestensky, J.; Zelenka, J.; Broz, J.; Heger, J. (2009): Effect of microbial phytase and diet fermentation on ileal and total tract digestibility of nutrients and energy in growing pigs. *Czech. J. Anim. Sci.* 54 (4), S. 163-174

Pecher, H.-P. (2014): Fermentierung von Schweinefutter. Vortrag in Arbeitskreistagung Aktuelle Informationen zur Fütterungsberatung, Bernburg-Strenzfeld 22. Mai 2014

Seeling, K. und Dänicke, S. (2005): Mykotoxine in der Wiederkäuerernährung. *FEED MAGAZIN/Kraftfutter* 10, S. 14 – 19

Valenta, H., Dänicke, S. und Seeling, K. (2005): Zur Analytik von Deoxynivalenol und de-epoxy deoxynivalenol in tierischem Geweben und Flüssigkeiten bei Rindern. Tagungsband Mykotoxin-Workshop Dortmund, 13. – 15. Juni 2005, S. 97

Van Winsen, R.,L.; Urlings, B.,A. P.; Lipmann, J., M., A; Snijders, J. M. A.;Keuzenkamp, D., Verheijden, J. H. M., van Knapen, F.(2001): Effect of Fermented Feed on the Microbial Population of the Gastrointestinal Tracts of Pigs. *Applied and Environmental Microbiology* 67(7), S. 3071 - 3076