

HOCHSCHULE WEIHENSTEPHAN·TRIESDORF

Fakultät Nachhaltige Agrar- und Energiesysteme

Studiengang Agrarmanagement

MASTERARBEIT

Wirkung von Leonardit bzw. Huminstoffen insbesondere
Huminsäuren in der Tierernährung von landwirtschaftlichen
Nutztieren

Verfasser: Christoph Dumler

Gutachterin: Prof. Dr. Dr. Eva Zeiler

Datum der Abgabe: 19.03.2021

Kurzfassung

Leonardit ist ein Huminstoff, welcher bereits in vielfältiger Weise in der Landwirtschaft eingesetzt wird. Neben dem Einsatz im Ackerbau findet er auch Anwendung in der Tierernährung landwirtschaftlicher Nutztiere.

Ziel dieser Arbeit ist es, den aktuellen Stand der Wissenschaft zur Wirkung von Leonardit bzw. Huminstoffen auf die Tierarten Rind, Schwein und Geflügel zusammenzuführen. Besondere Beachtung wird auf die Huminsäuren gelegt, die bis zu 70 Prozent Anteil des Leonardits ausmachen. Sowohl die nutritiven als auch die anti-nutritiven Effekte auf die Tiere werden berücksichtigt. Damit sollen Aussagen über die zukünftige Verwendung von Leonardit und die ideale Dosierung getroffen werden.

Der erste Teil der Arbeit befasst sich mit den Huminstoffen. Im Speziellen werden deren Entstehung, Zusammensetzung und chemische Eigenschaften beschrieben. Darüber hinaus wird ein erster Blick auf die allgemeinen Wirkungen in der Tierernährung geworfen. Die Literaturrecherche fand mit Hilfe verschiedener Literaturdatenbanken statt. Im Ergebnisteil werden nach Tierarten getrennt zunächst die gefundenen Versuchsaufbauten aufgeführt. Danach wird auf die einzelnen Parameter eingegangen. Aufgrund der wenigen Studien werden zu ausgewählten Tierarten Versuche entwickelt und hinsichtlich ihrer Kosten kalkuliert.

In der Rinderhaltung ergeben sich wenige gesicherte Aussagen. Huminstoffe wirken sich positiv auf die Pansenfermentation aus und können so die Verdaulichkeit von Nährstoffen verbessern. Die Milchmenge kann durch den Einsatz von Leonardit gesteigert werden. Beim Geflügel sind primär gute Wirkungen auf den Magen-Darm-Trakt und das Immunsystem erkennbar. Dadurch können bei Masthühnern die Wachstums- und bei Legehennen die Legeleistung erhöht werden. Eine verbesserte Stressresistenz bei Masthühnern ist nachweisbar. Für die Schweinehaltung gibt es nur eine Studie zur Mast, aber mehrere zur Fütterung bei abgesetzten Ferkeln. Ähnlich dem Geflügel verbesserte sich zunächst die Gesundheit im Magen-Darm-Trakt. Durch die verminderte Anfälligkeit gegenüber Durchfall und Krankheiten können die Leistungen gesteigert werden. Unklar bleibt oft die ideale Dosierung der Huminstoffe.

Insgesamt bieten Leonardit bzw. Huminstoffe die Möglichkeit die Gesundheit und Leistungen der Monogastrier zu verbessern. Dazu kann der Einsatz von Antibiotika vermindert werden. Beim Wiederkäuer können vor allem positive Effekte bei Milchkühen erwartet werden.

Schlagwörter: Leonardit, Huminstoffe, Tierernährung

Abstract

Leonardite is a humic substance that is already used in many ways in agriculture. In addition to the use in arable farming, it is also used in the nutrition of farm animals.

The aim of this work is to present the current state of science on the effect of leonardite respectively humic substances to the species of cattle, pigs and poultry. Special attention is paid to the humic acids, which account for up to 70 percent of Leonardite. Both, the nutritive and anti-nutritive effects on the animals are considered. The intention is to develop statements about the future use of Leonardite and the ideal dosage.

The first part of the paper deals with humic substances. Their formation, composition and chemical properties are described afterwards. Furthermore, a first look at the general effects in animal nutrition is given. The literature search took place with the help of various literature databases. In the results section, the experimental setups found are first listed separately according to animal species. The individual parameters are then discussed. Because of only few studies, experiments are developed for selected animal species and calculated regarding their costs.

There are few reliable statements in cattle farming. Humic substances have a positive effect on rumen fermentation and can thus improve the digestibility of nutrients. The milk quantity can be increased using Leonardite. In poultry, primarily good effects on the gastrointestinal tract and the immune system can be seen. As a result, the growth performance of chickens for fattening and the laying performance of laying hens can be increased. Improved stress resistance in chickens for fattening has been demonstrated. For pig farming, there is only one study on fattening, but several on feeding weaned piglets. Like poultry, the health of the gastrointestinal tract initially improved. Due to the reduced susceptibility to diarrhoea, the performance can be increased. The ideal dosage of humic substances often remains unclear.

In total, Leonardite respectively humic substances can improve the health and performance of the monogastric animals. Therefore, the use of antibiotics can be reduced. In the case of ruminants, particularly positive effects can be expected in dairy cows.

Keywords: leonardite, humic substances, animal nutrition

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	II
Abstract	III
Inhaltsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis	VIII
1 Einleitung.....	1
2 Leonardit als Huminstoff	3
2.1 Bildung und Entstehung von Huminstoffen	3
2.1.1 Zersetzung und Abbau	3
2.1.2 Humifizierung	4
2.2 Einteilung von Huminstoffen	5
2.2.1 Huminsäuren	6
2.2.2 Fulvosäuren	6
2.2.3 Humine	6
2.3 Zusammensetzung und funktionelle Gruppen von Huminstoffen	7
2.3.1 Carboxylgruppe	7
2.3.2 Phenolische Hydroxylgruppe	7
2.3.3 Aminogruppe	8
2.3.4 Chinon-Gruppe	8
2.3.5 Methoxylgruppe	8
2.4 Beschriebene Wirkungen in der Literatur	8
3 Material und Methoden	10
4 Ergebnisse	12
4.1 Ergebnisse im Rinderbereich	12
4.1.1 Futteraufnahme und -Verwertung	14
4.1.2 Parameter im Blut	15
4.1.3 Parameter im Pansen	16
4.1.4 Parameter der Verdauung	17
4.1.5 Parameter des Mikrobioms	18
4.1.6 Parameter in der Milch	19
4.1.7 Parameter der Fleischbeschaffenheit	20
4.1.8 Allgemeine Feststellungen	20
4.2 Ergebnisse im Geflügelbereich	21
4.2.1 Mastgeflügel	22
4.2.2 Legehennen	26

4.3	Ergebnisse im Schweinebereich.....	28
4.3.1	Leistung und Fleischqualität	29
4.3.2	Wirkung von Huminsäuren auf die Gesundheit.....	30
4.3.3	Wohlbefinden der Tiere und Tierwohl	32
4.3.4	Umweltauswirkungen	32
5	Diskussion	33
5.1	Diskussion für den Rinderbereich.....	33
5.1.1	Futteraufnahme und -verwertung	33
5.1.2	Parameter im Blut.....	33
5.1.3	Pansen.....	34
5.1.4	Parameter der Verdauung	35
5.1.5	Parameter des Mikrobioms.....	36
5.1.6	Parameter der Milch	37
5.1.7	Fleischbeschaffenheit.....	38
5.1.8	Allgemeines.....	39
5.2	Diskussion für den Geflügelbereich	40
5.2.1	Masthühner	40
5.2.2	Fleischqualität	41
5.2.3	Legehennen	42
5.3	Diskussion für den Schweinebereich	43
5.3.1	Einfluss auf Leistung und Fleischqualität.....	43
5.3.2	Effekte auf die Tiergesundheit	44
5.3.3	Tierwohl und Umweltaspekte.....	45
6	Theoretische Versuchsplanung	46
6.1	Versuchsgestaltung für die Anwendung von Leonardit in der Milchviehhaltung.....	46
6.1.1	Parameter und Datenerhebung	47
6.1.2	Haltung und Durchführung	47
6.1.3	Kostenkalkulation für den Versuch	48
6.2	Versuchsgestaltung für die Anwendung von Leonardit in der Geflügelhaltung	50
6.2.1	Haltung der Tiere und Durchführung des Versuchs	50
6.2.2	Kostenkalkulation für den Versuch	51
6.3	Versuchsgestaltung für die Anwendung von Leonardit in der Ferkelaufzucht ...	54
6.3.1	Aufbau und Durchführung des Versuchs	54
6.3.2	Kostenkalkulation für den Versuch	55
7	Schlussfolgerungen/Fazit.....	57
7.1	Einsatz von Huminstoffen in der Rinderfütterung.....	57
7.2	Einsatz von Huminstoffen in der Geflügelfütterung	58
7.3	Einsatz von Huminstoffen in der Schweinehaltung	59
7.4	Gesamtfazit	60

8	Literaturverzeichnis	62
	Anhang.....	71
	Eidesstattliche Erklärung	75
	Sperrvermerk.....	76

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Humifizierung (schwarz) und Mineralisierung (rot) der organischen Ausgangssubstanzen (Eigene Darstellung nach Schröder und Blum 1992).....	4
Abbildung 2: Wege der Bildung von Huminstoffen aus der organischen Ausgangssubstanz (Eigene Darstellung nach Stevenson 1994).....	5
Abbildung 3: Bausteine von Huminstoffen (Eigene Darstellung nach Ziechmann (1994) und Mortimer et al. (2015)).....	7

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verwendete Suchbegriffe bei der Literaturrecherche	10
Tabelle 2: Versuchsaufbau der Studien zum Einsatz von Huminstoffen in der Rinderhaltung	13
Tabelle 3: Parameter und Ergebnisse zur Futteraufnahme und -Verwertung im Rinderbereich	15
Tabelle 4: Parameter und Ergebnisse zum Blut im Rinderbereich	16
Tabelle 5: Parameter und Ergebnisse im Pansen von Rindern.....	16
Tabelle 6: Veränderungen der Konzentration von kurzkettigen Fettsäuren im Pansen von Rindern	17
Tabelle 7: Parameter und Ergebnisse der Verdauung im Rinderbereich	18
Tabelle 8: Parameter und Ergebnisse des Mikrobioms im Rinderbereich	19
Tabelle 9: Parameter und Ergebnisse der Milch im Rinderbereich	20
Tabelle 10: Versuchsaufbau der Studien zum Einsatz von Huminstoffen in der Geflügelhaltung, eigene Darstellung nach Seidel und Mehrl (2021).....	21
Tabelle 11: Parameter und Ergebnisse bei Masthühnern, abgeändert nach Seidel und Mehrl (2021)	22
Tabelle 12: Parameter und Ergebnisse des Schlachtkörpers von Masthühnern, abgeändert nach Seidel und Mehrl (2021)	25
Tabelle 13: Parameter und Ergebnisse in der Legehennenhaltung, abgeändert nach Seidel und Mehrl (2021).....	26
Tabelle 14: Versuchsaufbau der Studien zum Einsatz von Huminstoffen in der Schweinehaltung, eigene Darstellung nach Seidel und Mehrl (2021).....	28
Tabelle 15: Parameter und Ergebnisse im Schweinebereich abgeändert nach Seidel und Mehrl (2021)	29
Tabelle 16: Kostenkalkulation für den Versuch bei Milchvieh	49
Tabelle 17: Kostenkalkulation für den Versuch bei Geflügel angepasst nach Seidel und Mehrl (2021)	53
Tabelle 18: Kostenkalkulation für den Versuch bei Schweinen angepasst nach Seidel und Mehrl (2021)	56

Abkürzungsverzeichnis

d.....	<i>Tag</i>
h.....	<i>Stunden</i>
HS.....	<i>Huminstoff</i>
LG.....	<i>Lebendgewicht</i>
p.....	<i>Wahrscheinlichkeit</i>
TM.....	<i>Trockenmasse</i>

1 Einleitung

Die Firma Rösl hat sich zum Ziel gesetzt, eine Zulassung bei der Europäischen Union für Leonardit als Futtermittel in ökologisch wirtschaftenden Betrieben zu erlangen. Diese Arbeit beschäftigt sich mit den nutritiven und antinutritiven Wirkungen von Leonardit beziehungsweise Huminstoffen und insbesondere Huminsäuren in der Tierernährung.

Leonardit ist die Bezeichnung für Braunkohlen mit sehr hoher Konzentration an Humin- bzw. Fulvosäuren. Der Ursprung dieses Stoffs liegt vor allem in pflanzlichen und tierischen Überresten. Leonardit stellt damit eine natürliche Huminsäure-Quelle dar (Tan 2014; Gerhard Rösl GmbH & Co. KG 2019). Da Leonardit aus Rohstofflagerstätten abgebaut werden muss, gibt es Kritik an der Einhaltung des Kreislaufgedankens. Eine Rückführung in die Lagerstätten im herkömmlichen Sinne ist nach der Anwendung von Leonardit nicht möglich. Sie kann nur indirekt über den Weg durch das Tier auf die Fläche gesehen werden. Über Wirtschaftsdünger gelangen die Stoffe in den Boden und dienen in bioverfügbarer Form Pflanzen und Boden. Entkräftet werden kann die Kritik weiter, da in der Tierernährung in der Regel sehr niedrige Dosierungen ausreichend sind, um positive Wirkungen zu erreichen. Somit ist ein sparsamer Umgang mit dem Rohstoff Leonardit möglich (Gerhard Rösl GmbH & Co. KG 2019).

Der Einsatz von Huminstoffen ist vielfältig. Bisher ist vor allem der Einsatz im Ackerbau bekannt. Dafür können die Huminstoffe direkt, aber auch über die Gülle bzw. Einstreu von Tieren oder Kompostierung eingebracht werden. Im Boden können mehr Nährstoffe in pflanzenverfügbarer Form gespeichert und eine verbesserte Bodenphysik -chemie und -biologie erreicht werden. Weiter kann die Reduktion von Nährstoffverlusten und Emissionen aus organischen Düngern erreicht werden (Gerhard Rösl GmbH & Co. KG 2019). Sogar die Verwendung in der Humanmedizin ist möglich (Agazzi et al. 2007).

Für die Tierernährung sind bereits Erfahrungen beim Einsatz von Leonardit in konventioneller Haltung vorhanden. In erster Linie wirken die Huminstoffe im Verdauungstrakt der Tiere, damit können wiederum positive Effekte auf die Gesundheit und Leistung festgestellt werden (Gerhard Rösl GmbH & Co. KG 2019).

Huminstoffe können im Tierkörper als natürliches Antibiotikum wirken (Cusack 2008; Degirmencioglu 2014). Dies kann zu einer Reduktion des Antibiotikaeinsatzes führen. Weiter haben Huminstoffe eine entzündungshemmende, antitoxische und antivirale sowie immunstimulierende Wirkung (Kucukersan et al. 2005; Cusack 2008; Písaříková et al. 2010). Zudem gibt es eine Verbesserung der Gesundheit des Magen-Darm-Trakts und der Nährstoffverwertung (Kucukersan et al. 2005). Die konkreten Wirkungen auf die verschiedenen Tierarten sind dabei vielfältig und reichen von Verbesserung der Tageszunahmen bei Ferkeln bis zu einer gesteigerten Legeleistung bei Legehennen (Arafat et al. 2015; Mudroňová et al. 2020).

Ziel dieser Arbeit war es, den aktuellen Stand der Forschung zum Einsatz von Leonardit bzw. Huminstoffen in der Tierernährung darzustellen. Es wurden bereits bestehende wissenschaftliche Arbeiten und Forschungsansätze zum Thema zusammengetragen und analysiert. Dabei wurde festgestellt, dass es bisher wenig Forschungsergebnisse gibt. Die vorhandenen Ergebnisse wurden ausgewertet und nach den Tierarten getrennt gegliedert. Der Fokus lag dabei auf den landwirtschaftlichen Haustieren Rind, Schwein und Geflügel. Besondere Beachtung erfuhren die Studien, welche Leonardit oder vergleichbare Huminstoffe einsetzten. Die ideale Dosierung der verschiedenen Huminstoffe blieb dabei teilweise unklar. Um für Leonardit verbesserte Dosierungsempfehlungen zu ermitteln wurden im Nachgang für ausgewählte Tierarten theoretische Versuche entwickelt und hinsichtlich ihrer Kosten kalkuliert. Die bisherigen Empfehlungen der Gerhard Rösl GmbH & Co. KG (2019) wurden dafür mit einbezogen.

2 Leonardit als Huminstoff

Leonardit ist ein Rohstoff, der bei der Humifizierung von organischer Materie entsteht. Der Name Leonardit wurde durch den amerikanischen Geologen „Arthur Leonard“ geprägt und für Braunkohlen verwendet, die hohe Konzentrationen von Humin- und Fulvosäuren enthalten. Diese Humin- und Fulvosäuren haben vielfältige Wirkungen (Gerhard Rösl GmbH & Co. KG 2019), die im Folgenden näher beschrieben werden sollen.

2.1 Bildung und Entstehung von Huminstoffen

Huminstoffe entstehen bei biochemischen Umwandlungsprozessen aus Humus. Die organische Ausgangssubstanz besteht aus abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Lebewesen (Tan 2014).

2.1.1 Zersetzung und Abbau

Von Mikroorganismen und Bodentieren werden abgestorbene Pflanzen und Tiere zersetzt und umgewandelt. Leicht lösliche Stoffe werden mineralisiert und zu anorganischen Endprodukten umgewandelt (Schroeder und Blum 1992; Gisi 1997). Die erste Zersetzung der pflanzlichen und tierischen Überreste geschieht direkt nach dem Absterben. Organismeneigene Stoffe lösen enzymatische Reaktionen aus und beginnen mit den Umwandlungsprozessen. Mittels Oxidations- oder Hydrolyse-Prozessen werden polymere Verbindungen, wie zum Beispiel Stärke in ihre Einzelbausteine (beispielsweise Glucose) zerlegt (Scheffer et al. 2010).

Die pflanzliche Zellulose wird dabei von den Mikroorganismen schneller abgebaut als Lignin. Aufgrund der Resistenz gegen den Abbau von Mikroorganismen liegt der Anteil des Lignins in den Huminsäuren bei bis zu 30% der Trockenmasse. (Audus 1972; Scheffer et al. 2010)

Bei Kontakt mit dem Boden wird die organische Substanz von den Bodentieren zunächst zerkleinert und die Mineralisierung wird eingeleitet. Dabei entweicht Kohlenstoffdioxid und der entstehende Stickstoff wird in die mikrobielle Biomasse eingebaut (Scheffer et al. 2010). Dazu werden bei der Zersetzung freigewordene Kohlenstoffverbindungen beim Aufbau der mikrobiellen Biomasse wiederverwertet (Stevenson 1994).

Aus dem Ausgangskohlenstoff werden bei der Umwandlung etwa 50 – 60% als Kohlenstoffdioxid mineralisiert. Dieser Anteil wird an die Atmosphäre abgegeben. Zwischen 10 – 20% werden in die mikrobielle Biomasse eingebaut (Collins et al. 1997).

Diese Prozesse entsprechen der metabolischen Phase der Huminstoffsynthese nach Ziechmann (1994). Sie beschreibt die Bildung der Ausgangsstoffe für die Huminstoffsynthese aus der abgestorbenen organischen Substanz.

2.1.2 Humifizierung

Die Bildung von Huminstoffen aus Humus wird als Humifizierung bezeichnet. Huminstoffe entstehen durch den Abbau pflanzlicher, tierischer und mikrobieller Stoffe durch die biologische Aktivität von Mikroorganismen. An der Bildung von Huminstoffen sind vor allem Lignin, Proteine, Polysaccharide, Zellulose und Hemizellulose beteiligt (Audus 1972; Flaig 1950; Scheffer et al. 2010). Lignin ist neben den Kohlenhydraten einer der Hauptbestandteile der Huminstoffe, daneben gehen stickstoffhaltige Stoffe aber auch Fette, Wachse und Gerbstoffe sowie Mineralstoffe ein (Abbildung 1) (Schroeder und Blum 1992).

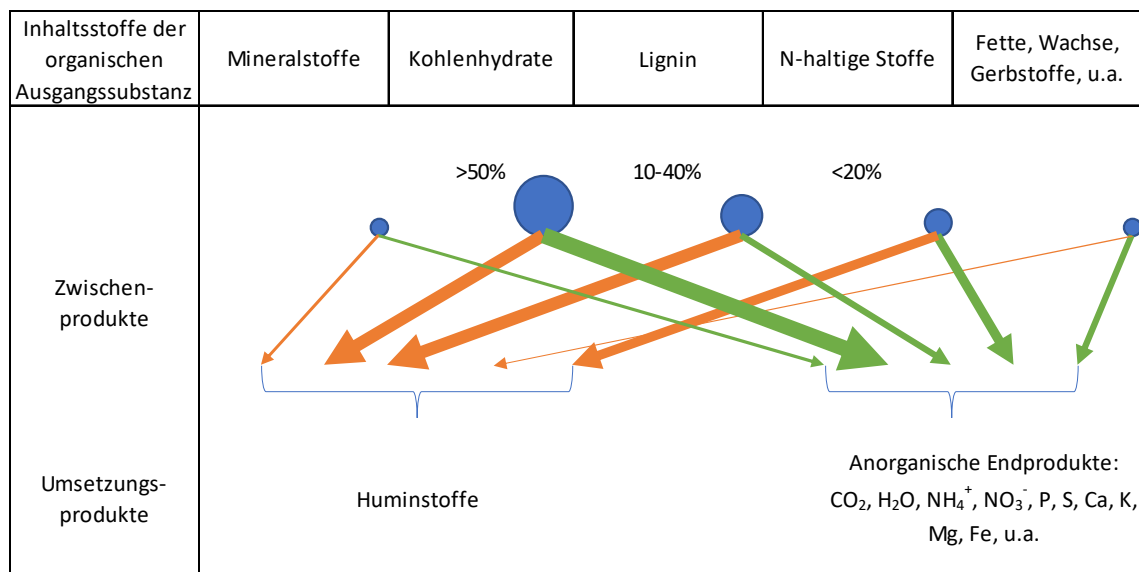


Abbildung 1: Humifizierung (schwarz) und Mineralisierung (rot) der organischen Ausgangssubstanzen (Eigene Darstellung nach Schröder und Blum 1992)

Die Humifizierung ist ein Prozess der Bodenbildung und beinhaltet verschiedene mit dem Stickstoff- und Kohlenstoffkreislauf zusammenhängende biochemische Reaktionen (Stevenson 1994).

Ein großer Teil der Zuckerverbindungen dient als Energiequelle für die mikrobielle Synthese, nur ein geringer Anteil wird als Huminstoff angereichert. Ebenso wie die Zuckerverbindungen liegen die meisten Proteine in der mikrobiellen Biomasse des Bodens vor. (Scheffer et al. 2010). Die nach Mineralisierung und Aufnahme durch die Mikroorganismen verbleibenden 20 – 30 % des Ausgangskohlenstoffs werden in die Huminstoffe eingebaut (Collins et al. 1997).

Lignin und Polyphenole sind schwer verwertbar und können nur teilweise zersetzt werden. Diese Stoffe dienen bei der biochemischen Synthese der Huminstoffe als Grundgerüst (Schroeder und Blum 1992; Gisi 1997). Die Kernbildner der Huminstoffe nach der Phenol-Protein-Theorie von Stevenson (1994), die von Ziechmann (1994) Autoxidation genannt wird, sind aromatische und stickstoffhaltige Substanzen.

Die Oxidationsprodukte von Phenolen und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen sind Chinone. Die Reaktion dieser Chinone mit Aminverbindungen wird als bedeutendster Weg zu Huminstoffen gesehen (Stevenson 1994).

Ziechmann (1994) geht von einer radikalischen Phase aus und beschreibt, dass insbesondere die Lignine und mehrwertigen Phenole Radikale bilden. Die Radikale können auch Nicht-Huminstoffe in die Huminstoffsynthese einbeziehen. Diese Phase wird Konformitätsphase genannt. Die Huminstoffsysteme werden in der abschließenden Phase gebildet (Ziechmann 1994).

In Abbildung 2 ist eine Zusammenfassung der Stufen des Huminstoffbildungsprozesses dargestellt.

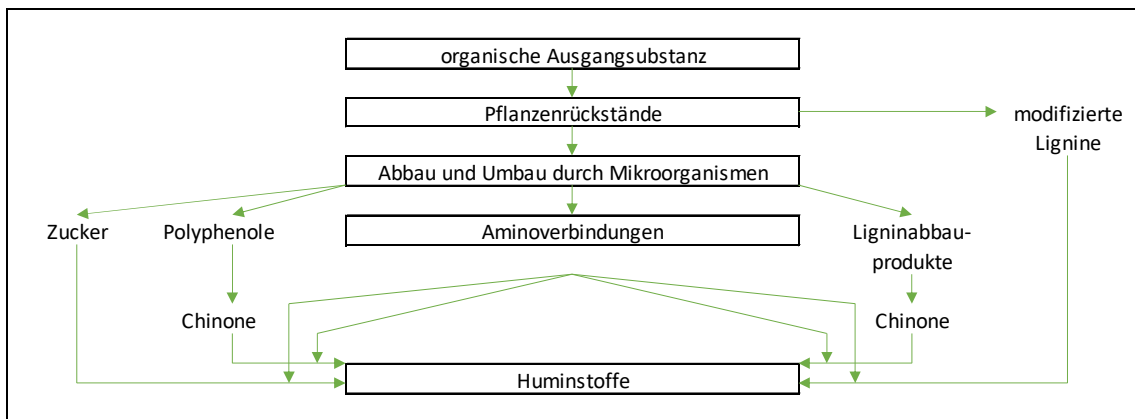


Abbildung 2: Wege der Bildung von Huminstoffen aus der organischen Ausgangssubstanz (Eigene Darstellung nach Stevenson 1994)

Beim biochemischen Prozess der Humifizierung entstehen amorphe, organische Kolloide, die sogenannten Huminstoffe. Diese haben eine große spezifische Oberfläche und haben die Fähigkeit Ionen, Wasser und andere Moleküle anzulagern und wieder abzugeben. Sie haben ein besonders hohes Adsorptions- und Wasserbindungsvermögen, wodurch sie auf die Gefügebildung des Bodens wirken (Hintermaier-Erhard und Zech 1997). Huminstoffe sind hochmolekulare und dadurch schwer abbaubare Verbindungen mit einer bräunlichen bis schwarzen Färbung und enthalten verschiedene funktionelle Gruppen, wie Amino-, Carbonyl oder Phenolgruppen. Daneben enthalten die Huminstoffe Spurenelemente, wie beispielsweise Eisen, Kupfer oder Zink (Visser 1973; Stevenson 1994). Huminstoffe lagern sich auf der Erdoberfläche ab und sind beispielsweise Bestandteil von Böden, Torf und verschiedenen Kohlearten. Basierend auf der Löslichkeit der Huminstoffe lassen sie sich in die drei Kategorien Huminsäuren, Fulvosäuren und Humine einteilen (Visser 1973; Stevenson 1994).

2.2 Einteilung von Huminstoffen

Huminstoffe werden in Huminsäuren, Fulvosäuren und Humine je nach ihrer Laugen- bzw. Säurelöslichkeit eingeteilt. Humin- und Fulvosäuren sind schwache Säuren und können organische Kolloide sowie Metallionen adsorbieren. Bei einem höheren pH-Wert kann es auch zur Desorption kommen (Ugapo und Pickering 1985). Der Hauptbestandteil der im Boden vorkommenden Huminstoffe sind die Huminsäuren (Stevenson 1994).

2.2.1 Huminsäuren

Laut Scheffer et al. (2010) können Huminsäuren durch starke Säuren ausgefällt werden und sind in Wasser schlecht löslich. In Verbindung mit mehrwertigen Kationen, wie Ca^{2+} , Fe^{2+} oder Al^{3+} entstehen schwerlösliche Verbindungen, die Humate genannte werden.

Humate sind die Salze von Huminsäuren und enthalten viele komplexe makromolekulare organische Verbindungen. Kaliumhumat ist ein ungiftiges, schwarz-braunes und geschmacksloses Pulver, welches in Wasser löslich ist und hauptsächlich aus Braunkohle oder Torf gewonnen wird (Chen et al. 2007; Mokotedi et al. 2018).

Den Säurecharakter haben die Humin- und Fulvosäuren aufgrund der Carboxylgruppen. Diese verleihen ihnen auch die Fähigkeit zum Kationenaustausch. Zu einem geringen Anteil sind dabei auch die phenolischen OH-Gruppen beteiligt (Scheffer et al. 2010).

2.2.2 Fulvosäuren

Fulvosäuren fallen bei Säurezugabe aus und sind alkalilöslich. Sie haben im Gegensatz zu Huminsäuren mehr Polysaccharidfragmente und Carboxylgruppen, aber ein niedrigeres Molekulargewicht, weniger Methylgruppen und kaum aromatische Anteile.

Im Gegensatz zu den Huminsäuren können die Fulvosäuren, wie die Fulvate, ihre Salze, wasserlöslich sein. Darüber hinaus können sie Metallionen binden und Mangan(IV)oxide sowie Eisen(III)oxide durch Reduktion lösen (Scheffer et al. 2010).

Genutzt werden die Humin- und Fulvosäuren bisher vor allem zur Bodenverbesserung und zur Steigerung der Nährstoffaufnahme von Pflanzen (Selladurai und Purakayastha 2016).

2.2.3 Humine

Können die Huminstoffe nicht mehr mit kalter Natronlauge gelöst werden, wird von Huminen gesprochen. Sie sind analytisch nicht trennbare Huminstoffe aus schwach zersetzten Tier- oder Pflanzenresten und sehr fest an Tonminerale gebunden (Scheffer et al. 2010).

2.3 Zusammensetzung und funktionelle Gruppen von Huminstoffen

Huminstoffe bestehen aus aromatischen Kernen und funktionellen bzw. reaktiven Seitengruppen, die über Brücken verbunden werden (Abbildung 3) (Kuntze et al. 1994; Ziechmann 1996).

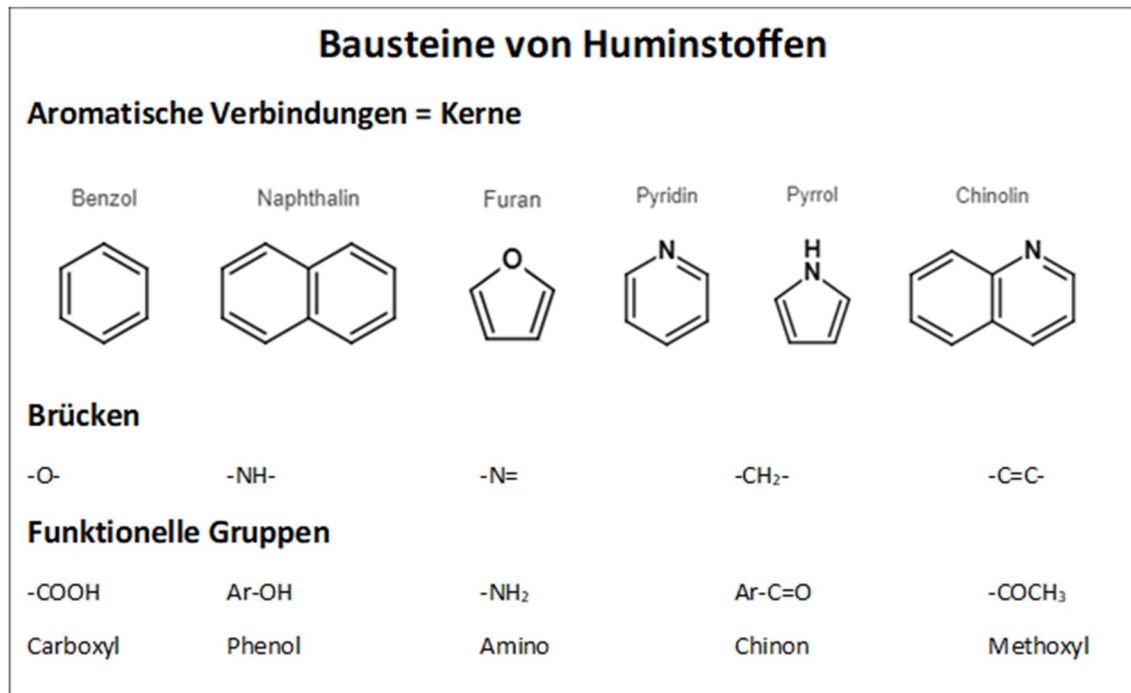


Abbildung 3: Bausteine von Huminstoffen (Eigene Darstellung nach Ziechmann (1994) und Mortimer et al. (2015))

Laut Kuntze et al. (1994) kann eine Charakterisierung der Huminstoffe auch anhand ihrer funktionellen Gruppe erfolgen. Durch die Zusammensetzung der Gruppen entsteht das einmalige chemische Verhalten der Huminstoffe (Kuntze et al. 1994).

2.3.1 Carboxylgruppe

Die Carboxylgruppe gibt den Huminstoffen Ionenaustauscher-Eigenschaften sowie die Fähigkeit Wasserstoffbrückenbindungen mit Wasser einzugehen (Gorbaty 1994). Darüber hinaus sind Carboxylgruppen charakteristisch für Säuren (Mortimer et al. 2015).

2.3.2 Phenolische Hydroxylgruppe

Ähnliche Eigenschaften weist die phenolische Hydroxylgruppe auf. Phenole reagieren aufgrund der höheren Stabilität des Phenolat-Ions schwach sauer. Solange nur die Hydroxyl-Gruppe betroffen ist, reagieren die Phenole ähnlich dem Alkohol. Eine stärkere Aktivität kann festgestellt werden sobald der Benzol-Ring an der Reaktion teilnimmt, da sich Phenole leicht am Benzolring elektrophil substituieren lassen (Mortimer et al. 2015).

2.3.3 Aminogruppe

Schreitet der Prozess der Humifizierung fort, nimmt die biologische Aktivität ab und es kommt zum vermehrten Einbau von freiwerdenden Stickstoff-Verbindungen, wie Ammonium oder Amino-Gruppen in den Huminsäuren. Dadurch können Stickstoffkomponenten stabilisiert werden (Ottow 1978). Die Aminogruppen sind außerdem für die Anionen-Austauschkapazität von Huminstoffen verantwortlich (Haile-Mariam et al. 2011).

2.3.4 Chinon-Gruppe

Chinon Gruppen, die auch Carbonyl Gruppen genannt werden, wirken als die hauptsächlichsten organischen Radikale. Sie dienen als Elektronenakzeptor für die Oxidation von Wasserstoff und organischen Substraten (Scott et al. 1998).

2.3.5 Methoxylgruppe

Hohe Anteile an Methoxylgruppen zeigen sich bei hohem Ligninanteil im Humuskörper. Die Methoxylgruppen werden bei zunehmender Humifizierung immer weniger. Je nach Ausgangsmaterial kann der Methoxylgehalt Auskunft über den Verlauf und die Ausprägung der Humifizierung geben (Haile-Mariam et al. 2011).

2.4 Beschriebene Wirkungen in der Literatur

In anaeroben Systemen konnte gezeigt werden, dass Huminstoffe die Methanproduktion vermindern (Cervantes et al. 2000). Auch Martinez et al. (2013) fanden heraus, dass Huminstoffe als Elektronenakzeptoren für eine große Bandbreite an, am extrazellulären Elektronentransfer teilnehmenden, Mikroorganismen sowie Methanogenen wirken. Das deutet darauf hin, dass Huminstoffe das Potential haben die Methanogenese, also die Methanproduktion im Pansen zu verringern (Sheng et al. 2017).

Eine weitere Eigenschaft der Huminsäuren ist die Bindung von Stickstoff (Ottow 1978). Dies konnte von Shi et al. (2001) durch reduzierte Ammoniakausgasungen beim Einsatz in Rinderställen bestätigt werden. Nach McMurphy et al. (2009) könnten die Fähigkeiten der Huminstoffe zur Stickstoffbindung eine positive Wirkung auf die Stickstoffretention von Ammoniak im Pansen haben. Durch die Zuführung von Huminstoffen könnten sich die mikrobielle Synthese im Pansen verbessern, die Stickstoffausscheidung absenken und die Methanausgasung verringern (McMurphy et al. 2011; Terry et al. 2018b).

Im Boden zeigen die Huminstoffe eine absorptive und entgiftende Wirkung, welche zur Vermehrung der Mikroben geführt hat (Islam et al. 2005). Ein ähnlicher Effekt wird in der Tierernährung vermutet. Durch steigende mikrobielle Aktivität könnte im Pansen die Fermentation und Verdaulichkeit der Nährstoffe zunehmen (Hayirli et al. 2005; Terry et al. 2018b).

Andererseits gibt es auch eine antimikrobielle Wirkung, aus der eine verminderte mikrobielle Population im Pansen resultiert (Cervantes et al. 2000).

Huminstoffe könnten somit die Wirksamkeit der mikrobiellen Proteinsynthese und der Verdauung im Pansen negativ beeinflussen (Sheng et al. 2017).

Durch die Fähigkeit von Humin- und Fulvosäuren Metallionen je nach pH-Wert zu adsorbieren oder desorbieren, können durch die Fütterung von Huminstoffen Spuren dieser Elemente vom Pansen in den Dünndarm gelangen. Dort könnten die Mineralien wieder abgegeben werden. Außerdem könnten Fulvosäuren durch Veränderung des Redoxpotentials die Pufferwirkung im Pansen steigern (Ugapo und Pickering 1985; Cusack 2008).

Huminstoffe wirken nach Cusack (2008) und Degirmencioglu (2014) als natürliches Antibiotikum und können die Leistungen und das Wachstum steigern. Weiter haben Huminstoffe eine signifikante antimikrobielle Wirkung (Váradyová et al. 2009). Trckova et al. (2012) und Kucukersan et al. (2005) beschreiben entzündungshemmende, antitoxische, antivirale, immunstimulierende und Písaříková et al. (2010) antidiarrhöische Eigenschaften von Huminstoffen. Zudem gibt es eine stimulierende Wirkung auf den Sauerstofftransport (Visser 1973; Trckova et al. 2012), es wird ein Schutzfilm gegen Toxine auf der Schleimhaut des Magen-Darm-Traktes gebildet sowie für eine verbesserte Nährstoffverwertung des Tierfutters gesorgt (Kucukersan et al. 2005).

In der Broschüre der Gerhard Rösl GmbH & Co. KG (2019) wird angegeben, dass Leonardit bis zu 70% natürliche Huminsäuren enthält. Daraus resultieren eine große Kationen- und Anionenaustauschkapazität, gute Wasserspeicherfähigkeit und aktivierte Tonminerale. Leonardit liefert zudem Nährstoffe und Spurenelemente (Gerhard Rösl GmbH & Co. KG 2019).

3 Material und Methoden

Zunächst wurden anhand der Fragestellung primäre und sekundäre Suchbegriffe für die Literaturrecherche festgelegt. Diese sind in deutscher Sprache in Tabelle 1 dargestellt, wurden für die Suche auch ins Englische übersetzt.

Tabelle 1: Verwendete Suchbegriffe bei der Literaturrecherche

Primäre Suchbegriffe	Sekundäre Suchbegriffe
Leonardit	Rind
Huminstoffe	Milchkuh
Huminsäure	Bulle
Humate	Stier
Fulvosäure	Ochse
	Kälber
	Leistung
	Nutritive Effekte
	Fleisch
	Fütterung
	Wiederkäuer
	ruminal

Mit Hilfe dieser Begriffe wurden die Datenbanken „sciencedirect“, „Web of science“ der Technischen Universität München, „google scholar“, „researchgate“, AgEconSearch“, „Agricola“ und die Literaturdatenbank der Hochschule Weihenstephan durchsucht. Dabei fanden sich nur wenige passende Veröffentlichungen in englischer und keine in deutscher Sprache.

Somit wurde im nächsten Schritt nach der Schneeballmethode vorgegangen. Das heißt, in den Literaturverzeichnissen der gefundenen Publikationen wurde nach relevanten Ergebnissen gesucht. Auch hier ergab sich nur eine geringe Anzahl weiterer nutzbarer Literatur, sodass insgesamt auf zwölf Fachartikel zurückgegriffen werden konnte.

In den Literaturdatenbanken waren teilweise nur Zusammenfassungen der Artikel zu finden. Daher wurden die Volltexte mit Hilfe der Elektronischen Zeitschriften Bibliothek gesucht oder via Fernleihe beschafft. Das Literaturverwaltungsprogramm Citavi diente zur Strukturierung der Quellen.

Für die Übersetzung der englischen Fachbegriffe wurde das Oxford Dictionary und das Pons-Online-Wörterbuch verwendet.

Zur Gestaltung eines Versuchs zum Einsatz von Leonardit in der ökologischen Rinderhaltung waren die gesetzlichen Rahmenbedingungen der EU-Verordnung einzuhalten.

Daher wurde die Verordnung (EU) 2018/848 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 angewendet.

Zunächst wurden die möglichen Stallbedingungen und Voraussetzungen der Tiere für den Versuchsaufbau beschrieben. Die Dosierung für das Leonardit in den Versuchsrationen wurde aus den vorliegenden Studien und abgeleitet. Im nächsten Schritt war zu klären, für welche Parameter eine Erhebung sinnvoll ist. Zu diesen Parametern wurde jeweils mindestens eine Erhebungsmethode genannt und erläutert. Mit Hilfe der KTBL Datensammlung (Achilles et al. 2017), Daten des LKV Bayern (LKV 2019b, 2020) und Erfahrungswerten der Hochschule Weihenstephan konnte zum Abschluss eine Kostenkalkulation für den Versuch berechnet werden.

Zum Thema dieser Masterarbeit wurde eine gemeinsame Bachelorarbeit von Seidel und Mehrl (2021) unter dem Titel: „Wirkung von Huminstoffen insbesondere Huminsäuren in der Tierernährung von landwirtschaftlichen Nutztieren: Nutritive und nicht nutritive Effekte beim Monogastrier“, erstellt. Die Ergebnisse dieser Arbeit dienten insbesondere zur Beschreibung der Wirkungen von Huminstoffen bei Legehennen und Masthühner sowie Schweinen. Dabei gingen Seidel und Mehrl (2021) mit ähnlichen primären Suchbegriffen vor. Die von ihnen entwickelten Versuche wurden teilweise angepasst und im Nachgang hinsichtlich ihrer Kosten kalkuliert.

Am Schluss wurden die gewonnenen Erkenntnisse in einem Gesamtfazit zusammengefasst.

4 Ergebnisse

Die Wirkungen von Huminstoffen auf Rinder, Geflügel und Schweine wurde anhand von vorhandenen Studien untersucht.

4.1 Ergebnisse im Rinderbereich

Bei der Suche nach Studien zum Einsatz von Huminstoffen in der Rinderfütterung wurden zwölf Studien gefunden. Lediglich zwei davon setzen einen Futtermittelzusatz mit dem Ausgangsstoff Leonardit ein. Sheng et al. (2017), Terry et al. (2018a) und Terry et al. (2018b) setzen Huminstoffe gleicher Herkunft ein, ansonsten werden jeweils andere Herkünfte eingesetzt.

Die Studien weichen in ihrem Aufbau stark voneinander ab. Es werden nur selten die gleichen Tierarten zum jeweils entsprechenden Leistungsstadium oder Alter betrachtet. Ebenso werden nur teilweise die gleichen Parameter beprobt. Der Versuchsaufbau der einzelnen Studien ist in Tabelle 2 dargestellt.

Auffallend sind geringe Stichprobengrößen bei McMurphy et al. (2009), McMurphy et al. (2011) und Potůčková und Kouřimská (2017). Die Gruppengröße beträgt weniger als sieben Tiere und vermindert dadurch die Aussagekraft. Der Versuch von Sheng et al. (2017) dauert nur wenige Stunden. Terry et al. (2018a) bewerten die kurze Anpassungszeit im Versuchsaufbau als mangelhaft. So kann sich die Mikrobiologie nicht in dieser Geschwindigkeit an das System anpassen und liefert ungenaue Ergebnisse (Terry et al. 2018a). Aussagekräftige Ergebnisse sollten die acht Studien liefern, die eine Gruppengröße mit mehr als acht Tieren und eine ausreichende Versuchsdauer untersuchten.

Tabelle 2: Versuchsaufbau der Studien zum Einsatz von Huminstoffen in der Rinderhaltung

Autor	Huminstoff	Huminsäure- gehalt	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Chirase et al. 2000	Bovipro™	-	0,78 % TM	1,56 % TM	3,12 % TM	-
Brown et al. 2007	HA4 (Humat)	-	0,5 % TM	1 % TM	-	-
Cusack 2008	FeedMAX 15	65,60 % organi- sche Säuren	20 g/ d	-	-	-
Mc Murphy et al. 2009	Bovigro	89,80 %	0,5 % TM	1 % TM	1,5 % TM	-
Mc Murphy et al. 2011	Bovigro	89,80 %	5 g/ kg TM	10 g/ kg TM	15 g/ kg TM	-
Potůčková und Kouřimská 2017	Humafit	65,34 %	200 mg/ kg LG	-	-	-
Sheng et al. 2017	*	50,70 %	0,9 mg/ ml	1,8 mg/ ml	2,7 mg/ ml	3,6 mg/ ml
Mokotedi et al. 2018	Kaliumhumat	-	5,8 g/ kg TM	-	-	-
Terry et al. (a) 2018	*	50,70 %	1,5 g/ d	3 g/ d	-	-
Terry et al. (b) 2018	*	50,70 %	100 mg/ kg LG	200 mg/ kg LG	300 mg/ kg LG	-
Hassan et al.2020	Braune Tonerde	-	5 g/ kg TM	10 g/ kg TM	-	-
Yüca und Gül 2020	Bovifarm**	-	75 g/ d	150 g/ d	-	-

Autor	Versuchs- dauer	Versuchsauf- bau	Versuchstiere	Anzahl der Tiere je Gruppe	durch- schnittliche Gewichte
Chirase et al. 2000	56 Tage	4 randomisierte Gruppen	Kreuzungsochsen (Brangus x Gelbvieh)	12	293 kg
Brown et al. 2007	94 Tage	3 randomisierte Gruppen	Kreuzungsochsen	9	479 kg
Cusack 2008	bis Schlacht- gewichte er- reicht	2 randomisierte Gruppen	Mastrinder verschiede- ner Rassen	1000	328 kg
Mc Murphy et al. 2009	je 56 Tage	4 randomisierte Gruppen	Kreuzungsochsen	6	432 ± 5 kg
Mc Murphy et al. 2011	21 Tage	Lateinisches Quadrat 4 x 4	Stiere der Rasse Hol- stein-Friesian	4	317 ± 22 kg
Potůčková und Kouřimská 2017	3 Monate ab 97±21 Tage in Laktation	2 randomisierte Gruppen	Kreuzungen aus Fleck- vieh und Ayrshire bzw. Roten Holsteins	5	654 ± 48 kg
Sheng et al. 2017	48 Stunden	3 Durchgänge mit je 10 Wieder- holungen	semiautomated gaspro- duction technique mit 60ml Inoculum	-	-
Mokotedi et al. 2018	22 Tage	2 randomisierte Gruppen	Einjährige Ochsen	11	249,4 ± 5,62 kg
Terry et al. (a) 2018	15 Tage	2 Durchgänge mit je 2 Wieder- holungen	RUSITEC („rumen simulation tech- nique“)	-	-
Terry et al. (b) 2018	28 Tage	lateinisches Quadrat 4x4	Färsen (Angus x Here- ford)	8	758 ± 40,7 kg
Hassan et al.2020	21 Tage	lateinisches Quadrat 3x3	Milchkühe der Rasse Holstein-Friesian	12	538 ± 18 kg
Yüca und Gül 2020	100 Tage (40 d pre-par- tum; 60 d post-partum)	3 randomisierte Gruppen	Milchkühe der Rasse Brown Swiss	8 bzw. 9	-

*Huminstoff von der Kanadischen Humalite International Inc.
**40% aktiviertes Leonardit
***mit 33,3 mg/kg Monensin

Im folgenden Abschnitt werden die wichtigen Parameter in Tabellen nach den Überbegriffen „Futtermittelaufnahme und -Verwertung“, „Parameter im Blut“, „Parameter im Pansen“, „Parameter der Verdauung“, „Parameter des Mikrobioms“, „Parameter der Milch“ und „Parameter der Fleischbeschaffenheit“ zusammengefasst dargestellt. Es werden nur die Studien in den Tabellen gezeigt, die das jeweilige Thema bearbeitet haben, um die Übersichtlichkeit zu verbessern.

4.1.1 Futtermittelaufnahme und -Verwertung

Zunächst werden die Parameter der Futtermittelaufnahme und -Verwertung der Rinder dargestellt (Tabelle 3). In acht Studien wurde die Trockenmasseaufnahme untersucht. Die von Cusack (2008) festgestellte lineare Steigerung der Trockenmasseaufnahme bei wachsenden Rindern konnte in einem anderen Versuch bestätigt werden. Vor und nach der Kalbung konnten Yüca und Gül (2020) eine Steigerung der Trockenmasseaufnahme bei Milchkühen feststellen. Während Chirase et al. (2000), Brown et al. (2007), McMurphy et al. (2011), Terry et al. (2018a), Terry et al. (2018b) und Hassan et al. (2020) keine signifikanten Veränderungen belegen konnten, zeigte sich bei McMurphy et al. (2011) eine signifikant niedrigere Trockenmasseaufnahme bei 5,0 und 10,0 g/kg Zugabe von Huminstoffen sowie eine signifikant höhere Trockenmasseaufnahme gegenüber der Kontrolle und bei Zugabe von 15 g/kg. Sheng et al. (2017) und Mokotedi et al. (2018) berichteten im Gegensatz zu Terry et al. (2018a) und Terry et al. (2018b) sowie Hassan et al. (2020) von einer Steigerung der Trockenmasseverdaulichkeit. In den Studien von Chirase et al. (2000), Brown et al. (2007), Cusack (2008) und McMurphy et al. (2009) wurden die Futtermittelverwertung sowie die Tageszunahmen erfasst. Während sich bei Brown et al. (2007) und McMurphy et al. (2009) keine signifikanten Veränderungen ergaben, zeigten die Ergebnisse von Cusack (2008) eine Steigerung bei beiden Parametern. Im Versuch von Chirase et al. (2000) wurde ein quadratischer Effekt auf die Futtermittelverwertung festgestellt.

Tabelle 3: Parameter und Ergebnisse zur Futteraufnahme und -Verwertung im Rinderbereich

Autor	TM-Aufnahme	TM-Verdaulichkeit	Tageszunahmen	Futterverwertung
Chirase et al.	→		→	↑↑
Brown et al.	→		→	→
Cusack	↑		↑	↑
Mc Murphy et al.	→		→	→
Mc Murphy et al.	↑↑			
Sheng et al.		↑		
Mokotedi et al.		↑		
Terry et al. (a)	→	→		
Terry et al. (b)	→	→		
Hassan et al.	→	→		
Yüca und Gül	↑			
Zeichenerklärung				
↑	steigt linear ($p < 0,05$)		↑↑	steigt quadratisch ($p < 0,05$)
→	keine Veränderung ($p > 0,1$)		-	Keine Erhebung des Parameters

4.1.2 Parameter im Blut

Die meisten Parameter bezüglich des Bluts der Tiere sind nur einmal wissenschaftlich erfasst worden, wodurch es keine vergleichbaren Werte gibt (Tabelle 4). Chirase et al. (2000) stellten einen erhöhten Hämoglobin- und Bilirubingehalt durch Zugabe von Huminstoffen fest. Weiter fanden sie eine quadratische Reaktion des Blutkalziumgehalts am 28. Tag in der 0,78% Variante (Chirase et al. 2000). In den Erhebungen von Yüca und Gül (2020) ergab sich eine signifikante Steigerung des Kalziumgehalts im Blut nach dem Abkalben. Ebenso befassten sich Brown et al. (2007) mit Blutinhaltsstoffen. Sie konnten eine quadratische Reaktion bei der Eisenkonzentration im Blut unter Fütterung von 0,5% Huminstoffen und einen quadratischen Effekt bei der Eisenbindungskapazität des Bluts bei der Zugabe von 0,5% oder 1% Huminstoffen nachweisen (Brown et al. 2007). In der Studie von Hassan et al. (2020) konnte eine lineare Erhöhung des Blutzuckerspiegels und eine Reduzierung des Cholesterinspiegels festgestellt werden. Eine Veränderung des Blutzuckerspiegels durch Huminstoffe konnte von Yüca und Gül (2020) nicht bestätigt werden. Es ergaben sich keine Veränderungen der Lebefunktionswerte (Hassan et al. 2020). Die Konzentrationen von Betahydroxybuttersäuren und nicht veresterten Fettsäuren im Blut waren durch den Zusatz von Huminstoffen signifikant niedriger als in der Kontrolle (Yüca und Gül 2020).

Nur der Blutharnstoffgehalt wurde in vier Versuchen erfasst. Dabei stellten McMurphy et al. (2009) eine quadratische Reaktion bei Zugabe von 1 % Huminstoffe fest. Auch Hassan et al. (2020) konnten eine Reduktion des Blutharnstoffgehalts messen, allerdings in linearer Form. Dagegen berichten McMurphy et al. (2011) und Yüca und Gül (2020) von keiner Veränderung durch Zugabe von Huminstoffen.

Tabelle 4: Parameter und Ergebnisse zum Blut im Rinderbereich

Autor	Blutkalziumkonzentration	Blutzuckerspiegel	Blutharnstoffkonzentration
Chirase et al.	↑↑ (d 28, 0,78%)		
Mc Murphy et al.			↓↓ (1%-HS)
Mc Murphy et al.			→
Hassan et al.		↑	↓
Yüca und Gül	↑	→	→
Zeichenerklärung			
↑	steigt linear (p<0,05)	↑↑	steigt quadratisch (p<0,05)
↓	sinkt linear (p<0,05)	↓↓	sinkt quadratisch(p<0,05)
→	keine Veränderung (p>0,1)	-	Keine Erhebung des Parameters

4.1.3 Parameter im Pansen

Im in vitro Versuch berichteten Terry et al. (2018a) von einem linearen Abfall der Ammoniakkonzentration im Pansen. Zum gleichen Ergebnis kamen Sheng et al. (2017) nach zwölf Stunden des Versuchs, nach 48 Stunden ergab die Messung keine Veränderung mehr. In der Studie von McMurphy et al. (2009) ergaben sich keine grundsätzlichen Veränderungen bei der Ammoniakkonzentration im Pansen.

Nur in der Variante Zugabe von 1% Huminstoffen zeigte sich zum 28. Tag eine signifikante Absenkung, die am 56. Tag nicht mehr bestand. Auch McMurphy et al. (2011) stellten nur in einer Variante eine Reduktion der Ammoniakkonzentration im Pansen fest. Bei Terry et al. (2018b) ergab sich eine quadratische Reaktion. Die Varianten Zugabe von 100 mg und 200 mg Huminstoffen/kg zeigten deutlich höhere Ammoniakkonzentrationen als die Kontrollvariante und die Zugabe von 300 mg Huminstoffe/kg. Hassan et al. (2020) berichten ebenso von einer quadratischen Reaktion. In ihrem Fall handelte es sich aber um eine Absenkung der Ammoniakkonzentration im Pansen bei der Gruppe mit 5 g Huminstoffen/kg Ration (Tabelle 5). Der pH-Wert im Pansen änderte sich nicht bei Zugabe von Huminstoffen (McMurphy et al. 2009; McMurphy et al. 2011; Terry et al. 2018a; Terry et al. 2018b).

Tabelle 5: Parameter und Ergebnisse im Pansen von Rindern

Autor	Ammoniakkonzentration im Pansen	Pansen-pH-Wert	Gesamtkonzentration kurz-kettiger Fettsäuren
Mc Murphy et al.	↓↓	→	
Mc Murphy et al.	↓*	→	→
Sheng et al.	↓(12h) →(48h)		↓(48h)
Terry et al. (a)	↓	→	→
Terry et al. (b)	↑↑	→	→
Hassan et al.	↓↓		↑
Zeichenerklärung			
↑	steigt linear (p<0,05)	↑↑	steigt quadratisch (p<0,05)
↓	sinkt linear (p<0,05)	↓↓	sinkt quadratisch(p<0,05)
→	keine Veränderung (p>0,1)	-	Keine Erhebung des Parameters

Bei der Betrachtung der Gesamtkonzentration der kurzkettigen Fettsäuren in vitro stellten Sheng et al. (2017) eine signifikante Reduktion nach 48 Stunden fest. Dagegen wurde von Hassan et al. (2020) eine lineare Steigerung der kurzkettigen Fettsäuren gezeigt. Im Versuch von McMurphy et al. (2011) ergab sich keine Veränderung der gesamten Konzentration, aber die Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren reagierten im Gegensatz zu den Ergebnissen von Terry et al. (2018b) (Tabelle 6).

Tabelle 6: Veränderungen der Konzentration von kurzkettigen Fettsäuren im Pansen von Rindern

Autor	Acetate	Propionate	Butyrate	Isobutyrate	Valerate	Isovalerate	Acetate: Propionate Verhältnis
McMurphy et al.	→	→	↑↑	↑↓** (Kontrolle)	→	↑↓** (Kontrolle)	↑↓** (5.0 g/kg)
Sheng et al. (12h)	↓	→	↑				↑*
Sheng et al. (48h)	→	→	↑				→
Terry et al. (b)	→	→	→	→	→	→	→
Hassan et al.	↑	↑	→				→

Zeichenerklärung

↑	steigt linear (p<0,05)	↑↓	Kein eindeutiges Ergebnis
↓	sinkt linear (p<0,05)	**	Behandlungseffekt
→	keine Veränderung (p>0,1)	-	Keine Erhebung des Parameters
↑↑	steigt quadratisch (p<0,05)		

4.1.4 Parameter der Verdauung

Zum ersten Mal wurden von Sheng et al. (2017) die Auswirkungen von Huminstoffen auf die Effizienz der Synthese von Mikrobenprotein im Pansen geprüft (Tabelle 7). Diese konnte durch dein Einsatz von Huminstoffe linear gesteigert werden (Sheng et al. 2017).

Sowohl Terry et al. (2018b) als auch Hassan et al. (2020) berichten nach ihren Versuchen von einer linearen Steigerung der Rohproteinverdaulichkeit bei Zugabe von Huminstoffen. Bei der Betrachtung der Rohstärkeverdaulichkeit konnten quadratische Effekte von Sheng et al. (2017) nach zwölf Stunden und tendenziell quadratische Effekte nach 24 h des in vitro Versuchs nachgewiesen werden. Genauso ergaben sich bei Terry et al. (2018b) quadratische Effekte bei der Rohstärkeverdaulichkeit. Hassan et al. (2020) zeigten, dass die Verdaulichkeit der Neutralen und Sauren Detergenzien Fasern tendenziell zunahm.

Im Versuch von Sheng et al. (2017) wurde keine Veränderung der Stickstoffausscheidung festgestellt. Dagegen ergaben sich bei Terry et al. (2018b) neben einer tendenziell verringerten Stickstoffausscheidung sowie einer reduzierten fekalen Stickstoffausscheidung eine erhöhte Stickstoffretention.

Bei Betrachtung der gesamten Gasproduktion stellten Terry et al. (2018a) keine Veränderungen fest. Sheng et al. (2017) konnten bis zwölf Stunden nach Versuchsbeginn eine erhöhte Gasproduktion nachweisen. Zudem ergab sich keine Veränderung bei der Kohlenstoffdioxid-Produktion (Sheng et al. 2017).

Terry et al. (2018a) und Sheng et al. (2017) untersuchten *in vitro*, ob sich die Methanemissionen durch den Zusatz von Huminstoffen verringern könnten. Eine Erhebung der Methanemissionen *in vivo* wurde von Terry et al. (2018b) durchgeführt. Sowohl im *in vitro* Versuch von Terry et al. (2018a), als auch bei der Betrachtung *in vivo* von Terry et al. (2018b) ergaben sich keine Veränderungen. Nur bei Sheng et al. (2017) sanken die Methanemissionen signifikant (Tabelle 7).

Tabelle 7: Parameter und Ergebnisse der Verdauung im Rinderbereich

Autor	Rohprotein-Verdaulichkeit	Rohstärke-Verdaulichkeit	Stickstoff-Ausscheidung	Gesamte Gasproduktion	Methanemissionen
Sheng et al.		↑↑ (12h) ↑↑* (24h)	→	↑ (bis 12h)	↓
Terry et al. (a)			→	→	→
Terry et al. (b)	↑	↑↑	↓*		→
Hassan et al.	↑				

Zeichenerklärung

↑	steigt linear ($p < 0,05$)	↑↑	steigt quadratisch ($p < 0,05$)
↓	sinkt linear ($p < 0,05$)	*	$p [0,05; 0,1]$ Trend
→	keine Veränderung ($p > 0,1$)	-	Keine Erhebung des Parameters

4.1.5 Parameter des Mikrobioms

Terry et al. (2018a) stellten bei Betrachtung der Mikrobenverteilung fest, dass sich die Struktur zwischen pansenhaft-assoziierten Mikroben und pansenpartikel-assoziierten Mikroben unterscheidet, im Einzelnen aber durch die Zugabe von Huminstoffen nicht ändert.

Bei der Struktur des Mikrobioms im Pansen ergaben sich sowohl *in vitro* als auch *in vivo* keine Veränderungen. Dagegen veränderte sich der Anteil der einzelnen Bakterienstämme im Mikrobiom (Terry et al. 2018a; Terry et al. 2018b). Weiter zeigte sich eine Veränderung des bakteriellen Mikrobioms auf Familienebene. Auf die Ausscheidung von Purin-Derivaten hatte die Fütterung von Huminstoffen keinen Einfluss (Terry et al. 2018b).

Einen positiven quadratischen Effekt auf die Zugabe von 100 mg bzw. 200 mg Huminstoffen/kg Lebendgewicht konnten Terry et al. (2018b) bei der Anzahl der Protozoen nachweisen. Die Anzahl der Protozoen wurde auch von Hassan et al. (2020) bestimmt. Dabei wurde ein negativer quadratischer Effekt festgestellt.

Im Konkreten reduzierte sich am 15. Tag das Vorkommen von Fibrobacter in der Variante mit 3 g Huminstoffe/d (Terry et al. 2018a). Diese wirken im Pansen und produzieren beispielsweise Formiat und Acetat aus pflanzlicher Zellulose. So konnte *in vitro* eine Reduktion der Hydrolyse von Zellulose unter Zugabe von Huminstoffen zu Fibrobacter succinogenes nachgewiesen werden (Fernandes et al. 2015; Terry et al. 2018a). Weiter beschreiben Terry et al. (2018a) eine Veränderung des Auftretens von Methanobakterien.

Im Gesamten ändert sich die Häufigkeit nicht, aber während die Gattung *Methanobacterium* zunimmt werden die Gattungen *Methanobrevibacter* und *Methanosphaera* durch die Fütterung von Huminstoffen weniger (Terry et al. 2018a).

Terry et al. (2018b) fanden heraus, dass die Rohproteinverdaulichkeit negativ mit dem Stamm der Bacteroidetes und positiv mit dem Stamm der Firmicutes korreliert ist. Durch die Zugabe von Huminstoffen wurde das Vorkommen der Familien des Stammes Firmicutes erhöht (Terry et al. 2018b). Dies lässt auf eine verbesserte Rohproteinverdaulichkeit durch die erhöhte Anwesenheit der Firmicutes schließen. Daneben konnte eine positive Korrelation der Spirochaetaceae zur Rohproteinverdaulichkeit festgestellt werden (Terry et al. 2018b) (Tabelle 8).

Tabelle 8: Parameter und Ergebnisse des Mikrobioms im Rinderbereich

Autor	Struktur des Mikrobioms im Panses	Vielfalt des Mikrobioms	bakterielles Mikrobiom auf Stamm-ebene	bakterielles Mikrobiom auf Familienebene	archaeelles Mikrobiom	Anzahl der Protozoen
Terry et al. (a)	→	↓	↑↓		→	
Terry et al. (b)	→	→	↑↓	↑↓	↑*	↑↑
Hassan et al.						↓↓

Zeichenerklärung

↓	sinkt linear (p<0,05)	↑↓	Kein eindeutiges Ergebnis
↓↓	sinkt quadratisch(p<0,05)	*	p [0,05; 0,1] Trend
→	keine Veränderung (p>0,1)	-	Keine Erhebung des Parameters

4.1.6 Parameter in der Milch

Potůčková und Kouřimská (2017), Hassan et al. (2020) und Yüca und Gül (2020) machten einen Versuch an Milchkühen und ermittelten dabei verschiedenste Parameter.

Bei der Milchmenge stellten Hassan et al. (2020) eine lineare Steigerung durch Zugabe von Huminstoffen fest. Ebenso konnte bei Yüca und Gül (2020) von einer Erhöhung berichtet werden. Potůčková und Kouřimská (2017) stellten fest, dass sich neben den gesamten Milchinhaltsstoffen auch der Kaseingehalt der Milch steigert.

Wenige Parameter wurden in jeder der drei Studien betrachtet. So stieg im Experiment von Potůčková und Kouřimská (2017) der Rohproteingehalt in der Milch linear durch die Zugabe von Huminstoffen. Dagegen konnten Hassan et al. (2020) und Yüca und Gül (2020) keine Veränderung desselben Parameters zeigen. Die Trockenmasse und fett-korrigierten Trockenmassegehalte, Laktose- sowie Fettgehalte der Milch änderten sich nicht durch die Zugabe von Huminstoffen (Potůčková und Kouřimská 2017; Hassan et al. 2020). Jedoch wurde im Versuch von Yüca und Gül (2020) der Fettgehalt der Milch erhöht. Zudem ergab sich auch eine erhöhte Leitfähigkeit der Milch (Yüca und Gül 2020).

Hassan et al. (2020) untersuchten die Fettsäuren der Milch. Bei den kurz- und mittelkettigen Fettsäuren gab es keine Veränderung. Die langkettigen Fettsäuren veränderten sich in der Häufigkeit des Auftretens je nach der Dosierung der Huminstoffe.

Im Gegensatz zu den einfach ungesättigten Fettsäuren, bei denen keine Veränderung festgestellt wurde, stieg die Menge der mehrfach ungesättigten Fettsäuren linear an. Ferner sanken der Thrombogenitätsindex linear und der ermittelte Atherogenitätsindex in der Milch tendenziell ab (Hassan et al. 2020).

Die beiden Indizes werden verwendet, um das Risiko einer koronaren Herzkrankheit beim Menschen zu beschreiben. Ein niedriger Wert ist zu bevorzugen (Mensink et al. 2003; Knopp und Retzlaff 2004).

Von Yüca und Gül (2020) konnte eine gesteigerte spezifische Dichte des Kolostrums nachgewiesen werden. Diese zeigt einen hohen Immunglobulingehalt an und ist somit als positiv für das Kalb zu beurteilen (Schneider und Wehrend 2019) (Tabelle 9).

Tabelle 9: Parameter und Ergebnisse der Milch im Rinderbereich

Autor	Milchmenge	Rohprotein	Trocken- masse	Fettkorri- gierte Tro- ckenmasse	Laktose	Fettgehalt
Potůčková und Kouřimská		↑	→	→	→	→
Hassan et al.	↑	→	→	→	→	→
Yüca und Gül	↑	→		→	→	↑

Zeichenerklärung

↑	steigt linear ($p < 0,05$)	-	Keine Erhebung des Parameters
→	keine Veränderung ($p > 0,1$)		

4.1.7 Parameter der Fleischbeschaffenheit

Nur in zwei Versuchen wurden Parameter der Fleischbeschaffenheit ausgewertet. Cusack (2008) bewertete Fleisch- und Fettfarbe. Die Fettfarbe veränderte sich zwar signifikant, es konnten dadurch aber keine Mehrerlöse am Markt erzielt werden (Cusack 2008).

Die Auswertung der Fleischbeschaffenheit von Mokotedi et al. (2018) zeigte, dass die Fütterung von Huminstoffen zu verringerter Scherkraft und Fleisch-pH führen kann. Außerdem stieg bei den Versuchstieren der intramuskuläre Fettgehalt an. Es ergab sich ein Anstieg der mehrfach ungesättigten Fettsäuren bei gleichbleibender Konzentration der einfach ungesättigten Fettsäuren. Dementsprechend stieg auch das Verhältnis von mehrfach zu einfach ungesättigten Fettsäuren im Fleisch an (Mokotedi et al. 2018)

4.1.8 Allgemeine Feststellungen

Furll und Leidel (2002) versuchten herauszufinden, welche Wirkstoffe den Stoffwechsel und die Milchproduktion von postpartalen Milchkühen stabilisieren können. Dabei wurde mit Hilfe eines Huminstoffpräparats eine verbesserte Milchleistung mit geringeren Kreatinkinase-Werten und niedrigerem Auftreten von Milchfieber festgestellt (Furll und Leidel 2002).

Bei wachsenden Rindern konnte Cusack (2008) keine Veränderungen im Krankheitsauftreten der Tiere nach Zusatz von Huminstoffen feststellen.

4.2 Ergebnisse im Geflügelbereich

Ein mögliches Ziel der Verwendung von Huminsäuren in der Ernährung von Geflügel ist die Reduktion des Antibiotikaeinsatzes. Dies soll möglichen Resistenzen vorbeugen und hat weitere positive Effekte auf den Tierkörper. Zum Beispiel können Huminsäuren antibakteriell, antiviral oder entgiftend wirken. Besondere Chancen für den Einsatz von Huminsäuren werden dabei in der ökologischen Geflügelhaltung erwartet, da hier der Antibiotikaeinsatz am strengsten geregelt ist. Eine weitere Herausforderung bei der Geflügelernährung ist der kurze Darm im Verhältnis zum Körper. Das Resultat ist eine kurze Verweildauer des Futters im Verdauungstrakt. Es ist nötig Futtermittel mit hoher Nährstoffkonzentration bereitzustellen, um gute Leistungen zu erreichen (Seidel und Mehrl 2021).

Durch die Literaturrecherche konnten zehn Studien aus den Jahren 2006 bis 2020 für Mastgeflügel und sieben Publikationen zur Fleischqualität von 2009 bis 2020 sowie vier Studien aus den Jahren 2005 bis 2015 für die Legehennenhaltung gefunden werden. In einer Studie zu Masthühnern wurde Leonardit eingesetzt (Seidel und Mehrl 2021). Der Aufbau der Versuche wird in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10: Versuchsaufbau der Studien zum Einsatz von Huminstoffen in der Geflügelhaltung, eigene Darstellung nach Seidel und Mehrl (2021)

Autor	Anzahl der Versuchstiere	Anzahl der Versuchsgruppen (mit Kontrollgruppe)	Verweildauer in Tagen	Alter der Versuchstiere in Tagen	Dosierung der Huminstoffe bzw. -Säuren	Verabreichung
Versuche mit Masthühnern						
Mudroňová et al. (2020)	100	2	38	1	8 g/ kg	Futter
Vašková et al. (2015)	36000	4	42	Keine Angabe	6 g/ kg	Futter
Taklimi et al. (2012)	210	7 (3 HS)	42	1	1 g/ kg	Futter
Herzig et al. (2009)	36	4	10	45	0,5 g/ kg	Futter
Aksu (2009)	200	5	42	1	1,5 g/ kg	Futter
Zralý et al. (a) (2008)	40	4	10	63	0,5 g / Tier & Tag	Futter
Zralý et al. (b) (2008)	40	4	10	63	0,5 g / Tier & Tag	Futter
Celik et al. (2008)	150	4	42	1	2,5 g/ kg	Futter
Herzig et al. (2007)	40	4	10	32	0,5 g / Tier & Tag	Futter
Rath et al. (2006)	180	6	28 & 35	1	5; 10; 25 g/ kg	Futter

Tabelle 10: Versuchsaufbau der Studien zum Einsatz von Huminstoffen in der Geflügelhaltung, eigene Darstellung nach Seidel und Mehrl (2021) (Fortsetzung)

Versuche zur Fleischqualität						
Semjon et al. (2020)	150	3	5	1	8 und 10 g/ kg	Futter
Jad'uttová et al. (2019)	150	3	5	1	8 und 10 g/ kg	Futter
Arpášová et al. (2018)	200	4	6	1	20 g/ kg	Futter
Ozturk et al. (2014)	480	4	6	3	7,5; 15; 22,5 g/ l	Trinkwasser
Ozturk et al. (2012)	480	4	6	1	0,5; 1; 1,5 g/ kg	Futter
Ozturk et al. (2010)	480	4	6	3	0,15; 0,3; 0,45 g/ l	Trinkwasser
Aksu (2009)	200	5	42	1	1,5 g/ kg	Futter
Versuche zu Legehennen			in Wo- chen	in Wo- chen		
Arafat et al. (2015)	120	4	12	50	2,0; 4,0 und 6,0 mg/ kg Körpergewicht	Trinkwasser
Ergin et al. (2009)	90	3	12	51-61	0,3 mg und 2,7 mg/ kg	Futter
Yalçin et al. (2006)	180	4	18	22	1500 mg/ kg	Futter
Kucukersan et al. (2005)	180	3	16	36	30 mg und 60 mg/ kg	Futter

4.2.1 Mastgeflügel

Für die Masthühner wurden verschiedenste Parameter in den vorliegenden Studien untersucht. In Tabelle 11 werden für die Vergleichbarkeit nur die Faktoren aufgeführt, welche mindestens zweimal erhoben wurden.

Tabelle 11: Parameter und Ergebnisse bei Masthühnern, abgeändert nach Seidel und Mehrl (2021)

Autor	Lymphozy- ten-Zahl	Milchsäu- rebakterien	Körperge- wichtszu- nahme	Futterauf- nahme	Futterver- wertung	Spurenele- mentanrei- cherung
Mudroňová et al. (2020)	↑	↑*				
Vašková et al. (2015)						↑
Taklimi et al. (2012)			↑	↓*	↑	
Herzig et al. (2009)						→
Aksu (2009)		↑*				
Zralý et al. (a) (2008)			↑*		↑*	
Zralý et al. (b) (2008)			↑*		↑*	
Celik et al. (2008)			↑*	↑*	↑*	
Herzig et al. (2007)			↑*			
Rath et al. (2006)	→		↓*		↑*	
↑	steigt linear (p<0,05)		*	p [0,05; 0,1] Trend		
↓	sinkt linear (p<0,05)		-	Keine Erhebung des Parameters		
→	keine Veränderung (p>0,1)					

4.2.1.1 Parameter der Gesundheit und des Immunsystems

Als Alternative für Antibiotika können zum Teil Huminstoffe eingesetzt werden. Im Geflügelkörper wirken sie positiv auf das Immunsystem. Eine antibakterielle, antivirale und entzündungshemmende Wirkung können sie im Magen-Darm-Trakt durch die Bildung eines Schutzfilms entfalten. Es ist daher möglich, mittels Huminstoffen in der Geflügel-fütterung vitalere und weniger krankheitsanfällige Tiere zu halten (Seidel und Mehrl 2021).

In zwei Studien wurden die konkreten Zusammenhänge zwischen den Huminsäuregaben und der Immunreaktion betrachtet. Mudroňová et al. (2020) stellten bei einer Dosierung von 8 g Leonardit/ kg Futter eine positive Wirkung auf die Aktivität von Phagozyten, also weißen Blutkörperchen fest. Zudem wurden die Anteile der CD4- und der CD8-Lymphozyten untersucht, welche eine Untergruppe der T-Lymphozyten sind. Diese sind wiederum eine Untergruppe der Leukozyten. Im Versuch erhöhte sich der Anteil der CD4-Lymphozyten und der Anteil der CD8-Lymphozyten sank. Folge war die Immunstimulation bei den Tieren. Eine deutlich höhere Dosierung mit bis zu 25 g Huminsäuren/ kg Futter setzten Rath et al. (2006) ein. Dabei konnten keine positiven Effekte auf das Immunsystem von Masthühnern festgestellt werden. Es wird daher vermutet, dass geringere Dosierungen von Huminstoffen bzw. Huminsäuren eine bessere Wirkung auf das Immunsystem von Masthühnern haben. Anzumerken ist, dass die Herkunft der Huminstoffe bei Mudroňová et al. (2020) Leonardit ist (Seidel und Mehrl 2021).

4.2.1.2 Parameter der Verdauung

Durchfall ist eine der häufigsten Erkrankungen bei Geflügel. Als hauptsächliche Auslöser werden dabei Infektionen, Parasiten und Fütterungsfehler genannt. E. coli-Bakterien gehören zu den häufigsten Verursachern von Durchfall, sie zählen zu den Enterobakterien. Das Resultat solcher Erkrankungen sind meist hohe Tierverluste. Huminstoffe können vor Infektionen schützen, wirken antibakteriell und beeinflussen die Darmfunktion positiv. Giftige Stoffe können von Huminstoffen gebunden und ausgeschieden werden. Eine Behandlung von Durchfallerkrankungen mit Huminstoffen ist möglich. Darüber hinaus kann die Nährstoffverwertung der Tiere gesteigert werden. Es wurde nach Studien gesucht, welche die Wirkung von Huminstoffen auf die Magen-Darm-Gesundheit der Tiere untersuchen. (Seidel und Mehrl 2021).

Seidel und Mehrl (2021) begründen ihre Ergebnisse anhand der Studien von Mudroňová et al. (2020), Aksu und Bozkurt (2009) und Taklimi et al. (2012). Mudroňová et al. (2020) fanden heraus, dass eine Zugabe von 8 g Leonardit/ kg Futter eine tendenzielle Steigerung der Anzahl der Milchsäurebakterien und eine Reduktion der Enterobakterien im Blinddarm und im Dünndarm auslöst. Damit lässt sich auch ein geringeres Vorkommen an durchfallauslösenden E. coli-Bakterien vermuten. Von einer Reduktion der E. coli-Bakterien berichten auch Aksu und Bozkurt (2009) bei einem Zusatz von 1,5 g Huminsäuren/ kg Futter. Zudem wurde ein erhöhtes Vorkommen von Laktobazillen festgestellt, welche zu den Milchsäurebakterien gehören.

Noch stärkere Effekte gab es beim Zusatz von essenziellen Ölen zu den Huminsäuren (Seidel und Mehrl 2021). Taklimi et al. (2012) beobachteten die Darmentwicklung der Tiere.

Im Konkreten wurden die Zottenlänge und die Kryptatiefe im Jejunum bewertet. In allen Gruppen, welche mit Huminsäuren versorgt wurden, traten positive Effekte auf. Besonders ausgeprägte Zotten traten in der Gruppe mit 3 g Huminsäuren/ kg Futter auf. Zudem wurde ein vermindertes Vorkommen von schädlichen Bakterien im Verdauungstrakt durch Senkung des pH-Werts beim Einsatz von Huminsäuren erkannt (Seidel und Mehrl 2021).

4.2.1.3 Leistungsparameter

Die Literaturrecherche von Seidel und Mehrl (2021) ergab, dass Huminsäuren als natürliche Wachstumsförderer im Ersatz für Antibiotika wirken können. Dafür wurden Tagesszunahmen, Futteraufnahme und Futterverwertung bei Masthühnern unter Zugabe von Huminsäuren zum Futter betrachtet.

Taklimi et al. (2012), Celik et al. (2008), Herzig et al. (2007), Zralý et al. (2008a) und Zralý et al. (2008b) stellten fest, dass die Tiere unter Zufütterung von Huminsäuren in einer Dosierung von zwischen 0,5 g bis 3 g/ kg Futter signifikant höhere Tageszunahmen erreichen. Die Dosierung von Rath et al. (2006) lag für jede Versuchsgruppe bei mehr als 5 g/ kg Futter. Damit wurde keine Steigerung der Zunahmen mehr erreicht (Seidel und Mehrl 2021).

Celik et al. (2008) fanden höhere Werte für die Futteraufnahme im Vergleich zur Kontrollgruppe bei einer Zufütterung von 2,5 g Huminsäuren/ kg Futter. Im Gegensatz dazu erreichten die Versuchstiere bei Taklimi et al. (2012) keine Steigerung der Futteraufnahmen nach der Zugabe von Huminsäuren (Seidel und Mehrl 2021).

Von einer zumindest tendenziellen Steigerung der Futterverwertung durch Huminsäuren unabhängig von deren Dosierung wird in jeder der fünf Studien berichtet, welche sich damit beschäftigten (Seidel und Mehrl 2021).

4.2.1.4 Anreicherung von Spurenelementen im Tierkörper

Vašková et al. (2015) stellten einen Versuch auf, bei dem sie je eine Versuchsgruppe mit Zufütterung von 6 g Huminsäuren/ kg Futter und eine Kontrollgruppe mit und ohne Stresseinfluss untersuchten.

Zwischen den Kontrollgruppen wurde bei der Gruppe mit Stress eine signifikante Abnahme der Spurenelemente im Tierkörper festgestellt. Nur im Blutplasma dieser Gruppe war der Zinkgehalt erhöht. Nach der Zugabe von Huminsäuren zum Futter und Einsatz des Stressfaktors wurden gegenüber der entsprechenden Kontrollgruppe höhere Gehalte an Spurenelementen festgestellt. Vor allem die Selen- und Kupfermengen in Leber, Nieren und den Mitochondrien waren deutlich erhöht. Sie weisen auf einen Abwehrmechanismus gegen oxidativen Stress hin. Die Ergebnisse in der Gruppe ohne Stress variierten zwischen den einzelnen Spurenelementen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass durch den Einsatz von Huminsäuren die Nutzung der Spurenelemente im Tierkörper verbessert wird. Allerdings wird von der Fütterung von Huminsäuren über einen längeren Zeitraum abgeraten, da es zu einer Eisenanreicherung und Verringerung der Selenmenge führt (Seidel und Mehrl 2021).

Zur Anreicherung von Zink im Tierkörper wurde nur eine Studie gefunden. Zink fördert das Wachstum und stärkt das Immunsystem der Tiere. Da es bei Mangel Probleme bei Wachstum, Gefieder und Hormonen geben kann, wird es oft zugefüttert. Aufgrund der geringen Versuchsdauer von nur zehn Tagen konnte keine konkrete Aussage getroffen werden. Tendenziell war eine Steigerung von Zink in Leber, Nieren und Muskelgewebe erkennbar (Herzig et al. 2009) (Seidel und Mehrl 2021).

4.2.1.5 Parameter des Schlachtkörpers

Anhand verschiedener Parameter, wie Schlachtkörperausbeute, Brustfleischanteil oder Fleischfärbung wird die Qualität von Masthühnern beurteilt. Auch hier können Einflüsse durch die Fütterung von Huminstoffen festgestellt werden (Tabelle 12).

Tabelle 12: Parameter und Ergebnisse des Schlachtkörpers von Masthühnern, abgeändert nach Seidel und Mehrl (2021)

Autor	Schlachtkörper-Ausbeute	Schlachtkörper-Gewicht	Brustfleisch-Ausbeute	Oberschenkel-Ausbeute	Fettanteil	Proteinanteil	Färbung des Fleisches	Gewicht essbarer Innereien
Semjon et al. (2020)	→		↑	↑	↓	↑	↑*	
Jad'uttová et al. (2019)	↑*	↑*	↑	↑				
Arpášová et al. (2018)	↑*			↑				→
Ozturk et al. (2014)		↑*					↑ röter	
Ozturk et al. (2012)		↑				↓	↑ heller	→
Ozturk et al. (2010)		↓↑			↑	↓*	↑ heller	→
Aksu (2009)		→						
Zeichenerklärung								
↑	steigt linear (p<0,05)		↑↓	Kein eindeutiges Ergebnis				
↓	sinkt linear (p<0,05)		*	p [0,05; 0,1] Trend				
→	keine Veränderung (p>0,1)		-	Keine Erhebung des Parameters				

Die Studien, welche sich mit diesen Parametern beschäftigten, verwendeten unterschiedliche Dosierungen. Bei Betrachtung der Ausschachtung konnten Arpášová et al. (2018) und Jad'uttová et al. (2019) im Gegensatz zu Semjon et al. (2020) tendenzielle Veränderungen feststellen. Die festgestellten Steigerungen waren linear zur eingesetzten Menge an Huminstoff. (Seidel und Mehrl 2021).

Beim Schlachtgewicht ergaben sich durch die Zufuhr von Huminsäuren teils signifikante Steigerungen (Ozturk et al. 2014; Jad'uttová et al. 2019), bei Ozturk et al. (2010) eine tendenzielle Steigerung durch 1,5 mg Huminsäuren/ kg Futter.

Ozturk et al. (2012) stellten je nach Dosierung verschiedene Ergebnisse fest. Nur bei Aksu und Bozkurt (2009) ergaben sich keine signifikanten Veränderungen (Seidel und Mehrl 2021). Neben der gesamten Ausschlagung wurden die Anteile der Teilstücke Brust- und Schenkelfleisch ermittelt. Dabei ergaben sich jeweils signifikante Effekte.

Arpášová et al. (2018) erhielten die besten Ergebnisse für den Oberschenkelfleischanteil bei Fütterung von 2 g Huminsäuren/ kg Futter. Jačuttová et al. (2019) konnten bei Zugabe von 10 g Huminsäuren/ kg Futter und von Semjon et al. (2020) bei 8 g Huminsäuren/ kg Futter die höchsten Anteile an Brust- und Schenkelfleisch feststellen (Seidel und Mehrl 2021).

In den Studien von Ozturk et al. (2010) und Semjon et al. (2020) wurde der Fettanteil untersucht. Dabei konnten Ozturk et al. (2010) eine signifikante Steigerung und Semjon et al. (2020; Ozturk et al.) eine Senkung des Fettanteils in Oberschenkel- und Brustfleisch dokumentieren. Auch beim Proteinanteil ergaben sich abweichende Ergebnisse. Während Ozturk et al. (2010) und Ozturk et al. (2012) von einer Senkung des Proteinanteils berichten, geben Semjon et al. (2020) eine Steigerung an (Seidel und Mehrl 2021).

Das Brustfleisch erhält durch die Zufütterung von Huminsäuren laut Ozturk et al. (2010), Ozturk et al. (2012) und Ozturk et al. (2014) eine hellere und weniger gelbe Färbung. Bei Betrachtung der Fleischfarbe der Oberschenkel stellten Ozturk et al. (2014) eine röttere Färbung fest, je mehr Huminsäuren gefüttert wurden. Der Trockenmasseanteil, der Phosphatanteil und das Gewicht der essbaren Innereien änderten sich nicht signifikant durch die Zugabe von Huminstoffen (Seidel und Mehrl 2021).

4.2.2 Legehennen

Vier Publikationen wurden zum Einsatz von Huminstoffen in der Legehennenhaltung gefunden. Dabei wurden die Parameter Legeleistung, Ei-Gewicht und Ei-Masse sowie Schalendicke, Bruchfestigkeit des Eis, Eigelbfarbe, Eigelbgewicht und Cholesteringehalt im Eigelb begutachtet (Seidel und Mehrl 2021). In Tabelle 13 sind alle Parameter dargestellt, welche mindestens in zwei Studien erhoben wurden.

Tabelle 13: Parameter und Ergebnisse in der Legehennenhaltung, abgeändert nach Seidel und Mehrl (2021)

Autor	Legeleistung	Ei-Gewicht	Ei-Masse	Schalendicke	Bruchfestigkeit des Eis	Eigelbfarbe
Arafat et al. (2015)	↑	↑	↑			dunkler
Ergin et al. (2009)	↑*	↑*	↑*	↓*		
Yalçın et al. (2006)	↑*			→	→	
Kucukersan et al. (2005)	↑*		↑*	→	→	→
Zeichenerklärung						
↑	steigt linear (p<0,05)		*	p [0,05; 0,1] Trend		
↓	sinkt linear (p<0,05)		-	Keine Erhebung des Parameters		
→	keine Veränderung (p>0,1)					

Die Legeleistung der Tiere konnte in jedem der vier Versuche zumindest tendenziell gesteigert werden, bei Arafat et al. (2015) sogar signifikant. Auch bei Ei-Gewicht und Ei-Masse konnten Arafat et al. (2015) signifikante Zunahmen durch die Verabreichung von Huminsäuren feststellen. Ergin et al. (2009) stellten für die beiden Parameter und Kucukersan et al. (2005) nur für die Ei-Masse tendenzielle Steigerungen fest (Seidel und Mehrl 2021). Besonders gut schnitten die Hühner in der Gruppe mit 6,0 mg Huminsäuren/ kg Körpergewicht ab. Es wurden dabei eine fast zehn Prozentpunkte höhere Legeleistung und eine über sieben Prozentpunkte höhere Eimasse erreicht. Weiter stieg die Futteraufnahme und eine geringere Mortalität konnte erreicht werden (Arafat et al. 2015).

Die Schalendicke nahm bei Ergin et al. (2009) tendenziell ab, was von Kucukersan et al. (2005) und Yalçın et al. (2006) nicht bestätigt werden konnte. Keine Veränderungen gab es nach dem Zusatz von Huminstoffen für die Bruchfestigkeit des Eis und das Eigelbgewicht. Bei der Eigelbfarbe konnten Arafat et al. (2015) eine signifikant dunklere Farbe feststellen. Yalçın et al. (2006) untersuchten den Cholesteringehalt im Eigelb und maßen dabei eine Reduktion (Seidel und Mehrl 2021).

4.3 Ergebnisse im Schweinebereich

Im Bereich der Schweinehaltung werden präventive Maßnahmen zur Gesunderhaltung der Tiere gesucht, um den Antibiotikaeinsatz zu verringern. Huminstoffe wie Leonardit könnten mit ihrer antibakteriellen und antiviralen Wirkung helfen, die Tiere vitaler und gesünder zu machen. Leonardit hat dabei einem hohen Anteil an Huminsäuren. Vor allem in der Zeit nach dem Absetzen von Ferkeln besteht ein hohes Risiko für Durchfall und Infektionen. In den meisten der gefundenen Studien wurde dieser Zeitraum betrachtet. Ziel war es, in der Regel, die Tiere hinsichtlich ihres Immunsystems und ihrer Gesundheit zu untersuchen (Seidel und Mehrl 2021).

In allen gefundenen Versuchen handelt es sich um wachsende Tiere, meist im Absetzalter von etwa 28 Tagen. Die Ferkel waren in Gruppenbuchten untergebracht, außer im Versuch von Büsing (2001). Die gesammelten Versuchsaufbauten finden sich in Tabelle 14.

Tabelle 14: Versuchsaufbau der Studien zum Einsatz von Huminstoffen in der Schweinehaltung, eigene Darstellung nach Seidel und Mehrl (2021)

Autor	Anzahl Versuchstiere	Anzahl Versuchgruppen	Versuchsdauer in Tagen	Huminstoff-Anteil in der Fütteration in den Versuchgruppen (jeweils eine Kontrollgruppe ohne Zusatz von Huminstoffen)	Alter der Tiere zu Versuchsbeginn in Tagen
Dell'Anno et al. (2020)	120	12	40	2,5 g*/ kg TM	28 ± 2
Trckova et al. (2018)	45	3	21	20 g*/ kg TM	28
Mader (2017)	160	4	91	2 von 5 Futtermischungen mit Huminsäuren: 2,5 % Torf, 5 % Torf	>40 (nach Absetzen)
Ponce et al. (2016)	150	3	49	2 g**/ Tier und Tag, 4 g**/ Tier und Tag	21
Wang et al. (2007)	48	4	56	50 g/ kg TM, 100 g/ kg TM	105
Ji et al. (2006)	516	5	Keine Angabe	Versuch 1: 5 g/ kg; 1 g/ kg TM; Versuch 2, 3 & 5: zwei Gruppen 5 g/ kg TM; Versuch 4: 5 g/ kg TM	Versuch 1: 21,3 ± 0,3 Versuch 2: 25,4 ± 0,2 Versuch 3: 23,6 ± 0,3 Versuch 4: 22,1 ± 0,2 Versuch 5: 20,9 ± 0,3
Büsing (2001)	18	3	Versuch 1: 35; Versuch 2: 12	Versuch 1: 0; 4 g**/ kg Futter; 12 g**/ kg Futter; Versuch 2: 0; 10 g Dysticum/ kg Futter	30

* Leonardit

** Gehalt an Huminsäuren

Neben dem in Tabelle 14 dargestellten Aufbau der Versuche findet sich eine Zusammenfassung der Ergebnisse in Tabelle 15. Es werden dabei nur Parameter dargestellt, die in mindestens zwei Studien erhoben wurden und somit einen Vergleich erlauben.

Tabelle 15: Parameter und Ergebnisse im Schweinebereich abgeändert nach Seidel und Mehrl (2021)

Autor	Tages- zu- nahme	Fut- terauf- nahme	Futter- verwer- tung	Darmge- sundheit	Immun- system	Blut- werte	Fettsäu- reprofil im Blut	Umgang mit oxi- dativem Stress
Dell'Anno et al. (2020)	↑	↑	→	↑*		↑	→	↑*
Trckova et al. (2018)	↑	↑	↓*	↑		↑	↑	↑
Mader (2017)	→	→	↓	→				
Ponce et al. (2016)	→	→	→		↑			
Wang et al. (2008)				↑*				
Ji et al. (2006)	↑*	↑*	↑*		↑			
Büsing (2001)				↑	↑*			
Zeichenerklärung								
↑	steigt linear (p<0,05)		*	p [0,05; 0,1] Trend				
↓	sinkt linear (p<0,05)		-	Keine Erhebung des Parameters				
→	keine Veränderung (p>0,1)							

Seidel und Mehrl (2021) fanden in ihrer Literaturrecherche heraus, dass Huminstoffe in der Tierernährung unbedenklich sind. Nach ihrem Einsatz können keine unerwünschten Wechselwirkungen oder Rückstände nachgewiesen werden, was Huminstoffe ohne Wartezeit einsetzbar macht. Auch für die Schweinehaltung werden die antibakterielle, immunstimulierende und entzündungshemmende Wirkung als positiv erachtet. Neben der Verbesserung der Gesundheit sind auch höhere Wachstumsleistungen zu erwarten (Seidel und Mehrl 2021).

4.3.1 Leistung und Fleischqualität

Eine Verbesserung der Tageszunahmen ist in mehreren Studien erkennbar. Die Steigerung durch den Einsatz von Huminsäuren kann bis zu 22% betragen. In den Untersuchungen von Dell'Anno et al. (2020) konnten 100 g höhere Tageszunahmen in der Gruppe festgestellt werden, die Leonardit erhielten. Zudem fraßen die Tiere in den ersten Tagen des Versuchs im Schnitt über 150 g mehr Futter pro Tag. Die Futterverwertung veränderte sich dabei nicht signifikant. Die besten Ergebnisse wurden in der Gruppe mit 2,5 g Leonardit/ kg Futter erreicht. Auch Trckova et al. (2018) erkannte diese positiven Effekte unter dem Einsatz von Leonardit. Nur die Futterverwertung sank bei ihnen signifikant (Seidel und Mehrl 2021). Auffällig sind hierbei allerdings die niedrigen Zunahmen der Kontrollgruppe, welche nicht näher begründet werden.

Eine Dosierung von 5 g Huminsäuren/ kg Futter schlagen Ji et al. (2006) vor. Sie erreichten damit knapp 100 Gramm höhere Futteraufnahmen als in der Kontrollgruppe.

Bei einer höheren Dosierung von 10 g Huminsäuren/ kg Futter kam es zu negativen Ergebnissen.

Doch die Ergebnisse des ersten Versuchs von Ji et al. (2006) weichen davon ab. Dabei waren die besten Leistungen in der Kontrollgruppe festzustellen. In einem weiteren Versuch von Ji et al. (2006) wurden die Geschlechter miteinander verglichen. Es kam sowohl bei den weiblichen Tieren als auch bei den männlichen Kastraten zu einer Steigerung der Leistung durch die Huminstoff-Zugabe. Gegen diese Ergebnisse sprechen die zwei Studien von Ponce et al. (2016) und Mader (2017) bei denen keine signifikanten Veränderungen auftraten (Seidel und Mehrl 2021). Besonders berücksichtigt sollten im Hinblick auf das Thema dieser Arbeit die beiden zuerst genannten Arbeiten werden, da dort Leonardit als Huminsäurenquelle verwendet wurde.

Die Fleischqualität wurde nur von Wang et al. (2008) genauer erforscht. Dabei erkannten sie eine geringere Rückenspeckdicke je mehr Huminsäuren eingesetzt wurden. Seidel und Mehrl (2021) gehen deshalb davon aus, dass durch den Zusatz von Huminsäuren der Magerfleischanteil erhöht werden kann. Weiter konnte mit Hilfe einer Farbgruppeneinteilung eine signifikant rötere Fleischfärbung festgestellt werden. Marmorierung und Festigkeit des Fleisches konnten auch verbessert werden. Eine genaue Aussage zur Dosierung für die Verbesserung der Fleischqualität bei älteren Tieren ab 105 Tagen kann aufgrund fehlender Vergleiche und schwankender Ergebnisse nicht getroffen werden (Seidel und Mehrl 2021).

4.3.2 Wirkung von Huminsäuren auf die Gesundheit

4.3.2.1 Darmgesundheit

Durch die Fütterung von Huminstoffen werden weniger Schadstoffe im Darm resorbiert. Diese Eigenschaft kann vor allem für den Zeitraum des Absetzens von Ferkeln genutzt werden, um Durchfallerkrankungen zu vermindern. Dabei schützen die Huminstoffe den Darm durch die Auslösung der kolloiden Schutzwirkung am Darmepithel. Der Darm wird durch diese Schutzschicht vor Infektionserregern geschützt, verändert dabei aber nicht seinen pH-Wert. Zugleich kann durch Huminstoffe die Nährstoffaufnahme gefördert werden (Seidel und Mehrl 2021).

Trckova et al. (2018) konnten in ihrem Versuch feststellen, dass die Ferkel durch den Einsatz von Leonardit signifikant weniger oft an Durchfall erkrankten. Zudem waren die Verläufe der Durchfallerkrankungen milder. Auch Mader (2017) konnte eine signifikante Verringerung der Erkrankungen im Bereich des Magen-Darm-Trakts nachweisen. Darüber hinaus berichtet Büsing (2001) von einer Verbesserung des Zustands der Darmzotten nach der Fütterung mit Huminsäuren. Die besten Ergebnisse wurden dabei mit 12 g Huminsäure/ kg Futter erreicht (Seidel und Mehrl 2021).

4.3.2.2 Immunsystem

Im Versuch von Wang et al. (2008) konnte die Zahl der Lymphozyten bei Ferkeln durch die Fütterung eines Huminstoffs signifikant erhöht werden. Sie berichten von einer Steigerung um 3,4 Prozentpunkte bei der Kontrollgruppe und 25,4 Prozentpunkte bei der Ferkelgruppe mit dem höchsten Huminstoff-Gehalt im Futter. Dabei wurden Werte von 52,4 % in der Kontrollgruppe und 70,4 % in der Gruppe mit Huminstoff erreicht.

Laut der Literaturrecherche von Seidel und Mehrl (2021) sind Werte zwischen 49 und 85 % als gut zu erachten. So wird darauf geschlossen, dass durch den Einsatz von Huminstoffen das Immunsystem gestärkt werden kann. Huminstoffe haben die Fähigkeit komplexe Saccharide im Tierkörper zu bilden, welche zur Veränderung des intrazellulären Zusammenspiels führen. Dies stärkt das Immunsystem (Seidel und Mehrl 2021). Nach Seidel und Mehrl (2021) war eine Verbesserung des Immunsystems bei Büsing (2001), Ji et al. (2006) und Ponce et al. (2016) erkennbar.

Neben der Stärkung des Immunsystems im Inneren wird auch auf die verbesserte Wundheilung hingewiesen. Das von Huminsäuren gestärkte Immunsystem reagiert mit einer schnelleren Bildung von Gewebe und kann Wunden schneller schließen. Sogar chronische Wunden können heilen (Seidel und Mehrl 2021).

Die Schwächung von Krankheitserregern wie E. coli-Bakterien oder Staphylococcus Aureus kann mit Hilfe der Fütterung von Huminsäuren erreicht werden. Durch die erhöhte Resorption im Darm können Viren und bakterielle Erreger schneller getötet werden. Huminstoffe greifen in intrazelluläre Stoffwechselforgänge ein und behindern sie. Diese wären für den Eintritt von Viren in die Zellen notwendig (Seidel und Mehrl 2021). Bezüglich des Immunsystems gab es keine Ergebnisse zum Einsatz von Leonardit.

4.3.2.3 Blutwerte, Fettsäureprofil und Umgang mit oxidativem Stress

Seidel und Mehrl (2021) stellten mit Hilfe der Studien von Trckova et al. (2018) und Dell'Anno et al. (2020) fest, dass sich die Gabe von Leonardit nicht negativ auf die Gesundheit der Tiere auswirkt. In beiden Studien wurden höhere Spurenelementanteile im Blut nachgewiesen. Begründet wird dies mit der Wirkung von Huminsäuren als Chelatoren, was die Aufnahme der Stoffe in die Zellen verbessert. Weiter konnte ein erhöhtes Vorkommen von alkalischer Leukozytenphosphatase erkannt werden. Dieser Stoff ist entscheidender Bestandteil bei der Knochenbildung, also gerade bei Ferkeln sehr positiv zu bewerten. Trckova et al. (2018) fanden erhöhte Hämatokrit- und Hämoglobinwerte im Blut nach der Fütterung von Leonardit. Als Indikatoren für die Eisenversorgung sind diese Ergebnisse besonders gut zu bewerten (Seidel und Mehrl 2021).

Im Versuch von Trckova et al. (2018) waren Huminstoffe bzw. Leonardit in der Lage den Anteil an Omega-6-Fettsäuren zu senken und den Anteil der Omega-3-Fettsäuren im Blut zu steigern. Im Allgemeinen konnten in den Tiergruppen mit Huminstoffen mehr gesättigte Fettsäuren festgestellt werden. Beim Fettsäureprofil erkannten Dell'Anno et al. (2020) keine Veränderungen.

Dell'Anno et al. (2020) konnten dagegen ein erhöhtes Vorkommen von High density Lipoproteinen nachweisen. Dieses Protein senkt den Cholesterinspiegel und schützt so die Blutgefäße (Seidel und Mehrl 2021).

Zwei Studien untersuchten den Umgang der Tiere mit oxidativem Stress und Einfluss von Huminstoffen. Nach Seidel und Mehrl (2021) ist diese Art von Stress sehr gefährlich. Huminstoffe sollen die Fähigkeit haben den oxidativen Stress zu hemmen und die Bildung freier Radikale zu verringern.

Durch erhöhte Magnesiumgehalte im Blut der Ferkel nach der Fütterung von Leonardit konnten Dell'Anno et al. (2020) beweisen, dass Huminstoffe sich positiv auf das Stresslevel auswirken. Das liegt an der Eigenschaft von Magnesium als enzymatischer Cofaktor zu wirken. Damit wird die Ausscheidung von Katecholaminen sowie verschiedenen Hormonen beschleunigt, welche bei erhöhtem Stresslevel entstehen. Es ist wichtig, genügend Magnesium im Blut vorzufinden, da dieses mit ausgeschieden wird und in Folge dessen ein Mangel auftreten kann (Seidel und Mehrl 2021).

4.3.3 Wohlbefinden der Tiere und Tierwohl

Seidel und Mehrl (2021) sprechen sich dafür aus, in der ökologischen Tierhaltung Huminstoffe als Wühlmaterial einzusetzen. Dies ist im Gegensatz zum Einsatz in der Fütterung schon erlaubt. Neben der Ausübung des natürlichen Wühlbedürfnisses bieten Huminstoffe auch einen Wert für die Tiergesundheit. Verglichen mit anderen Beschäftigungsmaterialien haben Huminstoffe eine positive Wirkung auf die Darmflora und können zur Durchfallprophylaxe eingesetzt werden. Insgesamt können durch die Befriedigung des Wühlbedürfnisses geringere Aggressivität zwischen den Tieren und weniger Kannibalismus beobachtet werden. Dazu wird aufgrund des erdigen Geruchs von Huminstoffen eine hohe Akzeptanz erwartet (Seidel und Mehrl 2021).

4.3.4 Umweltauswirkungen

In zwei Versuchen untersuchten Ji et al. (2006) die Veränderung der Ammoniakemissionen von Ferkeln. Dafür wurden die Tiere jeweils für 48 Stunden in gasdichte Kammern gesperrt, wobei in den letzten 24 Stunden die Ammoniakkonzentration gemessen wurde. Der Unterschied zwischen den Versuchen lag im Absetzalter der Ferkel und der Rationszusammensetzung. Durch die Fütterung von 5 g Huminsäuren/ kg Futter konnten niedrigere Ergebnisse erzielt werden als in der Kontrolle. Bei der Betrachtung von vier Gruppen mit unterschiedlichen Futterration blieb der Anteil an Huminsäuren unverändert. Somit ist ein Einfluss der anderen Rationskomponenten auf die Ammoniakausgasung zu erwarten. Ponce et al. (2016) berichteten in Folge des Einsatzes von Huminsäuren von einer Steigerung der Stickstoffverdaulichkeit. Weiter wurde die Ausgasung von Ammoniak tendenziell reduziert (Seidel und Mehrl 2021).

5 Diskussion

5.1 Diskussion für den Rinderbereich

Die Studien beschäftigen sich mit vielen verschiedenen Parametern. Einige dieser Parameter wurden jeweils nur in einem Versuch erhoben. Somit fehlen Vergleichbarkeit und Absicherung. Oftmals sind die Ergebnisse der Studien unterschiedlich oder sogar widersprüchlich. Es ist zu beachten, dass die Studien von McMurphy et al. (2009), McMurphy et al. (2011) und Potůčková und Kouřimská (2017) Gruppengrößen zwischen 4 und 6 Tieren aufweisen. Dies schmälert die Aussagekraft dieser Studien. Zum Versuch von Sheng et al. (2017) ist festzuhalten, dass der betrachtete Zeitraum mit nur 48 Stunden sehr kurz ist. Terry et al. (2018a) werten daher dessen Bedeutung ab.

5.1.1 Futteraufnahme und -verwertung

In drei von zwölf Studien wurden Unterschiede in der Trockenmasseaufnahme gefunden. Die Unterschiede können nicht auf die Veränderung des Geschmacks der Fütterration nach Zugabe von Huminstoffen zurückgeführt werden (McMurphy et al. 2011). Dennoch finden sich bei Cusack (2008), McMurphy et al. (2011) und Yüca und Gül (2020) erhöhte Trockenmasseaufnahmen bei Fütterung von Huminstoffen. Unterschiede bei Fütterung, Tierart, Beprobungs- und Anpassungszeit sowie Herkunft der Huminstoffe sind ausschlaggebend für die Abweichungen in den Ergebnissen. Ebenso verhält es sich mit der Trockenmasseverdaulichkeit (Hassan et al. 2020; Yüca und Gül 2020). Cusack (2008) geht von lokalen Effekten der Huminstoffe auf die Fermentation im Pansen aus, welche die Trockenmasseverdaulichkeit erhöhen. Durch die Eigenschaften als schwache Säuren und organische Kolloide können die Humin- und Fulvosäuren Spurenelemente adsorbieren. Diese werden im Dünndarm wieder freigesetzt und führen zu erhöhten Tageszunahmen und verbesserter Futtermittelnutzung (Cusack 2008).

Werden die Studien mit hoher Aussagekraft betrachtet, so ist es möglich, die Parameter der Futteraufnahme und -verwertung mit Huminstoffen positiv zu beeinflussen. Eine Wirkung von Leonardit auf die Trockenmasseaufnahme bei Milchkühen ist in Hinblick auf die Ergebnisse von Yüca und Gül (2020) wahrscheinlich und zu prüfen. Durch eine erhöhte Trockenmasseaufnahme könnte die Milchleistung gesteigert werden.

5.1.2 Parameter im Blut

Es ergeben sich für die Rinder entweder gleichbleibende oder sinkende Blutharnstoffkonzentrationen (McMurphy et al. 2009; McMurphy et al. 2011; Hassan et al. 2020). Der Blutharnstoffgehalt ist zum Teil abhängig vom Rumino-Hepatischen-Kreislauf. Wird Eiweiß von Pansenmikroben verdaut, entsteht im Pansen unter anderem Ammoniak. Ist ausreichend Energie vorhanden, kann daraus wieder Mikrobenprotein gebildet werden. Kann der Ammoniak nicht umgesetzt werden, muss er von der Leber zu Harnstoff entgiftet werden (Loeffler 1983).

Bei sinkendem Harnstoffgehalt im Blut könnte auf eine bessere Verfügbarkeit von Energie durch Huminstoffe im Pansen geschlossen werden, da Huminstoffe nach McMurphy et al. (2011) keinen Ammoniak binden. Allerdings gibt nur die Studie von Hassan et al. (2020) ein quadratisches Sinken bei Fütterung von einem Prozent Huminstoffen und aussagekräftiger Gruppengröße an. Somit lässt sich zur Wirkung von Huminstoffen auf die Blutharnstoffkonzentration keine klare Aussage treffen.

Die Mobilisierung von Kalzium post partum wurde beim Versuch von Yüca und Gül (2020) durch die Zugabe von Huminstoffen verbessert (Yüca und Gül 2020). Wird in der Trockensteherfütterung nicht auf eine kalziumarme Ernährung der Kühe geachtet, besteht eine erhöhte Gefahr der Gebärparese. Durch die kalziumarme Fütterung soll die Fähigkeit der Mobilisierung von Kalzium bei trockenstehenden Rindern gefördert werden (Spiekers et al. 2009). Im Hinblick auf die Ergebnisse von Yüca und Gül (2020) könnte auch der Einsatz von Leonardit eine verbesserte Mobilisierung von Kalzium bewirken und damit das Risiko einer Gebärparese senken.

Nur Yüca und Gül (2020) fanden nach der Fütterung von Huminstoffen niedrigere Betahydroxy-Buttersäuren- und nicht veresterte Fettsäuren-Konzentrationen. Diese zeigen im Blut eine negative Energiebilanz an und können (Oikonomou et al. 2008) die Futtermittelaufnahme fördern (Richeson et al. 2015). Huminstoffe könnten so zu einer Entspannung im Energiestoffwechsel post partum führen durch die erhöhte Trockenmasseaufnahme die Milchleistung steigern (Yüca und Gül 2020)

Die gestiegene Eisenkonzentration im Blut könnte durch die Verbesserung der Permeabilität der Zellwände durch Huminsäuren resultieren. Zudem können Huminsäuren als Chelatoren wirken und so die Eisenbindungskapazität des Blutes erhöhen (Cagin et al. 2016; Schümann et al. 2014). Allerdings kommt Eisenmangel bei ausgewachsenen Rindern kaum vor (Spiekers et al. 2009), wodurch dieser Parameter an Bedeutung verliert.

5.1.3 Pansen

Die Studie von Terry et al. (2018a) ergab eine lineare Reduktion der Ammoniakkonzentration im Pansen. Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen berichten Terry et al. (2018b) von einem quadratischen Effekt auf die Steigerung der Ammoniakkonzentration im Pansen. Es wird darauf verwiesen, dass es die Erste in vivo Studie zu diesem Parameter ist. Terry et al. (2018a) beschreiben Ammoniak nach Koenig et al. (2000) und Bach et al. (2005) als Produkt des Proteinabbaus im Pansen. Laut Váradyová et al. (2009) kann die mikrobielle Synthese und der von Mikroorganismen aufgenommene Stickstoff durch Zugabe von Huminstoffen erhöht werden. Eine Verringerung der Ammoniakkonzentration im Pansen könnte somit auf eine verbesserte Effizienz der mikrobiellen Proteinsynthese hindeuten.

Die Ergebnisse von Hassan et al. (2020) zeigen eine reduzierte Ammoniakkonzentration im Pansen abhängig von der Dosierung der Huminstoffe. Die Begründung dafür sehen Hassan et al. (2020) im Zusammenhang mit weniger Protozoen im Pansen.

Es wird davon ausgegangen, dass Huminstoffe die Protozoen reduzieren, welche die Pansenmikroben fressen können (Degirmencioglu 2014).

Darüber hinaus sind die Hemmung der Urease-Aktivität und die damit verbundene verringerte Löslichkeit von Stickstoff (Ji et al. 2006) sowie die Änderung der mikrobiellen Zusammensetzung ausschlaggebend (El-Zaiat et al. 2018). Huminstoffe haben eine antimikrobielle Wirkung, welche sich ebenfalls auf den Rückgang der Ammoniakkonzentration im Pansen ausgewirkt haben könnte (Degirmencioglu 2014).

Eine konkrete Aussage zur Ammoniakkonzentration im Pansen nach der Fütterung von Huminstoffen kann anhand der vorhandenen Studien nicht getroffen werden. Es bleibt zu vermuten, dass dabei die Herkunft der Huminstoffe und deren Dosierung entscheidende Faktoren darstellen.

Eine klare Aussage über die Veränderungen der Konzentration einzelner kurzkettiger Fettsäuren beim Einsatz von Huminstoffen ergibt sich nicht. Neben abweichenden Ergebnissen zwischen den Studien ergaben sich auch innerhalb der Versuche Schwankungen.

5.1.4 Parameter der Verdauung

Die Effizienz der Synthese von Mikrobenprotein kann durch die Fütterung von Huminstoffen verbessert werden (Sheng et al. 2017). Zum gleichen Schluss kamen Váradyová et al. (2009). Sie gehen davon aus, dass der Zusatz von Huminstoffen die Butyrat-Produzenten, wie Pansenciliaten fördert. Durch das erhöhte Vorkommen von Butyrat-Produzenten im Pansen könnte die mikrobielle Synthese und der Energieertrag aus dem Futter in Form von Mikrobenprotein gesteigert werden (Váradyová et al. 2009). Zu beachten ist, dass die Studien von Váradyová et al. (2009) und Sheng et al. (2017) *in vitro* Studien mit kurzer Laufzeit sind und dieser Parameter in keiner *in vivo* Studie bei Rindern erhoben wurde. Allerdings wird eine erhöhte mikrobielle Aktivität nach der Fütterung von Huminstoffen aufgrund der Verbesserung anderer Parameter vermutet.

Hassan et al. (2020) verweisen als Grund für die tendenzielle lineare Steigerung der Faserverdaulichkeit auf die vermehrte mikrobielle Aktivität im Pansen. Ebenso könnte die erhöhte Stärkeverdaulichkeit (Sheng et al. 2017; Terry et al. 2018b) nach dem Einsatz von Huminstoffen aus der gesteigerten Aktivität der Pansenmikroben resultieren. Dies ist aber nicht genauer belegt.

Huminstoffe haben die Fähigkeit Stickstoff zu binden, wodurch die Stickstoffausscheidung reduziert und die Rohproteinverdaulichkeit verbessert wird. Zudem können Huminstoffe Oxidations- und Stoffwechselaktivitäten der Zellmembranen anregen, was die Effizienz der Rohproteinabsorption verbessert (El-Zaiat et al. 2018). Von diesem Effekt berichten Hassan et al. (2020) und Terry et al. (2018b). Terry et al. (2018b) stellten trotz erhöhter Stickstoffaufnahme eine verminderte Stickstoffexkretion fest, was auf eine gesteigerte Rohproteinverdaulichkeit hinweist. Auch sie beziehen sich dabei auf die Bindungsfähigkeit von Huminstoffen (Shi et al. 2001; Terry et al. 2018b).

Es ist zu erwarten, dass Huminstoffe die Stickstoffverdaulichkeit erhöhen können und somit weniger Stickstoff ausgeschieden wird. Dies hat einerseits positive Einflüsse auf die Umwelt, andererseits könnten durch die erhöhte Effizienz Futterkosten eingespart werden.

Als Kennwert für die Verdaulichkeit kann die Gasproduktion verwendet werden. Für Wiederkäuer kommt es bei einer höheren Gasproduktion zu vermehrtem Futterabbau und zu mehr umsetzbarer Energie (Menke et al. 1979). Bei Rindern ist nach Terry et al. (2018a) keine Veränderung der Gasproduktion zu erwarten.

Wie schon bei anderen Parametern, konnten die Ergebnisse der *in vitro* Studie von Sheng et al. (2017) nicht belegt werden. Obwohl auch Martinez et al. (2013) Huminstoffe als zentralen Elektronenakzeptor beschreibt, konnten Terry et al. (2018a) keine Veränderung der Methanemissionen feststellen. Entsprechend des Einflusses auf die Gasproduktion wirken die verschiedenen Huminstoffe unterschiedlich auf die Methanproduktion ein (Islam et al. 2005).

Laut Terry et al. (2018a) benutzten sie in ihrem Versuch Huminstoffe gleicher Herkunft wie Sheng et al. (2017). Als Grund für die abweichenden Ergebnisse nennen Terry et al. (2018a) die unterschiedlichen *in vitro* Methoden. Durch die längere Dauer des Versuchs mit der RUSITEC (Terry et al. 2018a) gegenüber den *in vitro* batch cultures (Sheng et al. 2017) könne sich die Mikrobiologie des Systems besser anpassen und bessere Ergebnisse liefern (Terry et al. 2018a). Daher wird angenommen, dass die Zugabe von Huminstoffen die Methanemissionen nicht beeinflusst. Diese Feststellung wird untermauert durch die gleichbleibende Häufigkeit der Methanogene in allen Varianten von Terry et al. (2018a).

Der Huminstoff der Kanadischen Humalite International incorporated beeinflusst die Methanogenese, verändert aber nicht die resultierende Menge an Methanemissionen. Zur Wirkung anderer Huminstoffe gibt es keine Studien.

5.1.5 Parameter des Mikrobioms

Terry et al. (2018a) und Terry et al. (2018b) gingen insbesondere auf die Einflüsse von Huminstoffen aufs Mikrobiom ein. Huminstoffe hatten keinen Einfluss auf die Struktur der pansenhaft-assoziierten oder pansenpartikel-assoziierten Mikroben, jedoch konnten Veränderungen im Verhältnis der beiden Gruppen festgestellt werden. Den größten Effekt hatte dabei die Inkubationszeit. Keinen Unterschied gab es zwischen den Huminstoffdosierungen. Die Reduktion der Vielfalt des Mikrobioms *in vitro* könnte von der Empfindlichkeit seltener Ordnungen gegenüber Huminstoffen herrühren (Terry et al. 2018a).

Einen weiteren Einfluss auf die Veränderung der dominierenden Stämme hat die künstliche Umgebung, da diese dort weniger anfällig für Veränderungen sind (Terry et al. 2018a). In anderen Experimenten im RUSITEC ergaben sich abweichende Ergebnisse beim Vorkommen von Bakterienstämmen. Es wird davon ausgegangen, dass die Beobachtungen von Terry et al. (2018a) nicht *in vivo* wiederholbar sind (Terry et al. 2018a).

Huminstoffe wirken intensiv auf die Zusammensetzung der Mikroorganismen im Pansen. Daraus resultieren unterschiedliche Effekte. Zum Beispiel wirken einzelne Stämme auf die Methanogenese oder die Rohproteinverdaulichkeit.

Nachdem es jeweils nur eine *in vitro* und *in vivo* Studie gibt, ist eine konkrete Aussage auf die Einflüsse der Herkunft oder Dosierung der Huminstoffe nicht sinnvoll. Allerdings sind durch die Veränderungen im Mikrobiom sowohl nutritive als auch antinutritive Effekte zu erwarten.

5.1.6 Parameter der Milch

Nach Potůčková und Kouřimská (2017) konnte der Mechanismus des Zusatz von Huminstoffen in der Milchsynthese nicht vollständig beschrieben werden. Aber die positiven Effekte auf den gastrointestinalen Prozess und die Nährstoffaufnahme von Huminstoffen könnten den Eiweiß- und Kaseingehalt der Milch steigern. Dadurch könnten die Eigenschaften der Milch für die Käseproduktion verbessert werden (Potůčková und Kouřimská 2017). Keine andere Studie ging auf den Kaseingehalt der Milch ein.

Auch Hassan et al. (2020) sagen aus, dass die genaue Funktion von Huminstoffen bei der Milchproduktion unklar bleibt. Sie gehen davon aus, dass die höhere Milchleistung aus erhöhter Synthese von Mikrobenprotein entstanden sein könnte (Hassan et al. 2020). Diese These wird gestärkt von Coates et al. (2002), die den Pansen als anaerobe Umgebung beschreiben. Sie vermuten, dass Huminstoffe in dieser Umgebung Wachstum und Vermehrung bei Bakterien steigern. Ebenso konnten Yüca und Gül (2020) bei Milchkühen eine Milchmengensteigerung durch Huminstoffe erreichen. Yüca und Gül (2020) fanden niedrige Betahydroxy-Buttersäuren- und nicht veresterte Fettsäurenkonzentrationen. Diese zeigen im Blut eine negative Energiebilanz an und können (Oikonomou et al. 2008) die Futteraufnahme fördern und dadurch die Milchmenge steigern (Richeson et al. 2015).

Tomassen und Faust (2018) versuchten eine Einschätzung für die Menge von Huminstoffen in der Milchviehfütterung. Für die Steigerung der Milchmenge empfehlen sie 2 g Huminsäuren pro Tag und für die Steigerung des Fettgehalts und der fett- und protein-korrigierten Milch 3 g Huminsäuren pro Tag unter dem Verweis auf das Futtermittel „Lithicin™“ (Tomassen und Faust 2018). Allerdings erreichten die anderen Studien ebenfalls gute Ergebnisse mit Dosierungen von bis zu 150 g Huminstoffen/ Tag. Im Anbetracht der gesicherten Studienlage kann beim Einsatz von Leonardit bzw. Huminstoffen ein positiver Effekt auf die Milchmenge erwartet werden.

Nachdem sich der Acetat-Anteil im Pansen erhöhte, gingen Hassan et al. (2020) zunächst von einem steigenden Fettgehalt in der Milch aus. Dies war allerdings nicht der Fall und wurde von Hassan et al. (2020) mit dem niedrigeren Blut-Cholesterinwert begründet. In der Studie von Yüca und Gül (2020) konnte ein höherer Milchfettgehalt nach Zusatz von Huminstoffen nachgewiesen werden. Eine Veränderung des Milchfettgehalts für Wiederkäuer ist in Abhängigkeit der Fütterungsstrategie, Laktationsdauer, Herkunft und Dosierung zu erwarten (Degirmencioglu 2014), tritt aber nicht gesichert ein.

Könnte durch die Fütterung von Leonardit ein höherer Fettgehalt der Milch erreicht werden, wären für die Landwirte höhere Auszahlungspreise beim Milchgeld denkbar.

Die Zugabe von Huminstoffen hat keinen direkten Effekt auf das Fettsäureprofil der Milch. Es gibt aber einen Zusammenhang über die Reduktion von Protozoen durch Huminstoffe. Mit dieser Reduktion werden auch weniger Öl-, Linol- und Linonelsäuren hydrogeniert (Karnati et al. 2009; Hassan et al. 2020). Da die Protozoen kein direkter Teil der Biohydrogenierung sind, wird davon ausgegangen, dass die reduzierte Biohydrogenierung bei Zusatz von Huminstoffen von einer Veränderung der lipophilen Bakterienpopulation herrührt (Karnati et al. 2009). Durch den Einfluss von Protozoen und Bakterien auf den Prozess der Fettsäuren-Bildung ergeben sich schwankende Ergebnisse (Harfoot und Hazlewood 1997; Hassan et al. 2020).

Hassan et al. (2020) gehen auf den Thrombogenitäts-Index und den Atherogenitäts-Index der Milch ein. Die Verringerung der beiden Indizes ist positiv zu bewerten, da mit ihnen das Risiko einer koronaren Herzkrankheit beim Menschen hervorgesagt werden kann. Allerdings ist der Atherogenitäts-Index nur bei sehr ausgeprägtem Fettkonsum ausschlaggebend (Mensink et al. 2003; Knopp und Retzlaff 2004; Hassan et al. 2020) und muss daher nicht näher betrachtet werden.

Eine positive Wirkung von Huminstoffen wird auf das Kolostrum ausgeübt (Yüca und Gül 2020). Durch die Fütterung von Huminstoffen konnte die Dichte des Kolostrums erhöht werden. Aber auch hier gibt es keine Referenzstudien. Sollte sich die positive Wirkung auch bei reinem Leonardit nachweisen lassen, könnte eine Fütterung in der Trockenstehzeit empfehlenswert sein.

In der Milchkuhfütterung wurden bei Potůčková und Kouřimská (2017) und Yüca und Gül (2020) bereits zum Teil Huminstoffe auf Leonardit-Basis angewendet. Bei Hassan et al. (2020) ergaben sich etwa 2 kg mehr Milchmenge/ Kuh und Tag nach einer Zugabe von 160 g Huminstoffen/ Tag. 3 kg mehr Milchmenge/ Kuh und Tag erreichten Yüca und Gül (2020) durch 150 g Huminstoffe/ Tag. Wird eine ähnliche Wirkung für reines Leonardit angenommen, könnte bei einem Preis von etwa 0,74 €/ kg Leonardit, also etwa 0,11 €/ 150 g und Tag die Fütterung empfohlen werden.

5.1.7 Fleischbeschaffenheit

Bei Betrachtung der Wirkung von Huminstoffen auf Rinder gibt Cusack (2008) an, dass die in der Fütterung einsetzbaren Präparate sehr stark voneinander abweichen. Aus diesem Grund sei eine allgemeine Aussage nicht sinnvoll. Im Fall seiner Untersuchung könnten die Ergebnisse durch einen Komplex aus Spurenelementen und schwachen organischen Säuren entstanden sein. Die Verbesserungen der Leistungen und der Fettfarbe durch Huminstoffe liegen an lokalen Effekten in der Pansen-Fermentation, nicht an systemischen Effekten (Cusack 2008) durch den Einsatz von Huminstoffen.

Mokotedi et al. (2018) berichten von geringerer Scherkraft des Rindfleisches nach der Fütterung von Huminstoffen. Das Fleisch wurde von Mokotedi et al. (2018) auf den Nährwert geprüft.

Dabei wurde festgestellt, dass sich durch den Zusatz von Huminstoffen keine Verschlechterungen bezüglich des Fettsäureprofils und der Atherogenität ergeben (Mokotedi et al. 2018). Genaue Zusammenhänge zwischen Einsatz von Huminstoffen und Fleischbeschaffenheit konnten von Cusack (2008) und Mokotedi et al. (2018) nicht erklärt werden.

Sollen Effekte von bestimmten Huminstoffen auf den Tierkörper von Rindern betrachtet werden, ist dafür gezielte Forschung nötig. Zusammenfassend können geringe Veränderungen bei der Fleischbeschaffenheit festgestellt werden. Diese führen allerdings nicht zu einer nennenswerten Verbesserung oder Verschlechterung der Fleischqualität und somit auch nicht zu besseren Preisen.

5.1.8 Allgemeines

Chirase et al. (2000), Cusack (2008) und Terry et al. (2018a) sagen aus, dass eine Dosierung der jeweils verwendeten Huminstoffe noch nicht festgelegt werden kann. Dagegen sprechen sich McMurphy et al. (2011) für 5 g Huminstoffe/ kg Ration aus, um Trockenmasseaufnahme zu steigern und den Ammoniakkonzentration im Pansen zu senken. Hassan et al. (2020) sehen für Milchkühe bei 5 g Huminstoffe/ kg Ration eine höhere Milchmenge und eine Steigerung der mehrfach ungesättigten Fettsäuren in der Milch. Allerdings sehen sie auch sie weiteren Forschungsbedarf für die Dosierung (Hassan et al. 2020). Eine konkrete Angabe machen auch Yüca und Gül (2020) zur Menge von Huminstoffen. In ihrem Versuch zeigten 75 g Huminstoffe/ Tag, was etwa 3,84 g Huminstoffe/ kg Ration entspricht positive Effekte auf die Dichte des Kolostrums, die Milchmenge, Trockenmasseaufnahme und Parameter im Blut (Yüca und Gül 2020). Problematisch ist jedoch, dass die Inhaltsstoffe der Huminstoffpräparate voneinander abweichen und demnach verschiedene Wirkungen erzielen können (Islam et al. 2005; McMurphy et al. 2011).

Die Firma Gerhard Rösl GmbH & Co. KG (2019) empfiehlt den Einsatz von weniger als 150 g Leonardit/ Tier und Tag in einem Zwei-Wochen-Rhythmus. Das heißt es sollte zwei Wochen am Stück eine Fütterung von Leonardit stattfinden, folgend von einer zweiwöchigen Periode ohne Leonardit. Zu dieser Verfahrensweise gibt es keine wissenschaftlichen Belege. Die bisherigen Studien setzten die Huminstoffe dauerhaft ein. Da für Rinder eine Anpassungszeit an neue Futtermittel sinnvoll ist, sollte auf eine wechselnde Fütterung von Leonardit verzichtet werden. Es bleibt ungeklärt in welcher Dosierung Leonardit für Rinder die beste Wirkung entfalten kann. Grundsätzlich sind allerdings gute nutritive als auch nicht nutritive Wirkungen auf die Tiere nach der Fütterung von Huminstoffen zu erwarten.

5.2 Diskussion für den Geflügelbereich

In der Bachelorarbeit von Seidel und Mehrl (2021) wurden verschiedene Studien zum Einsatz und der Wirkung von Huminstoffen auf Legehennen, Masthühner und deren Fleischqualität gefunden. Unterschiedlich große Gruppen kamen zur Verwendung. Zum Teil wurde eine sehr kurze Versuchsdauer gewählt.

Seidel und Mehrl (2021) merken an, dass es keine Auswertungen zum Einsatz von Huminstoffen in Bezug auf die Ausscheidungen der Tiere gibt. Diese könnten helfen die Futtermittelverwertung besser einzuschätzen und die Effekte auf die Umwelt darzustellen (Seidel und Mehrl 2021).

5.2.1 Masthühner

Zunächst wurden die Leistungen von Huminstoffen für das Immunsystem betrachtet. Dabei stellten Mudroňová et al. (2020) im Gegensatz zu Rath et al. (2006) positive Wirkungen fest. Durch die Betrachtung weniger aussagekräftiger Parameter bei Rath et al. (2006) werten Seidel und Mehrl (2021) die Erkenntnisse von Mudroňová et al. (2020) als wertvoller (Seidel und Mehrl 2021). Mudroňová et al. (2020) setzten in ihrer Studie Huminstoffe aus Leonardit ein. Da ihre Studie aufgrund des Aufbaus als aussagekräftig eingestuft wird, kann davon ausgegangen werden, dass Leonardit mit einer Dosierung von etwa 8 g/ kg Futter eine positive Wirkung auf das Immunsystem von Masthühnern hat.

Einen signifikanten Effekt hatte die Fütterung von Huminstoffen auf die Darmflora der Versuchstiere, unabhängig von ihrer Dosierung. Durch die Steigerung der Milchsäurebakterien kommt es zu einer Absenkung des pH-Werts im Darm und somit zu einer Reduktion von schädlichen Enterobakterien. Nachdem in keiner Arbeit negative Effekte auftraten (Seidel und Mehrl 2021) ist eine Anwendung von Huminstoffen für die Darmgesundheit empfehlenswert. Da Mudroňová et al. (2020) den selben Nachweis beim Einsatz von Leonardit erbrachten, kann es zur Prophylaxe gegen den Befall von Enterobakterien empfohlen werden. Eine Dosierung von 8 g Leonardit/ kg Futter ist dafür ausreichend und hat zudem eine positive Wirkung auf das Immunsystem.

Zur positiven Entwicklung der Darmzotten nach Huminstoff-Fütterung konnten keine vergleichbaren Studien gefunden werden. (Seidel und Mehrl 2021). Ein Effekt auf die Darmzotten durch die Fütterung von Leonardit liegt nahe, müsste aber geprüft werden.

Eine hohe Bewertung wird Huminstoffen im Ersatz für Antibiotika als Wachstumsförderer beigemessen. Bei der Gegenüberstellung der Versuche, welche die Tageszunahmen betrachten fällt auf, dass Rath et al. (2006) als einzige eine Reduktion durch die Zufütterung von Huminsäuren verzeichneten. Dabei wurden im Vergleich die höchsten Dosierungen verwendet. Die Studien mit Anteilen kleiner als 4,5 g Huminsäuren/ kg Futter berichten stets von einer Steigerung der Tageszunahmen. Daher nehmen Seidel und Mehrl (2021) auch für Leonardit eine positive Wirkung an, fordern aber eine eigene Prüfung für die richtige Dosierung (Seidel und Mehrl 2021).

In Bezug auf die positiven Ergebnisse mit 8 g Leonardit/ kg Futter bei Mudroňová et al. (2020), was etwa 5,6 g Huminsäuren/ kg Futter entspricht, wäre zu prüfen, ob mit einer niedrigeren Dosierung ähnliche Ergebnisse für Leistung, Immunsystem und Darmgesundheit erreicht werden können.

Celik et al. (2008) und Taklimi et al. (2012) prüften in ihren Versuchen die Futtermittelaufnahme von Masthühnern. Da die Versuche unter ähnlichen Bedingungen durchgeführt wurden und bei ähnlicher Dosierung unterschiedliche Ergebnisse erbrachten, wird von Seidel und Mehrl (2021) eine Untersuchung des Parameters für Leonardit gefordert. Es wird vermutet, dass die Huminstoff-Herkunft einen Einfluss hat.

Die verbesserte Futtermittelverwertung kann über die Stabilisierung des Magen-Darm-Trakts und der resultierenden Verbesserung der Nährstoffaufnahme erklärt werden (Jad'uttová et al. 2019).

Die gefundenen Studien wurden als aussagekräftig bewertet, weil sie bei unterschiedlich alten Tieren stets positive Ergebnisse erbrachten (Seidel und Mehrl 2021). Somit können Huminstoffe die Nährstoffaufnahme und -Verwertung aus dem Futter verbessern.

Die Vergleichbarkeit der Studien zu den Schlachtkörpergewichten von Aksu und Bozkurt (2009), Ozturk et al. (2010) und Ozturk et al. (2012) stellt eine Schwierigkeit dar, da die Huminstoffe unterschiedlich verabreicht wurden. Somit müsste die Dosierung von Trinkwasser in mg/ l und vom Futter in mg/ kg umgerechnet werden in eine Tagesdosierung. Für ein Tier von 1-14 Tagen, was etwa dem Alter der Versuchstiere entspricht, werden laut Achilles et al. (2017) etwa 0,069 l Wasser/ Tier getrunken und 25 g Futter/ Tag gefressen. Damit ergeben sich laut der Literaturrecherche von Seidel und Mehrl (2021) bei hohen Dosierungen über 4,5 g Huminsäuren/ kg Futter negative Effekte auf die Ausschachtung und das Schlachtkörpergewicht. Bei Berücksichtigung dieser Ergebnisse sollten sich Landwirte eher an die untere Grenze der Dosierungsempfehlung der Gerhard Rösl GmbH & Co. KG (2019) von 5 bis 10 g Leonardit/ kg Futter halten.

Bei der Betrachtung der Brust- und Oberschenkelfleischanteile ergeben sich nach Seidel und Mehrl (2021) positive Effekte durch die Fütterung von Huminsäuren, auch bei höheren Dosierungen. Es wird davon ausgegangen, dass durch die Fähigkeit von Huminstoffen als Chelatoren zu wirken höhere Aufnahmen von Stickstoff resultiert. Dadurch könnte der Proteingehalt im Fleisch gesteigert werden (Semjon et al. 2020).

5.2.2 Fleischqualität

Der Proteinanteil im Fleisch der Tiere verändert sich in einigen Studien. In den sehr aktuellen Untersuchungen von Semjon et al. (2020) ergeben sich nach einer Zufütterung von 8 und 10 g Huminsäuren/ kg Futter signifikante Steigerungen. Bei den niedrigeren Dosierungen von Ozturk et al. (2010) und Ozturk et al. (2012) verändert sich der Proteinanteil nicht oder sinkt. Allerdings gibt es dafür keine stichhaltige Begründung und so folgern Seidel und Mehrl (2021), dass es für eine Einschätzung der Dosierung von Leonardit zunächst einer Untersuchung bedarf (Seidel und Mehrl 2021).

Zu beachten ist, dass hohe Dosierungen für Leistungsparameter zu negativen Ergebnissen geführt haben.

Die Studien zur Anreicherung von Spurenelementen unter Zufütterung von Huminsäuren unterscheiden sich und können deshalb nicht miteinander verglichen werden. Eine Verbesserung der Nutzung von Spurenelementen ist aber aufgrund der Ergebnisse auch für Leonardit möglich. Für die ideale Versorgung mit Zink bietet sich eine kombinierte Fütterung aus Huminstoffen und Zink an. Eine Studie beschäftigte sich mit den Auswirkungen von Stress auf die Spurenelementanreicherung unter Huminstoff-Zugabe. Dabei wurden ebenfalls positive Ergebnisse erzielt (Seidel und Mehrl 2021).

Allerdings wurde eine Anreicherung von Eisen und eine Reduktion von Selen im Tierkörper festgestellt, welche bei längerer Fütterung negative Wirkungen hat (Seidel und Mehrl 2021). Dieses Ergebnis könnte allerdings auch aufgrund einer hohen Dosierung von 6 g Huminsäuren/ kg Futter entstanden sein.

Die Gerhard Rösl GmbH & Co. KG (2019) empfiehlt einen Zwei-Wochen-Rhythmus beim Einsatz von Leonardit, damit könnten diese Effekte verhindert werden. Der Einsatz von Huminstoffen könnte für die Tiere in den ersten Lebensstagen für die Stabilisierung der Gesundheit und einige Tage vor dem Schlachten bzw. stressigen Situationen sinnvoll sein.

5.2.3 Legehennen

Die Legeleistung konnte in allen Studien durch die Zugabe von Huminstoffen meist tendenziell positiv beeinflusst werden. Ebenso verbesserte sich das Ei-Gewicht und die Ei-Masse durch die Fütterung von Huminstoffen. Als Grund für die unterschiedliche Ausprägung der Effekte werden die verschiedenen Dosierungen und die Vorlage über das Trinkwasser bzw. das Futter genannt (Seidel und Mehrl 2021). Im Allgemeinen ist wenig bekannt über die genauen Zusammenhänge von Huminstoffen in der Fütterung von Legehennen. Vermutet wird, dass sie beschleunigenden Einfluss auf den Eiweiß- und Kohlenhydratstoffwechsel der Mikroben nehmen. Dadurch werden schädliche Bakterien und Viren schneller zerstört und es kommt zu besseren Leistungen (Arafat et al. 2015). Bezüglich der Eidotterfarbe könnte die positive Beeinflussung durch Huminsäuren mit dem Alter der Tiere zusammenhängen (Seidel und Mehrl 2021). Im Gesamten ergeben sich bei der Fütterung von Huminstoffen sehr positive Ergebnisse, welche auch im Zusammenhang mit Leonardit eintreten könnten. Wird die Studie von Arafat et al. (2015) näher betrachtet, fällt auf, dass der gefütterte Huminstoff 70 % Huminsäuren enthält. Das entspricht auch der Menge an Huminsäuren im Leonardit. So kann dieser Arbeit eine hohe Relevanz beigemessen werden. Es ergab sich bei einer Fütterung von 6,0 mg Huminsäuren/ kg Körpergewicht beispielsweise eine Steigerung der Legeleistung um zehn Prozentpunkte (Arafat et al. 2015). Für folgende Versuche mit Leonardit wäre diese Dosierung ein guter Anhaltspunkt.

Bei den Legehennen ermittelten die Wissenschaftler gute Erfolge mit geringeren Dosierungen von 1500 mg Huminsäuren/ kg Futtermittel. Die besten Leistungen wurden bei 6 mg Huminsäuren/ kg Körpergewicht über das Trinkwasser erzielt. Wird bei Hennen von einem Gewicht von zwei Kilogramm ausgegangen, sollten somit 12 mg Huminsäuren pro Tag verabreicht werden. Bei einer Trinkwasseraufnahme von etwa 250 ml/ Tier und Tag entspricht das einer Mischung mit 48 mg Huminsäuren/ Liter Wasser. Im Vergleich ergäbe sich eine Dosierung von 200 mg Huminsäuren/ kg Futter, wenn eine Aufnahme von 120 g Futter pro Tier und Tag angenommen wird (Achilles et al. 2017). Eine Aufnahme von Huminsäuren über das Trinkwasser könnte effizienter sein als über das Futter. Die Gerhard Rösl GmbH & Co. KG (2019) führt deutlich höhere Dosierungen von 5 bis 10 g Leonardit/ kg Futter in einem Zwei-Wochen-Rhythmus an. Niedrigere Gaben an Leonardit sind voraussichtlich zu bevorzugen.

5.3 Diskussion für den Schweinebereich

Seidel und Mehrl (2021) wägen in ihrer Arbeit die Chancen und Risiken für den Einsatz von Huminsäuren in der Schweinehaltung ab. Konkret können Huminsäuren als Ersatz für Antibiotika dienen, die Gesundheit der Tiere verbessern und die Leistung der Tiere positiv beeinflussen. Risiken werden dabei beim Einsatzzeitpunkt sowie der Einsatzdauer gesehen (Seidel und Mehrl 2021). In zwei Versuchen, die von Seidel und Mehrl (2021) betrachtet wurden, kam Leonardit zum Einsatz. Sie sind somit besonders wertvoll für diese Arbeit.

5.3.1 Einfluss auf Leistung und Fleischqualität

Die Verbesserung der Leistung ist nicht direkt aufgrund der Fütterung von Huminsäuren an die Ferkel zu erwarten. Sie entsteht indirekt über die Steigerung der Gesundheit der Tiere. Im Versuch von Trckova et al. (2018) zeigt die Kontrollgruppe sehr schlechte Zunahmen und Futteraufnahmen. Dies könnte an einer Durchfallerkrankung der Tiere liegen. In der Gruppe mit Leonardit in der Ration verlaufen Futteraufnahme und Wachstum der Tiere sehr gut. Somit kann erwartet werden, dass die Leistung aufgrund von verbesserter Gesundheit nach der Fütterung von Leonardit gesteigert werden kann. Der Einsatzzeitpunkt in den Studien liegt meist erst nach dem Absetzen. Ein früherer Beginn der Fütterung von Huminstoffen könnte sich positiv auswirken. Wichtig wäre, dass während des Absetzens kein Futterwechsel stattfindet, um weniger Stress bei den Tieren auszulösen.

Als weiterer Aspekt für die verbesserte Futteraufnahme wird der erdige Geruch der Huminsäuren genannt (Seidel und Mehrl 2021). Für den Einsatz von Huminsäuren ist es daher von Vorteil, sie in einer Ration gemischt anzubieten, um den Geruch der gesamten Ration zu verbessern.

Sehr gute Ergebnisse lassen sich zwischen 2,5 (Dell'Anno et al. 2020) und 20 g (Trckova et al. 2018) Leonardit/ kg Futter erwarten. Trckova et al. (2018) erreichen mit ihrer Dosierung signifikante Verbesserungen für die Gesundheit und Leistungen außer bei der Futtermittelverwertung. Dagegen können Dell'Anno et al. (2020) neben der Steigerung der Leistung nur eine tendenzielle Verbesserung der Blutwerte nachweisen. Es liegt nahe, dass die ideale Dosierung für Leonardit zwischen den Beiden liegt. Die Gerhard Rösl GmbH & Co. KG (2019) geben 5 bis 10 g Leonardit/ kg Futter in einem Zwei-Wochen-Rhythmus als zielführend an. Zur Anwendung in einem Zwei-Wochen-Rhythmus gibt es keine Studien.

Die Fleischqualität wurde nur in einem Versuch genauer betrachtet. Es ergaben sich positive Effekte auf die Rückenspeckdicke, Marmorierung und Fleischfarbe durch die Fütterung von Huminsäuren. Wang et al. (2008) sagen aus, dass Huminstoffe und vor allem Huminsäuren die Verteilung von Proteinen und Fetten im Fleisch beeinflussen können. Dadurch können Huminstoffe den Magerfleischanteil erhöhen. Die Fleischfarbe könnte sich durch die beschleunigte Myoglobinsynthese und Fettablagerung im Longissimus, dem langen Rücken-, Hals- und Kopfmuskel verbessert haben (Wang et al. 2008; Loeffler 1983). Da keine weitere Studie die Fleischqualität beleuchtete und bei Wang et al. (2008) kein Leonardit verwendet wurde, ist keine eindeutige Aussage möglich.

Nur in einem Versuch wurden Mastschweine untersucht. Nachdem hierbei von Wang et al. (2008) eine Verbesserung der Darmgesundheit festgestellt werden konnte, liegt es nahe, dass sich auch bei Mastschweinen positive Wirkungen auf die Leistung mittels Zusatz von Leonardit zum Futter ergeben können.

5.3.2 Effekte auf die Tiergesundheit

Nach dem Absetzen von Ferkeln kommt es zur sogenannten „Immunitätslücke“. Dabei ist der erste Immunschutz, welche die Ferkel über das Kolostrum von der Mutter erhielten, nur noch zu einem geringen Anteil vorhanden und der eigene Immunschutz noch nicht ausreichend aufgebaut. Zudem haben die Tiere Stress aufgrund der Trennung von der Mutter, der neuen Haltungsumwelt und der Futterumstellung. All dies fördert die Infektion mit Erregern wie beispielsweise E. coli und löst Durchfall aus. Dadurch können wiederum die Leistungen stark gemindert werden (Seidel und Mehrl 2021).

Huminstoffe können helfen, die Immunabwehr zu stimulieren und den Schutz vor Krankheitserregern zu verbessern. Problematisch kann es werden, wenn die Tiere schon vor der Fütterung mit Huminstoffen krank sind. Mit der Aktivierung der Abwehrmechanismen wird der Tierkörper geschwächt und ist anfälliger gegen Krankheitserreger (Seidel und Mehrl 2021). Daher sollte der Einsatz von Huminstoffen nur bei gesunden Tieren erfolgen.

Ein weiterer Vorteil der Huminsäuren ist, dass Schwermetalle und Schadstoffe schneller aus dem Magen-Darm-Trakt ausgeschieden werden können.

Es gibt Nachweise über die schleimhautberuhigende Wirkung von Huminstoffen, wodurch die Funktionssicherheit des Darms verbessert wird. Durch Huminsäuren kann außerdem eine Aktivitätssteigerung von Enzymen erfolgen (Seidel und Mehrl 2021).

Die verbesserte Aufnahme von Nährelementen verändert die Parameter des Blutes positiv (Trckova et al. 2018). Ausgehend von einer höheren Resorption von Nährelementen muss auch von höherer Resorption von Schadstoffen ausgegangen werden. Laut den Recherchen von Seidel und Mehrl (2021) wird das Immunsystem animiert sich mit diesen Stoffen auseinanderzusetzen, was sich in erhöhter Anzahl an Lymphozyten widerspiegelt. Nebeneffekt sind geringere Müdigkeit und Appetitlosigkeit. Schlussendlich können damit die Leistungssteigerungen erklärt werden (Seidel und Mehrl 2021).

Die Effekte von Huminstoffen und auch Leonardit im Magen-Darm-Trakt wirken sich positiv auf andere Körperbereiche aus und resultieren in höheren und stabileren Leistungen. Da in beiden Versuchen unterschiedliche Dosierungen eingesetzt wurden, wird vermutet, dass Leonardit in höheren Anteilen von beispielsweise 20 g Leonardit/ kg Futter besser auf die Darmgesundheit und das Fettsäureprofil im Blut wirkt.

Ein zusätzlicher Nutzen von Huminstoffen kann die Reduktion von Antibiotika in der Tierhaltung sein. Durch ihre prophylaktische Wirkung wird das Krankheitsauftreten gemindert. In der Folge des Einsatzes von Huminstoffen ergeben sich weniger Resistenzen beim Tier und indirekt auch beim Menschen (Seidel und Mehrl 2021).

5.3.3 Tierwohl und Umweltaspekte

Über die Anwendung als Wühlmaterial lassen sich mit Huminstoffen zwei Effekte erzielen. Einerseits wird das Wühlbedürfnis befriedigt, andererseits werden automatisch Huminsäuren aufgenommen (Seidel und Mehrl 2021), welche der Gesundheit der Tiere dienen können. Somit können auch ökologisch wirtschaftende Betriebe ihren Tieren bereits Huminstoffe anbieten.

Seidel und Mehrl (2021) sehen die Leistung der Huminstoffe auf die Ammoniakemissionen als vorteilhaft. Es wird angegeben, dass gerade in der Schweinehaltung ein großes Verbesserungspotential besteht. Agrartechnik und Stallbau können helfen, aber auch Investitionen in der Fütterung zum Beispiel durch Leonardit. So sind nach dem Einsatz von Huminstoffen in zwei Studien weniger Ammoniakemissionen aufgetreten. Allerdings zeigen die beiden Versuche Unterschiede je nach dem Huminstoff (Seidel und Mehrl 2021). Grundsätzlich können Huminstoffe mindernd auf die Ammoniakausgasung wirken, für eine Dosierungsempfehlung fehlen allerdings Daten.

6 Theoretische Versuchsplanung

Die gefundenen Studien ermöglichen oft keine genaue Einschätzung der Wirkungen von Huminstoffen bzw. Leonardit. Daher werden im folgenden mögliche Versuche zu Milchkühen, Masthühnern und Legehennen sowie Ferkeln aufgeführt.

6.1 Versuchsgestaltung für die Anwendung von Leonardit in der Milchviehhaltung

Aufgrund der wenigen eindeutigen Ergebnisse wurde ein Versuch zum Einsatz von Leonardit in der Milchviehhaltung geplant. Da das Futtermittel in der ökologischen Fütterung eingesetzt werden soll, sind die Rahmenbedingungen der Verordnung (EU) 2018/848 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates einzuhalten. Es wird somit ein ökologisch wirtschaftender und zertifizierter Betrieb benötigt.

Für einen Versuch mit Leonardit als Huminstoffquelle empfiehlt es sich mehrere Gruppen zu bilden, um verschiedene Dosierungen testen zu können. Einfach ist dies in einem Anbindestall, da dort eine Einzeltierfütterung leicht umsetzbar ist. In einem Laufstall müssten Stallbereiche so abgetrennt werden, dass nur die jeweilige Gruppe die zugewiesene Ration fressen kann. Wie in Kapitel 5.1.8 beschrieben wurden in den bisherigen Versuchen Dosierungen zwischen 3,84 und 5 g/kg Ration empfohlen. Daher wären sinnvolle Versuchsdosierungen 4 und 8 g Huminstoffe/kg Ration/ Kuh und Tag mit einer Kontrollvariante durchzuführen. Dies entspricht einer Dosierung von 68 bzw. 136 g/ Tier und Tag und somit in etwa den Empfehlungen der Gerhard Rösl GmbH & Co. KG (2019). Allerdings wird in diesem Versuch eine durchgehende Fütterung vorgesehen und kein Zwei-Wochen-Rhythmus.

Wichtig ist es homogene Gruppen zu bilden, um gesicherte Aussagen treffen zu können. Die Auswahl der Milchkühe für den Versuch sollte nach dem Laktationsstadium erfolgen. Sind viele Tiere verfügbar, ist eine weitere Einteilung nach der Milchleistung denkbar.

In den anderen Versuchen zur Fütterung von Huminstoffen in der Milchviehhaltung wurden zwischen 10 und 26 Tiere mit zwei oder drei Gruppen inklusive Kontrolle beprobt (Tabelle 2). Für drei Varianten wäre eine Summe von 24 Tieren mit 8 Tieren je Gruppe im lateinischen Quadrat sinnvoll. Der Zeitraum für die Beprobung der Milchkühe sollte je 4 Wochen, also 28 Tage betragen. Zur Anpassung der Pansenmikroben an die Ration werden 21 Tage veranschlagt. Damit ergäben sich 7 Wochen je Versuchsabschnitt. Die Tiere müssen aufgrund der Wiederholungen noch mindestens 21 Wochen Zeit vor dem Trockenstellen haben. Der Einfluss der Jahreszeit auf die Futteraufnahme und Leistungen kann aufgrund der parallelen Beprobung der Gruppen vernachlässigt werden.

6.1.1 Parameter und Datenerhebung

Es gilt zu untersuchen, welche positiven nutritiven oder nicht nutritiven Effekte die Fütterung von Leonardit für die Milchviehhaltung hat. Darum sollten die Trockenmasseaufnahme, Trockenmasse-, Rohstärke-, Rohprotein- und Rohfettverdaulichkeit, die Milchmenge, MilCHFett- und Milcheiweißgehalt bestimmt werden. Zeigen sich dabei positive Wirkungen ist Leonardit als Futtermittel in der jeweiligen Dosierung empfehlenswert.

Zur Bestimmung der Trockenmasseaufnahme sollten die Rationen täglich zur gleichen Zeit vorgelegt werden, um immer die gleiche Fressdauer zu ermöglichen. Der Futterrest jeder Gruppe muss täglich gewogen und seine Trockenmasse bestimmt werden. Zudem muss die Trockenmasse des vorgelegten Futters jeder Gruppe ermittelt werden. Die Trockenmasse des Restfutters und einer Probe des vorgelegten Futters sollten täglich beprobt werden, um Einflüsse der Witterung auszuschließen. Beim Abzug des nicht gegessenen Futters vom vorgelegten Futter ergibt sich die aufgenommene Trockenmasse.

Um die Verdaulichkeit der Trockenmasse zu bestimmen sollte an 2 Tagen des Beprobungszeitraums je 8 Stunden lange der gesamte Kot gesammelt werden. Dabei ist auf die Trennung von Kot und Urin zu achten. Eine Möglichkeit ist dabei den Kot direkt nach dem Absetzen vom Boden aufzusammeln. Ausgehend vom gesamten Kot ist von jeder Gruppe eine Mischprobe zu bilden. Der bis zur Trockenmasse getrocknete Kot gibt Aufschluss über die Trockenmasseverdaulichkeit. Durch die Analyse der Rohprotein, Rohstärke und Rohfettgehalts im Kot und vorher im Futter kann auf deren Verdaulichkeit geschlossen werden. An diesem Tag wäre es notwendig die Trockenmasseaufnahme im Zeitraum der Kotprobenahme gesondert zu ermitteln.

Die Tiere sollten zweimal täglich gemolken werden. Dabei ist mindestens einmal täglich die Milchmenge zu ermitteln. Wird nur einmal gemessen, muss es immer zur gleichen Melkzeit durchgeführt werden, um die Unterschiede zwischen den Melkzeiten vernachlässigen zu können. Die einfachste Möglichkeit wäre die Milch von der Melkanlage in einen Eimer zu melken. So kann die Milchmenge manuell abgelesen werden, diese Methode ist allerdings arbeitsaufwendig. Mit einem geeichten Milchmengenmessgerät, z. B. einem LactoCorder kann die gemolkene Milchmenge effizienter gemessen werden. Gibt es auf dem Versuchsbetrieb bereits Technik für die Milchmengenmessung kann diese bei ausreichender Genauigkeit genutzt werden und ist aufgrund des geringeren Arbeitszeitbedarfs zu bevorzugen. Die Inhaltsstoffe könnten anhand von Milchproben analysiert werden. Dazu werden kleine Mengen Milch in Probefläschchen gegeben (LKV 2019a). Für die Analyse der Milchinhaltstoffe werden mindestens zwei Milchleistungsprüfungen im Versuchszeitraum vorgesehen.

6.1.2 Haltung und Durchführung

Ein guter Versuchszeitraum wäre im Winter, da somit die Einflüsse der Weidehaltung ausgeschlossen wären. Gemäß Anh. 2 Teil II 1.9.1.1 d) Öko VO dürfen Tiere in Laufställen im Winter ohne Zugang zu Weideland gehalten werden. Werden die Tiere in der Anbindehaltung gehalten, kann eine tierindividuelle Fütterung stattfinden.

Einfacher ist es jedoch, die Tiere nach ihren zugewiesenen Gruppen im Stall zu platzieren und gruppenweise das Futter vorzulegen. Ein ähnliches Vorgehen könnte mit einfachen Abtrennungen, je nach Bauart auch in Laufställen ermöglicht werden.

Vorzugsweise sollte die vom Betrieb vorgelegte Ration weiter als Grundration gefüttert werden, um einerseits die Kosten gering zu halten und andererseits die am Betrieb vorhandene Technik nutzen zu können. Die Ration könnte dann zum Beispiel im Futtermischwagen für alle Gruppen gemischt werden. Nach dem Vorlegen des Futters bei der Kontrollgruppe müsste die Ration mit 4 g Leonardit/ kg Trockenmasse versehen werden. Ist die Vorlage in der Gruppe abgeschlossen, wird in den Futtermischwagen weitere 4 g Leonardit/ kg Trockenmasse gegeben, um die Dosis für die zweite Gruppe zu erreichen. Wichtig ist dabei, dass die vorgelegten Mengen gut dokumentiert werden und kein Futter einer anderen Gruppe gefressen werden kann.

Bei einer angenommenen Trockenmasseaufnahme von 17 kg pro Tier und Tag und einem durchschnittlichen Einsatz von 4 g/ kg Trockenmasse pro Tier und Tag über alle Gruppen hinweg werden 1,24 kg Leonardit pro Tag benötigt. Die drei Versuchsabschnitte nacheinander dauern 21 Wochen oder 147 Tage. Somit werden insgesamt 182,2 kg Leonardit für den gesamten Versuch benötigt.

6.1.3 Kostenkalkulation für den Versuch

Die Kosten, die beim Landwirt zusätzlich zu seiner täglichen Arbeit anfallen und die zusätzlichen Futterkosten müssen ihm ersetzt werden. Darüber hinaus sind alle Labor- und Untersuchungskosten einzubeziehen. Die kalkulatorischen Kosten dafür wurden aus der KTBL-Datensammlung für Ökologischen Landbau (Achilles et al. 2017) ermittelt.

Darüber hinaus fallen Kosten für die Beprobung von Futter, Milch und Kot an. Diese richten sich nach den erhobenen Parametern. In der Kalkulation wurde angenommen, dass beim Futter und beim Kot Trockenmasse, Rohasche, Rohfaser, Rohprotein, nutzbares Rohprotein, Energiewerte und Rohfett ermittelt werden. Die Preise für die Futter- und Kotprobenanalyse wurde anhand von Erfahrungswerten der Hochschule mit der „LKS mbH - (Landwirtschaftliches Untersuchungswesen)“ kalkuliert. Kosten für die Milchleistungsprüfung ergeben sich durch die Preise des LKV Bayern (LKV 2020, 2019b), der KTBL Datensammlung (Achilles et al. 2017) und Erfahrungswerten. Kann die Milchmengenmessung durch vorhandene Technik erledigt werden, ist sie kostenlos. Für die Kostenermittlung des Eimermelkens wird eine zusätzliche Arbeitszeit von etwa 90 Sekunden für anstecken an die Melkanlage, ablesen der Milchmenge und Ausleeren in den Milchtank angenommen. Somit ergeben sich Kosten von 0,38 € je Milchmengenmessung bei Arbeitskosten von 15 €/h.

Neben den zusätzlichen Analysekosten fallen auch Kosten für zusätzliche Arbeit an. Jeden Tag wird der Futtermischung des Betriebs Leonardit zugefügt. Dabei wird eine Arbeitszeit von 5 Minuten für beide Dosierungen angenommen. Deutlich mehr Zeit nimmt die Kotprobe-nahme in Anspruch. Für die Beprobung der drei Gruppen muss jeweils eine Person für 8 Stunden vor Ort sein.

Während des gesamten Versuchs fallen Kosten für allgemeine Tätigkeiten, wie Dokumentation oder Verschicken von Proben an. Für all diese Arbeiten wird ein Arbeitslohn von 15 € je Stunde kalkuliert.

In Tabelle 16 ist eine Kostenkalkulation dargestellt. Zunächst werden die Kosten für eine Gruppe mit dem jeweiligen Bezug berechnet. Die untenstehende Kostenkalkulation ist vorerst für einen Versuchsabschnitt, also 6 Wochen des Versuchs berechnet worden. Die Preise für Leonardit wurden aus der Preisliste der Gerhard Rösl GmbH & Co. KG (2020) entnommen und mit der entsprechenden Dichte eingerechnet (Anhang D).

Tabelle 16: Kostenkalkulation für den Versuch bei Milchvieh

	Bezug	Häufigkeit	Kosten je Probe		Kosten je Gruppe	Kosten gesamt
			Futter	Kot		
Trockenmasse-	Gruppe	28 x	8,00 €	8,00 €	448,00 €	1.344,00 €
aufnahme						
Verdaulichkeiten	Gruppe	2 x	75,00 €	38,00 €	226,00 €	678,00 €
			Milch			
Milchmenge	Einzeltier	28 x	0,38 €		84,00 €	252,00 €
Milchinhalts-	Einzeltier	2 x	1,50 €		24,00 €	72,00 €
stoffe						
			Zusätzliche	Einheit		
			Arbeitszeit			
Futtermischen	Gruppe	42 x	5	min	52,50 €	157,50 €
Kotproben	Gruppe	2 x	8	h	240,00 €	720,00 €
Dokumentation	Versuch	28 x	3	h		1260,00 €
und sonstige Ar-						
beiten						
Summe						4.483,50 €
Kosten für alle						
Versuchsab-						
schnitte						13.450,50 €
Kosten für Le-						
onardit						134,65 €
Endsumme						13.585,15 €

6.2 Versuchsgestaltung für die Anwendung von Leonardit in der Geflügelhaltung

Für die Fütterung von Leonardit in der Geflügelhaltung gibt es nur eine Studie zu Masthühnern. Aufgrund der positiven Effekte von Huminstoffen auf Masthühner und Legehennen wird ein Versuch empfohlen, mit dem eine optimale Dosierung ermittelt werden kann. Seidel und Mehrl (2021) schlagen dafür vor, eine Zweinutzungsrasse zu wählen, um die Effekte bei wachsenden und legenden Tieren zu beobachten. So sollten die Darmgesundheit und Wachstumsleistung bei den Hähnen und die Legeleistung bei den Hennen untersucht werden.

6.2.1 Haltung der Tiere und Durchführung des Versuchs

Insgesamt sollten vier Gruppen mit 50 Tieren gebildet werden. Jeweils eine Versuchs- und eine Kontrollgruppe für die Masthähne sowie die Legehennen. Die Gruppen der Hähne werden ab dem ersten Lebenstag, die Legehennen ab der Legereife für jeweils acht Wochen untersucht (Seidel und Mehrl 2021). Seidel und Mehrl (2021) schlagen eine Dosierung von fünf bis zehn kg Leonardit je Tonne Futtermittel vor. Das entspricht einer Dosierung von 3,5 bis 7 g Huminsäuren/ kg Futtermittel.

Sinnvoll wäre es allerdings bei den Masthühnern zur Kontrollgruppe zwei Versuchsgruppen mit konkreten Dosierungen zu untersuchen. Abgeleitet aus bisherigen Versuchen könnten der ersten Gruppe 4 g Leonardit/ kg Futtermittel und der zweiten Gruppe 8 g Leonardit/ kg Futtermittel vorgelegt werden. Die Gerhard Rösl GmbH & Co. KG (2019) nennt etwas höhere Zielwerte von 5 bis 10 g Leonardit/ kg Futtermittel. Für die Legehennen wurden bei 6 mg Huminsäuren/ kg Körpergewicht über das Trinkwasser die besten Erfolge erzielt. Dabei wurde ein Huminstoff verwendet, der ähnlich wie Leonardit 70 % Huminsäuren enthält. Das Gewicht der Versuchstiere wird auf zwei Kilo geschätzt, daher werden beiden Gruppen 12 mg Huminsäuren pro Tag verabreicht. Das entspricht etwa 17 mg Leonardit. Zur Ermittlung, ob eine Aufnahme über das Trinkwasser effizienter ist, werden einer Gruppe die Huminsäuren über das Trinkwasser und der anderen über das Futter gegeben. Bei einer Trinkwasseraufnahme von etwa 250 ml/ Tier und Tag (Achilles et al. 2017) entspricht das einer Mischung mit 48 mg Huminsäuren/ Liter Wasser. Die andere Gruppe müsste entsprechend einer Futteraufnahme von 120 g/ Tag (Achilles et al. 2017) eine Dosis von 100 mg Huminsäuren über das Futter erhalten. Dabei sind die Dosierungen deutlich unter den Empfehlungen der Gerhard Rösl GmbH & Co. KG (2019) mit 5 bis 10 g Leonardit/ kg Futtermittel.

Zur Beurteilung der Darmgesundheit sollen Kotkonsistenz, Zottenentwicklung und Erkrankungszeiträume dokumentiert werden. Wichtig bei der Beurteilung der Kotkonsistenz ist, dass der Mastdarmkot begutachtet wird, nicht der Blinddarmkot. Die Zustände sollen täglich nach den Überbegriffen normal, weich und blutig dokumentiert werden. Damit soll eine fehlerhafte Ernährung ausgeschlossen werden. Die Zottenentwicklung kann erst am Versuchsende, nach Schlachtung der Masttiere mit Hilfe eines Mikroskops beurteilt werden (Seidel und Mehrl 2021).

Die Wachstumsleistung der Masthühner sollte mit Hinblick auf Tageszunahmen, Fut-
teraufnahme, Futtermittelverwertung und Fleischfarbe sowie -qualität bewertet werden. Um
das Fleisch zu beurteilen, müssen die Tiere zum Versuchsende getötet werden. Fleisch-
farbe und Qualität sollen visuell mit einem Mikroskop begutachtet werden. Zur Erhebung
der Leistungsparameter sollen die Tiere jede Woche an einem festgelegten Wochentag
gewogen werden (Seidel und Mehrl 2021). Die Futtermittelaufnahme muss indirekt über das
Gewicht des in den Stall beförderten Futters ermittelt werden.

Die Legeleistung kann durch Zählen der täglichen Eier je Gruppe ermittelt werden. Zu-
dem müssten die Eier täglich gewogen werden, um die einzelnen Ei-Gewichte sowie die
gesamte Ei-Masse zu erhalten. Die Ermittlung der Schalendicke und Eigelbfarbe sollte
an zwei Terminen erfolgen, so können auch kurz- und längerfristige Effekte sichtbar wer-
den.

Für die Messung der Schalendicke müssten die Eischalen nach der Wiegung aufgebro-
chen werden. An den spitzen und stumpfen Enden sowie in der Mitte des Eis sollte die
Entnahme der einzelnen Teilstücke erfolgen. Mit einem Micrometer wird dann die Dicke
bestimmt.

6.2.2 Kostenkalkulation für den Versuch

Ähnlich wie beim Versuch in der Rinderhaltung müsste ein Landwirt gefunden werden,
dessen Betrieb zu den Ansprüchen des Versuchsaufbaus passt. Dies könnte mit dem
Ziel der Verwendung einer Zweinutzungsrasse und sehr kleinen Gruppengrößen
Schwierigkeiten bereiten.

Es wäre nötig bei den Legehennen und Masthähnen drei eigene Stall- und Auslaufbe-
reiche für die jeweils 50 Tiere abzugrenzen. Dem Landwirt müssen die Kosten ersetzt
werden, welche durch den Versuch entstehen.

Kosten entstehen hauptsächlich beim Personal, da die meisten Parameter nur visuell
oder in Handarbeit gemessen bzw. festgestellt werden können. Für Wiegen ist eine
Briefwaage für die Eier und eine Tierwaage für die Hähne nötig. Zur Messung der Scha-
lendicke wird ein Micrometer gebraucht, da sich sonst zu ungenaue Werte ergeben. Ein
solches Micrometer ist mit einer Genauigkeit von 0,001 mm für unter 40 € erhältlich,
auch entsprechende Waagen sind für unter 50 € im Handel verfügbar. Die Beurteilung
der Darmzotten ist visuell mit einem Mikroskop vorgesehen. Dieses wird nur an einem
Tag benötigt und könnte ausgeliehen werden. Eventuell benötigte Stallabtrennungen so-
wie Zäune für den Auslauf werden mit 1000 € eingerechnet.

Die Zeiten für tägliche Dokumentation der Kotkonsistenz in den drei Gruppen werden
auf etwa 30 Minuten geschätzt. In der KTBL Datensammlung wird für das Ausstallen
einer Tiergruppe mit 100 Hähnen eine Zeit von 15 Minuten kalkuliert (Achilles et al.
2017). In einer Gruppe mit 50 Tieren wären somit 7,5 Minuten nötig. Für das Einfangen
und Wiegen aller 50 Tiere einer Gruppe wird mit einer Stunde gerechnet. Händische
Schlachtung und Zerlegung fordern ein erheblicher Zeitaufwand.

Außerdem sind für das Schlachten und Zerlegen der Tiere sachkundige Personen notwendig. Eine Lohnschlachtung könnte die einfachere Variante sein und wird mit 3 €/ Tier kalkuliert. Die Betrachtung der Fleischfarbe soll visuell durchgeführt werden und dauert je Gruppe mit Dokumentation voraussichtlich eine Stunde. Fraglich ist, ob die Tierkörper nach der Untersuchung noch verkauft werden können. Je nach Vermarktungsrichtung sind die Preise variabel. Nach Achilles et al. (2017) muss mit 2,75 €/ kg Lebendgewicht gerechnet werden.

Bei den Legehennen ist der Hauptkostenfaktor auch das Personal. Jeden Tag müssen die Eier eingesammelt, gezählt, gewogen und dokumentiert werden. Dafür wird mit zwei Stunden pro Tag für alle Gruppen gerechnet. Die Prüfung der Eischalendicke und Dotterfarbe findet insgesamt zweimal statt. Jeweils werden dafür acht Stunden für alle Gruppen angenommen.

Die Futterkosten beschränken sich auf das Leonardit und werden aus den Tagesfuttermengen nach der KTBL Datensammlung für ökologischen Landbau (Achilles et al. 2017) errechnet. Die Kosten für Leonardit stammen aus der Preisliste der Rösl GmbH Gerhard Rösl GmbH & Co. KG (2020) (Anhang A und Anhang D). Zudem sind bei den Legehennen an zwei Tagen die Eier zu bezahlen, da diese für die Bestimmung der Eierschalendicke und der Dotterfarbe geöffnet werden müssen. Dafür werden bei geschätzt 40 Eiern am Tag je Gruppe und einem Eierpreis von 0,30 € für beide Tage 72 € einbezogen. Für allgemeine Arbeiten und Auswertung der Daten wird eine Stunde täglich angenommen. Alle Arbeitskosten werden pauschal mit 15 €/ Stunde berechnet (Tabelle 17).

Tabelle 17: Kostenkalkulation für den Versuch bei Geflügel angepasst nach Seidel und Mehrl (2021)

Versuchsdaten		
	Masthähne	Legehennen
Versuchsdauer	8 Wochen	8 Wochen
Tierzahl	150	150
Gruppen	3	3
Arbeitszeit		
allgemeine Arbeiten	56 h	56 h
Kotkontrolle	28 h	
Wiegung	6 h	
Beurteilung der Fleischfarbe	3 h	
Eier sammeln und wiegen		112 h
Messung der Schalendicke und Dotterfarbe		16 h
Einzelsumme	93 h	184 h
Lohnkosten		15,00 €
		1.395,00 €
		2.760,00 €
Gesamte Lohnkosten		4.155,00 €
sonstige Kosten		
Eier		72 €
Lohnschlachten		450,00 €
Schlachthähne		825,00 €
Leonardit	2,7 kg	0,1 kg
Kosten für Leonardit		2,00 €
		0,07 €
Gesamtkosten Leonardit		2,07 €
Gemeinkosten		
Abtrennung für Stall und Auslauf		1.000,00 €
Micrometer		40,00 €
Waage		50,00 €
Mikroskop (Leihgebühr)		100,00 €
Kosten für die Versuche	Masthühner	Legehennen
	2.672,00 €	2.832,07 €
Gemeinkosten	1.190,00 €	
Gesamtkosten für beide Versuche	6.694,07 €	

6.3 Versuchsgestaltung für die Anwendung von Leonardit in der Ferkelaufzucht

Die Literaturrecherche von Seidel und Mehrl (2021) ergab, dass es für den idealen Einsatzzeitpunkt von Huminstoffen bei Ferkeln keine wissenschaftlich fundierte Aussage gibt. Da sie positive Wirkungen durch die Fütterung von Huminstoffen schon vor dem Absetzen erwarten, formulierten sie einen entsprechenden Versuch.

6.3.1 Aufbau und Durchführung des Versuchs

Auch dieser Versuch soll unter ökologischen Bedingungen stattfinden. Ziel ist es herauszufinden, ob eine Fütterung mit Leonardit bereits 14 Tage nach der Geburt und nicht erst nach dem Absetzen sinnvoll ist.

Für den Vergleich werden die zwei Altersklassen 14 Tage und 45 Tage betrachtet. Das Absetzen am Tag 45 ist eher unüblich und passt nicht zu den meisten Betriebsabläufen. Daher werden hier 42 Tage angestrebt. Die jüngeren Ferkel werden bei der Mutter gelassen, dort mit der entsprechenden Dosierung versorgt und mit 42 Tagen ebenfalls abgesetzt. Jede Altersgruppe wird in eine Kontrollgruppe und eine Gruppe mit 10 g Leonardit/ kg Futter aufgeteilt (Seidel und Mehrl 2021), dies entspricht der Dosierungsempfehlung der Gerhard Rösl GmbH & Co. KG (2019). Seidel und Mehrl (2021) gehen von einer Futtermenge von zwei kg/ abgesetztes Tier und Tag aus, das ist jedoch unrealistisch. Achilles et al. (2017) geben den Futterbedarf von Ferkeln im Alter von sechs Wochen mit 400 Gramm/ Tier und Tag an. Die Dosierung ist gut gewählt, da sie zwischen den zwei Studien mit den besten Ergebnissen liegt.

Seidel und Mehrl (2021) empfehlen mindestens acht, besser zehn bis 15 Tiere je Versuchsgruppe zu verwenden. Je nach Betrieb, auf dem der Versuch durchgeführt wird, müsste die Gruppengröße angepasst werden oder die Abteile baulich verändert werden. Es wird auch eine Rassenwahl vorausgesetzt, diese schränkt die Wahl des Versuchsbetriebes allerdings stark ein. Ziel wäre es, dass eine in der ökologischen Haltung übliche Rasse, Rassenkreuzung oder Hybridlinie auf dem Betrieb gehalten wird. Wichtig ist, dass die Ferkel der Würfe ähnlich in Vitalität und Gewicht sind. Um Einflüsse von Witterung, Jahreszeit oder dem Alter der Tiere ausschließen zu können, sollten die Ferkel innerhalb weniger Tage geboren werden. Es wird darauf abgezielt sechs Muttersauen mit je 15 Ferkeln auszuwählen (Seidel und Mehrl 2021). 15 Ferkel sind in der ökologischen Schweinehaltung sehr große Würfe und eher unwahrscheinlich. Es müsste somit ein sehr großer Betrieb gefunden werden oder die geforderte Ferkelzahl reduziert werden.

Die Versuchsdauer soll acht Wochen betragen und drei Wiederholungen beinhalten. Es wäre einfacher, die Versuchsdauer auf sechs Wochen zu reduzieren, da sonst die 42-Tage-Gruppe schon in die Zeit der Anfangsmast kommt. Ziel ist eine Ferkelaufzuchtstrategie, die 450 g Tageszunahmen gewährleisten kann (Seidel und Mehrl 2021).

Untersucht werden sollen Darmgesundheit, Leistung und Sozialverhalten der Tiere. Für die Ermittlung der Darmgesundheit soll eine tägliche Kategorisierung des Kots in fest, leichter Durchfall und starker Durchfall stattfinden.

Zum Ende jedes Versuchs sollen fünf Tiere je Gruppe geschlachtet und hinsichtlich ihrer Zottenentwicklung bewertet werden. Die Zottenlänge und -entwicklung sowie Fehlstellen und Geschwüre in Magen- und Darmschleimhaut sind zu untersuchen. Weiter sollen die Leistungsparameter Tageszunahme, tägliche Futterraufnahme und Futterverwertung sowie Fleischqualität und -farbe ermittelt werden. Dazu wird einmal wöchentlich eine Tierwiegung durchgeführt. Zur Ermittlung des Sozialverhaltens werden am Versuchsende die Anzahl an Schweinen mit Schwanznekrosen oder Bisswunden notiert. Am Ende der Versuchs muss eine statistische Auswertung erfolgen (Seidel und Mehrl 2021).

6.3.2 Kostenkalkulation für den Versuch

Für die Durchführung dieses Versuchsansatzes ist es wiederum nötig, einen entsprechenden biologisch wirtschaftenden Betrieb zu finden. Je nach den vorhandenen Stallungen könnten die Gruppengrößen angepasst werden. Diesem Betrieb müssen alle über den normalen Tagesablauf hinaus entstehenden Kosten ersetzt werden. Hauptkostenfaktor ist ähnlich dem Geflügelversuch die Arbeitszeit.

Zusätzliche tägliche Arbeit im Versuch ist unter anderem die Kotkontrolle. Nachdem Seidel und Mehrl (2021) keine genauen Angaben für den Umfang der Untersuchung machen, werden für die jede Gruppe eine halbe Stunde Beobachtungs- und Kategorisierungszeit veranschlagt. An einem Tag in der Woche soll gewogen werden, das bedeutet für jede Gruppe voraussichtlich mindestens eine Stunde Arbeit. Die benötigten Daten zur Ermittlung der Futterraufnahme und Futterverwertung müssen indirekt über die gefütterte Menge erhoben werden. Mehrere Parameter sollen am Ende des Versuchs erhoben werden. Für das Zählen der Schwanznekrosen und Bisswunden sowie die Dokumentation des Verhaltens wird eine Stunde je Gruppe kalkuliert. Das Schlachten und die Laboruntersuchung bezüglich der Fleischqualität und Darmausbildung sind schwierig einzuschätzen. Zeitlicher Aufwand für fünf Tiere je Gruppe sind dabei voraussichtlich fünf Stunden. Dieser erhebliche Zeitaufwand ist nötig, da nur durch eine genaue Untersuchung brauchbare Daten zustande kommen. Für allgemeine Arbeiten wird täglich eine Stunde für alle Gruppen einberechnet.

Die Futterration zielt auf Tageszunahmen von 450 g Zuwachs der abgesetzten Ferkel ab. Dabei sollte auch die betriebseigene Fütterung berücksichtigt werden, um zusätzliche Kosten für eine Auf- oder Abwertung der Ration zu vermeiden. Vor dem Absetzen ist wegen der geringen Festfutterraufnahme eine Ration kaum zu berechnen. Leonardit könnte in den Ferkelboxen zur freien Verfügung gemischt mit Ferkelstarter angeboten werden. Der Futterbedarf in der Zeit, in der die Ferkel noch bei der Mutter sind, wird mit 30 kg Futter/ Wurf und drei kg Futter/ Ferkel kalkuliert. Nach dem Absetzen sind noch zwei kg Ferkelstarter/ Tier und 34,4 kg Ferkelaufzuchtfutter/ Tier bis Ende der Ferkelaufzucht einzurechnen.

Damit wäre der Bedarf für die 14-Tage alten Ferkel bei fünf kg Ferkelstarter und etwa fünf kg Ferkelaufzuchtfutter je Ferkel. Für die 42-Tage alten Ferkel bei zwei kg Ferkelstarter und 34,4 kg Ferkelaufzuchtfutter je Ferkel (Achilles et al. 2017). Im Versuch sollen 10 g Leonardit/ kg Futter verwendet werden. Daraus lassen sich die Menge und die Kosten für Leonardit errechnen.

Die Ferkel, welche im Labor untersucht werden sollen, müssen geschlachtet und daher bezahlt werden. Für die jüngeren Ferkel wird ein Preis von 100 €/ Ferkel, für die älteren Ferkel 140 €/ Ferkel angenommen (Achilles et al. 2017). Kosten für eine Tierwaage werden mit 200 € und für die Leihe eines Mikroskops mit 100 € veranschlagt. Oft haben Betriebe auch eine Waage vor Ort, die genutzt werden kann. Zusammengefasst werden die Kosten in Tabelle 18.

Tabelle 18: Kostenkalkulation für den Versuch bei Schweinen angepasst nach Seidel und Mehrl (2021)

Versuchsdaten				
	Gruppe 14- Tage Kontrolle	Gruppe 14- Tage	Gruppe 42- Tage	Gruppe 42- Tage Kontrolle
Versuchsdauer	6 Wochen	6 Wochen	6 Wochen	6 Wochen
Tierzahl	10	10	10	10
Arbeitszeit				
Kotkontrolle	21,0 h	21,0 h	21,0 h	21,0 h
Wiegung	6 h	6 h	6 h	6 h
Beurteilung der Fleischfarbe	1 h	1 h	1 h	1 h
Schlachten und Labor	5 h	5 h	5 h	5 h
allgemeine Arbeiten	11 h	11 h	11 h	11 h
Einzelsumme	44 h	44 h	44 h	44 h
Summe	174 h			
Lohnkosten/ Stunde	15,00 €			
Lohnkosten	2.610,00 €			
sonstige Kosten				
Schlachtferkel	500,00 €	500,00 €	700,00 €	700,00 €
Gesamte Ferkelkosten	2.400,00 €			
Leonardit				
Futtermenge	100 kg	100 kg	364 kg	364 kg
Menge an Leonardit	0 kg	2 kg	0 kg	7,28 kg
Kosten für Leonardit	0 €	0,74 €	0 €	2,69 €
Gesamtkosten Leonardit	3,43 €			
Gesamtkosten für einen Durchgang	5.013,43 €			
Gemeinkosten				
Tierwaage	200,00 €			
Mikroskop (Leihgebühr)	100,00 €			
Gesamtkosten mit Wiederholungen	15.340,29 €			

7 Schlussfolgerungen/Fazit

7.1 Einsatz von Huminstoffen in der Rinderfütterung

In den Studien wurden verschiedene Zusammensetzungen von Huminstoffen verwendet. Teilweise findet sich nur die Angabe eines Produktnamens oder keine Angaben. Die Inhaltsstoffe der Produkte, welche verwendet wurden, konnten nicht immer ermittelt werden.

Es ergeben sich wenige konkrete Aussagen aus den gefundenen Studien, da es für viele der erhobenen Parameter keine Referenzwerte gibt. Weiter bleibt festzuhalten, dass die Huminstoffpräparate unterschiedliche Effekte erzielen. Daher muss für jedes Produkt eine eigene Dosierung festgelegt werden.

Bei richtiger Dosierung kann es mit Hilfe von Huminstoffen zu erhöhter Trockenmasseaufnahme, Verbesserung der Verdaulichkeit, erhöhten Tageszunahmen und verbesserter Futtermittelverwertung sowie einer Senkung des Blutharnstoffgehalts kommen.

Positive Effekte kann der Einsatz von Huminstoffen für die Pansenfermentation bringen. So kann die mikrobielle Aktivität gesteigert und damit auch die Syntheseleistung erhöht werden. Die Stickstoffeffizienz in der Verdauung konnte erhöht werden. Durch die Veränderung des Mikrobioms beim Einsatz von Huminstoffen kann ebenfalls die Rohproteinverdaulichkeit gesteigert werden. Die positiven Effekte auf die Verdaulichkeit von Nährstoffen können den Landwirten Kosten für Futtermittel einsparen. Nicht bestätigt werden konnten die Verringerung der Methanemissionen und Ammoniakkonzentration im Pansen.

Durch die Mobilisierung von Kalzium post partum kann Leonardit beim Einsatz in der Trockensteherfütterung die Gefahr der Gebärfähigkeit reduzieren. Darüber hinaus könnte die Dichte des Kolostrums erhöht werden. Es ist möglich durch die Fütterung von Leonardit die Milchmenge zu steigern und deren Inhaltsstoffe zu verändern. Durch die Erhöhung des Kaseingehalts könnten Huminstoffe Vorteile für die Käseproduktion mit sich bringen. Sollte sich durch die Fütterung von Leonardit der Fettgehalt der Milch erhöhen, könnten höhere Auszahlungspreise beim Milchgeld erzielt werden.

Die Fleischqualität wird ebenfalls durch den Einsatz von Huminstoffen beeinflusst. Es könnten sich neben einer verminderten Scherkraft erhöhte intramuskuläre Fettgehalte ergeben.

Für die Mast finden sich zu wenig positive und aussagekräftige Ergebnisse, um die Fütterung von Huminstoffen pauschal zu empfehlen. Zumindest in einem Versuch zu wachsenden Rindern finden sich positive Effekte auf die Leistung der Tiere.

Die Fütterung von Huminstoffen hat keine negativen Einflüsse auf die Leistung, Schlachtkörperleistung, Gewebezusammensetzung, Schlachtkörperqualität, Pansenfermentation, Verdauung und biochemische Parameter.

Da die Ergebnisse je nach Herkunft der Huminstoffe abweichen, ist es notwendig für konkrete Aussagen zur Dosierung von Leonardit in der Rinderfütterung weitere Versuche durchzuführen.

7.2 Einsatz von Huminstoffen in der Geflügelfütterung

Durch den Einsatz von Huminsäuren können verschiedene positive Effekte im Tierkörper und bei der Leistung von Geflügel erreicht werden.

Im Detail konnten bei Masthühnern positive Wirkungen auf das Immunsystem und die Magen-Darmflora erkannt werden. So kann zum Beispiel die Durchfallgefahr mit Hilfe von prophylaktisch verabreichten Huminstoffen reduziert werden. Huminstoffe könnten, den in der ökologischen Tierhaltung ohnehin verbotenen Einsatz von Antibiotika zur Wachstumsförderung kompensieren. Für die Veränderung der Fleischqualität kann aufgrund unterschiedlicher Ergebnisse in den Studien keine Aussage getroffen werden. Bei den Legehennen zeigen sich vor allem positive Effekt auf die Legeleistung und Ei-Masse. Die besten Leistungen ergaben sich bei Legehennen mit einer sehr geringen Dosierung von kleiner 2 g Huminstoff/ kg Futter. Noch geringere Dosierungen könnten bei der Verabreichung über das Trinkwasser erreicht werden.

Im Zentrum zukünftiger Forschung steht die richtige Dosierung von Huminstoffen beim Einsatz in der Fütterung. Es kann nur eine grobe Einschätzung für Leistung, Immunsystem und Magen-Darm-Trakt gegeben werden, nicht für die Fleischqualität. Für den Einsatz von Leonardit ist nur eine Studie vorhanden. In dieser Studie werden mit einer Dosierung von 8 g/ kg Futter positive Effekte auf das Immunsystem und den Magen-Darm-Trakt erzielt. Studien in welchen Leistungsparameter untersucht wurden, erreichten positive Wirkungen oft nur bei geringerer Dosierung. Es ist daher zu prüfen, ob bei niedrigerer Dosierung von Leonardit die Vorteile für das Immunsystem und den Magen-Darm-Trakt noch bestehen bzw. ob sich Leonardit auch bei höherer Dosierung positiv auf die Leistungen auswirkt.

In der ökologischen Tierhaltung sollen präventive Maßnahmen eingesetzt werden, welche die Tiere vitaler und gesünder machen sollen. Diese Möglichkeit bieten Huminstoffe in verschiedener Form. Sie haben antibiotische, antivirale und antiseptische Wirkungen. In den Versuchen konnte auch eine Verbesserung der Stressresistenz durch den Einsatz von Huminstoffen gezeigt werden. So könnte Leonardit gezielt in den ersten und letzten Tagen der Mast eingesetzt werden, um zunächst die Tiere zu stabilisieren und am Ende die Stressresistenz zu fördern.

7.3 Einsatz von Huminstoffen in der Schweinehaltung

In der Schweinehaltung gibt es die meisten Versuche zu abgesetzten Ferkeln. Dabei ließen sich mit Hilfe der Huminstoffe positive Wirkungen auf Gesundheit und Leistung der Tiere feststellen. Zwei Studien befassten sich mit dem Einsatz von Leonardit. Durch diese Studien lässt sich Leonardit als Futtermittel für Ferkel nach dem Absetzen empfehlen. Eine gute Dosierung liegt dafür zwischen 2,5 und 20 g Leonardit/ kg Futter.

Huminstoffe leisten in erster Linie einen Beitrag zur Gesundheit der Ferkel. Die Absetzferkel erfahren durch die Trennung von der Mutter Stress. Dazu kommt der Futterwechsel von Milch auf ausschließlich pflanzliche Nahrung und die Veränderung der Haltungsumwelt. Folglich sind die Ferkel anfällig für Infektionen. Mittels Huminstoffen lassen sich nachweislich Schaderreger im Darm reduzieren und ein gesünderer Magen-Darm-Trakt feststellen. Es kam zu weniger Durchfall und vergrößerten Darmzotten. In den Studien wurde die Zahl der Lymphozyten erhöht. Dies zeigt den positiven Einfluss von Huminsäuren auf das Immunsystem. Durch die Fütterung von einer Ration mit Huminstoffen vor und nach dem Absetzen kann der Stress für die Ferkel reduziert werden.

Einen weiteren Einfluss haben Huminstoffe auf die Zusammensetzung des Blutes. Aufgrund der verbesserten Aufnahme von Spurenelementen im Darm können durch Huminstoffe unter anderem die Hämoglobinwerte im Blut erhöht werden. Durch die Erhöhung des Magnesiumgehalts im Blut kann Stress von den Ferkeln besser verarbeitet werden.

Die Verbesserung und Stabilisierung der Gesundheit haben einen wichtigen Effekt. Ferkel, die mit Huminstoffen gefüttert werden, können höhere Futteraufnahmen und damit bessere Tageszunahmen erreichen. Eine Leistungssteigerung durch den prophylaktischen Einsatz von Huminstoffen ist möglich. Aufgrund von Huminstoffen in der Fütterung kann der Einsatz von Antibiotika reduziert werden.

Nur eine Studie geht auf ältere Tiere ein. Dabei werden die Steigerung der Fleischqualität und der Darmgesundheit proklamiert. In dieser Studie wurde kein Leonardit verwendet und es gibt keine vergleichbaren Versuche. Allerdings ist davon auszugehen, dass auch Leonardit positive Wirkungen auf Gesundheit, Fleischqualität und Leistung von Mastschweinen hat.

Es gibt keine negativen Ergebnisse durch den Einsatz von Huminstoffen in der Schweinefütterung. Weiteres Potential in der Fütterung von Leonardit gibt es beim Einsatz bereits vor dem Absetzen. Ein weiteres Einsatzgebiet kann die Zuchtsauenhaltung sein. Gerade vor dem Abferkeln ist ein gesunder Darm wichtig und eine Infektion mit E. coli zu vermeiden. Dazu fehlen aktuell allerdings wissenschaftliche Belege. Ebenso konnten nur wenige Aussagen zur Mastschweinehaltung getroffen werden.

7.4 Gesamtfazit

Huminstoffe, wie Leonardit bieten in der Tierernährung ein breites Einsatzspektrum. In dieser Arbeit wurden zu den drei wichtigsten landwirtschaftlichen Nutztierarten Studien zusammengetragen. Allerdings fanden sich oft nur wenige brauchbare Studien. Der konkrete Einsatz von Leonardit wurde in vier Studien gezeigt, eine für Milchvieh, eine für Masthühner und zwei in der Ferkelaufzucht. Sonst kamen meist andere Huminstoffe zum Einsatz oder es wurden explizit nur die Huminsäuren betrachtet.

Schwierigkeiten gibt es aufgrund der unterschiedlichen Wirksamkeit der verschiedenen Huminstoffe und deren Dosierungen. Oft führten niedrigere Dosierungen zu einem größeren Erfolg.

Für die Rinderhaltung können nur Einschätzungen abgegeben werden, da es wenige Studien mit gleichem Untersuchungsschwerpunkt sowie Huminstoff gibt. Huminstoffe können positiv auf die Pansenfermentation wirken. Die mikrobielle Syntheseleistung und die Rohproteinverdaulichkeit können gesteigert werden. Eine Verringerung der Methanproduktion war nicht nachweisbar. Erhöhte Trockenmasse-Aufnahme, gesteigerte Verdaulichkeit, und verbesserte Wachstumsleistungen sind möglich. Allerdings finden sich wenig aussagekräftige Ergebnisse für die Mast. Die Studien für die Milchviehhaltung zeigen eine Steigerung der Milchmenge und legen dar, dass sich die Inhaltsstoffe durch den Einsatz von Huminstoffen verändern können. Eine erhöhte Milchmenge wurde auch beim Einsatz von Leonardit nachgewiesen. Von einer Erhöhung der Dichte des Kolosturms und der Steigerung des Kaseinanteils wird in jeweils einem Versuch berichtet.

In der Geflügelhaltung können durch den Einsatz von Huminstoffen verschiedene positive Effekte nachgewiesen werden. Besondere Vorteile ergeben sich für die ökologische Geflügelhaltung. Im Vordergrund steht der präventive Einsatz gegen Stress und Krankheiten beim Geflügel. Masthühner erfuhren positive Effekte auf ihre Leistung, Immunsystem und die Magen-Darmflora. Der Einsatz von Antibiotika kann mit Hilfe von Huminstoffen reduziert werden. Zudem konnten Huminstoffe die Stressresistenz von Masthühnern erhöhen. Die Legeleistung und Ei-Masse konnten durch die Fütterung von Huminstoffen gesteigert werden. Für den Einsatz von Leonardit gibt es einen Versuch, der positive Effekte auf das Immunsystem und den Magen-Darm-Trakt von Masthühnern aufzeigt.

Die gefundenen Versuche zur Schweinehaltung beschäftigten sich, bis auf einen, mit abgesetzten Ferkeln. Es wurden beim Einsatz von Huminstoffen positive Wirkungen auf Gesundheit und Leistung festgestellt. Da sich zwei Studien mit dem Einsatz von Leonardit befassten, kann Leonardit als Futtermittel für Ferkel nach dem Absetzen in einer Dosierung von 2,5 bis 20 g/ kg Futter empfohlen werden. Wie in der Geflügelhaltung ist der Einsatz von Huminstoffen präventiv zu gestalten. Die durchs Absetzen gestressten Ferkel bieten ein gutes Einsatzgebiet, weil Stress oft zu Krankheiten führt. Mit Hilfe von Huminstoffen wurden ein verbessertes Immunsystem und ein gesünderer Magen-Darm-Trakt nachgewiesen. Deutlich weniger Erreger im Darm und weniger Durchfall waren die Folge.

Die gesünderen Ferkel erzielten bessere Leistungen und waren weniger anfällig gegen Stress. Durch den Einsatz von Huminstoffen kann wiederum der Antibiotikaeinsatz minimiert werden. Eine Studie beschäftigte sich mit Mastschweinen und zeigte positive Effekte auf die Fleischqualität und Darmgesundheit. Für Mastschweine können positive Wirkungen durch den Einsatz von Leonardit nur vermutet werden. Für die Fütterung von Huminstoffen bei Zuchtsauen gab es keine Studien.

Problematisch ist bei der Betrachtung der bisherigen Studien mit Leonardit, dass selbst eine kleine Veränderung in der Zusammensetzung die Wirkung und somit die zielführende Dosierung verändern kann. Somit müssten für jede Leonardit-Zeche eigene Dosierungsempfehlungen entwickelt werden. In diesem Zusammenhang ist aber auch die Aussage zu treffen, dass für keine Tierart signifikant negativen Einflüsse durch die Fütterung von Huminstoffen erkennbar waren. Eine Fütterung von Leonardit in geringen Dosen kann empfohlen werden.

8 Literaturverzeichnis

Achilles, W.; Belau, T.; Bickelhaupt, J. (2017): Ökologischer Landbau. Daten für die Betriebsplanung im ökologischen Landbau. 2. Auflage. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V (KTBL) (KTBL-Datensammlung).

Agazzi, A.; Cigalino, G.; Mancin, G.; Savoini, G.; Dell'Orto, V. (2007): Effects of dietary humates on growth and an aspect of cell-mediated immune response in newborn kids. In: *Small Ruminant Research* 72 (2-3), S. 242–245. DOI: 10.1016/j.smallrum-res.2006.10.020.

Aksu, T.; Bozkurt, A. S. (2009): Effect of Dietary Essential Oils and/or Humic Acids on Broiler Performance. Microbial Population of Intestinal Content and Antibody Titres in the Summer Season. In: *Kafkas Univ Vet Fak Derg* (15), S. 185–190.

Arafat, R. Y.; Khan, S. H.; Abbas, G.; Iqba, J. (2015): Effect of Dietary Humic Acid Via Drinking Water on the Performance and Egg Quality of Commercial Layers. In: *American Journal of Biology and Life Sciences* (3), S. 26–30.

Arpášová, H.; Pistová, V.; Hrnčár, C.; Fík, M.; Haščík, P.; Kačániová, M. et al. (2018): The impact of the humic acid and phytobiotics on performance and carcass parameters of broiler chickens. In: *Acta fytotechn zootech* 21 (4), S. 173–178. DOI: 10.15414/afz.2018.21.04.173-178.

Audus, L. J. (1972): Plant growth substances. 3. ed. London: Hill (A plant science monograph).

Bach, A.; Calsamiglia, S.; Stern, M. D. (2005): Nitrogen Metabolism in the Rumen*. In: *Journal of dairy science* 88(Suppl. 1), E9-E21. Online verfügbar unter <http://pdfs.semanticscholar.org/c04d/c735354e197aeac8cebe7754ba1e3fd9dd0a.pdf>, zuletzt geprüft am 16.11.2020.

Brown, M. S.; Lawrence, T. E.; Ponce, C. H.; Pulikanti, R.; Smith, C. S.; Mitchell, D. L.; Sumerford, B.; Davenport, J. D. (2007): Effects of a humate product on growth performance, carcass merit, and tissue and serum mineral composition of individually-fed steers. In: *Journal of animal science* 85 (Supplement 1), S. 357–358.

Büsing, K. (2001): Licht- und elektronenmikroskopischer Nachweis oral aufgenommener Huminsäuren in der duodenalen Darmwand des Schweins. Dissertation. Online verfügbar unter <https://ul.qucosa.de/api/qucosa%3A10934/attachment/ATT-0/>, zuletzt geprüft am 11.02.2021.

Cagin, Y. F.; Sahin, N.; Polat, A.; Erdogan, M. A.; Atayan, Y.; Eyol, E. et al. (2016): The Acute Effect of Humic Acid on Iron Accumulation in Rats. In: *Biological trace element research* 171 (1), S. 145–155. DOI: 10.1007/s12011-015-0507-0.

- Celik, K.; Uzatici, A.; Akin, A. E. (2008): Effect of Dietary Humic Acid and *Saccharomyces cerevisiae* on Performance and Biochemical Parameters of Broiler Chickens. In: *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances* (3), S. 344–350.
- Cervantes, F.; van der Velde, S.; Lettinga, G.; Field, J. (2000): Competition between methanogenesis and quinone respiration for ecologically important substrates in anaerobic consortia. In: *FEMS microbiology ecology* 34 (2), S. 161–171. DOI: 10.1111/j.1574-6941.2000.tb00766.x.
- Chen, C.; Wang, X.; Jiang, H.; Hu, W. (2007): Direct observation of macromolecular structures of humic acid by AFM and SEM. In: *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 302 (1-3), S. 121–125. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2007.02.014.
- Chirase, N. K.; Greene, L. W.; McCollum, F. T.; Auvermann, B. W.; Cole, N. A. (2000): Effect of Bovipro™ on performance and serum metabolite concentrations of beef steers. In: *Journal of animal science* 78 (Supplement 2), S. 105–106.
- Coates, J. D.; Cole, K. A.; Chakraborty, R.; O'Connor, S. M.; Achenbach, L. A. (2002): Diversity and ubiquity of bacteria capable of utilizing humic substances as electron donors for anaerobic respiration. In: *Applied and environmental microbiology* 68 (5), S. 2445–2452. DOI: 10.1128/aem.68.5.2445-2452.2002.
- Collins, H. P.; Paul, E. A.; Paustian, K.; Elliott, E. T. (1997): Characterization of soil organic carbon relative to its stability and turnover. In: E. A. Paul (Hg.): *Soil organic matter in temperate agroecosystem*. Boca Raton, FL.: CRC Press.
- Cusack, P. (2008): Effects of a dietary complex of humic and fulvic acids (FeedMAX 15) on the health and production of feedlot cattle destined for the Australian domestic market. In: *Australian veterinary journal* 86 (1-2), S. 46–49. DOI: 10.1111/j.1751-0813.2007.00242.x.
- Degirmencioglu, T. (2014): Using humic acid in diets for dairy goats. In: *Animal Science Papers and Reports* 32 (1), S. 25–32, zuletzt geprüft am 27.10.2020.
- Dell'Anno, M.; Hejna, M.; Sotira, S.; Caprarulo, V.; Reggi, S.; Pilu, R. et al. (2020): Evaluation of leonardite as a feed additive on lipid metabolism and growth of weaned piglets. In: *Animal Feed Science and Technology* 266, S. 114519. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114519.
- El-Zaiat, H.; Morsy, A.; El-Wakeel, E.; Anwer, M.; Sallam, S. (2018): Impact of humic acid as an organic additive on ruminal fermentation constituents, blood parameters and milk production in goats and their kids growth rate. In: *J. Anim. Feed Sci.* 27 (2), S. 105–113. DOI: 10.22358/jafs/92074/2018.

- Ergin, O.; Isa, C.; Nuh, O.; Guray, E. (2009): Effects of dietary humic substances on egg production and egg shell quality of hens after peak laying period. In: *African Journal of Biotechnology* 8, S. 1155–1159.
- Fernandes, T. V.; van Lier, J. B.; Zeeman, G. (2015): Humic Acid-Like and Fulvic Acid-Like Inhibition on the Hydrolysis of Cellulose and Tributyrin. In: *Bioenerg. Res.* 8 (2), S. 821–831. DOI: 10.1007/s12155-014-9564-z.
- Flaig, W. (1950): Zur Kenntnis der Huminsäuren. I. Mitteilung. Zur chemischen Konstitution der Huminsäuren. In: *Z. Pflanzenernaehr. Dueng. Bodenk.* 51 (3), S. 193–212. DOI: 10.1002/jpln.19500510302.
- Furll, M.; Leidel, I. (2002): Studies on the stabilisation of health status in peri-parturient dairy cows. In: *Tierärztliche Umschau* 57 (8), S. 423–438, zuletzt geprüft am 10.11.2020.
- Gerhard Rösl GmbH & Co. KG (2019): Leonardit in der Praxis. Ein heimisches, humifiziertes Naturprodukt, zuletzt geprüft am 28.10.2020.
- Gerhard Rösl GmbH & Co. KG (2020): 2020_07_Leo_Preisliste_Klein.indd, zuletzt geprüft am 22.12.2020.
- Gisi, U. (1997): Bodenökologie. 51 Tabellen. 2., neu bearb. und erw. Aufl. Stuttgart: Thieme (Bücher Biowissenschaften).
- Gorbaty, M. L. (1994): Prominent frontiers of coal science: past, present and future. In: *Fuel* 73 (12), S. 1819–1828. DOI: 10.1016/0016-2361(94)90206-2.
- Haile-Mariam et al. (2011): Biochemie, Eigenschaften und Funktionen des Humuskörpers. In: J. C. G. Ottow (Hg.): Mikrobiologie von Böden. Biodiversität, Ökophysiologie und Metagenomik. Berlin, Heidelberg: Springer (Springer-Lehrbuch), S. 277–295, zuletzt geprüft am 08.12.2020.
- Harfoot, C. G.; Hazlewood, G. P. (1997): Lipid metabolism in the rumen. In: P. N. Hobson und C. S. Stewart (Hg.): *The Rumen Microbial Ecosystem*. Dordrecht: Springer Science+Business Media B.V, S. 382–426.
- Hassan, A. A.; Salem, A.Z.M.; Elghandour, M.M.Y.; Abu Hafsa, S. H.; Reddy, P.R.K.; Atia, S.E.S.; Vidu, L. (2020): Humic substances isolated from clay soil may improve the ruminal fermentation, milk yield, and fatty acid profile: A novel approach in dairy cows. In: *Animal Feed Science and Technology* 268, S. 114601. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114601.
- Hayirli, A.; Esenbuğa, N.; Macit, M.; Laçın, E.; Karaoğlu, M.; Karaca, H.; Yıldız, L. (2005): Nutrition Practice to Alleviate the Adverse Effects of Stress on Laying Performance, Metabolic Profile, and Egg Quality in Peak Producing Hens: I. The Humate

Supplementation. In: *Asian Australas. J. Anim. Sci* 18 (9), S. 1310–1319. DOI: 10.5713/ajas.2005.1310.

Herzig, I.; Navratilova, M.; Suchy, P.; Totusek, J. (2007): Model trial investigating retention in selected tissues using broiler chicken fed cadmium and humic acid. In: *Veterinarni Medicina* (52), S. 162–168.

Herzig, I.; Navratilova, M.; Totusek, J.; Suchy, P.; Vecerek, V.; Blahova, J.; Zraly, Z. (2009): The effect of humic acid on zinc accumulation in chicken broiler tissues. In: *Czech J. Anim. Sci.* (54), S. 121–127.

Hintermaier-Erhard, G.; Zech, W. (1997): Wörterbuch der Bodenkunde. Systematik, Genese, Eigenschaften, Ökologie und Verbreitung von Böden ; 43 Tabellen. Stuttgart: Enke.

Islam, K. M. S.; Schumacher, A.; Gropp, J. M. (2005): Humic Acid Substances in Animal Agriculture. In: *Pakistan Journal of Nutrition* 4 (3), S. 126–134, zuletzt geprüft am 26.10.2020.

Jad'uttová, I.; Marcinčáková, D.; Bartkovský, M.; Semjon, B.; Harčárová, M.; Nagyová, A. et al. (2019): The effect of dietary humic substances on the fattening performance, carcass yield, blood biochemistry parameters and bone mineral profile of broiler chickens. In: *Acta Vet. Brno* 88 (3), S. 307–313. DOI: 10.2754/avb201988030307.

Ji, F.; McGlone, J. J.; Kim, S. W. (2006): Effects of dietary humic substances on pig growth performance, carcass characteristics, and ammonia emission. In: *Journal of animal science* 84 (9), S. 2482–2490. DOI: 10.2527/jas.2005-206.

Karnati, S. K. R.; Sylvester, J. T.; Ribeiro, C. V. D. M.; Gilligan, L. E.; Firkins, J. L. (2009): Investigating unsaturated fat, monensin, or bromoethanesulfonate in continuous cultures retaining ruminal protozoa. I. Fermentation, biohydrogenation, and microbial protein synthesis. In: *journal of dairy science* 92 (8), S. 3849–3860. DOI: 10.3168/jds.2008-1436.

Knopp, R. H.; Retzlaff, B. M. (2004): Saturated fat prevents coronary artery disease? An American paradox. In: *The American journal of clinical nutrition* 80 (5), S. 1102–1103. DOI: 10.1093/ajcn/80.5.1102.

Koenig, K. M.; Newbold, C. J.; McIntosh, F. M.; Rode, L. M. (2000): Effects of protozoa on bacterial nitrogen recycling in the rumen. In: *Journal of animal science* 78 (9), S. 2431–2445. DOI: 10.2527/2000.7892431x.

Kucukersan, S.; Kucukersan, K.; Colpan, I.; Goncuoglu, E.; Reisli, Z. (2005): The effects of humic acid on egg production and egg traits of laying hen. In: *Vet. Med. - Czech* 50 (9), S. 406–410, zuletzt geprüft am 26.10.2020.

Kuntze, H.; Roeschmann, G.; Schwerdtfeger, G. (1994): *Bodenkunde*. 188 Tabellen. 5., neubearbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer (UTB für Wissenschaft Große Reihe Botanik, Ökologie, Agrar- und Forstwissenschaften).

LKV (2019a): Milchleistungsprüfung in Bayern, zuletzt geprüft am 30.11.2020.

LKV (2019b): Die Untersuchungspakete im LKV-Futterlabor. Online verfügbar unter <http://www.lkv.bayern.de/futteruntersuchungen/untersuchungsvarianten.html>, zuletzt aktualisiert am 24.04.2019, zuletzt geprüft am 01.12.2020.

LKV (2020): Information zur Beitragsanpassung, zuletzt geprüft am 01.12.2020.

Loeffler, K. (1983): *Anatomie und Physiologie der Haustiere*. 6., durchges. Aufl. Stuttgart: Ulmer (Uni-Taschenbücher, 13).

Mader, M. (2017): Eignung von getrockneten Heidelbeeren und Trockentorf zur Durchfallprophylaxe bei Bio-Absetzferkeln. Masterarbeit. Wien, Universität für Bodenkultur. Online verfügbar unter https://forschung.boku.ac.at/fis/suchen.hochschulschriften_info?sprache_in=de&menue_id_in=206&hochschulschrift_id_in=17287.

Martinez, C. M.; Alvarez, L. H.; Celis, L. B.; Cervantes, F. J. (2013): Humus-reducing microorganisms and their valuable contribution in environmental processes. In: *Applied microbiology and biotechnology* 97 (24), S. 10293–10308. DOI: 10.1007/s00253-013-5350-7.

McMurphy, C. P.; Duff, G. C.; Harris, M. A.; Sanders, S. R.; Chirase, N. K.; Bailey, C. R.; Ibrahim, R. M. (2009): Effect of Humic/Fulvic Acid in Beef Cattle Finishing Diets on Animal Performance, Ruminal Ammonia and Serum Urea Nitrogen Concentration. In: *Journal of Applied Animal Research* 35 (2), S. 97–100. DOI: 10.1080/09712119.2009.9706995.

McMurphy, C. P.; Duff, G. C.; Sanders, S. R.; Cuneo, S. P.; Chirase, N. K. (2011): Effects of supplementing humates on rumen fermentation in Holstein steers. In: *SA J. An. Sci.* 41 (2), S. 134–140. DOI: 10.4314/sajas.v41i2.71017.

Menke, K. H.; Raab, L.; Salewski, A.; Steingass, H.; Fritz, D.; Schneider, W. (1979): The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. In: *J. Agric. Sci.* 93 (1), S. 217–222. DOI: 10.1017/S0021859600086305.

Mensink, Ronald P.; Zock, Peter L.; Kester, Arnold D. M.; Katan, Martijn B. (2003): Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. In: *The American journal of clinical nutrition* 77 (5), S. 1146–1155. DOI: 10.1093/ajcn/77.5.1146.

- Mokotedi, N. P.; Leeuw, K. J.; Marume, U.; Hugo, A. (2018): Meat quality of weaner steers adapted to a diet containing potassium humate in the feedlot. In: *SA J. An. Sci.* 48 (1), S. 19–28. DOI: 10.4314/sajas.v48i1.3.
- Mortimer, C. E.; Müller, U.; Beck, J. (2015): Chemie. Das Basiswissen der Chemie. 12., korrigierte und aktualisierte Auflage. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.
- Mudroňová, D.; Karaffová, V.; Pešulová, T.; Koščová, J.; Maruščáková, I. Cingelová; Bartkovský, M. et al. (2020): The effect of humic substances on gut microbiota and immune response of broilers. In: *Food and Agricultural Immunology* 31 (1), S. 137–149. DOI: 10.1080/09540105.2019.1707780.
- Oikonomou, G.; Arsenos, G.; Valergakis, G. E.; Tsiaras, A.; Zygoiannis, D.; Banos, G. (2008): Genetic relationship of body energy and blood metabolites with reproduction in holstein cows. In: *journal of dairy science* 91 (11), S. 4323–4332. DOI: 10.3168/jds.2008-1018.
- Ottow, J. C. G. (1978): Chemie und Biochemie des Humusk irpers unserer Böden. In: *Naturwissenschaften* 65, S. 413–423, zuletzt geprüft am 27.10.2020.
- Ozturk, E.; Coskun, I.; Ocak, N.; Erener, G.; Dervisoglu, M.; Turhan, S. (2014): Performance, meat quality, meat mineral contents and caecal microbial population responses to humic substances administered in drinking water in broilers. In: *British Poultry Science* 55 (5), S. 668–674. DOI: 10.1080/00071668.2014.960807.
- Ozturk, E.; Ocak, N.; Coskun, I.; Turhan, S.; Erener, G. (2010): Effects of humic substances supplementation provided through drinking water on performance, carcass traits and meat quality of broilers. In: *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 94 (1), S. 78–85. DOI: 10.1111/j.1439-0396.2008.00886.x.
- Ozturk, E.; Ocak, N.; Turan, A.; Erener, G.; Altop, A.; Cankaya, S. (2012): Performance, carcass, gastrointestinal tract and meat quality traits, and selected blood parameters of broilers fed diets supplemented with humic substances. In: *J. Sci. Food Agric.* 92 (1), S. 59–65. DOI: 10.1002/jsfa.4541.
- Písaříková, B.; Zralý, Z.; Herzig, I. (2010): The Effect of Dietary Sodium Humate Supplementation on Nutrient Digestibility in Growing Pigs. In: *Acta Vet. Brno* 79 (3), S. 349–353. DOI: 10.2754/avb201079030349.
- Ponce, C. H.; Arteaga, C.; Flores, A. (2016): Effects of humic acid supplementation on pig growth performance, Nitrogen digestibility, odor, and ammonia emission. In: *Journal of animal science* 94 (suppl_5), S. 486. DOI: 10.2527/jam2016-1014.
- Potůčková, M.; Kouřimská, L. (2017): Effect of humates in diet of dairy cows on the raw milk main components. In: *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences* 11 (1), S. 558–563. DOI: 10.5219/748.

- Rath, N. C.; Huff, W. E.; Huff, G. R. (2006): Effects of humic acid on broiler chickens. In: *Poultry science* 85 (3), S. 410–414. DOI: 10.1093/ps/85.3.410.
- Richeson, J. T.; Beck, P. A.; Hughes, H. D.; Hubbell, D. S.; Gadberry, M. S.; Kegley, E. B. et al. (2015): Effect of growth implant regimen on health, performance, and immunity of high-risk, newly received stocker cattle 93, S. 4089–4097, zuletzt geprüft am 23.11.2020.
- Scheffer, F.; Schachtschabel, P.; Blume, H.-P.; Brümmer, G.; Horn, R.; Kandeler, E. et al. (2010): Lehrbuch der Bodenkunde. Unter Mitarbeit von Sören Thiele-Bruhn, Gerhard Welp und Rolf Tippkötter. 16. Auflage. Heidelberg: Springer Spektrum Akademischer Verlag.
- Schneider, F.; Wehrend, A. (2019): Qualitätsbeurteilung von bovinen und equinen Kolostrum. In: *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* 161 (5), S. 287–297. DOI: 10.17236/sat00205.
- Schroeder, D.; Blum, W. E. H. (1992): Bodenkunde in Stichworten. 5., rev. und erw. Aufl. Berlin: Hirt (Hirts Stichwortbücher, 156).
- Schumann, K.; Etle, T.; Szegner, B.; Elsenhans, B.; Solomons, N. W. (2014): Risiken und Nutzen der Eisensupplementation: Empfehlungen zur Eisenaufnahme kritisch betrachtet. In: *Perspectives in Medicine* 2 (1-4), S. 19–39. DOI: 10.1016/j.per-med.2013.09.003.
- Seidel, C.; Mehrl, M. (2021): Wirkung von Huminstoffen insbesondere Huminsäuren in der Tierernährung von landwirtschaftlichen Nutztieren: Nutritive und nicht nutritive Effekte beim Monogastrier. (Bachelorarbeit, unveröffentlicht), zuletzt geprüft am 09.02.2021.
- Selladurai, R.; Purakayastha, T. J. (2016): Effect of humic acid multinutrient fertilizers on yield and nutrient use efficiency of potato. In: *Journal of Plant Nutrition* 39 (7), S. 949–956. DOI: 10.1080/01904167.2015.1109106.
- Semjon, B.; Marcinčáková, D.; Koréneková, B.; Bartkovský, M.; Nagy, J.; Turek, P.; Marcinčák, S. (2020): Multiple factorial analysis of physicochemical and organoleptic properties of breast and thigh meat of broilers fed a diet supplemented with humic substances. In: *Poultry science* 99 (3), S. 1750–1760. DOI: 10.1016/j.psj.2019.11.012.
- Sheng, P.; Ribeiro, G. O.; Wang, Y.; McAllister, T. A. (2017): Humic substances supplementation reduces ruminal methane production and increases the efficiency of microbial protein synthesis in vitro. In: *Journal of animal science* 95 (suppl_4), S. 300–305. DOI: 10.2527/asasann.2017.613.

- Shi, Y.; Parker, D. B.; Cole, N. A.; Auvermann, B. W.; Mehlhorn, J. E. (2001): SURFACE AMENDMENTS TO MINIMIZE AMMONIA EMISSIONS FROM BEEF CATTLE FEEDLOTS. In: *Transactions of the ASAE* 44 (3). DOI: 10.13031/2013.6105.
- Spiekers, H.; Nußbaum, H.; Potthast, V. (2009): Erfolgreiche Milchviehfütterung. 5., erw. und aktualisiert Aufl. Frankfurt am Main: DLG-Verl.
- Stevenson, Frank J. (1994): Humus chemistry. Genesis, composition, reactions. 2. ed. New York: Wiley. Online verfügbar unter <http://www.loc.gov/catdir/description/wiley033/93046704.html>.
- Taklimi, S. M. S.; Ghahri, H.; Isakan, M. A. (2012): Influence of different levels of humic acid and esterified glucomannan on growth performance and intestinal morphology of broiler chickens. In: *Agricultural Sciences* 3 (5), S. 663–668.
- Tan, K. H. (2014): Humic Matter in Soil and the Environment: CRC Press.
- Terry, S. A.; Ramos, A. F. O.; Holman, D. B.; McAllister, T. A.; Breves, G.; Chaves, A. V. (2018a): Humic Substances Alter Ammonia Production and the Microbial Populations Within a RUSITEC Fed a Mixed Hay - Concentrate Diet. In: *Frontiers in microbiology* 9, S. 1–9. DOI: 10.3389/fmicb.2018.01410.
- Terry, S. A.; Ribeiro, G.; Gruninger, R.; Hunerberg, M.; Ping, S.; Chaves, A. et al. (2018b): Effect of humic substances on rumen fermentation, nutrient digestibility, methane emissions, and rumen microbiota in beef heifers¹. In: *Journal of animal science* 96 (9), S. 3863–3877. DOI: 10.1093/jas/sky265.
- Tomassen, B. P. H.; Faust, R. H. (2018): The use of a Processed Humic acid product as a feed supplement in Dairy Production in the Netherlands. In: *Proceedings of The World Grows Organic International Scientific Conference, August, Basle, Switzerland*, S. 339, zuletzt geprüft am 17.11.2020.
- Trckova, M.; Lorencova, A.; Babak, V.; Neca, J.; Ciganek, M. (2018): The effect of Leonardite and lignite on the health of weaned piglets. In: *Research in Veterinary Science* 119, S. 134–142. DOI: 10.1016/j.rvsc.2018.06.004.
- Trckova, M.; Matlova, L.; Hudcova, H.; Faldyna, M.; Zrally, Z.; Dvorska, L. et al. (2012): Peat as a feed supplement for animals: a literature review. In: *Veterinarni Medicina* 50 (No. 8), S. 361–377. DOI: 10.17221/5635-VETMED.
- Ugapo, T.; Pickering, W. F. (1985): Effect of organic colloids on ASV signals of Cd, Pb and Cu. In: *Talanta* 32 (2), S. 131–138. DOI: 10.1016/0039-9140(85)80042-4.
- Váradyová, Z.; Kišidayová, S.; Jalč, D. (2009): Effect of humic acid on fermentation and ciliate protozoan population in rumen fluid of sheep in vitro. In: *J. Sci. Food Agric.* 89 (11), S. 1936–1941. DOI: 10.1002/jsfa.3675.

- Vašková, J.; Patlevič, P.; Žatko, D.; Vaško, L.; Marcinčák, S. (2015): Impact of humic acids on trace element content under different conditions. In: *Folia Veterinaria* (59), S. 159–164.
- Visser, S. A. (1973): Some biological effects of humic acids in the rat. In: *Acta biologica et medica Germanica* 31 (4), S. 569–581.
- Wang, Q.; Chen, Y. J.; Yoo, J. S.; Kim, H. J.; Cho, J. H.; Kim, I. H. (2008): Effects of supplemental humic substances on growth performance, blood characteristics and meat quality in finishing pigs. In: *Livestock Science* 117 (2-3), S. 270–274. DOI: 10.1016/j.livsci.2007.12.024.
- Yalçın, Sakine; Ergün, Ahmet; Özsoy, Bülent; Yalçın, Suzan; Erol, Handan; Onbaşıl, İlyas (2006): The Effects of Dietary Supplementation of L-carnitine and Humic Substances on Performance, Egg Traits and Blood Parameters in Laying Hens. In: *Asian Australas. J. Anim. Sci* 19 (10), S. 1478–1483. DOI: 10.5713/ajas.2006.1478.
- Yüca, S.; Gül, M. (2020): Effect of adding humate to the ration of dairy cows on yield performance. In: *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. DOI: 10.33988/auvfd.626066.
- Ziechmann, W. (1994): Humic substances. Mannheim: BI-Wiss.-Verl.
- Ziechmann, W. (1996): Huminstoffe und ihre Wirkungen. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akad. Verl.
- Zralý, Z.; Písaříková, B.; Navratilova, M. (2008a): The effect of humic acid on mercury accumulation in chicken organs and muscle tissues. In: *Czech J. Anim. Sci.* (472-478).
- Zralý, Z.; Písaříková, B.; Trcková, M.; Navratilová, M. (2008b): Effect of Humic Acids on Lead Accumulation in Chicken Organs and Muscles. In: *Acta Veterinaria Brno* (77), S. 439–445.

Anhang

Anhang A: Preisliste Leonardit

Preisliste

gültig ab 01.07.2020

Art. Nr.	Big Bags	Körnung in mm		EUR / Big Bag netto
961532	Leonardit als Bodenhilfsstoff	0/4	1,00 m³	220,00
961533	Leonardit als Bodenhilfsstoff	0/4	1,25 m³	260,00
961536	Leonardit als Bodenhilfsstoff LT 3	0/4 mit geringem Tonanteil	1,00 m³	210,00
961537	Leonardit als Bodenhilfsstoff LT 3	0/4 mit geringem Tonanteil	1,25 m³	250,00
961538	Leonardit als Bodenhilfsstoff LT 1	0/4 mit ca. 40% Tonanteil	1,00 m³	195,00
961539	Leonardit als Bodenhilfsstoff LT 1	0/4 mit ca. 40% Tonanteil	1,25 m³	235,00
961541	Leonardit als Mineralfuttermittel mit Lignocellulose*	0/4	1,00 m³	510,00
961548	Leonardit als Mineralfuttermittel mit Magnesiumacetat*	0/4	1,00 m³	610,00
Sackware				EUR / Sack netto
961529	Leonardit als Bodenhilfsstoff	0/4	20 Liter	14,00
Kleingebinde**				EUR / Päckchen netto
	Leonardit als Bodenhilfsstoff	0/4	100 g	6,00
	Leonardit als Bodenhilfsstoff	0/4	1,00 kg	22,00
	Leonardit als Bodenhilfsstoff	0/4	1,50 kg	29,00
	Leonardit als Bodenhilfsstoff	500 µm	100 g	8,50
	Leonardit als Bodenhilfsstoff	500 µm	1,00 kg	30,50
	Leonardit als Bodenhilfsstoff	500 µm	1,50 kg	38,00
	Leonardit als Mineralfuttermittel*	0/4	100 g	7,00
	Leonardit als Mineralfuttermittel*	0/4	1,00 kg	25,00
	Leonardit als Mineralfuttermittel*	0/4	1,50 kg	35,00

Anhang B: Visuelle Materialkontrolle (aus Bericht zur Eignungsprüfung)

Parameter	Messwerte	Empfehlungen
Gefüge	Einzelkorn	---
Feuchte	feucht	schwach bis mittel-feucht
Konsistenz	fest	fest, halbfest
Verfestigungsgrad	lose	lose
Geruch	unauffällig	unauffällig
Fremd- /Störstoffe	keine sichtbar	keine

Anhang C: Korngrößenverteilung (aus Bericht zur Eignungsprüfung)

Parameter:	Messwerte	Richtwerte
Körnung [mm]	0/4	---
Anteil Feinkorn <0,06 mm [M.-%]	21	---
Anteil Sandkorn 0,06-2 mm [M.-%]	66	---
Anteil Kieskorn >2 mm [M.-%]	13	---

Anhang D: Dichten nach DIN 1097-3 VDLUFA und Wassergehalt (aus Bericht zur Eignungsprüfung)

Dichten [g/ccm]	Messwerte	Richtwerte
Schüttdichte lose (DIN 1097-3)	0,69	--
Rütteldichte / Vol.gewicht (VDLUFA)	0,78	--
Wassergehalt [Masse-%]	40	--
Trockensubstanz [Masse-%]	60	--

Anhang E: Wasser und Lufthaushalt; Porenverhältnisse (aus Bericht zur Eignungsprüfung)

Parameter	Messwerte	Richtwerte
Gesamtporenvolumen GPV [Vol.-%]	68	> 55
maximale Wasserkapazität [Vol.-%]	56	> 45
Luftkapazität [Vol.-%]	12	> 10

Anhang F: chemische Untersuchungen nach VDLUFA (aus Bericht zur Eignungsprüfung)

Parameter	Messwerte	Richtwerte
pH – Wert in CaCl ₂	6,5	---
Salzgehalt in wässr. Lösung [g/l TS]	9,3	---
Salzgehalt in Gipslösung [g/l TS]	1,7	---
organ. Substanz, Glühverlust [M.-%]	61,7	---
organisches C (TOC); Glühverl. [M.-%]	30,8	---
Huminsäuregehalt [M.-% der TM]	68	---
Gesamt- Nährstoffe [Masse-% der TM]		
Stickstoff N tot.	0,44	---
Phosphat P ₂ O ₅	0,04	---
Kalium K ₂ O	0,06	---
Magnesium Mg	0,89	---
Schwefel S	3,19	---
Kupfer Cu	0,001	---
Zink Zn	0,011	---

Anhang G: potenzielle Kationenaustauschkapazität (aus Bericht zur Eignungsprüfung)

austauschbare kationische Basen in [cmol _c /kg TM]	Messwerte	Richtwerte
Calcium / KAK pot,	37	--
Magnesium / KAK pot,	5,2	--
Natrium / KAK pot,	0,31	--
Kalium / KAK pot,	6,2	--
Summe der potentiellen Kationenaustauschkapazität KAK pot.	47,8	--

Anhang H: unerwünschte Stoffe nach Richtlinie 2002/32/EG in der Tierernährung (aus Bericht zur Eignungsprüfung)

Schwermetalle	Einheit	Messwerte	Grenzwerte nach Richtlinie 2002/32/EG Anhang 1; je nach Futterart
Arsen	mg/kg TM	8	2 - 30 (Mineralfutter: 12)
Blei	mg/kg TM	5,9	10 - 60 (Mineralfutter: 15)
Cadmium	mg/kg TM	< 0,38	2 - 15 (Mineralfutter: 5)
Quecksilber	mg/kg TM	< 0,2	0,1 - 0,3 (Mineralfutter: 0,2)
organ. Stoffe:	Einheit	Messwerte	Grenzwerte nach Richtlinie 2002/32/EG
Summe PAK	mg/kg TM	1,39.	---
PCDD+PCDF	ng TEQ/kg	n. n.	1,0
Summe PCB	ng TEQ/kg	n. n.	1,5

Eidesstattliche Erklärung

Name des Verfassers/der Verfasserin: Christoph Dumler
Name des Betreuers/der Betreuerin: Prof. Dr. Dr. Eva Zeiler
Thema der Masterarbeit:

Wirkung von Leonardit bzw. Huminstoffen insbesondere Huminsäuren in der Tierernährung von landwirtschaftlichen Nutztieren

Ich erkläre hiermit, dass ich die Masterarbeit selbständig verfasst, noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, keine anderen als die angegebenen Quellen oder Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe.

Weihenstephan, den 19.03.2021

Datum



Unterschrift Verfasser

Ich bin damit einverstanden, dass die von mir angefertigte Arbeit mit o.g. Titel innerhalb des Bibliothekssystems der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf aufgestellt und damit einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird. Die Arbeit darf im Bibliothekskatalog der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (und zugeordneten Verbundkatalogen) nachgewiesen werden und steht allen Nutzern der Bibliothek entsprechend den jeweils gültigen Nutzungsmodalitäten der Hochschulbibliothek der HSWT zur Verfügung. Ich bin mir auch darüber im Klaren, dass die Arbeit damit von Dritten ohne mein Wissen kopiert werden kann.

Die Veröffentlichung der Arbeit habe ich mit meinem Betreuer und falls zutreffend, mit der Firma / Institution abgesprochen, die eine Mitbetreuung übernommen hatte.

Nein (siehe Sperrvermerk)

Weihenstephan, den 19.03.2021

Datum



Unterschrift Verfasser

Als Betreuer(in) bin ich mit der Aufnahme im Bibliothekssystem der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf einverstanden.

Weihenstephan, den

Datum

Unterschrift Betreuer(in)

Sperrvermerk

Die vorgelegte Masterarbeit mit dem Titel:

Wirkung von Leonardit bzw. Huminstoffen insbesondere Huminsäuren in der Tierernährung von landwirtschaftlichen Nutztieren

beinhaltet vertrauliche und interne Daten des Unternehmens:

Gerhard Rösl GmbH & Co KG

Die Einsicht in die oben genannte Masterarbeit ist nur dem Gutachter sowie befugten Mitgliedern des Prüfungsausschusses gestattet.

Eine Veröffentlichung und Vervielfältigung der Masterarbeit ist - auch in Auszügen – nicht erlaubt.

Diese Geheimhaltungspflicht ist auf zwei Jahre nach der Abgabe der Arbeit begrenzt.

Weihenstephan, den

19.03.2021



Datum

Unterschrift Verfasser(in)

Weihenstephan, den

Datum

Unterschrift Betreuer(in)