

Evaluierung des Einsatzes von Klinoptilolith zur Vorbeugung von Absetzferkeldurchfall

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von
Stefan Rautz

Wien, im August 2023

Betreuerin: Univ-Prof. Dr.med.vet. Andrea Ladinig Dipl.-ECPHM
Universitätsklinik für Schweine
Veterinärmedizinische Universität Wien

Begutachterin: Univ.-Prof. Dr.sc.agr. Barbara Metzler-Zebeli

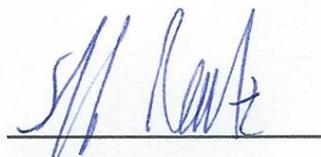
Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorgelegte Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle übernommenen Textstellen aus fremden Quellen wurden kenntlich gemacht.

Ich habe die entscheidenden Arbeiten selbst durchgeführt und alle zuarbeitenden Tätigkeiten mit ihrem Beitrag zur Arbeit angeführt.

Die vorliegende Arbeit wurde nicht an anderer Stelle eingereicht oder veröffentlicht.

Wien, den 13.09.2023



Stefan Rautz

Zusammenfassung

Absetzferkeldurchfall ist weltweit für immense Verluste in der Ferkelproduktion verantwortlich. Durch zahlreiche nutritive und soziale Stressoren sowie dem Auseinandersetzen mit einer neuen Umgebung in den Absetzbuchten kommt es nach dem Absetzen häufig zur Nahrungskarenz und infolge dessen zu zahlreichen Veränderungen der Darmphysiologie und -morphologie.

Bis dato wurde in der Schweinehaltung vor allem auf Zinkoxid und Colistin als wirksame Präventionsmaßnahmen gesetzt. Auf der Suche nach neuen Methoden um Absetzferkeldurchfall zu bekämpfen, wurde im Rahmen dieser Diplomarbeit ein Versuch gestartet, um zu prüfen, ob dieser durch den Einsatz von Klinoptilolith reduziert werden kann.

Für den Versuch wurden 407 Ferkel in drei Durchgängen jeweils in eine Versuchs- und eine Kontrollgruppe unterteilt. Die Ferkel der Versuchsgruppen erhielten 10 g Klinoptilolith auf 1 kg Futtermittel zugefüttert. Die Körpermasse wurde beim Absetzen sowie 14 Tage danach zur Ermittlung der durchschnittlichen Tageszunahmen erhoben, während die Kotkonsistenz anhand von faecal scores am Tag des Absetzens sowie vier, sieben, elf und 14 Tage danach beurteilt wurde.

Beim ersten und zweiten Durchgang hatten die Ferkel der Versuchsgruppe signifikant niedrigere faecal scores als die Ferkel der Kontrollgruppe. Während bei den durchschnittlichen Tageszunahmen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kontroll- und Versuchsgruppen festgestellt wurden, hatten die Ferkel der Kontrollgruppe beim zweiten und dritten Durchgang numerisch höhere Tageszunahmen als die Ferkel der Versuchsgruppe.

Die insgesamt durchwachsenen Ergebnisse verdeutlichen, dass sich Klinoptilolith durchaus zur Prophylaxe von Absetzdurchfall eignen kann. Die optimale Wirkung muss allerdings durch Adaptierung der Verabreichungsmenge, des Verabreichungszeitpunktes und der Verabreichungsdauer weiterhin untersucht werden.

Abstract

Diarrhea of weaning pigs is a serious issue resulting in increased piglet mortality. The reasons for diarrhea are nutritive and social stressors after being moved to the weaner pens.

Until recently zinc oxide and colistin were used to prevent post weaning diarrhea. To find new ways of coping with the problem, this study was conducted to evaluate if post weaning diarrhea could be reduced using clinoptilolite.

For this study 407 weaned piglets from three consecutive batches were used. In each batch piglets were divided into an experimental group and a control group. The feed of the piglets from the experimental group was supplemented with 10 g clinoptilolite per kilogram feed for 14 days from the day of weaning onwards. The body mass of all groups was recorded on the day of weaning and 14 days later. Furthermore, faecal sores were assessed on the day of weaning and four, seven, eleven and fourteen days later.

In the first and second batch, the experimental groups had significantly lower faecal scores than piglets of the control groups. There were no significant differences in calculated average daily gain between the experimental- and control group. In the second and third batch, piglets of the control groups had higher average daily gain.

In conclusion, while piglets receiving clinoptilolite had firmer feces, they had lower average daily gains compared to piglets of the control group. To evaluate the optimal effect of clinoptilolite more research needs to be done depending on the dosage and the ideal time for administration.

Abkürzungsverzeichnis

<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
ETEC	Enterotoxische <i>Escherichia coli</i>
PRRSV	Porzines reproduktives und respiratorisches Syndrom
ppm	Parts per million
g	Gramm
kg	Kilogramm
EU	Europäische Union

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Fragestellung	1
1.1. Absetzdurchfall	1
1.2. Alternative Behandlungsmethoden und Präventionsmaßnahmen	4
1.3. Was ist Klinoptilolith?	6
1.4. Fragestellung, Hypothesen und Ziele	8
1.4.1. Fragestellung.....	8
1.4.2. Hypothesen.....	8
1.4.3. Ziele	8
2. Material und Methodik	9
2.1. Betrieb und Tiermaterial	9
2.2. Methodik	11
2.2.1. Absetzvorgang	11
2.2.2. Studiendesign.....	12
2.2.3. Wiegung	13
2.2.4. Kotbeurteilung	14
2.3. Auswertung	17
3. Ergebnisse	18
3.1. Tageszunahmen der Ferkel von Durchgang 1	19
3.2. Faecal Scores der Ferkel von Durchgang 1	20
3.3. Tageszunahmen der Ferkel von Durchgang 2	23
3.4. Faecal Scores der Ferkel von Durchgang 2	24
3.5. Tageszunahmen der Ferkel von Durchgang 3	27
3.6. Faecal Scores der Ferkel von Durchgang 3	28
3.7. Tageszunahmen der Ferkel aller Durchgänge	31
4. Diskussion	32
Literaturverzeichnis	37
Abbildungsverzeichnis	41

1. Einleitung und Fragestellung

1.1. Absetzdurchfall

In konventionellen Schweinebetrieben werden Ferkel im Alter von 21 bis 28 Tagen von den Muttersauen separiert und abgesetzt (Campbell et al. 2013). Dieser Teil des Aufzuchtprozesses stellt eine besonders große Stressbelastung für die Ferkel dar (Campbell et al. 2013). In dieser sogenannten Absetzphase neigen Ferkel dazu wenig bis kein Futter aufzunehmen, mitunter dar der Verdauungstrakt mit der Umstellung von der leicht verdaulichen Muttermilch auf Futter mit vor allem pflanzlichen Nahrungsbestandteilen überfordert ist (Wilson und Leibholz 1981). Während der Zeit, die die Ferkel bei der Muttersau verbringen, nehmen sie hauptsächlich Sauenmilch als Nahrungsquelle zu sich (Lallès et al. 2007). Der abrupte Milchentzug hat zur Folge, dass die Ferkel mit ihrem nicht vollständig ausgereiften Immunsystem plötzlich ohne den in der Milch enthaltenen maternalen immunogenen Komponenten auskommen müssen (Heo et al. 2013). Diese Milch begünstigt außerdem eine große Vielfalt an Bakterien im Darm (Bian et al. 2016). Das Mikrobiom des Darms der vier Wochen alten Ferkel ist grundsätzlich dafür ausgerichtet, Sauenmilch zu verdauen und besteht somit zum Großteil aus Milchsäurebakterien (Gresse et al. 2017).

Sobald die Ferkel auf feste Nahrung umgestellt werden, ist es schwierig für sie diese zu verdauen (Heo et al. 2013). Die neue Hauptnahrungsquelle ist meist getreidebasiert mit einem hohen Anteil an pflanzlichem Rohprotein (Lallès et al. 2007). Die Art von Proteinen- und Faserkomponenten im Absetzfutter beeinflussen mitunter die Vielfältigkeit und Zusammensetzung des Mikrobioms im Darm der Ferkel und sind wegweisend für die Darmgesundheit (Pieper et al. 2015). Diese Futterumstellung resultiert somit oft darin, dass die Ferkel ihr vielfältiges Darmmikrobiom verlieren und es zu einer Minimierung der Milchsäurebakterien kommt (Pluske et al. 1997).

Durch die Reduktion der mikrobiellen Vielfalt können die Glykane, die die Mukusschicht bilden, zerstört werden (Bäumler und Sperandio 2016). Der Niedergang des vielfältigen Mikrobioms hat auch zur Folge, dass die Hauptauslöser für den Durchfall – enterotoxische *Escherichia (E.) coli* (ETEC) – leichter an deren Zielzellen – die Enterozyten – gelangen (Gresse et al. 2017, Amezcua et al. 2002). Durch die Degeneration der Mukusschicht können außerdem Zucker wie Galaktose, Fucose und Mannose gebildet werden, die das Wachstum dieser pathogenen Keime begünstigen (Gresse et al. 2017). Als Reaktion auf die pathogenen Keime kommt es

im betroffenen Darmabschnitt zu einer Entzündungsreaktion, die außerdem zur Bildung von Stickoxiden führt (Bäumler und Sperandio 2016). Diese Stickoxide werden in Nitrate umgewandelt und fördern weiter das Wachstum von *E. coli* (Bäumler und Sperandio 2016). Durch die Entzündung kommt es zum vermehrten Vorkommen von Sauerstoff in der betroffenen Darmregion, wodurch zusätzlich das Wachstum von fakultativ anaeroben Bakterien wie ETEC gefördert wird (Gresse et al. 2017).

ETEC gelangt grundsätzlich oral in das Ferkel und befällt im Darm angekommen das Epithel der Darmzotten (Lecce et al. 1982). Die Anheftung von ETEC geschieht im Jejunum und Ileum von Absetzferkeln primär durch die Fimbrienfaktoren F4 und F18. Fimbrien sind haarartige Strukturen auf der Oberfläche der *E. coli* und geben ihnen die Fähigkeit an den Epithelzellen der Darmzotten zu haften (Fairbrother et al. 2005). Vor allem durch die Sekretion von hitzelabilen und zwei hitzestabilen Enterotoxinen kommt es zur übermäßigen Abgabe von Flüssigkeit im Darm und somit zum Durchfall (Dubreuil et al. 2016).

Hinzu kommt, dass die Ferkel durch die Trennung von der Sau und das Handling beim Absetzvorgang großem Stress ausgesetzt sind (Lallès et al. 2007). Weiters werden die Tiere meist zu größeren Gruppen zusammengeschlossen, wodurch es zu Kämpfen um die Rangordnung mit den Ferkeln von anderen Sauen kommt (Pluske et al. 2003).

All diese Faktoren resultieren in einer Futterverweigerung der Absetzferkel in den ersten Tagen nach dem Absetzen (Heo et al. 2013). Diese Nahrungskarenz führt allerdings dazu, dass sich die Darmzotten der Ferkel verkürzen und absterben (McCracken et al. 1999). Auch der pH-Wert im Magen der Ferkel steigt aufgrund der mangelnden Futteraufnahme (Lallès et al. 2007). Folglich kommt es zu einer erhöhten Anfälligkeit für Krankheitserreger der geschwächten Ferkel (Bonetti et al. 2021). Der Absetzferkeldurchfall schwächt die Ferkel weiter und es kann zu Leistungseinbußen bis hin zum Abgang der Tiere kommen (McCracken et al. 1999).

Um diese Absetzprobleme zu vermeiden, wurden bisher vor allem Antibiotika, Kupfer und Zinkoxid eingesetzt (Canibe et al. 2022). Zink gehört bei Schweinen zu den essentiellen Spurenelementen. Da es für die Zellatmung, Verdauung, zelluläre Signalübertragung, den Nukleinsäuremetabolismus und viele andere Stoffwechselprozesse essentiell ist. Daher wird Zinkoxid mit niedriger Dosierung bei Schweinen aller Altersgruppen als Futterzusatz eingesetzt (Sloup et al. 2017).

Ein Zinkmangel bei Ferkeln führt zu Appetitlosigkeit, Verzögerung des Wachstums, Verschlechterung der Futtermittelverwertung und Hautproblemen (Poulsen 1995; Case und Carlson 2002). *In vivo* Studien zeigten, dass man ab einer Dosis von 1000 parts per million (ppm) bis 2500 ppm Zink (Optimaldosis) von einer pharmakologischen Dosis sprechen kann (Hill et al. 2001). Die Verabreichung von Zinkoxid bei Absetzferkeln resultiert in einer besseren Futteraufnahme, einer verbesserten Verdauung, einem besseren Wachstum, einer festeren Kotbeschaffenheit und somit weniger Problemen mit Absetzferkeldurchfall (Hu et al. 2013b; Hu et al. 2012).

Der genaue Mechanismus hinter der den Durchfall vermindernden und wachstumsfördernden Wirkung ist nach aktuellem Forschungsstand nicht restlos geklärt (Bonetti et al. 2021). Jedoch steht fest, dass durch den Einsatz von pharmakologischen Dosen von Zinkoxid diverse Risiken für die Umwelt, die Ferkel selbst und damit auch die Menschen bestehen (Monteiro et al. 2010). Das bedeutendste Risiko ist die erhöhte Belastung der Umwelt durch das Ausbringen von Gülle. Durch die Ausscheidung von überschüssigem Zinkoxid gelangt dieses über die Gülle auf die Felder. Zink baut sich im Boden nur sehr langsam ab, wodurch es bei mehrfacher Aussetzung über einen längeren Zeitraum zu einer vermehrten Akkumulation von Zinkoxid im Boden kommt (Gräber et al. 2005). Des Weiteren kann es passieren, dass das Zinkoxid in Grundwässer, Bäche, Flüsse oder Meere befördert wird, wodurch es bei hohen Konzentrationen ein hohes Gesundheitsrisiko für Mensch und Tier birgt (Monteiro et al. 2010). Zu hohe Dosen oder zu lange Anwendungszeiträume haben eine toxische Wirkung auf den Organismus (Burrough et al. 2019). Bei Absetzferkeln wurde auch beobachtet, dass es durch den Einsatz von Zinkoxid zur schnelleren Bildung von Antibiotikaresistenzen wie auch Resistenzen von *E. coli* auf Schwermetalle kommt (Yazdankhah et al. 2014; Slifierz et al. 2015). Überdies wird auch die gesamte Zusammensetzung der Bakterienkolonien im Darm der Ferkel verändert (Bonetti et al. 2021). Dies führte dazu, dass Zinkoxid in therapeutisch wirksamen Dosen, *de jure* nämlich ab 150 ppm, als Zusatzfuttermittel, um Absetzferkeldurchfall vorzubeugen, von der Europäischen Kommission verboten wurde (Nienhoff 2022, Bonetti et al. 2021).

Eine weitere Möglichkeit, um die durch Absetzferkeldurchfall verursachten Verluste möglichst gering zu halten, ist der Einsatz von Antibiotika über das Futter der Absetzferkel (Vondruskova et al. 2010). Jedoch ist die Gefahr der Bildung von Antibiotikaresistenzen durch die dauerhafte und nicht zielgerichtete Verwendung von Antibiotika in der Schweineproduktion von der Europäischen Kommission als beträchtliches Risiko eingestuft worden (Vondruskova et al.

2010). Im Speziellen ist das häufig verwendete Colistin, welches auch als Reserveantibiotikum in der Humanmedizin gilt, davon betroffen (Gresse et al. 2017). Weiters fördert der Einsatz von Antibiotika den oben schon erwähnten Rückgang der Vielfalt an Bakterien im Darm der Ferkel, dies hat immunschwächere Ferkel zur Folge (Gresse et al. 2017). Um auch in Zukunft die Verluste und Leistungseinbußen bei Absetzferkeln gering zu halten, braucht es neue Wege um die Gesundheit der Tiere zu gewährleisten.

1.2. Alternative Behandlungsmethoden und Präventionsmaßnahmen

Die Alternativen zu Zinkoxid und Colistin sind sehr vielfältig, wie auch der Wissensstand um deren Wirksamkeit bei Absetzdurchfall (Canibe et al. 2022). Es gibt verschiedene Alternativen und Lösungsansätze, um die Ferkel vor Absetzferkeldurchfall und dessen Langzeitfolgen zu bewahren.

Ziel einiger Alternativen ist es, die Ferkel beim Aufbau einer möglichst stabilen Darmflora zu unterstützen und deren Ausreifung schon vor dem Absetzen zu fördern (Poulsen et al. 2018). Weiters sollen die alternativen Behandlungsmethoden das Ferkel schon vor dem Absetzen dabei unterstützen, das bakterielle Wachstum der pathogenen Keime zu reduzieren. Wie oben schon beschrieben, ist die Ausbildung und Förderung eines stabilen Mikrobioms im Darm ein Ansatzpunkt, um Absetzferkeldurchfall durch zukünftige Alternativen unter Kontrolle zu bringen (Moeser et al. 2017). Auch das rechtzeitige Anregen einer Immunantwort soll durch den Einsatz diverser Präparate gefördert werden (Canibe et al. 2022). Im Rahmen dieser Arbeit wird auf die folgenden Lösungsansätze des Problems eingegangen: Probiotika, Pflanzenextrakte und organische Säuren.

Ein Probiotikum enthält definierte Bakterien in ausreichender Menge, um das Mikrobiom im Wirt positiv verändern zu können (Kenny et al. 2011). Ein großes Spektrum an verschiedenen Bakterienarten bildet die Gruppe der Probiotika. Man kann in einem Probiotikum eine oder mehrere Bakterienarten verwenden (Chapman et al. 2011). Probiotika können über verschiedene Wirkmechanismen verfügen:

Erstens haben manche Probiotika eine unmittelbare bakterizide Wirkung auf bestimmte Bakterien (Bomba et al. 2002). Zweitens können durch die Gabe verschiedener Probiotika vermehrt kurz- und mittelkettige Fettsäuren gebildet werden. Drittens können pathogene Keime durch Konkurrieren um eine Haftstelle in der Darmmukosa durch Probiotika verdrängt

werden (Bomba et al. 2002). Je nach Bakterienart besitzen sie die Fähigkeiten das Immunsystem anzukurbeln, Makrophagen und Killerzellen zu aktivieren, anti-inflammatorische Zytokine anzuregen und den pH-Wert durch die Produktion von organischen Säuren zu senken (Chiang et al. 2000).

Bei Absetzferkeln gibt es Studien, die ergeben haben, dass die Verabreichung von *Bacillus licheniformis* eine bessere Darmgesundheit und bessere Kotkonsistenz erbrachte, als bei Ferkeln, die kein Probiotikum supplementiert bekamen (Dumitru et al. 2020). Weiters konnte auch durch den Einsatz von *Bacillus licheniformis*, eine Reduktion von *E. coli* im Darm von Ferkeln festgestellt werden (Lin und Yu 2020).

Nachteilig bei der Gabe von Probiotika ist, dass diese sehr individuell unterschiedliche Wirkungsweisen haben, welche von der Futterzusammensetzung, dem Alter und dem Gesundheitsstatus des Wirtes, den Gegebenheiten an der Futterstelle, der Dosierung und der Zusammensetzung vom Futter beeinflusst werden (Barba-Vidal et al. 2019).

Pflanzenextrakte sind sowohl wegen ihrer entzündungshemmenden als auch ihrer antioxidativen Wirkung bekannt (Vondruskova et al. 2010). Erforscht wurde auch, dass Pflanzenextrakte, abhängig von Dosis, Pflanzenart und Zusammensetzung präventiv gegen eine Reihe von Darmerkrankungen eingesetzt werden können (Tan et al. 2021). Pflanzenextrakte haben eine oder mehrere wirksame Komponenten, zu denen auch ätherische Öle gehören. Ätherische Öle sind Phenole aus aromatischen Pflanzen (Omonijo et al. 2018). Der Hauptwirkmechanismus von ätherischen Ölen ist es, die Zellmembran von Keimen zu penetrieren (Bouyahya et al. 2019). Die Zellmembranen verschiedener Bakterien weisen unterschiedliche Lipidanordnungen auf und sind somit für die Wirksamkeit der ätherischen Öle dadurch unterschiedlich empfänglich (Li et al. 2019). *In vivo* Studien zeigten außerdem, dass ätherische Öle eine limitierende Wirkung auf das Wachstum von *E. coli* haben (Canibe et al. 2022).

Eine hohe antibakterielle Wirkung haben auch Knoblauchextrakte (Arnault et al. 2003). Forschungen haben ergeben, dass pathogene *E. coli* gegenüber ägyptischen Schotendorn, Gewürznelken und Zimt sensibel sind (Khan et al. 2009). Jedoch gibt es diverse kontroverse Studienresultate, die die Wirkung verschiedener Pflanzenextrakte sowohl widerlegen als auch belegen (Canibe et al. 2022). Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass die Inhaltsstoffe vieler pflanzlichen Präparate durch uneinheitliche Erntemethoden und unterschiedliche klimatische Bedingungen, sowie durch verschiedene Extraktionsmethoden

und Lagerbedingungen nicht dieselbe Menge und Intensität an Wirkstoffen enthalten (Bomba et al. 2002).

Ein weiterer Ansatz ist, den pH-Wert, der durch den Absetzvorgang erhöht wird, im Verdauungstrakt der Ferkel zu senken um somit die Barriere für *E. coli* zu erhöhen (Hansen et al. 2007). Dies kann beispielsweise mittels Verfütterung von organischen Säuren erfolgen (Partanen und Mroz 1999). Diese fördern die Verdauung sowie die Nährstoffaufnahme und haben einen positiven Effekt auf das Wachstum abgesetzter Ferkel (Piva et al. 2002). Studien haben gezeigt, dass Ferkel, die organische Säuren verabreicht bekamen, einen besseren allgemeinen Gesundheitszustand zeigten, als jene, die diese nicht bekamen. Auch höhere Gewichtszunahmen konnten bei den Ferkeln beobachtet werden, die Säure verabreicht bekamen (Piva et al. 2002). Die Dauer und Intensität von Absetzdurchfall konnte bei Absetzferkeln beispielsweise durch die Gabe von organischen Säuren gemindert werden (Luise et al. 2020). Dem hingegen gibt es auch Studienergebnisse, die zeigen, dass Ferkel, die organische Säuren zugefüttert bekamen, eine geringere Futteraufnahme und geringere Tageszunahmen hatten (Partanen et al. 2007; Roth und Kirchgessner 1998). Neben den kurzkettigen Säuren wie Ameisensäure, Essigsäure, Propionsäure oder Buttersäure gibt es auch noch zahlreiche Futtermittelsäuren mit zusätzlichen Funktionsgruppen wie Milchsäure, Zitronensäure und Fumarsäure. Einerseits können Säuren eine Reduktion von Bakterien mittels Senkung des pH-Wertes im Magen bewirken (Hansen et al. 2007). Außerdem können sie gramnegative Bakterien direkt durch Schädigung der Desoxyribonukleinsäure töten (Roth und Kirchgessner 1998). Entscheidend sind jedoch auch die Art und Konzentration der verwendeten organischen Säuren, die Pufferkapazität des Futters und das Alter der Ferkel, ob die gewünschte wachstumsfördernde und darmfördernde Wirkung erzielt werden kann (Heo et al. 2013).

1.3. Was ist Klinoptilolith?

Klinoptilolith gehört zur Gruppe der Zeolithe. Der Name Zeolith wurde nach dem Mineral vom schwedischen Mineralogen und Chemiker Baron Axel Frederik Cronstedt benannt und setzt sich aus dem Wort „Zeo“, dies bedeutet „etwas kochen“ und „Lithos“, übersetzt mit „Stein“ zusammen.

Die häufigste in der Natur vorkommende Art von Zeolithen ist Klinoptilolith (Mastinu et al. 2019). Bei Klinoptilolithen handelt es sich hauptsächlich um Silikate und Germanate.

Klinoptilolith hat seinen Ursprung im Vulkangestein und wird weltweit abgebaut (Hecht 2015). Es handelt sich dabei um ein Erdmetall mit dreidimensionaler Kristallstruktur, die den Zeolithen die Fähigkeit gibt, wie molekulare Siebe zu funktionieren (Prvulović et al. 2007). Diese besondere Kristallstruktur kommt durch ein dichtes von Höhlen durchzogenes Geflecht an AlO_4 und SiO_4 Molekülen zustande (Mastinu et al. 2019). Das Mineral hat die Eigenschaft Kationen zu binden und somit Gewebe vor toxischen Substanzen zu schützen. Sowohl Ammoniak als auch Toxine, wie Aflatoxine, können von Klinoptilolith gebunden werden (Prvulović et al. 2007). Diese unter Wassereinfluss eintretende Fähigkeit von Klinoptilolith als Ionenaustauscher zu fungieren, macht es als Entgifter, Antioxidans und Entzündungshemmer besonders interessant für die Veterinärmedizin (Mastinu et al. 2019). Auch bei Menschen konnte gezeigt werden, dass Zeolithe die Fähigkeit besitzen, Schwermetalle, Ammoniak und andere kleine Moleküle aus dem Darmtrakt zu binden (Mastinu et al. 2019). Weitere Funktionen im menschlichen Körper sind die Aktivierung des körpereigenen Immunabwehrsystems, die Mitregulation der Verdauung und des Säure-Basengleichgewichtes (Hecht 2015). Um Klinoptilolithgestein für therapeutische Zwecke brauchbar zu machen, wird dieses mittels Mikronisierung zu einem feinen Mehl zerkleinert (Mastinu et al. 2019).

Im Bereich der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung konnten schon einige Beobachtungen der Wirkung von Klinoptilolith gemacht werden. So wurde beispielsweise beim Geflügel dokumentiert, dass die Legeleistung von Legehennen sowie die Mastleistung von Broilern durch den Einsatz von Zeolithen deutlich gesteigert werden konnte. Bei den Broilern ist hervorzuheben, dass jene, die Zeolithe erhielten, einen wesentlich besseren Gesundheitszustand und Knochenformation zeigten, als die Kontrollgruppe (Nikolakakis et al. 2013). In einer australischen Studie mit Schafen konnte festgehalten werden, dass durch den Einsatz von Naturzeolith, die Tageszunahmen und die Wollproduktion gesteigert werden konnten (Pond 1989). Durch die Zufütterung von Zeolith konnte außerdem die Krankheitsanfälligkeit von Kälbern reduziert werden (Kirovski et al. 2015). Ebenso konnten die Tageszunahmen verbessert werden. Ein Versuch mit Ratten ergab, dass Zeolithe als Aluminium-Entgifter fungieren können (Kraljević Pavelić et al. 2017).

1.4. Fragestellung, Hypothesen und Ziele

1.4.1. Fragestellung

Gibt es einen Unterschied bei den Tageszunahmen zwischen Ferkeln, die 14 Tage lang nach dem Absetzen Klinoptilolith in einer Menge von 10 g/kg Gesamtfutter verabreicht bekommen haben, im Vergleich zur Kontrollgruppe, in deren Futter kein Klinoptilolith enthalten war?

Wie wirkt sich eine Zufütterung von 10 g Klinoptilolith in 1 kg Gesamtfuttermischung nach dem Absetzen auf die Kotkonsistenz von Absetzferkel aus?

1.4.2. Hypothesen

Die Tageszunahmen von Ferkeln, in deren Futtermittel in den ersten 14 Tagen nach dem Absetzen Klinoptilolith (10 g/kg Futtermittel) enthalten ist, sind höher als bei Gruppen, deren Futter kein Klinoptilolith enthält.

Die Kotkonsistenz von Ferkeln, deren Futtermittel in den ersten 14 Tagen nach dem Absetzen Klinoptilolith (10 g/kg Futtermittel) enthält, ist fester als bei Gruppen, deren Futter kein Klinoptilolith enthält.

1.4.3. Ziele

Das Ziel dieser Studie war es, mittels eines im Material und Methoden-Teil erläuterten Versuchs an Absetzferkeln die Wirksamkeit von Klinoptilolith in Bezug auf die oben genannten Hypothesen zu erforschen und zu dokumentieren.

2. Material und Methodik

2.1. Betrieb und Tiermaterial

Der Versuch wurde an einem konventionellen Ferkel-produzierenden Betrieb mit 600 Zuchtsauen im Wochenrhythmus durchgeführt.

Die Ferkel des Betriebes werden am 21. Lebenstag abgesetzt. Der Betrieb verwendet ausschließlich zugekaufte Muttersauen der Rasse Edelschwein, der Samen stammt von Pietrainebern. Die Sauen werden mit den Saugferkeln in Einzelbuchten mit Kastenständen gehalten. Die Kastenstände verfügen über eine Hebebühne, die die Sau beim Aufstehen anhebt. Sobald sich die Sau wieder hinlegt, fährt die Hebebühne wieder auf dieselbe Bodenhöhe, auf der sich die Ferkel befinden, zurück.

Im Betrieb werden regelmäßig Ferkel zu Ammensauen versetzt. Im Falle vom Versetzen von Ferkeln werden dafür immer die größten Ferkel des Wurfs ausgewählt. Die Ferkel erhalten ab dem zweiten Lebenstag einen Prästarter mittels kleiner Zusatzfutterspender. Hierfür wird auf das Produkt Prefirst® (Wilhelm Schaumann GmbH & Co KG®, Brunn am Gebirge, Österreich) zurückgegriffen. Diesen Prästarter erhalten die Ferkel bis zum 24. Lebenstag. Ab dem dritten Lebenstag wird den Saugferkeln auch ein Milchaustauscher namens Biolac® (Biomin Holding GmbH®, Getzersdorf, Österreich) angeboten.

Die Umstellung von Prästarter, auf das vom Betrieb verwendete Absetzfuttermittel, erfolgt von Tag 21 bis 24. Ab dem dritten Tag nach dem Absetzen erhalten die Ferkel für insgesamt 14 Tage den Absetzstarter pur. Ab dem 17. Tag nach dem Absetzen wird auf das Aufzuchtfutter umgestellt.

Am Tag des Absetzens werden die Ferkel des Betriebs nach ihrer Größe sortiert und in Gruppen mit jeweils 70 Tieren zusammen aufgestellt. Die Größe wird dabei durch das Augenmaß der Stallmitarbeiter bestimmt. Im Betrieb befinden sich insgesamt drei Absetzabteile mit je acht Absetzbuchten. Dabei werden die größten Ferkel in den beiden hinteren Buchten aufgestellt, während die kleinsten Ferkel auf die beiden vordersten Buchten aufgeteilt werden. In den mittleren vier Buchten befinden sich Ferkel mit durchschnittlicher Körpergröße. Der Absetzstall ist ein geschlossener Stall. Die Absetzbuchten des Betriebes sind mit perforiertem Kunststoffspaltenboden und einem mit Matten ausgelegten Liegebereich ausgestattet. Über den Matten befinden sich Abdeckungen, die den Ruhebereich begrenzen. In jenem Bereich sind zur Schaffung eines Mikroklimas auch Heizpaneele rückseitig an der

Wand angebracht (Abb. 1). Die Beheizung der Absetzkammern wird mittels Raumheizung gewährleistet. Die Temperatur der Absetzkammern beträgt 30° C. In jeder Absetzbucht befinden sich Holzbalken, Ketten und Kunststoffspielzeuge als Beschäftigungsmaterial. Die Wasseraufnahme der Tiere erfolgt über eine ausreichende Anzahl an Nippeltränken. Die Fütterung erfolgt mit einem Flüssigfuttersystem über einen großen, von zwei Seiten verwendbaren Futtertrog (Abb.1). Nach 21 Tagen werden die Ferkel dann weiter in ein anderes Abteil umgestallt. Die Ferkel des Betriebs werden mit einem durchschnittlichen Gewicht von 32 kg an Mastbetriebe verkauft.



Abbildung 1: Versuchsferkel in der Absetzbucht

Direkt nach dem Absetzen erhalten die Ferkel normalerweise Kren (10 kg/t Futtermittel), ein Probiotikum (5 kg/t Futtermittel, Wilhelm Schaumann GmbH & Co KG[®], Brunn am Gebirge, Österreich) und ein Vitamin E-Präparat.

Im Zuge der Studie wurde jedoch auf den Zusatz von Kren und Probiotika im Absetzbereich verzichtet. Des Weiteren erhielten die Ferkel weder Antibiotika noch Zinkoxid. Das Absetzfutter wird zu 100 % zugekauft. Die Sauen des Betriebes werden gegen das Porzine Reproductive und Respiratorische Syndrom Virus (PRRSV) (Suvaxyn[®] PRRS MLV, Zoetis, Louvain-la-Neuve, Belgien), Influenza A Virus (Respiorc[®] FLU3, Ceva Santé Animale, Libourne, Frankreich), das Porzine Parvovirus, *Erysipelothrix rhusiopathiae*, *Leptospira interrogans* (Porcilis[®] Ery+Parvo+Lepto, MSD Tiergesundheit, Intervet, Boxmeer, Niederlande) und stallspezifisch gegen *Streptococcus suis* Serotyp 2 geimpft. Die Ferkel werden gegen PRRSV

(Suvaxyn® PRRS MLV, Zoetis, Louvain-la-Neuve, Belgien), das Porzine Circovirus 2 und *Mycoplasma hyopneumoniae* (Suvaxyn® MH-One, Zoetis, Girona, Spanien) einmalig am 21. Lebenstag geimpft. Im Rahmen der Parasitenbekämpfung werden die Ferkel 40 Tage nach dem Absetzen mit Panacur®, 2,5 mg/kg Körpergewicht (Intervet Deutschland GmbH® Unterschleißheim, Deutschland) behandelt. Die Sauen werden mit demselben Präparat zweimal jährlich bestandsweise behandelt.

2.2. Methodik

In diesem Kapitel werden die Rahmenbedingungen der Studie anhand des Absetzvorganges des Betriebes sowie die Vorgehensweise der Wiegen, als auch die Kotbeurteilung anhand von Faecal Scores genau beschrieben.

2.2.1. Absetzvorgang

Alle Ferkel, welche für die Studie verwendet wurden, wurden am 21. Lebenstag abgesetzt und wie oben beschrieben nach ihrer Größe sortiert. Die Ferkel mehrerer Sauen wurden dafür vom Stallpersonal aus den Kastenständen auf den Bedienungsgang und in Richtung Absetzstall getrieben. Die Aufteilung der Ferkel im Absetzabteil ist anhand der Abb. 2 schematisch dargestellt. Dabei wurde die Anzahl der Ferkel mittels Klickzähler erfasst. Für die Studie wurden randomisierte Tiere unterschiedlicher Muttersauen mit unauffälligem Gesundheitszustand und mittlerer Größe verwendet.



Abbildung 2: Schematische Darstellung des Absetzabteils

2.2.2. Studiendesign

Der Fütterungsversuch wurde bei insgesamt drei Absetzdurchgängen im Abstand von je einer Woche für einen Zeitraum von je 14 Tagen durchgeführt.

In jedem Durchgang befanden sich zwei Gruppen mit jeweils 68–70 Ferkel. Insgesamt wurde die Studie an 407 Tieren durchgeführt. Dabei erhielten bei jedem der drei Durchgänge die Ferkel der Versuchsgruppe (68–70 Ferkel) für einen Zeitraum von 14 Tagen Futter mit Klinoptilolith in einer Dosierung von 10 g/kg Futtermasse der Firma IPUS Mineral- & Umwelttechnologie GmbH®, Rottenmann, Österreich. Das Klinoptilolith wurde den Ferkeln im Zuge der täglichen Fütterung verabreicht (Abb. 3). Dies macht einen Prozentanteil von 1 % der Gesamtfuttermenge aus. Die andere Hälfte (Kontrollgruppe) erhielt exakt das gleiche Futter, jedoch ohne die Zugabe von Klinoptilolith. Weder die Ferkel der Versuchs- noch der Kontrollgruppen erhielten, wie sonst im Betrieb üblich, einen Prästarter nach dem Absetzen.

Beide Gruppen wurden im selben Absetzraum in zwei nebeneinanderliegenden, baulich gleichen Buchten mit gleichen Aufzuchtbedingungen gehalten. Jene Person, welche die Faecal Scores beurteilte, wurde darüber nicht informiert, in welcher Bucht sich die Kontroll- bzw. Versuchsgruppe befand.



Abbildung 3: Verabreichung von Klinoptilolith über das Futter

2.2.3. Wiegung

Die durchschnittlichen Tageszunahmen der Ferkel wurden so beurteilt, indem die Tiere aller Durchgänge und beider Gruppen am Tag des Absetzens und 14 Tage danach einzeln gewogen wurden. Um gewährleisten zu können, dass keines der Tiere übersehen oder doppelt gewogen würde, wurden für den Wiegevorgang alle Tiere einer Bucht in den Bedienungsgang getrieben (Abb. 4) und anschließend wurde jedes Tier separat abgefangen und auf die Waage in eine Box gegeben (Abb. 5).



Abbildung 4: Ferkel im Bedienungsgang



Abbildung 5: Wiegevorgang

Für die Wiegung wurde eine geeichte Industriewaage verwendet. Damit jedem Tier das individuelle Gewicht zugewiesen werden konnte, wurde das Gewicht in Kilogramm auf die

zweite Dezimalstelle genau erfasst der fünfstelligen Ohrmarkennummer des Ferkels zugeordnet. Alle Wiegungen erfolgten vormittags außerhalb der Fresszeiten und dauerten in der Regel 45 Minuten pro Gruppe.

2.2.4. Kotbeurteilung

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden bei allen drei Durchgängen am Tag des Absetzens, sowie vier, sieben, elf und 14 Tage danach die Faecal Scores der Versuchs- sowie Kontrollgruppe erhoben (Abb. 6). Dafür wurden je zehn repräsentative Einzelkotbeurteilungen und Wertungen pro Absetzgruppe durchgeführt. Die Erhebung der Faecal Scores wurde nach Hu et al. immer von derselben Person durchgeführt (Hu et al. 2013).

Zeitlicher Ablauf der durchgeführten Kotbeurteilungen und Wiegungen

06.02.	07.02.	08.02. 1.Wiegung Durchgang 1 1.Kotbeurteilung Durchgang 1	09.02.	10.02.	11.02.	12.02. 2. Kotbeurteilung Durchgang 1
13.02.	14.02.	15.02. 3.Kotbeurteilung Durchgang 1 1.Wiegung Durchgang 2 1.Kotbeurteilung Durchgang 2	16.02.	17.02.	18.02.	19.02. 4.Kotbeurteilung Durchgang 1 2.Kotbeurteilung Durchgang 2
20.02.	21.02.	22.02. 2.Wiegung Durchgang 1 5.Kotbeurteilung Durchgang 1 3.Kotbeurteilung Durchgang 2 1.Wiegung Durchgang 3 1.Kotbeurteilung Durchgang 3	23.02.	24.02.	25.02.	26.02. 4.Kotbeurteilung Durchgang 2 2.Kotbeurteilung Durchgang 3
27.02.	28.02.	01.03. 2.Wiegung Durchgang 2 5.Kotbeurteilung Durchgang 2 3.Kotbeurteilung Durchgang 3	02.03.	03.03.	04.03.	05.03. 4.Kotbeurteilung Durchgang 3
06.03.	07.03.	08.03. 2.Wiegung Durchgang 3 5.Kotbeurteilung Durchgang 3	09.03.	10.03.	11.03.	12.03.

Abbildung 6: Übersicht zeitlicher Ablauf der Studie

Der Kot wurde immer in der Kotecke, welche sich im vorderen perforierten Teil der Bucht befand, beurteilt (Abb. 7). Die beurteilten Proben sollten eine repräsentative Auswahl für die jeweilige Bucht darstellen. Die Kotproben wurden adspektorisch und palpatorisch auf ihre Konsistenz überprüft.



Abbildung 7: Kotecke mit unterschiedlich altem Kot

Die Wertung erfolgte nach einer Skala von 1 bis 4, nach der ein fester geformter Kot die Wertung 1 erhielt (Abb. 8 und 12). Weicher jedoch geformter Kot entsprach der Wertung 2 (Abb. 9 und 13). Pastöser ungeformter Kot hatte die Wertung 3 (Abb. 10 und 14). Mit 4 wurde flüssiger Kot gewertet (Abb. 11 und 15). Kot mit einem Faecal Score von 3 bzw. 4 wurde somit als Durchfallkot definiert.



Abbildung 8: Faecal Score 1 beim Absetzen



Abbildung 9: Faecal Score 2 beim Absetzen



Abbildung 10: Faecal Score 3 beim Absetzen



Abbildung 11: Faecal Score 4 beim Absetzen



Abbildung 12: Faecal Score 1 nach dem Absetzen



Abbildung 13: Faecal Score 2 nach dem Absetzen



Abbildung 14: Faecal Score 3
nach dem Absetzen



Abbildung 15: Faecal Score 4
nach dem Absetzen

2.3. Auswertung

Sowohl die händisch aufgezeichneten Faecal Scores, als auch die erfassten Gewichtsdaten wurden in das Computerprogramm Microsoft® Excel übertragen. Bei der Übertragung der Gewichtsdaten wurden die mehrmaligen Gewichtserhebungen der zugehörigen Ohrmarkennummer zugeteilt. Ohrmarkennummern, zu denen nicht beide Gewichtsdaten zugeordnet werden konnten, wurden aus dem Versuch genommen.

Somit verblieben im ersten Durchgang 134 Ferkel, nachdem ein Tier ausgeschlossen wurde. Im zweiten Durchgang verblieben nach dem Ausschluss von vier Ferkeln noch 135 Ferkel und im dritten Durchgang nach dem Ausschluss von acht Tieren 138 Ferkel.

Die digitalisierten Daten wurden mehrfach auf ihre Richtigkeit und Vollständigkeit überprüft, bevor sie als Basis der erstellten Grafiken dienten. Die Gewichtsdaten wurden mittels Boxplot-Grafiken dargestellt und mit den Daten der Faecal Scores wurden Punktwolkendiagramme erstellt. Die durchschnittlichen Tageszunahmen wurden mittels Errechnung der Differenz der zwei erhobenen Gewichtsdaten bestimmt. Die berechneten Werte wurden dann grafisch mittels der oben genannten Boxplots dargestellt. Die Ermittlung potenzieller Unterschiede bei den Tageszunahmen zwischen Versuchsgruppen und Kontrollgruppen erfolgte mittels t-Test im SPSS®. Zur Ermittlung potentieller Unterschiede der Faecal Scores zwischen Kontroll- und Versuchsgruppen, wurden Daten mit den Faecal Scores 1 und 2 als „Durchfall nein“ und Daten mit den Faecal Scores 3 und 4 als „Durchfall ja“ kodiert und jene Variablen mittels Chi-Quadrat Test im SPSS® miteinander verglichen.

3. Ergebnisse

Übersicht Gewichtsdaten

	Durchgang 1		Durchgang 2		Durchgang 3	
	Versuchs- gruppe	Kotroll- gruppe	Versuchs- gruppe	Kontroll- gruppe.	Versuchs- gruppe	Kontroll- gruppe.
Mittelwert (g)	169	167	154	177	139	157
Standardabweichung (g)	0,072	0,083	0,092	0,069	0,057	0,07
Spannweite (g)	95	86	62	108	82	87
Höchste Zunahme (g)	289	429	432	332	336	306
Geringste Zunahme (g)	-85	-47	-386	-153	-14	39
Anzahl Tiere mit Gewichtsverlust	3	1	1	1	1	0
Gesamtzahl	68	66	69	66	70	68
Anzahl ausgeschlossene Ohrmarkennummern	0	1	1	3	3	5
t-Test	0,99		0,134		0,146	

Tabelle 1: Tabellarische Zusammenfassung der Gewichtszunahme-Daten

In obenstehender Tabelle (Tab. 1) sind zur Übersicht die wichtigsten Werte und statistischen Kennzahlen der Auswertung der Gewichtsdaten zusammengefasst.

3.1. Tageszunahmen der Ferkel von Durchgang 1

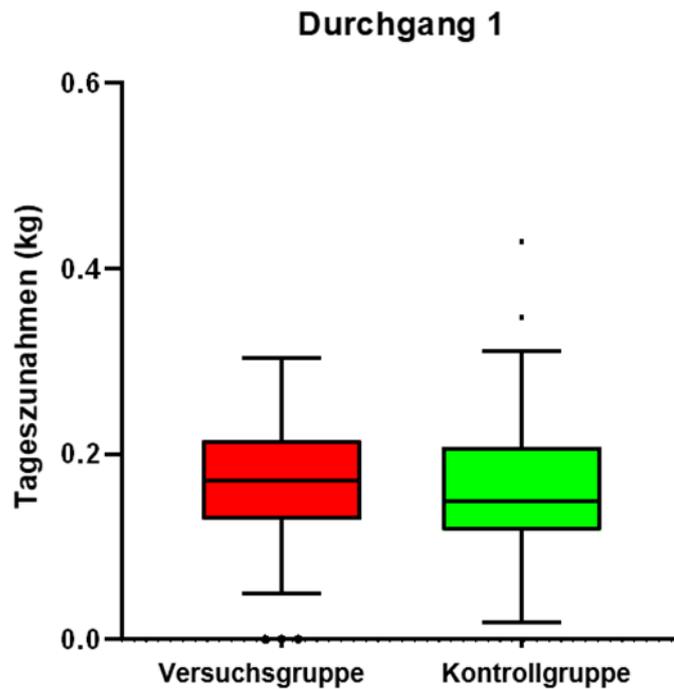


Abbildung 16: Durchschnittliche Tageszunahmen der Versuchs- und Kontrollgruppe von Durchgang 1

Die Ferkel der Versuchsgruppe hatten höhere Tageszunahmen als die Ferkel der Kontrollgruppe. Der Mittelwert der Tageszunahmen lag bei der Versuchsgruppe bei 169 g und bei der Kontrollgruppe bei 167 g (Abb. 16). Die Standardabweichung der Tageszunahmen betrug bei der Versuchsgruppe 0,072 und bei der Kontrollgruppe 0,083. Der p-Wert betrug im t-Test 0,99 (Tab. 1).

3.2. Faecal Scores der Ferkel von Durchgang 1

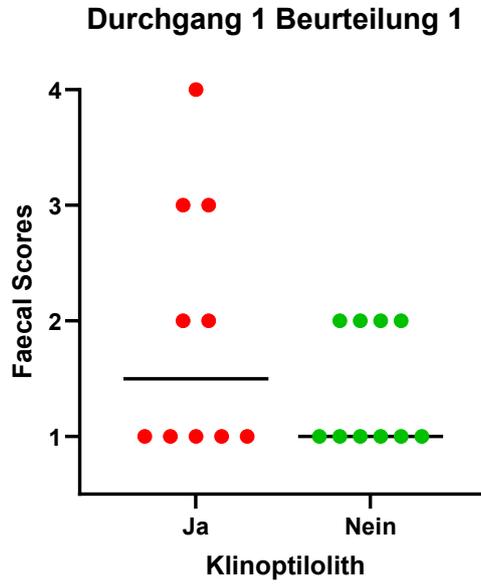


Abbildung 17: Faecal Scores Durchgang 1, Absetztag

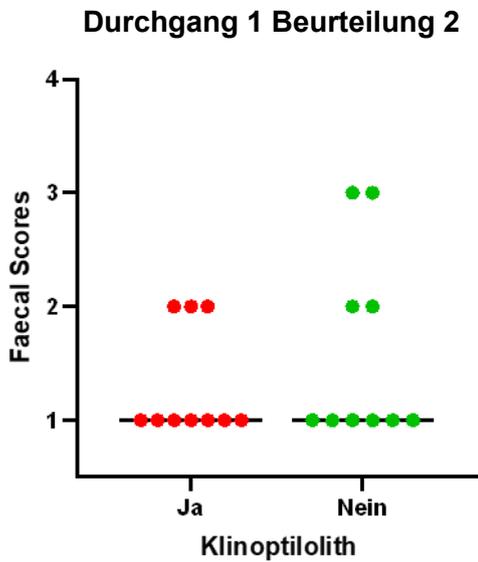


Abbildung 18: Faecal Scores
Durchgang 1, vier Tage nach Absetzen

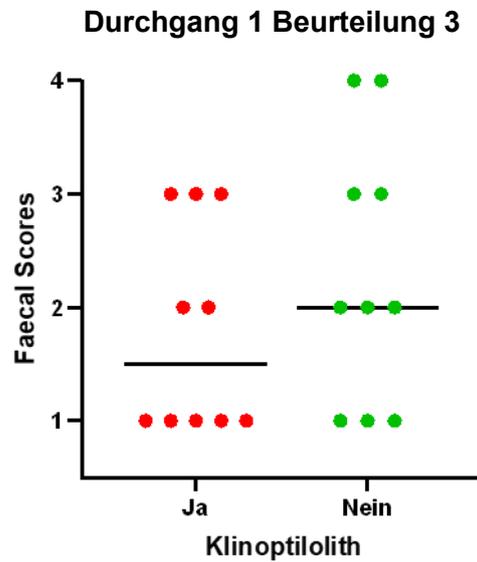


Abbildung 19: Faecal Scores
Durchgang 1, sieben Tage nach Absetzen

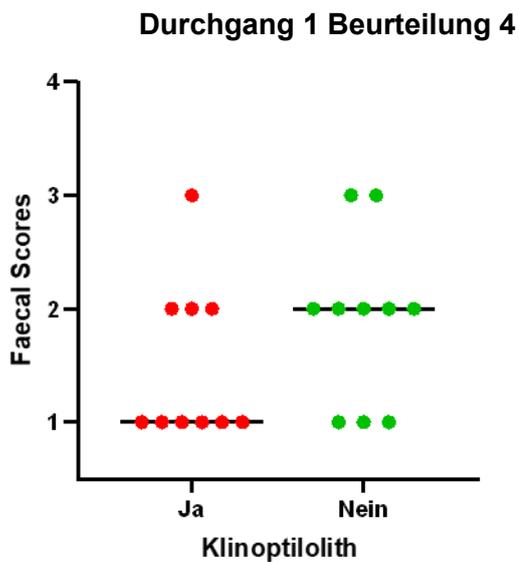


Abbildung 20: Faecal Scores
Durchgang 1, elf Tage nach Absetzen

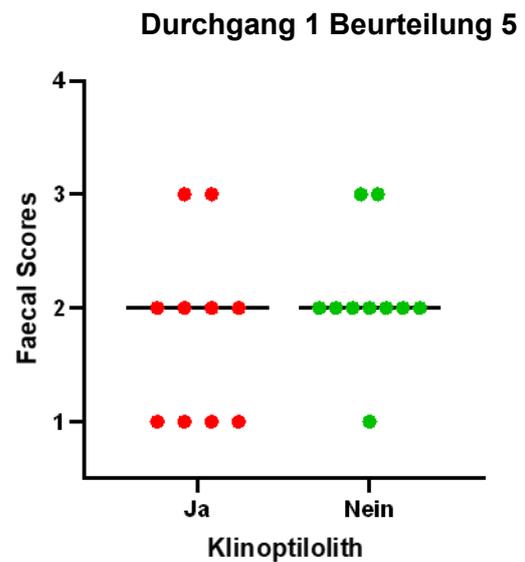


Abbildung 21: Faecal Scores
Durchgang 1, 14 Tage nach Absetzen

Die Kotbeurteilungen der Versuchsgruppe sind in Rot visualisiert und die Werte der Kontrollgruppen in Grün. Bei der ersten Kotbeurteilung am Absetztag hatten die Ferkel, die der Versuchsgruppe zugewiesen wurden, im Schnitt höhere Faecal Scores als Ferkel der Kontrollgruppe (Abb. 17). In Abbildung 18 lässt sich ablesen, dass bereits vier Tage nach dem Absetzen die Faecal Scores der Versuchsgruppe niedriger waren, als jene der Kontrollgruppe. Dies bedeutet, dass die Ferkel der Versuchsgruppe festeren Kot hatten, als jene der Kontrollgruppe. Dieser Trend ist auch bei der dritten und vierten Messung zu sehen (Abb. 19 und Abb. 20). Auch bei diesen Messungen hatten die Ferkel der Versuchsgruppe tendenziell einen festeren Kot. In der Abbildung 21 lässt sich erkennen, dass die gemessenen Faecal Scores 14 Tage nach dem Absetzen annähernd gleich waren.

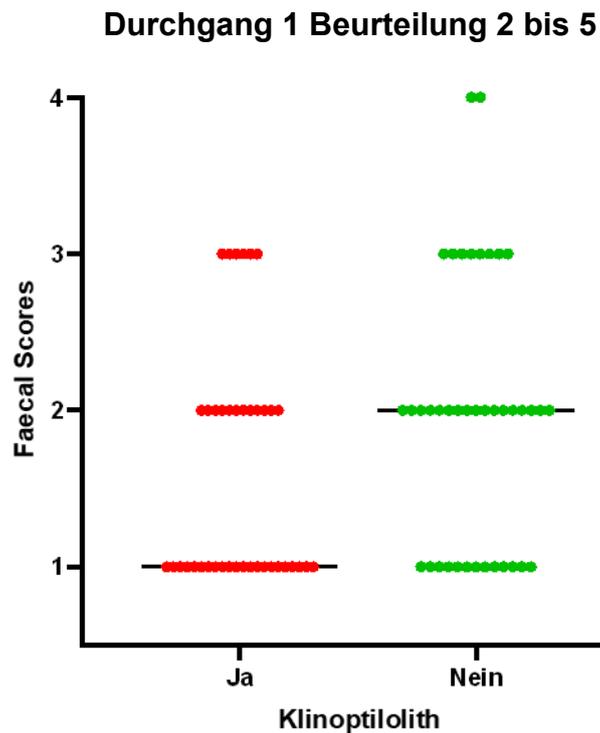


Abbildung 22: Faecal Scores Durchgang 1, Tag vier bis 14 nach Absetzen

Bei der Beurteilung von allen vier Messungen zusammen (Abb. 22) wird ebenso ersichtlich, dass die Tiere der Kontrollgruppe häufiger einen weichen bis flüssigen Kot (Faecal Scores 2 bis 4) hatten, während die Tiere der Versuchsgruppe häufiger einen festen Kot (Faecal Score 1) aufwiesen. Flüssiger Kot (Faecal Score 4) wurde nur bei Tieren der Kontrollgruppe festgestellt. Der Median der Kotbeurteilungen lag bei den Ferkeln der Versuchsgruppe bei einem Faecal Score von 1 und bei der Kontrollgruppe bei 2. Der p-Wert betrug im Chi-Quadrat Test 0,042.

3.3. Tageszunahmen der Ferkel von Durchgang 2

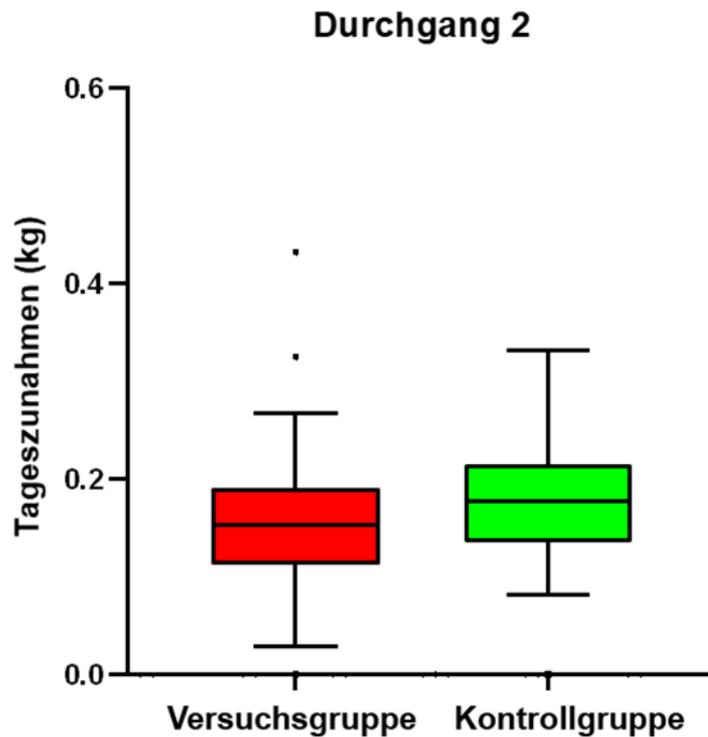


Abbildung 23: Durchschnittliche Tageszunahmen der Versuchs- und Kontrollgruppe von Durchgang 2

Im zweiten Durchgang hatten die Ferkel der Kontrollgruppe höhere Tageszunahmen als die Ferkel der Versuchsgruppe (Abb. 23). Der Mittelwert der Tageszunahmen lag bei der Versuchsgruppe bei 154 g und bei der Kontrollgruppe bei 177 g (Abb. 23). Die Standardabweichung der Tageszunahmen betrug bei der Versuchsgruppe 0,092 und bei der Kontrollgruppe 0,069. Der p-Wert betrug im t-Test 0,134.

3.4. Faecal Scores der Ferkel von Durchgang 2

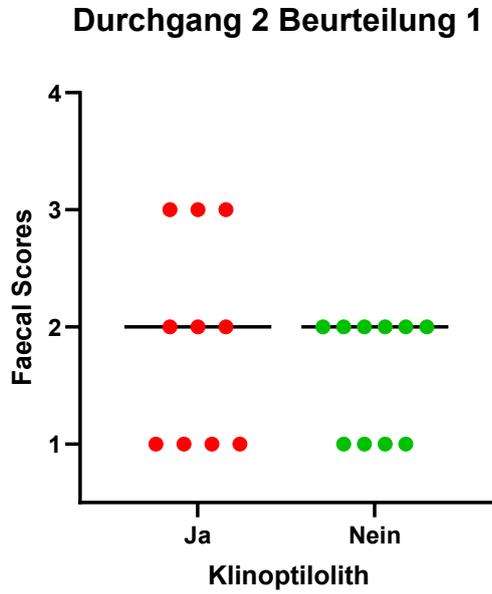


Abbildung 24: Faecal Scores Durchgang 2, Beurteilung am Absetztag

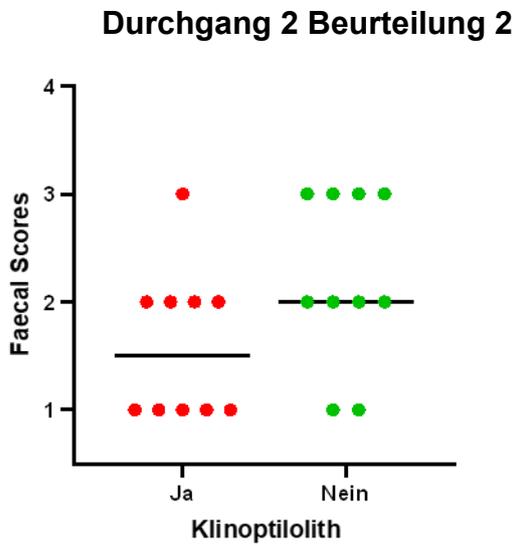


Abbildung 25: Faecal Scores
Durchgang 2, vier Tage nach Absetzen

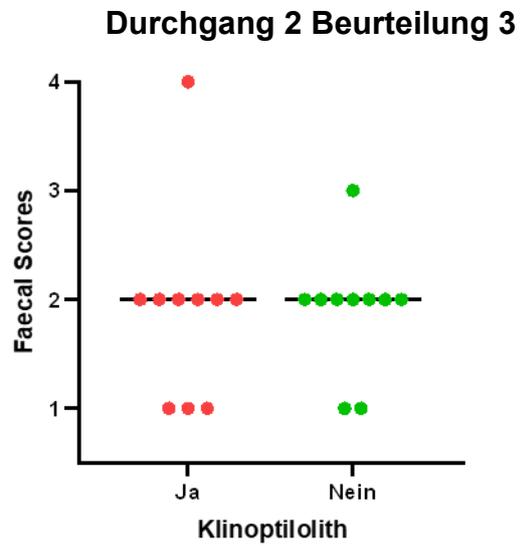


Abbildung 26: Faecal Scores
Durchgang 2, sieben Tage nach Absetzen

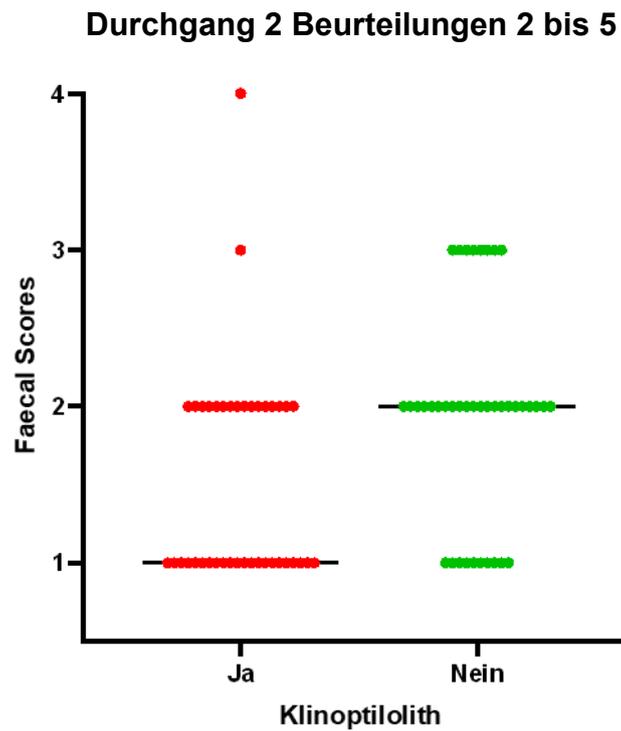


Abbildung 179: Faecal Scores Durchgang 2, Tag vier bis 14 nach Absetzen

Über alle Messungen hinweg waren im zweiten Durchgang die Faecal Scores der Versuchsgruppe niedriger als jene der Kontrollgruppe (Abb. 29). Daraus lässt sich ableiten, dass die Ferkel der Versuchsgruppe festeren Kot hatten als die der Kontrollgruppe. Der aus dem Chi-Quadrat Test resultierende p-Wert betrug 0,0057.

3.5. Tageszunahmen der Ferkel von Durchgang 3

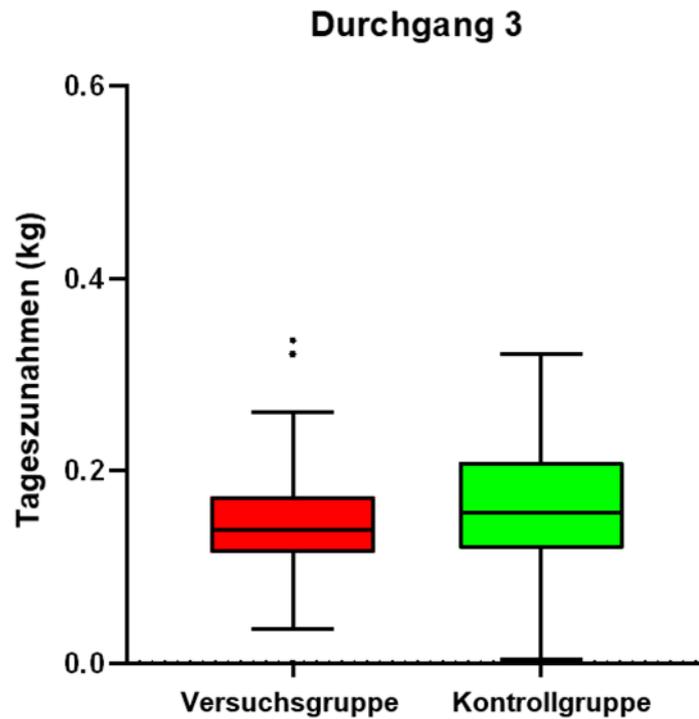


Abbildung 30: Durchschnittliche Tageszunahmen der Versuchs- und Kontrollgruppe von Durchgang 3

Im dritten Durchgang hatten die Ferkel der Versuchsgruppe niedrigere Tageszunahmen als die Ferkel der Kontrollgruppe (Abb. 30). Der Mittelwert der Tageszunahmen lag bei der Versuchsgruppe bei 139 g und bei der Kontrollgruppe bei 157 g. Die Standardabweichung der Tageszunahmen betrug bei der Versuchsgruppe 0,057 und bei der Kontrollgruppe 0,07. Der p-Wert betrug im t-Test 0,146.

3.6. Faecal Scores der Ferkel von Durchgang 3

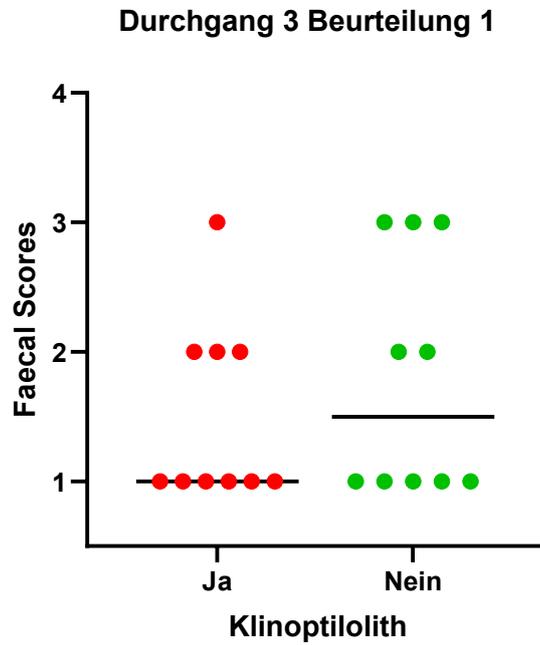


Abbildung 31: Faecal Scores Durchgang 3, Absetztag

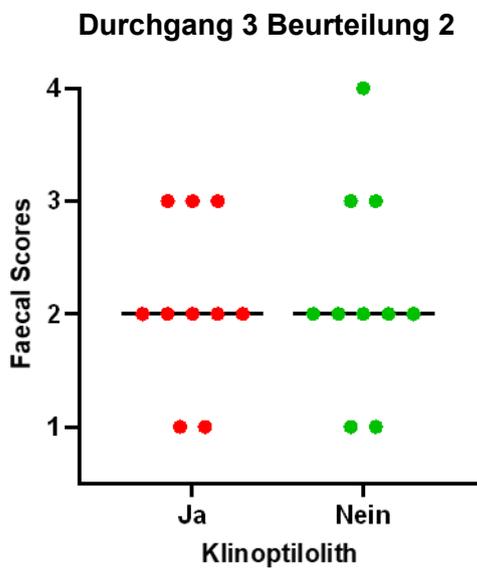


Abbildung 32: Faecal Scores
Durchgang 3, vier Tage nach Absetzen

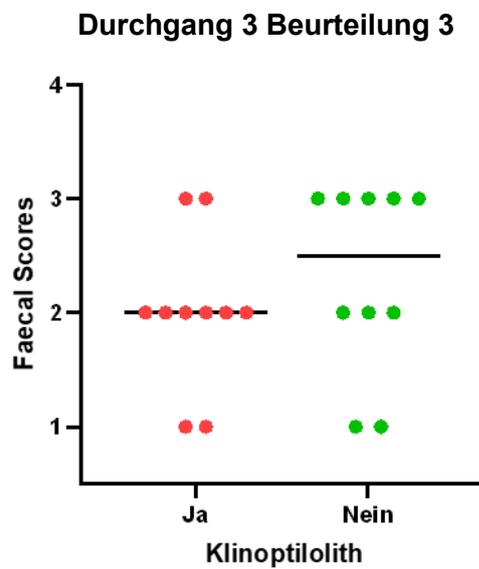


Abbildung 33: Faecal Scores
Durchgang 3, sieben Tage nach Absetzen

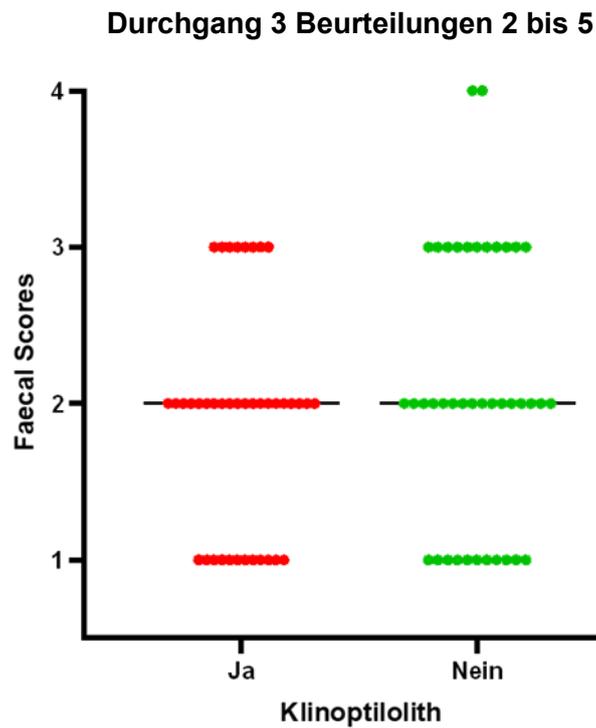


Abbildung 36: Faecal Scores Durchgang 3, Tag vier bis 14 nach Absetzen

Über alle vier Beurteilungen hinweg wiesen die Faecal Scores der Kontrollgruppe und der Versuchsgruppe kaum Unterschiede auf (Abb. 36). Somit wiesen die Ferkel der beiden Gruppen nur geringe Unterschiede bei der Kotkonsistenz auf. Bemerkenswert ist, dass es zwei Kotproben der Kontrollgruppe gegeben hat, die einen Faecal Score von 4 hatten. Der aus dem Chi-Quadrat Test hervorgehende p-Wert betrug 0,805.

3.7. Tageszunahmen der Ferkel aller Durchgänge

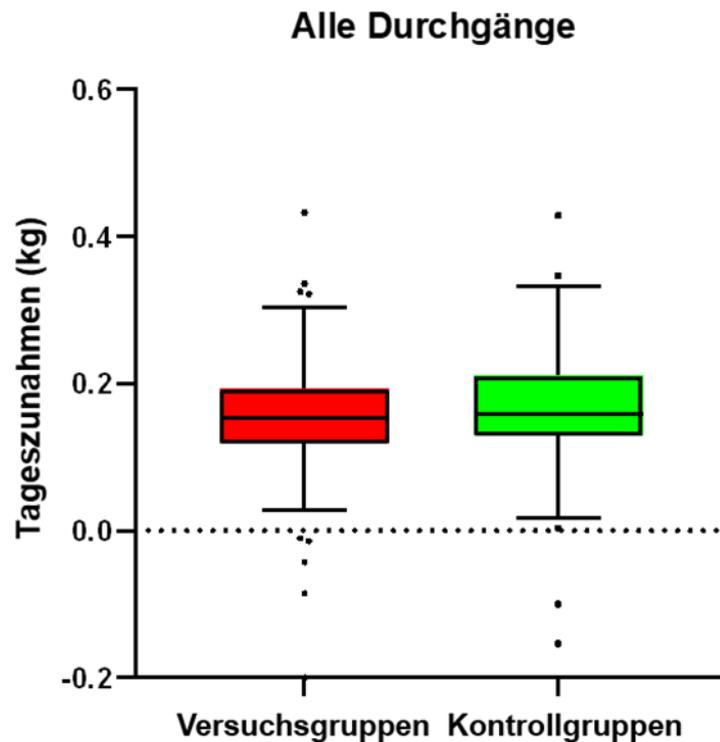


Abbildung 37: Durchschnittliche Tageszunahmen der Versuchs- und Kontrollgruppen von allen Durchgängen

Insgesamt gab es bei allen drei Durchgängen keine signifikanten Unterschiede der Tageszunahmen zwischen der Versuchs- und der Kontrollgruppe (Abb. 37). Die Tageszunahmen der Versuchsgruppe in Durchgang 1 waren höher als die der Kontrollgruppe. Bei den Durchgängen 2 und 3 zeigten allerdings die Ferkel der Kontrollgruppen höhere Tageszunahmen. Über alle drei Absatzdurchgänge hinweg betrug der Mittelwert der Tageszunahmen 155 g für die Versuchsgruppe und 167 g für die Kontrollgruppe. Die Standardabweichung war 0,075 für die Versuchsgruppe und 0,074 für die Kontrollgruppe. Der p-Wert betrug im t-Test 0,281.

4. Diskussion

Diese Studie wurde unter der Annahme durchgeführt, dass die Ferkel, welche Klinoptilolith verabreicht bekamen, bessere Tageszunahmen erreichen würden, als die Ferkel der Kontrollgruppen. Die Ergebnisse der durchschnittlichen Tageszunahmen zeigten, dass es beim ersten Durchgang nur marginale Unterschiede bei den Zunahmen gab. Beim zweiten Durchgang betrug dieser Unterschied 23 g und beim dritten Durchgang betrug er 18 g. Im Gesamtvergleich hatten die Kontrollgruppen durchschnittlich um 12 g höhere Tageszunahmen. Die Ergebnisse der t-Tests der durchschnittlichen Tageszunahmen ergaben, dass alle errechneten p-Werte größer als 0,05 und somit nicht signifikant waren.

Aufgrund der Tatsache, dass bereits bewiesen werden konnte, dass Zeolithe in der Lage sind Toxine von Toxin-bildenden Erregern zu binden, bestand die Annahme, dass die Inzidenz von Absetzdurchfall in der durchgeführten Studie gesenkt werden könne. Dies hätte ebenso die Konsequenz, dass Ferkel, welche Klinoptilolith erhielten, höhere Tageszunahmen aufweisen würden als Ferkel, die kein Klinoptilolith erhielten. Die Unterschiede bei den Tageszunahmen zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe waren gering. Erwähnenswert dabei ist, dass im zweiten und dritten Durchgang die Ferkel der Kontrollgruppe höhere mittlere Tageszunahmen hatten, als die Ferkel der Versuchsgruppen. Jedoch waren die Unterschiede in den Tageszunahmen bei keinem Durchgang statistisch signifikant. Aufgrund der Tatsache, dass Zeolith hauptsächlich aus Rohasche besteht, geht der Einsatz von Klinoptilolith ebenfalls mit einer Reduktion von verdaulichem nährstoffreichen Futter einher. Dieser Verlust energiereicher Komponenten um 1 % könnte eine Erklärung für die geringeren Tageszunahmen von den Tieren der Versuchsgruppen beim zweiten und dritten Durchgang sein.

Anhand der Grafiken lässt sich ein klarer Trend beobachten: die Ferkel der Versuchsgruppen niedrigere Faecal Scores hatten als die der Kontrollgruppen. Daraus lässt sich schließen, dass die Ferkel, die Klinoptilolith zugefüttert bekamen, festeren Kotkonsistenz hatten, als die Ferkel der Kontrollgruppen. Aufgrund der Tatsache, dass Ferkel der Versuchsgruppe bei allen drei Durchgängen im Durchschnitt niedrigere Faecal Scores – also eine festere Kotkonsistenz – hatten, ist davon auszugehen, dass der Einsatz von Klinoptilolith durchaus die Inzidenz von Absetzdurchfall mindern kann. Aus den Ergebnissen des Chi-Quadrat Tests lässt sich schließen, dass die Ferkel der Versuchsgruppen im ersten und zweiten Durchgang signifikant weniger Probleme mit Absetzdurchfall hatten, als Ferkel der Kontrollgruppe. Beim dritten

Durchgang konnte allerdings kein signifikanter Unterschied beobachtet werden. Dies deutet darauf hin, dass der Einsatz von Klinoptilolith durchaus eine gewisse Wirkung zur Prävention von Absetzdurchfall hat. Um dies jedoch zu verifizieren, ist die Beurteilung von mehreren Versuchsgruppen bzw. vom Kot mehrerer Tiere direkt aus dem Rektum empfehlenswert.

Des Weiteren ist die Tatsache interessant, dass bei allen drei Durchgängen bereits am Tag des Absetzens – also am 21. Lebenstag – Kotproben mit einem Faecal Score von drei bzw. vier beurteilt wurden. Dies weist darauf hin, dass am Betrieb bereits Probleme mit Saugferkeldurchfall in der dritten bis vierten Lebenswoche bestanden. Nichtsdestotrotz hatten beim ersten und zweiten Durchgang vor allem Ferkel der Versuchsgruppen vor dem Erhalt von Klinoptilolith höhere Faecal Scores als die Ferkel der Kontrollgruppen. Bereits am vierten Tag nach dem Absetzen waren die Faecal Scores der Ferkel von den Versuchsgruppen geringer als jene der Kontrollgruppen. Die Faecal Scores, am Tag 14 nach dem Absetzen, sind für die Versuchs- und Kontrollgruppen des ersten und dritten Durchgangs annähernd gleich. Das bedeutet, dass davon auszugehen ist, dass die Absetzdurchfallproblematik zu diesem Zeitpunkt schon überwunden war und die Kotkonsistenz beider Ferkelgruppen größtenteils von physiologischer fester Konsistenz war.

Den Abbildungen lässt sich weiters entnehmen, dass die Faecal Scores aller Durchgänge jeweils am siebten Tag nach dem Absetzen, also bei der dritten Kotbeurteilung, am höchsten waren. Dies ist wenig verwunderlich, da in diversen Studien berichtet wurde, dass die Absetzdurchfallproblematik ca. eine Woche nach dem Absetzen am stärksten ausgeprägt ist (Laine et al. 2018).

Grundsätzlich war die Absetzferkelproblematik auf dem Betrieb nicht besonders hoch, weshalb sich womöglich keine großen Unterschiede zwischen der Versuchs- und der Kontrollgruppe ergeben haben. Erwähnenswert bleibt allerdings insbesondere der Umstand, dass sowohl bei der Versuchs- als auch bei der Kontrollgruppe die Faecal Scores beim ersten Durchgang niedrigere Werte aufwiesen als beim dritten Durchgang. Dies könnte damit zusammenhängen, dass am Betrieb grundsätzlich wenig Probleme mit Absetzdurchfall vorlagen. Eine mögliche Erklärung für die Unterschiede der Faecal Scores zwischen erstem und drittem Durchgang könnte sein, dass beim ersten Versuchsdurchgang erstmalig auf den Einsatz von Probiotika bzw. Kren verzichtet worden war, weswegen die Absetzdurchfallproblematik sich bei jener Gruppe noch in Grenzen hielt, während sich beim dritten Durchgang die Problematik schon aufgeschaukelt haben könnte. Für den Versuch hätte es somit von Vorteil sein können, hätte

man bereits einige Durchgänge vor der Durchführung des Versuches auf den Einsatz von Probiotika bzw. Kren verzichtet worden wäre.

Ein Grundproblem bei der Evaluierung von Futterzusätzen auf die Auswirkungen auf das Absetzdurchfallgeschehen ist die Nahrungskarenz der Ferkel nach dem Absetzen. Aufgrund dieser besteht die Wahrscheinlichkeit, dass eine Vielzahl der Tiere den Futtermittelzusatzstoff nicht aufnehmen kann. Deswegen sollte angedacht werden, die jeweiligen Futtermittelzusatzstoffe bereits vor dem Absetzen anzubieten. Aufgrund der Tatsache, dass die Anwendung des beurteilten Produktes erst ab dem Absetzen zugelassen ist, wurde auf den Zusatz von Klinoptilolith vor dem Absetzen verzichtet. Es wäre außerdem interessant gewesen, den Einsatz von Klinoptilolith mit einer 2 %igen Konzentration zu evaluieren. Somit könnte eine weitere Erklärung für die marginal beobachteten Unterschiede sein, dass die zugefügte Menge von 10 g Klinoptilolith pro 1 kg Futtermasse nicht ausreichend war, um den gewünschten Effekt zu erzielen. In einer vergleichbaren Studie wurden 2 % Klinoptilolith der Gesamtfuttermenge pro Tier verabreicht, und Schweine der Versuchsgruppe hatten signifikant höhere Tageszunahmen als jene Schweine, die kein Klinoptilolith erhielten (Alexopoulos et al. 2007). Bei einer weiteren Studie mit dem Ziel nachzuweisen, ob die Zufütterung von Klinoptilolith in besseren Tageszunahmen bei Schweinen über die gesamte Mastdauer hinweg resultiert, wurden 5 g Klinoptilolith pro 1 kg Futter verabreicht (Prvulović et al. 2007). Diese Studie ergab, dass die Tiere durch die Gabe von Klinoptilolith höhere Zunahmen (2,5 % und 7 %) in der Aufzuchtphase hatten (Prvulović et al. 2007). Bei einer anderen Studie mit vergleichbarem Studiendesign wurden ebenso die Effekte von Klinoptilolith auf die Gewichtszunahme, Darmgesundheit und das Vorhandensein von Immunzellen bei Absetzferkeln überprüft (Valpotic et al. 2016). Im Zuge dieser Studie wurden 50 g Klinoptilolith auf 1 kg Gesamtfuttermenge verwendet. Auch diese Studie führte zu der Erkenntnis, dass Klinoptilolith keinen bemerkenswerten Effekt auf die Gewichtszunahme der Ferkel hatte. Allerdings kam man zu dem Schluss, dass die Versuchstiere seltener an Durchfall erkrankten (12,96 %) und es konnte eine geringere Anzahl von *E. coli* im Jejunum der Versuchstiere festgestellt werden (Valpotic et al. 2016). In einer anderen Studie wurden Ferkel vom Absetzen bis zum Erreichen des Schlachtgewichts mit Klinoptilolith versorgt und dokumentiert, wie sich das auf Leistung und Gesundheitszustand auswirkte (Papaioannou et al. 2004). Auch in jenem Fall erhielten sie auf 1 kg Futter 50 g Klinoptilolith. Ein positiver Effekt auf die Tageszunahmen war das Resultat dieser Studie (Papaioannou et al. 2004). Im Review von Vondruskova wird

allerdings eine Dosis von 1–3 % von absorbierendem Tonmineralien wie Klinoptilolith empfohlen (Vondruskova et al. 2010).

Ein weiterer Fütterungsversuch wurde von der Versuchsanstalt Raumberg-Gumpenstein durchgeführt. In jenem Versuch wurden diverse Kräuter, effektive Mikroorganismen und Zeolith an Absetzferkeln verschiedener Gewichtsruppen verfüttert. Bei jenem Versuch kam man zum Ergebnis, dass die verabreichte Mischung einen positiven Effekt auf die Tageszunahmen hatte. Die Ergebnisse der Kot Scorings zeichneten sich gemischt ab, da bei manchen Gruppen kein Effekt beobachtet werden konnte und bei anderen schon. Die oben genannte Versuchsmischung wurde den Tieren in Form einer Paste oral zu je 25 g Portionen verabreicht. Die genau verabreichte Menge an Zeolithen wird nicht beschrieben (Vielhaber 2008).

Laut Pond und Bartko wurden durch die Zufütterung von Tonmineralien – wie Klinoptilolith – die Tageszunahmen und die Futtermittelverwertung von Schafen und Schweinen deutlich verbessert (Pond 1989; Vrzgula et al. 1982; Bartko et al. 1983). Auch bei anderen Tierarten wurden Versuche mit diätetischer Ergänzung von Klinoptilolith durchgeführt. In einer Studie wurde die Gesamtfuttermischung von Mastbroilern zu 2 % mit Klinoptilolith ergänzt. Diese Studie lieferte das Resultat, dass Klinoptilolith keinen Einfluss auf die Mastleistung der Broiler zeigte, jedoch die Menge ausgeschiedener *E. coli* signifikant gesenkt wurde (Wu et al. 2013).

Auch bei Rindern wurden schon Fütterungsversuche mit Klinoptilolith durchgeführt und dokumentiert. In einer Studie wurde der Effekt von Zeolith A auf die Futteraufnahme und den Energiestoffwechsel von Milchkühen in den letzten zwei Wochen der Trächtigkeit untersucht. Das Zeolith A, welches für diese Studie verwendet wurde, wurde künstlich hergestellt. Dabei wurden den Rindern der Untersuchungsgruppen verschiedene Dosen von Zeolith A pro Kilogramm Trockenmasse zugefüttert. Das Resultat dieser Studie besagt, dass es bei 90 g/kg Trockenmasse zu einer deutlichen Reduktion der Futteraufnahme kommt. Somit wurde diese Dosis von den Autoren als nicht vertretbar eingestuft. 23 Gramm Zeolith A beeinträchtigten die Futteraufnahme der Kühe nicht (Grabherr et al. 2009). Eine weitere Studie, die an Rindern durchgeführt wurde, beschäftigte sich damit, ob die Verabreichung von Zeolith A einen Effekt auf die Futteraufnahme, Blutwerte und Milchleistung von Milchkühen habe. Dafür wurden 0,7 kg Zeolith A täglich an Versuchstiere zwei Wochen vor dem errechneten Geburtstermin verabreicht. Die Resultate waren unveränderte Milchinhaltsstoffe, einzelne veränderte

Blutparameter und die Erkenntnis, dass die Kühe, denen Zeolith A verabreicht worden war, eine geringere Futteraufnahme zeigten (Thilsing-Hansen et al. 2002).

Klinoptilolith hat insgesamt mehrere Wirkungen, welche die Darmgesundheit fördern können (Mastinu 2019). Diese umfassen die Reduktion von Ammoniak, Stärkung der physiologischen Darmbarriere und des lymphatischen Gewebes im Darm sowie die Aktivierung von antioxidativen Enzymen (Mastinu 2019). Diese allgemein positiv auf die Darmgesundheit wirkenden Faktoren können eine Erklärung bieten, wieso die Kotkonsistenz der Ferkel in der Versuchsgruppe fester war, als jene der Kontrollgruppe. Grundsätzlich hat Klinoptilolith nach Prvulović die Fähigkeit Aflatoxine zu binden (Prvulović 2007). Somit stellt sich die Vermutung in den Raum, dass Klinoptilolith auch in der Lage sein kann von *E. coli* produzierte enterotoxische Toxine zu binden. Es gibt Forschungsergebnisse, die gezeigt haben, dass Tonminerale, zu denen auch Klinoptilolith gehört, in der Lage sind enterotoxische Toxine zu binden (Trckova et al. 2009). Durch die Bindung der enterotoxischen Toxine sollte Klinoptilolith in der Lage sein, den zu Durchfall führenden Pathomechanismus von *E. coli* zu durchbrechen. Die Bindung der enterotoxischen Toxine müsste durch denselben Mechanismus – durch Austausch von Kationen – funktionieren. Des Weiteren gehen Oushida et al. davon aus, dass mit Silikatgestein angereichertes Futter eine längere Passagezeit durch den gesamten Gastrointestinaltrakt hat als vergleichsweise jenes ohne diesen Zusatz (Ouhida et al. 2000). Durch den längeren Verbleib des Darminhalts im Colon könnte eine höhere Retention von Flüssigkeit erreicht worden sein. Hinzu kommt, dass Klinoptilolith den Aufbau des Mikrobioms im Darm laut Wu beeinflussen kann (Wu et al. 2013). Auch Zarkovic berichtet, dass durch die Fütterung von Klinoptilolith die Besiedelung des Darms mit *E. coli* deutlich reduziert werden konnte (Zarkovic et al. 2003).

Zusammenfassend geht aus den diversen Studien hervor, dass Klinoptilolith durch Zufütterung sowohl die Mastleistung als auch die im Darm vorkommende Flora beeinflusst. Im Rahmen der hier vorliegenden Studie konnte herausgefunden werden, dass die Tageszunahmen von Ferkeln, in deren Futterration in den ersten 14 Tagen nach dem Absetzen Klinoptilolith (10 g/kg Futtermittel) enthalten war, nicht höher waren als bei Gruppen, deren Futter kein Klinoptilolith enthielt. Da die Kotkonsistenz von Ferkeln, deren Futterration in den ersten 14 Tagen nach dem Absetzen Klinoptilolith (10 g/kg Futtermittel) enthielt, fester war als bei Gruppen, deren Futter kein Klinoptilolith enthielt, kann von einer Wirkung von Klinoptilolith zur Vorbeugung von Absatzdurchfall ausgegangen werden. Dies sollte gegebenenfalls jedoch in anderen Settings noch adäquat verifiziert werden.

Literaturverzeichnis

Alexopoulos, C.; Papaioannou, D. S.; Fortomaris, P.; Kyriakis, C. S.; Tserveni-Goussi, A.; Yannakopoulos, A.; Kyriakis, S. C. (2007): Experimental study on the effect of in-feed administration of a clinoptilolite-rich tuff on certain biochemical and hematological parameters of growing and fattening pigs. In: *Livestock Science* 111 (3), S. 230–241. DOI: 10.1016/j.livsci.2007.01.152.

Amezcua, Rocio; Friendship, Robert; Dewey, Catherine (2002): A case-control study investigating risk factors associated with postweaning *Escherichia coli* diarrhea in southern Ontario. In: *Journal of Swine Health and Production* (10 (6)), S. 245–249.

Arnault, I.; Christidès, J. P.; Mandon, N.; Haffner, T.; Kahane, R.; Auger, J. (2003): High-performance ion-pair chromatography method for simultaneous analysis of alliin, deoxyalliin, allicin and dipeptide precursors in garlic products using multiple mass spectrometry and UV detection. In: *Journal of chromatography. A* 991 (1), S. 69–75. DOI: 10.1016/S0021-9673(03)00214-0.

Barba-Vidal, Emili; Martín-Orúe, Susana M.; Castillejos, Lorena (2019): Practical aspects of the use of probiotics in pig production: A review. In: *Livestock Science* 223, S. 84–96. DOI: 10.1016/j.livsci.2019.02.017.

Bartko, P.; Chabada, J.; Vrzgula, L.; Solár, I.; Blazovský, J. (1983): Obohatenie kŕmnej dávky prasiat zeolitom pri klietkovom odchove. In: *Vet. Med.* 28 (7), S. 429–435.

Bäumler, Andreas J.; Sperandio, Vanessa (2016): Interactions between the microbiota and pathogenic bacteria in the gut. In: *Nature* 535 (7610), S. 85–93. DOI: 10.1038/nature18849.

Bian, Gaorui; Ma, Shouqing; Zhu, Zhigang; Su, Yong; Zoetendal, Erwin G.; Mackie, Roderick et al. (2016): Age, introduction of solid feed and weaning are more important determinants of gut bacterial succession in piglets than breed and nursing mother as revealed by a reciprocal cross-fostering model. In: *Environmental microbiology* 18 (5), S. 1566–1577. DOI: 10.1111/1462-2920.13272.

Bonetti, Andrea; Tugnoli, Benedetta; Piva, Andrea; Grilli, Ester (2021): Towards Zero Zinc Oxide: Feeding Strategies to Manage Post-Weaning Diarrhea in Piglets. In: *Animals : an open access journal from MDPI* 11 (3). DOI: 10.3390/ani11030642.

Bomba, A.; Nemcová, R.; Gancarcíková, S.; Herich, R.; Guba, P.; Mudronová, D. (2002): Improvement of the probiotic effect of micro-organisms by their combination with maltodextrins, fructo-oligosaccharides and polyunsaturated fatty acids. In: *The British journal of nutrition* 88 Suppl 1, S95-9. DOI: 10.1079/bjn2002634.

Bouyahya, Abdelhakim; Abrini, Jamal; Dakka, Nadia; Bakri, Youssef (2019): Essential oils of *Origanum compactum* increase membrane permeability, disturb cell membrane integrity, and suppress quorum-sensing phenotype in bacteria. In: *Journal of pharmaceutical analysis* 9 (5), S. 301–311. DOI: 10.1016/j.jpha.2019.03.001.

Burrough, Eric R.; Mille, Carson de; Gabler, Nicholas K. (2019): Zinc overload in weaned pigs: tissue accumulation, pathology, and growth impacts. In: *Journal of veterinary diagnostic investigation : official publication of the American Association of Veterinary Laboratory Diagnosticians, Inc* 31 (4), S. 537–545. DOI: 10.1177/1040638719852144.

Campbell, Joy M.; Crenshaw, Joe D.; Polo, Javier (2013): The biological stress of early weaned piglets. In: *Journal of animal science and biotechnology* 4 (1), S. 19. DOI: 10.1186/2049-1891-4-19.

Canibe, Nuria; Højberg, Ole; Kongsted, Hanne; Vodolazska, Darya; Lauridsen, Charlotte; Nielsen, Tina Skau; Schönherz, Anna A. (2022): Review on Preventive Measures to Reduce Post-Weaning Diarrhoea in Piglets. In: *Animals : an open access journal from MDPI* 12 (19), S. 2585. DOI: 10.3390/ani12192585.

Case, C. L.; Carlson, M. S. (2002): Effect of feeding organic and inorganic sources of additional zinc on growth performance and zinc balance in nursery pigs. In: *Journal of animal science* 80 (7), S. 1917–1924. DOI: 10.2527/2002.8071917x.

Chapman, C. M. C.; Gibson, G. R.; Rowland, I. (2011): Health benefits of probiotics: are mixtures more effective than single strains? In: *European journal of nutrition* 50 (1), S. 1–17. DOI: 10.1007/s00394-010-0166-z.

Chiang, B. L.; Sheih, Y. H.; Wang, L. H.; Liao, C. K.; Gill, H. S. (2000): Enhancing immunity by dietary consumption of a probiotic lactic acid bacterium (*Bifidobacterium lactis* HN019): optimization and definition of cellular immune responses. In: *European journal of clinical nutrition* 54 (11), S. 849–855. DOI: 10.1038/sj.ejcn.1601093.

Dubreuil, J. Daniel; Isaacson, Richard E.; Schifferli, Dieter M. (2016): Animal Enterotoxigenic *Escherichia coli*. In: *EcoSal Plus* 7 (1). DOI: 10.1128/ecosalplus.esp-0006-2016.

Dumitru, Mihaela; Habeanu, Mihaela; Lefter, Nicoleta Aurelia; Gheorghe, Anca (2020): The effect of *Bacillus licheniformis* as direct-fed microbial product on growth performance, gastrointestinal disorders and microflora population in weaning piglets. In: *Rom Biotechnol Lett.* 25 (6), S. 2060–2069. DOI: 10.25083/rbl/25.6/2060.2069.

Fairbrother, John M.; Nadeau, Éric; Gyles, Carlton L. (2005): *Escherichia coli* in postweaning diarrhea in pigs: an update on bacterial types, pathogenesis, and prevention strategies. In: *Anim. Health. Res. Rev.* 6 (1), S. 17–39. DOI: 10.1079/AHR2005105.

Federico, Luise, Diana; Correa, Bosi, Paolo; Trevisi, Paolo (2020): A Review of the Effect of Formic Acid and Its Salts on the Gastrointestinal Microbiota and Performance of Pigs. In: *Animals : an open access journal from MDPI* 10 (5). DOI: 10.3390/ani10050887.

Gräber, Ilse; Hansen, Jørgen F.; Olesen, Svend E.; Petersen, Jens; Østergaard, Hans S.; Krogh, Lars (2005): Accumulation of Copper and Zinc in Danish Agricultural Soils in Intensive Pig Production Areas. In: *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography* 105 (2), S. 15–22. DOI: 10.1080/00167223.2005.10649536.

Grabherr, H.; Spolders, M.; Füll, M.; Flachowsky, G. (2009): Effect of several doses of zeolite A on feed intake, energy metabolism and on mineral metabolism in dairy cows around calving. In: *Journal of animal physiology and animal nutrition* 93 (2), S. 221–236. DOI: 10.1111/j.1439-0396.2008.00808.x.

Gresse, Raphaële; Chaucheyras-Durand, Frédérique; Fleury, Mickaël Alain; van de Wiele, Tom; Forano, Evelyne; Blanquet-Diot, Stéphanie (2017): Gut Microbiota Dysbiosis in Postweaning Piglets: Understanding the Keys to Health. In: *Trends in microbiology* 25 (10), S. 851–873. DOI: 10.1016/j.tim.2017.05.004.

Hansen, C. F.; Riis, A. L.; Bresson, S.; Højbjerg, O.; Jensen, B. B. (2007): Feeding organic acids enhances the barrier function against pathogenic bacteria of the piglet stomach. In: *Livestock Science* 108 (1-3), S. 206–209. DOI: 10.1016/j.livsci.2007.01.059.

Hecht, Karl (2015): Ökologisch saubere Nahrungsprodukte. Nutztierhaltung ohne Antibiotika. Stattdessen Gewährleistung der Zoopharmakognosie durch Naturzeolith und Montmorillonit. In: *OM & Ernährung* 2015 (152).

Heo, J. M.; Opapeju, F. O.; Pluske, J. R.; Kim, J. C.; Hampson, D. J.; Nyachoti, C. M. (2013): Gastrointestinal health and function in weaned pigs: a review of feeding strategies to control post-weaning diarrhoea without using in-feed antimicrobial compounds. In: *Journal of animal physiology and animal nutrition* 97 (2), S. 207–237. DOI: 10.1111/j.1439-0396.2012.01284.x.

Hill, G. M.; Mahan, D. C.; Carter, S. D.; Cromwell, G. L.; Ewan, R. C.; Harrold, R. L. et al. (2001): Effect of pharmacological concentrations of zinc oxide with or without the inclusion of an antibacterial agent on nursery pig performance. In: *Journal of animal science* 79 (4), S. 934–941. DOI: 10.2527/2001.794934x.

Hu, Yuanliang; Dun, Yaohao; Li, Shenao; Zhao, Shumiao; Peng, Nan; Liang, Yunxiang (2014): Effects of *Bacillus subtilis* KN-42 on Growth Performance, Diarrhea and Faecal Bacterial Flora of Weaned Piglets. In: *Asian-Australasian journal of animal sciences* 27 (8), S. 1131–1140. DOI: 10.5713/ajas.2013.13737.

Hu, Caihong; Song, Juan; Li, Yali; Luan, Zhaoshuang; Zhu, Kang (2013): Diosmectite-zinc oxide composite improves intestinal barrier function, modulates expression of pro-inflammatory cytokines and tight junction protein in early weaned pigs. In: *The British journal of nutrition* 110 (4), S. 681–688. DOI: 10.1017/S0007114512005508.

Hu, Caihong; Song, Juan; You, Zhaotong; Luan, Zhaoshuang; Li, Weifen (2012): Zinc oxide-montmorillonite hybrid influences diarrhea, intestinal mucosal integrity, and digestive enzyme activity in weaned pigs. In: *Biological trace element research* 149 (2), S. 190–196. DOI: 10.1007/s12011-012-9422-9.

Hu, C. H.; Xiao, K.; Song, J.; Luan, Z. S. (2013): Effects of zinc oxide supported on zeolite on growth performance, intestinal microflora and permeability, and cytokines expression of weaned pigs. In: *Animal Feed Science and Technology* 181 (1-4), S. 65–71. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2013.02.003.

Kenny, M.; Smidt, H.; Mengheri, E.; Miller, B. (2011): Probiotics - do they have a role in the pig industry? In: *Animal : an international journal of animal bioscience* 5 (3), S. 462–470. DOI: 10.1017/S175173111000193X.

Khan, Rosina; Islam, Barira; Akram, Mohd; Shakil, Shazi; Ahmad, Anis; Ali, S. Manazir et al. (2009): Antimicrobial activity of five herbal extracts against multi drug resistant (MDR) strains of bacteria and fungus of clinical origin. In: *Molecules (Basel, Switzerland)* 14 (2), S. 586–597. DOI: 10.3390/molecules14020586.

Kirovski, D.; Adamovic, M.; Radivojevic, M.; Samanc, H.; Vujanac, I.; Prodanovic, R.; Sladojevic, Z. (2015): Effects of Bentonite on Weight Gain, Feed Consumption, Blood Metabolites and Ruminal Protozoa in Dairy Calves. In: *Anim. Nutr. and Feed Tech.* 15 (1), S. 11. DOI: 10.5958/0974-181X.2015.00002.5.

Kraljević Pavelić, Sandra; Micek, Vedran; Filošević, Ana; Gumbarević, Darko; Žurga, Paula; Bulog, Aleksandar et al. (2017): Novel, oxygenated clinoptilolite material efficiently removes aluminium from aluminium chloride-intoxicated rats in vivo. In: *Microporous and Mesoporous Materials* 249, S. 146–156. DOI: 10.1016/j.micromeso.2017.04.062.

Laine, Taina M.; Lyytikäinen, Tapani; Yliaho, Maija; Anttila, Marjukka (2008): Risk factors for post-weaning diarrhoea on piglet producing farms in Finland. In: *Acta veterinaria Scandinavica* 50 (1), S. 21. DOI: 10.1186/1751-0147-50-21.

Lallès, Jean-Paul; Bosi, Paolo; Smidt, Hauke; Stokes, Chris R. (2007): Nutritional management of gut health in pigs around weaning. In: *The Proceedings of the Nutrition Society* 66 (2), S. 260–268. DOI: 10.1017/S0029665107005484.

Lecce, J. G.; Balsbaugh, R. K.; Clare, D. A.; King, M. W. (1982): Rotavirus and hemolytic enteropathogenic *Escherichia coli* in weanling diarrhea of pigs. In: *Journal of clinical microbiology* 16 (4), S. 715–723. DOI: 10.1128/jcm.16.4.715-723.1982.

Li, Ze-Hua; Cai, Ming; Liu, Yuan-Shuai; Sun, Pei-Long; Luo, Shao-Lei (2019): Antibacterial Activity and Mechanisms of Essential Oil from *Citrus medica* L. var. *sarcodactylis*. In: *Molecules (Basel, Switzerland)* 24 (8). DOI: 10.3390/molecules24081577.

Liao, Shengfa F.; Nyachoti, Martin (2017): Using probiotics to improve swine gut health and nutrient utilization. In: *Animal nutrition (Zhongguo xu mu shou yi xue hui)* 3 (4), S. 331–343. DOI: 10.1016/j.aninu.2017.06.007.

Lin, Kuei-Hung; Yu, Yu-Hsiang (2020): Evaluation of *Bacillus licheniformis*-Fermented Feed Additive as an Antibiotic Substitute: Effect on the Growth Performance, Diarrhea Incidence, and Cecal Microbiota in Weaning Piglets. In: *Animals : an open access journal from MDPI* 10 (9). DOI: 10.3390/ani10091649.

Mastinu, Andrea; Kumar, Amit; Maccarinelli, Giuseppina; Bonini, Sara Anna; Premoli, Marika; Aria, Francesca et al. (2019): Zeolite Clinoptilolite: Therapeutic Virtues of an Ancient Mineral. In: *Molecules (Basel, Switzerland)* 24 (8). DOI: 10.3390/molecules24081517.

McCracken, B. A.; Spurlock, M. E.; Roos, M. A.; Zuckermann, F. A.; Gaskins, H. R. (1999): Weaning anorexia may contribute to local inflammation in the piglet small intestine. In: *The Journal of nutrition* 129 (3), S. 613–619. DOI: 10.1093/jn/129.3.613.

Mooser, Adam J.; Pohl, Calvin S.; Rajput, Mrigendra (2017): Weaning stress and gastrointestinal barrier development: Implications for lifelong gut health in pigs. In: *Animal nutrition (Zhongguo xu mu shou yi xue hui)* 3 (4), S. 313–321. DOI: 10.1016/j.aninu.2017.06.003.

Monteiro, Sara C.; Lofts, Steve; Boxall, Alistair B. A. (2010): Pre-assessment of environmental impact of zinc and copper used in animal nutrition. In: *EFS3* 7 (9). DOI: 10.2903/sp.efsa.2010.EN-74.

Nienhoff, Hendrik (2022): Zinkverbot: Was jetzt gegen Colidurchfälle bei Absetzferkeln hilft. Online verfügbar unter <https://www.agrarheute.com/tier/schwein/zinkverbot-gegen-colidurchfaelle-absetzferkeln-hilft-59>.

Nikolakakis, Ioannis; Dotas, Vassilios; Kargopoulos, Anastasios; Hatzizisis, Lampros; Dotas, Dimitrios; Ampas, Zafiris (2013): Effect of natural zeolite (clinoptilolite) on the performance and litter quality of broiler chickens. In: *Turk J Vet Anim Sci* 37, S. 682–686. DOI: 10.3906/vet-1212-9.

Novakova J (1968): Effect of bentonite and kaolinite on growth curve of *E. coli*. *Folia Microbiologica* 13, 543

Omonijo, Faith A.; Ni, Liju; Gong, Joshua; Wang, Qi; Lahaye, Ludovic; Yang, Chengbo (2018): Essential oils as alternatives to antibiotics in swine production. In: *Animal nutrition (Zhongguo xu mu shou yi xue hui)* 4 (2), S. 126–136. DOI: 10.1016/j.aninu.2017.09.001

Ouhida I., Pérez J.F., Piedrafita J., Gasa J. (2000): The effects of sepiolite in broiler chicken diets of high, medium and low viscosity. Productive performance and nutritive value. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 85, 183–194.

Papaoiannou, D. S.; Kyriakis, C. S.; Alexopoulos, C.; Tzika, E. D.; Polizopoulou, Z. S.; Kyriakis, S. C. (2004): A field study on the effect of the dietary use of a clinoptilolite-rich tuff, alone or in combination with certain antimicrobials, on the health status and performance of weaned, growing and finishing pigs. In: *Research in veterinary science* 76 (1), S. 19–29. DOI: 10.1016/j.rvsc.2003.08.006.

Partanen, K. H.; Mroz, Z. (1999): Organic acids for performance enhancement in pig diets. In: *Nutrition research reviews* 12 (1), S. 117–145. DOI: 10.1079/095442299108728884.

Partanen, Kirsi; Siljander-Rasi, Hilka; Pentikäinen, Jaana; Pelkonen, Sinikka; Fossi, Marja (2007): Effects of weaning age and formic acid-based feed additives on pigs from weaning to slaughter. In: *Archives of animal nutrition* 61 (5), S. 336–356. DOI: 10.1080/17450390701556866.

Pieper, R.; Vahjen, W.; Zentek, J. (2015): Dietary fibre and crude protein: impact on gastrointestinal microbial fermentation characteristics and host response. In: *Anim. Prod. Sci.* 55 (12), S. 1367. DOI: 10.1071/AN15278.

- Pieper, R.;** Vahjen, W.; Zentek, J. (2015): Dietary fibre and crude protein: impact on gastrointestinal microbial fermentation characteristics and host response. In: *Anim. Prod. Sci.* 55 (12), S. 1367. DOI: 10.1071/AN15278.
- Pieper, R.;** Vahjen, W.; Zentek, J. (2015): Dietary fibre and crude protein: impact on gastrointestinal microbial fermentation characteristics and host response. In: *Anim. Prod. Sci.* 55 (12), S. 1367. DOI: 10.1071/AN15278.
- Piva, A.;** Prandini, A.; Fiorentini, L.; Morlacchini, M.; Galvano, F.; Luchansky, J. B. (2002): Tributyrin and lactitol synergistically enhanced the trophic status of the intestinal mucosa and reduced histamine levels in the gut of nursery pigs. In: *Journal of animal science* 80 (3), S. 670–680. DOI: 10.2527/2002.803670x.
- Pluske, John R.;** Hampson, David J.; Williams, Ian H. (1997): Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. In: *Livestock Production Science* 51 (1-3), S. 215–236. DOI: 10.1016/S0301-6226(97)00057-2.
- Pond, W. G.** (1989): Effects of dietary protein level and clinoptilolite on the weight gain and liver mineral response of growing lambs to copper supplementation. In: *Journal of animal science* 67 (10), S. 2772–2781. DOI: 10.2527/jas1989.67102772x.
- Poulsen, Hanne Damgaard** (1995): Zinc Oxide for Weanling Piglets. In: *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science* 45 (3), S. 159–167. DOI: 10.1080/09064709509415847.
- Poulsen, Ann-Sofie Riis;** Jonge, Nadieh de; Nielsen, Jeppe Lund; Højberg, Ole; Lauridsen, Charlotte; Cutting, Simon M.; Canibe, Nuria (2018): Impact of *Bacillus* spp. spores and gentamicin on the gastrointestinal microbiota of suckling and newly weaned piglets. In: *PloS one* 13 (11), e0207382. DOI: 10.1371/journal.pone.0207382.
- Prvulović, D.;** Jovanović-Galović, A.; Stanić, B.; Popović, M.; Grubor-Lajšić, G. (2007): Effects of a clinoptilolite supplement in pig diets on performance and serum parameters. In: *Czech J. Anim. Sci.* 52 (6), S. 159–166. DOI: 10.17221/2317-CJAS.
- Pluske, J. R.;** Le Dividich, J.; Verstegen, M.W.A. (2003): *Weaning the pig.* The Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
- Roth, F.;** Kirchgessner, M. (1998): Organic acids as feed additives for young pigs: Nutritional and gastrointestinal effects. In: *J. Anim. Feed Sci.* 7 (Suppl. 1), S. 25–33. DOI: 10.22358/jafs/69953/1998.
- Rhouma, Mohamed;** Fairbrother, John Morris; Beaudry, Francis; Letellier, Ann (2017): Post weaning diarrhea in pigs: risk factors and non-colistin-based control strategies. In: *Acta veterinaria Scandinavica* 59 (1), S. 31. DOI: 10.1186/s13028-017-0299-7.
- Slifierz, M. J.;** Friendship, R.; Weese, J. S. (2015): Zinc oxide therapy increases prevalence and persistence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in pigs: a randomized controlled trial. In: *Zoonoses and public health* 62 (4), S. 301–308. DOI: 10.1111/zph.12150.
- Sloup, V.;** Jankovská, Ivana; Nechybová, S.; Peřínková, P.; Langrová, I. (2017): Zinc in the Animal Organism: A Review. In: *Scientia Agriculturae Bohemica* 48 (1), S. 13–21. DOI: 10.1515/sab-2017-0003.
- Tan, B. F.;** Lim, T.; Boontiam, W. (2021): Effect of dietary supplementation with essential oils and a *Bacillus* probiotic on growth performance, diarrhoea and blood metabolites in weaned pigs. In: *Anim. Prod. Sci.* 61 (1), S. 64. DOI: 10.1071/AN18752.
- Thilising-Hansen, T.;** Jørgensen, R. J.; Enemark, J. M. D.; Larsen, T. (2002): The effect of zeolite A supplementation in the dry period on periparturient calcium, phosphorus, and magnesium homeostasis. In: *Journal of dairy science* 85 (7), S. 1855–1862. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74259-8.

Timmerman, H. M.; Koning, C. J. M.; Mulder, L.; Rombouts, F. M.; Beynen, A. C. (2004): Monostrain, multistrain and multispecies probiotics-A comparison of functionality and efficacy. In: *International journal of food microbiology* 96 (3), S. 219–233. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.05.012.

Trckova M, Vondruskova H, Zraly Z, Alexa P, Hamrik J, Kummer V, Maskova J, Mrlik V, Krizova K, Slana I, Leva L, Pavlik I (2009): The effect of kaolin feeding on efficiency, health status and course of diarrhoeal infections caused by enterotoxigenic *Escherichia coli* strains in weaned piglets. *Veterinari Medicina* 54, 47–63. <http://www.vri.cz/docs/vetmed/54-2-47.pdf>

Valpotic, H.; Terzic, S.; Vince, S.; Samardzija, M.; Turk, R.; Lackovic, G. et al. (2016): In-feed supplementation of clinoptilolite favourably modulates intestinal and systemic immunity and some production parameters in weaned pigs. In: *Vet. Med.* 61 (6), S. 317–327. DOI: 10.17221/175/2015-VETMED.

Vielhaber, Barbara (2008): Einsatz von Kräutern, Tonmaterialien Mikroorganismen zur Prophylaxe des Absetzferkeldurchfalls. Veterinärmedizinische Universität Wien, Wien.

Vondruskova, H.; Slamova, R.; Trckova M.; Zraly Z.; Pavlik I.: Alternatives to antibiotic growth promoters in prevention of diarrhoea in weaned piglets: a review. In: *Veterinari Medicina* 2010 (55), S. 199–224.

Vrzgula, L.; Bartko, P.; Blazovský, J.; Kozác, J. (1982): Vplyv skrmovania klinoptilolitu na zdravotný stav, krvný obraz a hmotnostné prírastky osípaných. In: *Vet. Med.* 27 (5), S. 267–274.

Wilson, R. H.; Leibholz, J. (1981): Digestion in the pig between 7 and 3 d of age. 2. The digestion of dry matter and the pH of digesta in pigs given milk and soya-bean proteins. In: *The British journal of nutrition* 45 (2), S. 321–336. DOI: 10.1079/BJN19810108.

Winter, Sebastian E.; Winter, Maria G.; Xavier, Mariana N.; Thiennimitr, Parameth; Poon, Victor; Keestra, A. Marijke et al. (2013): Host-derived nitrate boosts growth of *E. coli* in the inflamed gut. In: *Science (New York, N.Y.)* 339 (6120), S. 708–711. DOI: 10.1126/science.1232467.

Wu, Q. J.; Wang, L. C.; Zhou, Y. M.; Zhang, J. F.; Wang, T. (2013): Effects of clinoptilolite and modified clinoptilolite on the growth performance, intestinal microflora, and gut parameters of broilers. In: *Poultry science* 92 (3), S. 684–692. DOI: 10.3382/ps.2012-02308.

Wu, Y., Wu, Q., Zhou, Y., Ahmad, H., and Wang, T. (2013). Effects of clinoptilolite on growth performance and antioxidant status in broilers. *Biol. Trace Elem. Res.* 155, 228–235. doi: 10.1007/s12011-013-9777-6

Yazdankhah, Siamak; Rudi, Knut; Bernhoft, Aksel (2014): Zinc and copper in animal feed - development of resistance and co-resistance to antimicrobial agents in bacteria of animal.

Zarkovic, N., Zarkovic, K., Kralj, M., Borovic, S., Sabolovic, S., Blazi, M. P., et al. (2003). Anticancer and antioxidative effects of micronized zeolite clinoptilolite. *Anticancer Res.* 23, 1589–1595.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Versuchsferkel in der Absetzbucht.....	10
Abbildung 2: Schematische Darstellung des Absetzabteils.....	12
Abbildung 3: Verabreichung von Klinoptilolith über das Futter	13
Abbildung 4: Ferkel im Bedienungsgang.....	13
Abbildung 5: Wiegevorgang.....	13
Abbildung 6: Übersicht zeitlicher Ablauf der Studie	14
Abbildung 7: Kotecke mit unterschiedlich altem Kot	15
Abbildung 8: Faecal Score 1 beim Absetzen.....	16
Abbildung 9: Faecal Score 2 beim Absetzen	16
Abbildung 10: Faecal Score 3 beim Absetzen.....	16
Abbildung 11: Faecal Score 4 beim Absetzen.....	16
Abbildung 12: Faecal Score 1.....	16
Abbildung 13: Faecal Score 2.....	16
Abbildung 14: Faecal Score 3	
Abbildung 15: Faecal Score 4.....	17
Abbildung 16: Durchschnittliche Tageszunahmen der Versuchs- und Kontrollgruppe von Durchgang 1.....	19
Abbildung 17: Faecal Scores Durchgang 1, Absetztag	20
Abbildung 18: Faecal Scores Durchgang 1, vier Tage nach Absetzen	20
Abbildung 19: Faecal Scores Durchgang 1, sieben Tage nach Absetzen	20
Abbildung 20: Faecal Scores Durchgang 1, elf Tage nach Absetzen.....	21
Abbildung 21: Faecal Scores Durchgang 1, 14 Tage nach Absetzen	21
Abbildung 22: Faecal Scores Durchgang 1, Tag vier bis 14 nach Absetzen	22
Abbildung 23: Durchschnittliche Tageszunahmen der Versuchs- und Kontrollgruppe von Durchgang 2	23
Abbildung 24: Faecal Scores Durchgang 2, Beurteilung am Absetztag	24
Abbildung 25: Faecal Scores Durchgang 2, vier Tage nach Absetzen.....	24
Abbildung 26: Faecal Scores Durchgang 2, sieben Tage nach Absetzen	24
Abbildung 27: Faecal Scores Durchgang 2, elf Tage nach Absetzen	25
Abbildung 28: Faecal Scores Durchgang 2, 14 Tage nach Absetzen	25
Abbildung 29: Faecal Scores Durchgang 2, Tag vier bis 14 nach Absetzen.....	26

Abbildung 30: Durchschnittliche Tageszunahmen der Versuchs- und Kontrollgruppe von Durchgang 3	27
Abbildung 31: Faecal Scores Durchgang 3, Absetztag	28
Abbildung 32: Faecal Scores Durchgang 3, vier Tage nach Absetzen.....	28
Abbildung 33: Faecal Scores Durchgang 3, sieben Tage nach Absetzen	28
Abbildung 194: Faecal Scores Durchgang 3, elf Tage nach Absetzen	29
Abbildung 35: Faecal Scores Durchgang 3, 14 Tage nach Absetzen.....	29
Abbildung 36: Faecal Scores Durchgang 3, Tag vier bis 14 nach Absetzen.....	30
Abbildung 37: Durchschnittliche Tageszunahmen der Versuchs- und Kontrollgruppen von allen Durchgängen.....	31
Tabelle 1: Tabellarische Zusammenfassung der Gewichtszunahme-Daten.....	18

Alle Abbildungen sind im Rahmen dieser Diplomarbeit entstanden.