

Aus dem Institut für  
Physiologie, Physiologische Chemie und Tierernährung  
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Geschäftsführender Vorstand:  
Univ.-Prof. Dr. H.-J. Gabius

---

Arbeit angefertigt unter der Leitung von  
Prof. Dr. W. A. Rambeck

**Einfluss Seltener Erden in Verbindung mit phytogenen  
Zusatzstoffen auf Leistungsparameter beim Ferkel**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde  
der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von  
Josef Recht  
aus Mohacs/ Ungarn

München 2005

Mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität  
München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. A. Stolle  
Referent: Prof. Dr. Dr. W. Rambeck  
Korreferent: Priv.-Doz. Dr. R. S. Müller

Tag der Promotion: 11.02.2005

---

**INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1. Einleitung</b>	<b>10</b>
<b>2. Literaturübersicht</b>	<b>12</b>
2.1 Leistungsförderer	12
2.1.1 Definition und Einteilung	12
2.1.2 Antibiotische Leistungsförderer	12
2.1.3 Hormone und $\beta$ - Agonisten	14
2.1.4 Alternative Leistungsförderer	14
2.1.4.1 Probiotika	15
2.1.4.2 Prebiotika	19
2.1.4.3 Symbiotika	20
2.1.4.4 Organische Säuren und deren Salze	21
2.1.4.5.1 Enzyme	23
2.1.4.6 Phytogene Zusatzstoffe	24
2.1.5 Erkenntnisse über die Wirksamkeit leistungssteigernder Substanzen	22
2.2 Seltene Erden	31
2.2.1 Stellung im Periodensystem und ihre Klassifizierung	31
2.2.2 Geschichtlicher Überblick und Begriffsexaktheit	32
2.2.3 Vorkommen, Gewinnung und Verwendung	32
2.2.4 Physikalische und chemische Eigenschaften	34
2.2.5 Biochemische und pharmakologische Eigenschaften	35
2.2.6 Beurteilung der Toxizität Seltener Erden	37
2.2.7 Einsatz Seltener Erden in der Agrarwirtschaft	39
2.2.8 Einsatz Seltener Erden in der Tierernährung	41
<b>3. Material und Methoden</b>	<b>46</b>
3.1 Fütterungsversuch 1	46
3.2 Fütterungsversuch 2	56
3.3 Fütterungsversuch 3	59
3.5 Feldversuch	63

<b>4. Ergebnisse</b>	<b>69</b>
4.1 Fütterungsversuch 1	69
4.1.1 Gesundheitszustand	69
4.1.2 Mastleistungsparameter	69
4.2 Fütterungsversuch 2	75
4.2.1 Gesundheitszustand	75
4.2.2 Leistungsparameter	77
4.3 Fütterungsversuch 3	82
4.3.1 Gesundheitszustand	82
4.3.2 Mastleistungsparameter	82
4.4 Feldversuch	88
4.4.1 Gesundheitszustand	88
4.4.2 Leistungsparameter	88
<b>5. Diskussion</b>	<b>91</b>
5.1 Versuch 1	91
5.1.1 Gesundheitszustand	91
5.1.2 Mastleistungsparameter	92
5.2 Versuch 2	93
5.2.1 Gesundheitszustand und Mortalität	94
5.2.2 Mastleistungsparameter	95
5.3 Versuch 3	96
5.3.1 Gesundheitszustand	96
5.3.2 Mastleistungsparameter	96
5.4 Feldversuch	98
<b>6. Zusammenfassung</b>	<b>99</b>
<b>7. Summary</b>	<b>101</b>
<b>8. Literaturverzeichnis</b>	<b>103</b>
<b>9. Danksagung</b>	<b>125</b>
<b>10. Lebenslauf</b>	<b>126</b>

## TABELLENVERZEICHNIS

- Tabelle 1: Zusätze pro kg Futter bei den Kontroll- und Versuchsgruppen des Fütterungsversuchs 1
- Tabelle 2: Zusammensetzung der Basisration des Versuchsfuttermittels für die Aufzucht- und die Vormastperiode.
- Tabelle 3: Gehalt an Rohrnährstoffen und Energie in den Rationen der Aufzucht- und Vormastperiode
- Tabelle 4: Gehalt der Rationen der Aufzucht- und Vormastperiode an essentiellen Aminosäuren und Calcium sowie Phosphor
- Tabelle 5: Endkonzentrationen der Einzelkomponenten der Spurenelementvornischung des Aufzucht- und Vormastfutter aller Versuchsgruppen pro kg TS
- Tabelle 6: Zusammensetzung der Vitaminnormischung des Aufzucht- und Vormastfutters aller Versuchsgruppen
- Tabelle 7: Versuchs- und Kontrollgruppen beim Fütterungsexperiment 2
- Tabelle 8: Versuchs- und Kontrollgruppen beim Fütterungsexperiment 2
- Tabelle 9: Gehalt an Rohrnähr- und Inhaltsstoffen des Schweinemastalleinfutters

- Tabelle 10: Endkonzentrationen der Einzelkomponenten des Schweinemastalleinfutters aller Versuchsgruppen
- Tabelle 11: Rohrnährstoff – sowie Energie- und Lysingehalt des Spezialprestarters (Primary Easy Flow I.)
- Tabelle 12: Vitamingehalte des Spezialprestarters (Easy Flow I. von Primary Diets)
- Tabelle 13: Rohrnährstoff – sowie Energie- und Lysingehalt im Absatzfutter (Easy Flow II. von Primary Diets)
- Tabelle 14: Vitamingehalte im Absatzfutter (Easy Flow II. von Primary Diets)
- Tabelle 15: Zusammensetzung der Basisration in der Aufzuchtperiode
- Tabelle 16: Errechnete Gehalte und Zielwerte von den Inhaltsstoffen des Aufzuchtsalleinfuttermittels
- Tabelle 17: Zusatz an Seltenen Erden im Futter in mg REE / kg Futter
- Tabelle 18: Versuch 1: Durchschnittlicher Futterverzehr in Gramm pro Tier und Tag der acht Rationsgruppen während der Fütterungswochen (MW  $\pm$  s)
- Tabelle 19: Versuch 1: Durchschnittliches Körpergewicht in Kilogramm (kg) pro Tier der acht Rationsgruppen an den Tagen 0 bis 68 (MW  $\pm$  s)

- Tabelle 20: Versuch 1: Durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme (g) pro Tier der acht Rationsgruppen während der Fütterungswochen bzw. gesamt nach den 2 Fütterungsperioden (MW  $\pm$  s)
- Tabelle 21: Versuch 2: Durchschnittliche Futtermittelverwertung (kg / kg) der acht Rationsgruppen während der Fütterungswochen gesamt nach den 2 Fütterungsperioden
- Tabelle 22: Versuch 2: Übersicht über die Anzahl der erkrankten und der behandelten sowie der verendeten und der eingeschläferten Tiere je Gruppe
- Tabelle 23: Versuch 2: Ergebnisse der bakteriologischen und parasitologischen Untersuchung der Kotproben und Kottupfer
- Tabelle 24: Versuch 2: Durchschnittlicher Futterverzehr in Gramm pro Tier und Tag in den einzelnen Rationsgruppen während des Versuches (MW  $\pm$  s)
- Tabelle 25: Versuch 2: Durchschnittliches Körpergewicht in Kilogramm (kg) pro Tier der einzelnen Rationsgruppen an den Tagen 0 bis 41 (MW  $\pm$  s)
- Tabelle 26: Versuch 2: Durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme pro Tier in den einzelnen Rationsgruppen im Versuchszeitraum (MW  $\pm$  s)
- Tabelle 27: Versuch 2: Durchschnittliche Futtermittelverwertung in den einzelnen Rationsgruppen während des Versuchszeitraumes

- Tabelle 28: Versuch 3: Durchschnittlicher Futterverbrauch in Gramm pro Tier und Tag in den einzelnen Rationsgruppen, während des Versuches (MW  $\pm$  s)
- Tabelle 29: Versuch 3: Durchschnittliches Körpergewicht in Kilogramm (kg) pro Tier der Rationsgruppen 1 - 6 an den Tagen 0 bis 48 (MW  $\pm$  s)
- Tabelle 30: Versuch 3: Durchschnittliches Körpergewicht in Kilogramm (kg) pro Tier der Rationsgruppen 1 - 6 an den Tagen 0 bis 48 (MW  $\pm$  s)
- Tabelle 31: Versuch 3: Durchschnittliche Futterverwertung (kg /kg) in den Rationsgruppen 1 – 6 im gesamten Versuchszeitraum (MW  $\pm$  s)
- Tabelle 32: Feldversuch: Durchschnittliches Körpergewicht in kg der Schweine in den beiden Rationsgruppen nach 0 und 3 Wochen
- Tabelle 33: Feldversuch: Die durchschnittlichen täglichen Gewichtszunahmen in g je Schwein bei den beiden Versuchsgruppen im Gesamtversuchszeitraum
- Tabelle 34: Feldversuch: Die täglich aufgenommene Futtermenge in g je Schwein im gesamten Feldversuch
- Tabelle 35: Feldversuch: Durchschnittliche Futterverwertung je Schwein in den einzelnen Rationsgruppen während des Feldversuches

## ÜBERSICHTSVERZEICHNIS

Übersicht 1: Verschiedene alternative Leistungsförderer und ihre Vor- und Nachteile

Übersicht 2: Zugelassene probiotische Leistungsförderer bei den 4 Nutztierkategorien nach Futtermittelrecht (2004)

Übersicht 3: Relative Veränderung der Leistungsparameter (modifiziert nach Schulze und Temming, 2002) in % beim Einsatz phytogener Futterzusatzstoffe in der Ferkelaufzucht bzw. Schweinemast

Übersicht 4: Gehalte an Lanthanoiden in 20 bayerischen Acker- und Waldböden und deren Pflanzen im Vergleich zu Kupfer

Übersicht 5: Gehalte an Lanthanoiden in 20 bayerischen Acker- und Waldböden und deren Pflanzen im Vergleich zu Kupfer

Übersicht 6: Übersicht über chinesische Fütterungsversuche bei Schweinen

Übersicht 7: Übersicht über westliche Fütterungsversuche bei Schweinen

**ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**

Ca	Calcium
Ce	Cer
Cl	Chlorid
d	Tag
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
Dy	Dysprosium
E.coli	Escherichia coli
EG	Europäische Gemeinschaft
et al.	und Mitarbeiter
ETEC	enterotoxische E.coli
Eu	Europium
EU	Europäische Union
e.V.	eingetragener Verein
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
Fa.	Firma
FMG	Futtermittelgesetz
FMVO	Futtermittelverordnung
FV	Futtermittelverwertung
g	Gramm
GH	Wachstumshormon (growth hormone)
GZ	Gewichtszunahme
h	Stunde
ha	Hektar
Ho	Holmium
I.E.	internationale Einheit
i.m.	intramuskulär
i.v.	intravenös
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
L	Liter
La	Lanthan
LD <sub>50</sub>	mittlere letale Dosis
LMZ	Lebendmassezunahme
M	Mol
MÄÖ I. Und II.	Mischung ätherischer Öle I. und II.
mind.	Mindestens
mg	Milligramm
mM	Millimol
ME	umsetzbare Energie
MJ	Megajoule
MW	Mittelwert
NSP	Nicht-Stärke-Polysaccharide
µg	Mikrogramm
n	Anzahl der Proben
Nd	Neodym
NfE	Stickstoff-freie Extraktstoffe
nm	Nanometer

oS	organische Substanz
P	Phosphor
ppb	Parts per Billion
ppm	Parts per Million
p.o.	per os
Pr	Praseodym
Ra	Rohasche
REE	Rare Earth Elements
Rfa	Rohfaser
Rfe	Rohfett
RL	Richtlinie
Rp	Rohprotein
s	Standardabweichung
Sm	Samarium
sog.	Sogenannte
T <sub>3</sub>	Trijodthyronin
T <sub>4</sub>	Thyroxin
Tb	Terbium
Tm	Thulium
us.vet.	usum veterinarium
vgl.	Vergleiche
Vit.	Vitamin
WHO	World Health Organisation
z.T.	zum Teil

## 1. Einleitung

Der Ministerrat und das EU-Parlament haben am 22.07.2004 die EU-Verordnung zur Überwachung der Verwendung von Futtermittelzusatzstoffen verabschiedet. Gemäß der neuen Verordnung werden generell Kontrollen aller Arten von Zusatzstoffen in der Tierernährung verschärft, in erster Linie werden aber damit die Maßnahmen der EU mit dem Verbraucherschützenden Ziel, die Verwendung von noch vier zugelassenen Antibiotika als Wachstumsförderer in Futtermitteln einzustellen, abgeschlossen.

Angesichts des bereits jetzt bemerkbaren Verzichts auf Antibiotika durch viele Futtermittelproduzenten und Landwirte sind in der Tierernährung vielfältige alternative Leistungsförderer (Pro- und Prebiotika, organische Säuren, Enzyme und Pflanzeninhaltsstoffe) zunehmend in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Dieser Trend ist vor dem Hintergrund des EU-weiten Verbots antibiotischer Leistungsförderer ab dem 01.01.2006 und der daraus resultierenden Suche nach geeignetem Ersatz zu sehen. So werden diese alternativen Futterzusätze vielfach mit der Erwartung eingesetzt, dass sie ähnliche wachstums- und gesundheitsfördernde Effekte wie die Fütterungsantibiotika erzielen, ohne dabei negativ auf die Rückstandsproblematik und die Resistenzentwicklung zu wirken.

Da der sensibilisierte Verbraucher in verstärktem Maße möglichst natürlich erzeugte Lebensmittel favorisiert und synthetisch hergestellten Zusatzstoffen in der Tierernährung eher kritisch gegenüber steht, werden in der Natur vorkommende Substanzen bevorzugt.

Seltene Erden werden schon seit Jahrzehnten zur Ertrags- und Leistungssteigerung in der chinesischen Pflanzen- und Tierproduktion eingesetzt. Bei den Seltenen Erden handelt es sich um eine Gruppe von 17 verschiedenen Übergangsmetallen, zu denen Scandium, Yttrium, Lanthan und die 14 auf das Lanthan folgende Elemente gehören. Zahlreiche chinesische Publikationen berichten über spektakuläre Leistungssteigerungen in vielen Nutztierkategorien. Aufgrund dieser Berichte wurden in Deutschland und der Schweiz unter westlichen Fütterungs- und Haltungsbedingungen einige Fütterungsstudien mit unterschiedlichen Zusätzen an Seltenen Erden durchgeführt, um die in China erzielten sensationellen Ergebnisse nachvollziehen zu können.

Im Ganzen konnten bei diesen Untersuchungen ebenfalls deutliche Leistungssteigerungen erzielt werden. Bezüglich des Wirkmechanismus, der hinter der ergotropen Wirkung Seltener Erden steckt, ist bis dato keine klare Aussage zu machen.

Insgesamt scheint es sich bei den Seltenen Erden um hochinteressante alternative Substanzen mit leistungsfördernder Wirkung zu handeln, deren Einsatz unter westlichen Bedingungen nicht nur auf dem Schweinesektor, sondern auch bei Geflügel und anderen Nutztierarten Erfolg verspricht.

In unserer Arbeitsgruppe wurden bisher Seltene Erden in Chlorid- und Citratform dem Futter zugesetzt. Nun sollte in der vorliegenden Dissertation erstmalig überprüft werden, ob Seltene Erden in Kombination mit anderen schon auf dem Markt befindlichen pflanzlichen Futterzusatzstoffen einen synergistischen Effekt bei Absatzferkeln erzielen können. Die als Additiva verwendeten phytogenen Kombinationspräparate gehören zu der Stoffgruppe der ätherischen Öle. Hierzu sollte im Rahmen von drei Fütterungsexperimenten und eines Feldversuches der Einfluß der additiven Wirkungen von zwei Pflanzeninhaltsstoffen in Anwesenheit von Seltenen Erden auf Leistungsparameter beim Schwein untersucht werden.

## **2. Literaturübersicht**

### **2.1 Leistungsförderer**

#### **2.1.1 Definition und Einteilung**

Futtermittelrechtlich zugelassene Leistungsförderer sind synthetisch oder fermentativ produzierte Substanzen, die auch beim gesunden Tier und hohen Leistungsniveau unter leistungsgerechter Nährstoffversorgung, zu einer Verringerung der Futteraufnahme bzw. zur Steigerung der täglichen Gewichtszunahmen führen (Greife und Berschauer, 1988).

Bei Tieren mit einem niedrigen Leistungsniveau ist die mit Hilfe von Leistungsförderern erreichte relative Wirksamkeit besonders hoch, da die infolge von unausgeglichene Futtermischungen bzw. im Verdauungstrakt schädlich wirkenden Mikroorganismen hervorgerufene Leistungsdepressionen durch adäquaten Einsatz von Leistungsförderern in großem Umfang aufgefangen werden können.

Hinsichtlich der Nährstoffverwertung existiert nie ein optimales Gleichgewicht zwischen den Mikroorganismen und dem Wirtstier, so zeigen Leistungsförderer auch bei gesunden Tieren und hohem Leistungsniveau einen gewissen positiven Effekt.

#### **2.1.2 Antibiotische Leistungsförderer**

In den letzten Jahren wurde durch Berichte der Medien über Leistungsförderer die Aufmerksamkeit der Bevölkerung verstärkt auf den Einsatz von Antibiotika in der Tierproduktion gelenkt. Aufgrund der beachtlichen Leistungssteigerungen fanden die Leistungsförderer schnell weite Verbreitung, wobei in der Tierernährung ähnliche Wirkstoffe wie auch in der humanmedizinischen Therapie zum Einsatz kamen, allerdings in einer 10-bis 50mal geringeren Dosierung, die später auf ein Hundertstel reduziert wurde (Wanner, 1999).

Nach dem zunehmenden Einsatz von Antibiotika in der Humanmedizin und Landwirtschaft war eine deutliche Zunahme resistenter Bakterienstämme zu registrieren (Helmuth, 1989). Auf dieses Erkenntnis wurde 1969 reagiert und es wurde im so genannten Swann-Report die Forderung aufgestellt, die Verwendung für den nutritiven Einsatz auf solche Stoffe zu beschränken, die kaum oder keine

therapeutische Bedeutung besitzen. Ebenso wurde gefordert, Stoffe auszuschließen, die zu Kreuzresistenzen mit therapeutisch wichtigen Stoffen führen. Ebenso wurde die Forderung aufgestellt, Stoffe, die zu Kreuzresistenzen mit therapeutisch wichtigen Antibiotika führen, nicht zu verwenden.

Nach einer Untersuchung des Europäischen Dachverbands für Tiergesundheit (FEDESA) wurden im Jahre 1999 4700 Tonnen (35%) sämtlicher in der Europäischen Union verwendeten Antibiotika an Nutztiere verabreicht und 8500 Tonnen (65%) an Menschen. Bei den Tieren wurden 3900 Tonnen (das sind 29% der insgesamt verwendeten Menge) zur Behandlung von Krankheiten gegeben und 786 Tonnen (6% der insgesamt verbrauchten Menge) wurden hingegen als Futterantibiotika eingesetzt. Die Erhebung schätzt, dass die als Wachstumsförderer verwendete Antibiotikamenge seit 1997 um 50% zurückgegangen ist; damals wurden etwa 1600 Tonnen als Futtermittelzusatzstoffe in den Tierproduktionskreislauf gebracht. Der Agrarminister der EU hat bereits 1999 sechs zugelassene antimikrobielle Leistungsförderer widerrufen und in der Humanmedizin verwendete Antibiotika als Zusatzstoffe in Futtermitteln verboten. Mit der neuen Verordnung gilt dieses Verbot, welches ab 01. Januar 2006 in Kraft tritt, für alle antibiotischen Leistungsförderer also auch für: Salinomycin-Natrium, Avilamycin, Flavophospholipol und Monensin-Natrium.

Die Verschärfung der Vorschriften über die Sicherheit von Futtermitteln zählt zu den Grundpfeilern der EU-Strategie im Bereich der Lebensmittelsicherheit. Die Zulassung für Avilamycin wurde laut dem am 20.02.2003 verabschiedeten Gesetz nicht vollständig aufgehoben und dementsprechend darf es auf dem Putensektor weitere 10 Jahre eingesetzt werden. In der Schweiz existiert seit dem 01.01.1999 ein generelles Verbot für den Einsatz antimikrobieller Leistungsförderer. Die Vorreiterrolle spielt in Europa seit 1986 mit einem ähnlichen Verbot Schweden. In Deutschland ist der Einsatz von antibiotisch wirkenden Futterzusatzstoffen in der Schweinemast für Betriebe des QS-Systems bereits heute verboten.

Aufgrund des ab dem Jahr 2006 geltenden EU-weiten Antibiotikaverbots in der Nutztierhaltung wird auf eine weitere Beschreibung antimikrobieller Leistungsförderer verzichtet.

### **2.1.3 Hormone und $\beta$ - Agonisten**

Im Gegensatz zu den futtermittelrechtlich zugelassenen Leistungsförderern, die spezifische und nur lokal auf den Magen-Darmflora ausgerichtete Wirkung besitzen, erfolgt die Stoffwechselregulation der Hormone und  $\beta$ - Agonisten durch Interaktion mit spezifischen Rezeptoren direkt im Zellstoffwechsel verschiedener Organe und Gewebe.

Zu Substanzen, die das Wachstum über den Intermediärstoffwechsel beeinflussen, gehören die anabol wirkenden Steroide, wie natürlich vorkommende Testosterone, Östrogene und Progesterone und ihre synthetische Vertreter, Zeranol, Trenbolonacetat und Melengstrolacetat sowie exogenes Somatotropin und  $\beta$ - Agonisten, wie Cimaterol, Ractopamin und Clenbuterol.

Da ein Einsatz von Hormonen für Mastzwecke in der EU nicht erlaubt ist, wird auf eine ausführliche Behandlung dieses Themas verzichtet.

### **2.1.4 Alternative Leistungsförderer**

Es wurde aufgrund der bereits erwähnten Problematik beim Einsatz von antimikrobiellen Leistungsförderern in der Tierernährung, aktiv nach alternativen Substanzen, die ein leistungssteigerndes Potenzial vermuten ließen, gesucht.

In ihrer Wirkung erreichen sie zwar nicht das Niveau der herkömmlichen Leistungsförderer, trotzdem sind bei Sauen, Ferkeln und Kälbern positive Effekte zu beobachten.

Zu den sogenannten alternativen Leistungsförderern können eine ganze Reihe von verschiedenen Stoffgruppen gezählt werden: Probiotika, Prebiotika, Organische Säure und deren Salze, Enzyme, Pflanzenextrakte und Kräuter sowie neuerdings Seltene Erden.

<b>Substanzgruppe</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
Probiotika Mikroorganismen	Hohe Verbraucherakzeptanz	Geringere Effekte als Antibiotika
Prebiotika Oligosaccharide	Hohe Verbraucherakzeptanz	Geringere Effekte als Antibiotika, Wirkmechanismen bedürfen noch weitere Aufklärung
Organische Säuren und deren Salze	Hohe Verbraucherakzeptanz	Schwieriger Umgang, Beeinträchtigt Futtermittelaufnahme
Enzyme	Ergotrope Effekte beim Geflügel	-----
Pflanzenextrakte und Kräuter	Hohe Verbraucherakzeptanz	Teilweise vorhandene wissenschaftliche Daten
Seltene Erden	Signifikante Effekte bei Mastschweinen	Wirkmechanismen unbekannt

Übersicht 1: Verschiedene alternative Leistungsförderer und ihre Vor- und Nachteile

#### 2.1.4.1 Probiotika

Bereits 1907 hatte Metschnikoff gewissen mikrosäurebildenden Mikroorganismen (wie z.B. *Lactobacillus bulgaricus*) die Fähigkeit attestiert, eine zu starke Vermehrung unerwünschter Mikroorganismen (Restflora) im Verdauungstrakt zu verhindern. Die Bezeichnung „probiotisch“ wurde erstmals 1974 durch Parker verwendet, der Probiotika als lebende Mikroorganismen sah, die eine den Antibiotika gegensätzliche Wirkung zeigten. Nach Fullers Definition (1989) sind Probiotika lebende mikrobielle Futterzusätze, die eine günstige Wirkung auf die Mikroflora des Gastrointestinaltrakts des Wirtstieres zeigen und dadurch einen positiven Effekt auf den Wirt ausüben. Seit Veldeman (1992) werden sowohl Organismen als auch Substanzen, welche die

Darmflora durch eine positiv regulierende Wirkung beeinflussen, als Probiotika bezeichnet. Eine etwas umfassendere Definition stammt von Guillott aus dem Jahr 1990, der Probiotika als Mikroorganismen oder Substanzen auffasst, die nach einer gastrointestinalen Passage, eine Verbesserung der Leistung und Kondition des Empfängers erzielen. Aus den verschiedenen Formulierungen wird ersichtlich, dass die Definition des Begriffes Probiotika im Laufe der Jahre permanent aktualisiert wurde. Laut Jansen und Van der Waaij (1995) verbessern Probiotika entweder das mikrobiologische und enzymatische Gleichgewicht auf Schleimhäuten oder stimulieren die im Körper ablaufenden Immunmechanismen. Salminen et al. (1999) definierten Probiotika als mikrobielle Zellpräparationen oder Komponente von mikrobiellen Zellen, die einen positiven Effekt auf die Gesundheit und das Wohlbefinden des Wirtstieres ausüben. Probiotika sind im Gegensatz zu Antibiotika keine mikrobiellen Stoffwechselprodukte, die selektive Wirkung besitzen, sondern Mikroorganismen, die gegen die äußerst empfindlichen pathogenen Keime agieren. Probiotische Leistungsförderer (Milchsäurebakterien, Hefen und Sporen) werden schon seit vielen Jahren bei landwirtschaftlichen Nutztieren mit der Zielsetzung eingesetzt, dass sie die täglichen Zunahmen verbessern, die Futterverwertung optimieren, die durch Durchfallerkrankung verursachte Jungtierversluste reduzieren und die Schlachtkörperqualität positiv beeinflussen.

Ihr Einsatz wird über die EU-Richtlinie 70/524/EEC über Zusatzstoffe in der Tierernährung geregelt. Zugelassene Zusatzstoffe sind in Anlage 3 der Futtermittelverordnung vom 23. November 2000 aufgeführt. Danach sind 25 mikrobiologische Produkte zugelassen. Überwiegend handelt es sich dabei um Präparate mit Monokulturen. Ein Großteil der für die jeweilige für Tierspezies zugelassenen Bakterienarten können aus der Übersicht 1 entnommen werden. Dabei handelt es sich nur um eine Übersicht der Spezies. Oft unterscheiden sich die zugelassenen Präparate nur durch unterschiedliche Stämme einer gleichen Spezies, die aus verschiedenen Kulturensammlungen stammen. Diese Zulassungen sind zeitlich befristet und unterliegen einer ständigen Revision. So gewährleisten die Bestimmungen für die Zulassung größte Sicherheit für den Verbraucher und Anwender, sowie für die Tiere und die Umwelt. Die Marktzulassung von Futtermittelzusatzstoffen bezieht sich auf eine bestimmte Tierspezies und eine höchstzulässige Dosis. Neuzulassungen werden nur noch für 10 Jahre erteilt. Unternehmen, die nach geltenden Vorschriften zugelassene Futtermittelzusatzstoffe

auf dem Markt führen, müssen innerhalb der nächsten sieben Jahre eine Neubesetzung und neue Zulassung ihrer Produkte, bei dem für die Durchführung zuständigen Organ der Europäischen Behörde der Lebensmittelsicherheit (EBLS) beantragen.

Substanzgruppen und ihre probiotische Präparate	Schwein		Rind		Geflügel		Kaninchen	
	Ferkel	Mast/Zucht	Kalb	Mast/Milch	Mast	Lege	Mast	Zucht
Milchsäurebakterien	+	+	+	+	+			
E. faecium								
P. acidibactici	+	+				+		
E. faecium u. L. rhamposus	+		+					
L. casei u. E. faecium			+					
L. acidophilus						+		
L. farciminis	+							
Str. infantarius u. L. phantarum			+					
Sporenbildner								
B. cereus var. tayoi	+	+	+	+		+	+	+
B. licheniformis u. B. subtilis	+	+	+			+		
Hefekulturen	+	+	+	+				+
S. cerevisiae								

B.= Bacillus, E.= Enterococcus, L.= Lactobacillus, S.= Saccharomyces, Str.= Streptococcus

Übersicht 2: Zugelassene probiotische Leistungsförderer bei den 4 Nutztierkategorien nach Futtermittelrecht (2004)

Milchsäurebakterien und Sporenbildner finden vorwiegend bei Monogastriern Verwendung, wobei Hefeprodukte sowohl mono- als auch polygastrischen-Tierspezies verabreicht werden. Da eine dauerhafte Ansiedlung von probiotischen

Leistungsförderern nicht zu garantieren ist, müssen sie laufend über das Futter zugeführt werden. Diese zugeführten apathogenen Mikroorganismen besetzen Bindungsstellen im Darmepithel, so dass diese von pathogenen Keimen nicht mehr genutzt werden können (Muralidhara et al., 1973). Gedek (1993) weist auf einen Biofilmaufbau innerhalb der Darmschleimhaut hin, wodurch eine Infektionsbarriere entstehen kann. In diesem Fall fungieren Probiotika als Platzhalter, da sie die Kolonisation am Darmepithel von unerwünschten Mikroorganismen verhindern (Daenicke und Flachowsky, 1996). So werden Keime, die sich nicht ansiedeln konnten, durch permanente Darmperistaltik mit den Ingesta weiterbefördert.

Barrios et al. (1991) erkannten die relevante Bedeutung von Probiotika für die Tiergesundheit in der Kontrolle und der Begrenzung des Wachstums von Enterobacteriaceae, zu denen viele potentielle Krankheitserreger gehören. Insbesondere Simoes-Nunes (1994) sowie Nousiainen und Suomi (1991) sahen einen Nutzen des Probiotikaeinsatzes für den Gesamtorganismus. Die Fütterung von Lactobazillen soll so zu einer Stimulierung der Antigenerkennung durch Interferonproduktion und zu einer Steigerung der Immunglobulin-G-Synthese sowie zu einer Vermehrung von Leukozyten führen.

Bei Schweinen wurden von verschiedenen Autoren (Roth und Kirchgessner, 1986; Risley et al., 1991) eine Steigerung der täglichen Gewichtszunahmen durch Probiotikaeinsatz nachgewiesen, desweiteren wurde die Futtermittelverwertung positiv beeinflusst.

Zani et al. (1998) konnten durch die Verabreichung von Probiotika bei Ferkeln einen Rückgang von 50% an Durchfallerkrankungen erreichen. Bei Kälbern konnten Phe-Tarboush et al. (1996) durch Zusatz von Lactobazillus und Streptococcus die Durchfallrate deutlich reduzieren.

Manickam et al. (1994) konnten beim Geflügel einen positiven Einfluß von Lactobazillus sporogenes auf die Mastleistung zeigen. Blanchet (1991) sowie Carraud und Frencia (1993) berichteten über positive Effekte auf das Wachstum, die Futtermittelverwertung und die Schlachtkörperqualität bei Kälbern und Mastbullern.

Der Einsatz von Lactoferrin begünstigte die Vermehrung von Bifidobakterien und Lactobazillen, welche eine positive Veränderung der darmspezifischen Bakterienflora bewirkte und die Darmflora gegen pathogene Keime widerstandsfähiger machte. Bei

Kälbern konnte eine Reduktion der Anzahl an E. coli –Bakterien im Darm und in den Faeces beobachtet werden (Hashizume 1983, Saito 1991, Debab 1998, Leuween 2000).

Die deutlichste Wirkung zeigen probiotische Leistungsförderer bei gestressten Tieren und Jungtieren. Bei Jungtieren ist die Zusammensetzung der Darmflora verdauungsphysiologisch gesehen noch sehr instabil und die Immunität der Tiere erst schwach ausgeprägt, was die hohen Tierverluste durch infektiösbedingte Darmerkrankungen erklärt (Roth 1997).

Probiotika sind derzeit Gegenstand intensiver Forschung. Die Verabreichung von Probiotika in der Tier- und Humanmedizin stellt nach heutigem wissenschaftlichen Standpunkt kein Risiko für Mensch und Tier dar. Sie sollen vielmehr dazu beitragen, das mögliche Leistungspotenzial zu verbessern. Allerdings stellen sie noch keinen Ersatz für antibiotische Leistungsförderer in der Tierernährung dar.

#### **2.1.4.2 Prebiotika**

Der Begriff Prebiotika wurde zum ersten Mal von Gibson und Roberfroid (1995) verwendet. Sie definieren Prebiotika als unverdauliche Nahrungsbestandteile, die den Wirtsorganismus durch selektive Stimulation des Wachstums und/oder der Aktivität von einer Art oder bestimmten Anzahl im Kolon befindliche Bakterien positiv beeinflussen. Unter Prebiotika werden heute verschiedene Kohlenhydrate wie Oligosaccharide, Polysaccharide, kleine Zuckeralkohole und Disaccharide verstanden. Sie können aufgrund ihrer spezifischen Bindungsform von den körpereigenen Verdauungsenzymen nicht gespalten und daher erst, je nach Kettenlänge und Zusammensetzung, im hinteren Dünndarm oder in nachgelagerten Intestinalabschnitten durch die Mikroflora (Lactobazillen, Bifidobakterien) verwertet werden.

Mikroorganismen, die zur Metabolisierung von diesen Stoffen nicht befähigt sind, werden energetisch benachteiligt (Kühn et al., 1999). Die meisten Lactobazillen- und Bifidobakterien-Stämme besitzen durch ihre Enzymausstattung die Fähigkeit, Oligosaccharide zu spalten und besitzen dadurch einen deutlichen Selektionsvorteil gegenüber unerwünschten Darmkeimen (Grizand und Barthomeuf, 1999).

Prebiotika sind also keine lebenden Mikroorganismen, sondern durch Zufütterung von Prebiotika wird die Zusammensetzung der erwünschten Darmflora positiv beeinflusst. Die bakterielle Fermentation von Kohlenhydraten führt zur Bildung von

kurzkettigen Fettsäuren (v.a. Acetat, Butyrat und Propyونات) und organischen Säuren (Lactat, Pyruvat), die den pH-Wert der Darminhalte senken und dadurch für pathogene Keime (*E. coli*, Salmonellen, Clostridien) ungünstige Lebensbedingungen schaffen (Buddington 2001).

In Japan werden schon seit 20 Jahren dem Tierfutter Oligosaccharide zugesetzt, um höhere tägliche Gewichtszunahmen und gesundheitsstabilisierende Effekte bei Nutztieren zu erreichen (Fishbein et al., 1988; Mul und Perry, 1994).

Miguel et al. (2002) konnten bei Saugferkeln beobachten, dass der Einsatz von Mannan-Oligosacchariden zu einer durchschnittlichen Verbesserung der Gewichtszunahme um 4% sowie einer verbesserten Futterverwertung um 2,4% führt.

Einige Arbeitsgruppen (Scharrer und Lutz, 1992; Schulz et al., 1993; Scholz und Ahrens et al., 2001) konnten bei der Verwendung von Inulin und Oligofruktosen eine bessere Absorption und Retention verschiedener Ionen (Ca, Fe und Mg) beobachten.

Andere Autoren beschrieben keine oder nur geringfügige Leistungsverbesserungen bezüglich Gewichtszunahme und Futterverwertung (Breves et al., 2001; Mikkelsen et al., 2003).

Ein wichtiger Punkt, auf den beim Einsatz von Prebiotika geachtet werden muss, ist die Dosierung, da es bei Überdosierungen zu Unverträglichkeitserscheinungen wie Flatulenz und Diarrhöe kommen und dies letztendlich wiederum zu einer Leistungsminderung führen kann.

#### **2.1.4.3 Symbiotika**

Unter Symbiotika versteht man die Kombination eines Probiotikum mit einem Prebiotikum. Dieser Begriff sollte aber nur verwendet werden, wenn das eingesetzte Substrat für die verwendeten Mikroorganismen verwertbar ist (Schrenzenmeier und De Vrese, 2001).

Da das spezifische Substrat für den Mikroorganismenstamm schon verfügbar ist, kann das Überleben und Ansiedeln verbessert und selektiv das Wachstum und der Stoffwechsel dieser den Wirtsorganismus positiv beeinflussenden Mikroorganismen stimuliert werden (Collins und Gibson, 1999; Gibson und Roberfroid, 1995).

#### 2.1.4.4 Organische Säuren und deren Salze

Zu der Gruppe der organischen Säuren gehören eine oder mehrere Carboxylgruppen enthaltene Carbonsäuremoleküle. Sie sind sowohl im Pflanzenreich in der Brennessel als Ameisensäure (einfachste Carbonsäure) als auch in der Tierwelt als Sekret einiger Ameisenarten anzutreffen. Bei im tierischen Organismus ablaufenden biochemischen Prozessen entstehen sie auch in Form von Propion- und Buttersäuren.

Schon seit Jahrzehnten werden in der Tierernährung Ameisen- und Propionsäuren wegen ihrer futtermittelkonservierenden Eigenschaften erfolgreich eingesetzt (Meixner und Flachowsky, 1990; Löwe, 1999).

Futtermittelrechtlich betrachtet fallen organische Säuren unter die Bezeichnung „Konservierungsmittel“ in die Gruppe der Futterzusatzstoffe und sind als solche zugelassen. Des Weiteren werden die organischen Säuren nicht nur zu futtermitteltechnischen Zwecken wie der Konservierung, sondern auch zu nutritiven Zwecken eingesetzt. Organische Säuren verbessern die Wachstumsrate sowie den Futterverzehr (Kirchgessner und Roth, 1988).

Zusätzlich konnten Freitag et al. (1999) positive Effekte in der Durchfallprophylaxe nachweisen, was zu geringeren Aufzuchtverlusten führte.

Je nach ihrem Wirkungsort lassen sich organische Säuren durch verschiedene Wirkungsmechanismen charakterisieren:

Erstens führen organische Säuren im Futter zu einer pH-Wert-Absenkung (Kirchgessner und Roth, 1988; 1998).

Bei Ferkeln ist die Keimzusammensetzung im Verdauungstrakt noch instabil und die Salzsäureproduktion im Magen noch gering. Dies führt einerseits zu einer nicht ausreichenden Pepsinogenproduktion und andererseits zu einer uneffektiven Bakterienhemmung (Magners, 1976). Dies erklärt, weshalb durch das Ansäuern von Futter bei Absatzferkeln die Verdauungsaktivität positiv beeinflusst wird.

Zweitens führt der Zusatz von organischen Säuren zum Futter oder Trinkwasser zu einer Absenkung des pH-Wertes im Chymus und damit zu einer Hemmung von unerwünschten Darmmikroben (Lüdke und Schöne, 1991).

Drittens beeinflussen Monocarbonsäuren (Ameisensäure, Propionsäure) bzw. Dicarbonsäuren (Fumarsäure) den Intermediärstoffwechsel. Diese organischen Säuren, die einen hohen Energiegehalt aufweisen, werden noch in einer Frühphase

im Verdauungstrakt absorbiert und vollständig metabolisiert. So fällt einerseits der pH-Wert sinkende Effekt geringer aus und andererseits kommt es zu einer effizienteren energetischen Nutzung dieser organischen Säuren im Stoffwechsel (Kirchgessner und Roth, 1988). Durch ihre antimikrobielle Wirkung beeinflussen sie auch die Keimzusammensetzung im Verdauungstrakt und reduzieren dort die Amin- und Ammoniakbildung (Eckel et al., 1992). Dabei wurde die Verdaulichkeit von Energie, Rohprotein und Aminosäuren erhöht und die Endotoxinkonzentration im Darminhalt reduziert.

In der Ferkelaufzucht erwiesen sich Ameisen- und Sorbinsäure, sowie ihre Kombination besonders günstig, wobei in der heutigen Schweinefütterung auch verschiedene andere organische Säuren (Essig-, Fumar-, Milch-, Propion- und Zitronensäure) und deren Calcium-, Kalium- und Natriumsalze verwendet werden (Rorh und Windisch, 2000).

Bei Ferkelrationen, die als Proteinquelle einen hohen Magermilchanteil aufwiesen, konnte durch die Verabreichung organischer Säuren kein positiver Effekt erzielt werden (Baars, 2001). Durch den Zusatz von Ameisen- oder Sorbinsäure zu einem Futter, das auf Gersten-, Weizen- und Sojaextraktionsschrot basierte, konnten ergotrope Effekte nachgewiesen werden, die sogar über denen einer Antibiotikagruppe lagen.

Von den eingesetzten Monocarbonsäuren zeigten Ameisen-, Sorbin- und Milchsäure die deutlichsten positiven Effekte auf die Tageszunahmen (8 bis 27 %), den Futterverbrauch (7 bis 16 %) sowie auch auf die Futterverwertung (mit 1 bis 9 %). Bei einer Supplementierung von Essig- und Propionsäure trat entweder nur ein minimaler bzw. kein Effekt auf (Balduan et al., 1988a; Roth et al., 1993; Kirchgessner et al., 1995).

Von Kirchgessner und Roth (1998) werden folgende Gehalte im Futter als optimale Zusätze von organischen Säuren angesehen: Zitronensäure 4,5%, Fumarsäure 2,0%, Ameisensäure 1,6% und Sorbinsäure 2,0%.

Die ausgeprägtesten Leistungssteigerungen (Tageszunahme, Futterverbrauch, Futterverwertung) wurden stets in der Aufzuchtphase erzielt.

### 2.1.4.5.1 Enzyme

Von den zahlreichen, natürlich vorkommenden und chemisch synthetisierbaren Enzymen werden derzeit bestimmte Enzymgruppen (Amylasen, Cellulasen, Glycanasen, Pentosanasen, Phytasen und Proteinasen) aufgrund ihrer leistungssteigernden Eigenschaften primär auf dem Schweine- und Geflügelsektor eingesetzt.

Monogastrier können bestimmte in den Zellwänden des Endosperms von Gerste, Roggen und Weizen vorkommende Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP), wie Pentosen, Zellulosen, Glucane und Pektine, aufgrund des fehlenden Vorhandenseins geeigneter Enzyme, nicht effektiv verwerten (Vahjen und Simon, 1997). Eine gemeinsame Eigenschaft der NSP-Stoffgruppe ist das hohe Wasserbindungsvermögen und die daraus resultierende Quellfähigkeit, die zu einer erhöhten Viskosität der Digesta führt (Jeroch 1991). Dieses Phänomen kann eine Beeinträchtigung der Verdauungs- und Resorptionsprozesse im Intestinaltrakt hervorrufen, wobei es zeitversetzt zu einer Verlangsamung der Passage des Verdauungsbreies kommt (Bedford und Classen, 1992). Die verlängerte Darmpassagedauer kann zu einer Verschiebung des mikrobiellen Artenspektrums und einer Zunahme der pathogenen Keime im Verdauungstrakt der Tiere führen (Bedford und Classen, 1991; Simon 1997; Vahjen et al., 1998). Die bisher beschriebenen Prozesse können auch eine deutliche Kotkonsistenzverschlechterung bewirken, die sich sowohl auf die Stallhygiene als auch auf das Wohlbefinden der Tiere negativ auswirken kann (Choct et al., 1996). Durch den Einsatz von NSP-spaltenden Enzymen können diese, durch NSP-reiche Futtermittel hervorgerufenen, antinutritiven Effekte erfolgversprechend bekämpft werden (Jeroch 1991, 1993; Vahjen and Simon, 1997). Es wird vermutet, dass die Viskositätsänderung der Digesta zu einer zügigen Passage (Almrrall und Esteve- Garcia, 1994; Daenicke et al., 1997a) und effektiveren Durchmischung des Darminhaltes führt. Durch die verbesserten Hydrolyse kommt es zu einer bedeutend besseren Verdaulichkeit von Fett, Stärke und Protein, sowie zu einer Steigerung der Futteraufnahme (Jeroch 1993). Daneben kommt es in der vorderen Verdauungstraktregion auch zu einer Änderung der Keimzahl und Keimzusammensetzung (Vahjen und Simon, 1997). Aufgrund der antinutritiven Eigenschaften der NSP-spaltenden Enzyme ließen sich insbesondere in der Geflügelmast Verbesserung in der Tageszunahme sowie in der

Futterverwertung erzielen (Vahjen, 1997). Laut Haberer und Schultz (1998) konnte durch Enzymeinsatz in der Schweinefütterung in der Vormast eine um bis zu 10,5% und in der Endmast eine bis zu 5,1% höhere tägliche Gewichtszunahme erzielt werden. Gleichzeitig konnte der Futterverbrauch vermindert werden. Neben den erzielten Leistungssteigerungen konnte durch Enzymverabreichung auch die Durchfallerkrankungsrate minimiert werden (Chessan und Stewart, 2001).

Außer den NSP- spaltenden Enzymen wird auf dem Schweine- und Geflügelsektor auch noch ein weiteres Enzym propagiert, die Phytase. Rund zwei Drittel des im Futter enthaltenen pflanzlichen Phosphors ist in Phytatform gebunden. Da das Enzym Phytase weder im Gastrointestinaltrakt von Geflügel, noch von Schwein vorkommt, kann durch das zugesetzte Enzym, der im Futter enthaltenen Phosphor gespalten und verfügbar gemacht werden. Durch den phosphorspaltenden Effekt von Phytase konnten Velson et al. bereits im Jahre 1971 bei Hühnerküken die Phosphorausscheidung deutlich reduzieren und die damit verbundene Umweltbelastung minimieren.

#### **2.1.4.6 Phytogene Zusatzstoffe**

In der Tierernährung werden Pflanzen, Pflanzenteile, deren Extrakte und Destillate dem Futter mit der Erwartung zugesetzt, dass sie ähnliche wachstumsfördernde und gesundheitsstabilisierende Effekte wie die antibiotischen Leistungsförderer erzielen (Gollnisch et al., 2001a; Franz 2003; Wald 2003). Auf dem heutigen Markt existiert ein mannigfaltiges Angebot an phytogenen Zusatzstoffen, obwohl über die Wirksamkeit und Wirkungsweise der vielfältigen Pflanzeninhaltsstoffe bei Tieren in vivo noch wenig bekannt ist. Kräuter, Gemüse bzw. deren Extrakte und ätherische Öle unterliegen in der Tierernährung gemäß ihrer Stoffeigenschaften dem Futtermittelgesetz oder dem Arzneimittelgesetz.

Nach Anlage 3 Nr. 3 der Futtermittelverordnung werden sie als natürlich vorkommende Substanzen, zu den aroma- und appetitanregenden Futterzusatzstoffen gezählt und dürfen nach futtermittelrechtlichem Aspekten ohne Einschränkung eingesetzt werden.

Nach der neuen europäischen Futtermittelverordnung Nr. 1831/ 2003, die ab dem 19.10.2004 Gültigkeit besitzt, kommt es zu einer Differenzierung zwischen den reinen Aromastoffen und anderen phytogenen Substanzen.

Die Zusatzstoffe werden in fünf Kategorien aufgeteilt:

- Technische Zusatzstoffe
- Sensorische Zusatzstoffe
- Ernährungsphysiologische Zusatzstoffe
- Zootechnische Zusatzstoffe
- Kokzidiostatika und Histomonostatika (Süphke 2002; Petersen 2003)

Gemäß der erwähnten Einteilung werden die reinen Aromastoffe zu den sensorischen Zusatzstoffen gezählt, während phyto gene Substanzen, die eine über den Aromaeffekt hinausgehende Wirkung zeigen und einen positiven Einfluß auf die Leistung und den Gesundheitszustand von Tieren haben, in die Kategorie der zootechnischen Zusatzstoffen eingeordnet (Erlbacher 2004).

Die Wirkung phyto gener Zusatzstoffe basiert in erster Linie auf Produkten des pflanzlichen Sekundärstoffwechsels, die keine unmittelbare Beteiligung am allgemeinen Energie- und Baustoffwechselfvorgängen der pflanzlichen Zellen zeigen. Diese Sekundärstoffe können den Pflanzen gewisse Selektionsvorteile verschaffen. Daher sind sie für die Existenz und das Fortbestehen der Art in ihrer Umwelt von Bedeutung (Teuscher 1997; Hänsel 1999a).

Nach Teuscher (1997) wird die Gesamtzahl von den heute existierenden Sekundärstoffen im Pflanzenbereich auf etwa 500000 geschätzt. Nach heutigem Erkenntnisstand versucht man trotz vorhandener pharmazeutisch-pharmakologischer Bewertungsschwierigkeiten die pflanzlichen Inhaltsstoffe in relevante Wirkstoffgruppen einzuteilen (Löscher und Richter, 1999). Diese chemisch gesehen sehr inhomogenen Gruppen (Alkaloide, Alliline, Anthranoide, Ätherische Öle, Bitterstoffe, Flavonoide, Gerbstoffe, Polysaccharide, Saponine, Scharfstoffe) können nach gruppencharakteristischen Gemeinsamkeiten im Biosynthesewege bzw. in Wirkungs- und Verwendungszwecken geordnet werden (Fischer und Krug, 1984; Dachler und Pelzmann, 1999). Dementsprechend werden in den vorliegenden Veröffentlichungen sehr unterschiedliche Systematiken präsentiert. Im Folgenden wird auf die Wirkstoffgruppen bei den einzelnen Tierarten näher eingegangen, die in der Tierernährung als phyto gene Futterzusatzstoffe fungieren.

Ätherische Öle sind aus verschiedenen lipophilen, flüssigen und flüchtigen Verbindungen bestehende Stoffgemische. Das ätherische Öl einer einzigen Pflanze

kann sich aus 20-200 Einzelkomponenten zusammensetzen (Teuscher, 1997; Sticher, 1999a). Laut Sticher (1998a) erfolgt ihre Einteilung je nach registrierter Konzentrationshöhe: in Hauptkomponenten (20-95%), Nebenkomponenten (1-20%) sowie Spurenkomponenten (<1%). Die Zusammensetzung des ätherischen Öls in einer Pflanze ist genetisch festgelegt, verschiedene umweltbedingte Einflüsse (Wasser- oder Lichtangebot) können aber gewisse Abweichungen in der Zusammensetzung und im Gehalt hervorrufen (Teuscher, 1997; Dachler und Pelzmann, 1999). Ätherische Öle oxidieren leicht unter Licht- und Lufteinwirkung, und bei einer hohen Konzentration an ungesättigten Kohlenwasserstoffen ist ihre Haltbarkeit erheblich reduziert. Aus diesem Grunde sollen diese Produkte kühl, trocken und lichtgeschützt gelagert werden (Gerhardt, 1994; Teuscher, 1997; Sticher, 1999a). Im Allgemeinen zeichnen sich ätherische Öle durch einen intensiven Geruch aus, welcher nur in Ausnahmefällen einzelnen Komponenten zugeschrieben werden kann. Ein bei dieser Stoffklasse auftretendes gemeinsames Charakteristikum ist ihre Lipophilität, welche den einzelnen Bestandteilen durch Diffusion eine rasche Aufnahme aus dem Gastrointestinaltrakt ermöglicht. Die wirksamen Komponenten üben auf die Membranpermeabilität der Zellmembranen und der Endomembransystemen einen positiven Effekt aus und aktivieren bestimmte Rezeptoren, Ionenkanäle, Carrier und membranintegrierte Enzyme. Zusätzlich werden auf reflektorischem Weg dazu noch eine Reihe sekundärer Effekte induziert (Teuscher, 1997; Sticher, 1999a). Nach oraler Verabreichung stimulieren ätherische Öle die Produktion von Speichel, Magensaft, Gallen- und Pankreassekreten. Parallel dazu kann auch die Prostaglandinfreisetzung angeregt werden, welche zu einer erhöhten Magen-Darmmotilität führen kann. Gleichermaßen ist es erwiesen, dass viele ätherische Öle eine antimikrobielle Aktivität gegen verschiedene Lebensmittelbakterien (*Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*), Pilze (*Candida albicans*) und darmpathogene Erreger (*E. coli*, *S. typhimurium*, etc.) besitzen.

Die Desinfektionswirkung ist auf die wirksamkeitsbestimmenden Inhaltsstoffe (Thymol und Carvacol) z.B. von Oregano, mit ihrer hohen Oberflächenaktivität und Lipidlöslichkeit, zurückzuführen. So werden diese Substanzen kurzzeitig an der Bakterienoberfläche gebunden und gelangen durch eine über die Lipide der Zellmembran stattgefundene Diffusion in das Bakterieninnere.

In der Zelle des Erregers zeigen sie ihre proteindenaturierende und zellmembranpermeabilitätverändernde Wirkung (Werner, 2002). Aus den

durchgeführten Untersuchungen von 96 ätherischen Ölen und 23 einzelnen Komponenten ergab sich folgendes Bild: Gegenüber *E. coli*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter jejuni* und *Salmonella enterica* zeigten die Komponenten (Thymol, Carvacrol und Eugenol sowie die ätherischen Öle von Thymian, Oregano und Lorbeerblättern) eine bakterizide Wirkung.

Aufgrund ihrer leistungssteigernden Wirkung wird in der Schweinemast vor allem der Einsatz phytogener Zusatzstoffe mit appetitanregender Wirkung favorisiert (Gollnisch et al., 2001).

Unter den landwirtschaftlichen Nutztieren ist gerade das Schwein eine Spezies, die sich bei der Futteraufnahme stark nach Geruch und Geschmack des Futters richtet (Jeroch et al., 1999), daher liegt es nahe, pflanzliche Zusatzstoffe einzusetzen, die Geruch und Geschmack des Futters verstärken. Bei der Verwendung der phyto-genen Zusätze bzw. der Auswahl der Pflanzen müssen die produktionszweigtypische Einsatzmöglichkeiten (Ferkelaufzucht oder Schweinemast) beachtet werden. Ferkel verfügen über ein sehr sensibles Geschmacksempfinden, was den Einsatz von ätherischen Ölen (z.B. Oreganoöle) zur Anregung der Futteraufnahme sinnvoll erscheinen lässt. Bitterstoffhaltiger Substanzen können daher hier nicht eingesetzt werden. Aber der Einsatz von bitteren und scharfen Substanzen verschiedener Kräuter und Gewürze in moderater Konzentration kann in der Mastperiode zu einer erhöhten Stimulation der Speichel- und Magensaftproduktion beitragen. Die Bitterstoffe regen die Gastrin- und Pankreassaftsekretion an und es kommt schließlich auch zu einer Erhöhung der Magen-Darmperistaltik (Mellor 2000). Parallel dazu nimmt die Amylaseaktivität zu. Aufgrund der gesteigerten körpereigenen Sekretion ist eine verbesserte Verdaulichkeit von Rohprotein, Rohfett und Rohfaser zu beobachten (Günther und Bossow, 1998; Dedl und Elssenwenger, 2000).

In der Schweinefütterung hat in den letzten Jahren vor allem der Einsatz von nativem Oreganoöl und von Handelsprodukten, die auf der Basis von *Oreganum vulgare* L. produziert wurden, an Bedeutung gewonnen. In einer Untersuchung von Wald (2002) wurden neben dem ätherischen Öl von *Oreganum vulgare* weitere sieben Öle, die antimikrobielle Eigenschaften zeigten, untersucht. Dabei konnte, mit Ausnahme von Pfefferminzöl, kein Zusatz die untersuchten Wachstumsparameter der Tiere signifikant beeinflussen. Allerdings konnte selbst Wald die positiven Ergebnisse von Pfefferminzöl in einem Dosis-Wirkungsversuch nicht wiederholen. Andere

Untersuchungen konnten die Wirkung von Pfefferminzöl ebenfalls nicht bestätigen (Holden et al., 1998b; Holden und McKean, 200b; Tartrakoon et al., 2003).

Eine andere phyto gene Wirkstoffgruppe stellen, die im Pflanzenbereich außerordentlich weit verbreiteten Saponine (lat. Sapo; Seife) dar. Nach Sticher (1999c) besitzt die hohe Affinität einiger Saponine gegenüber Cholesterin eine therapeutische Relevanz. Im Intestinaltrakt entstehen unlösliche Saponin-Cholesterin-Aggregate, wodurch es zu einer generellen Cholesterinsenkung kommen kann. Zusätzlich wird vermehrt Gallensäure gebildet, was ebenfalls zu einer Reduktion des Cholesterinwertes führen kann (Watzl, 2001).

Außerdem wird der Stoffgruppe eine antimikrobielle Wirkung - vornehmlich gegen Pilze - zugesprochen. So konnte bereits im Tierversuch eine Candida-Infektion mit Saponinen-Therapie erfolgreich behandelt werden.

Wang et al. (2000) konnten zeigen, dass Saponinen antifungal gegen ruminale Pilze wie *Neocallimastix frontalis* und *Piromyces rhizinflata* wirken können. Dabei werden zwischen den Saponinen und Sterinen der Pilzmembran Komplexe gebildet, die eine schädigende Wirkung auf die betroffene Zelle ausüben (Cheeke, 1999; Watzl, 2001). Bei Zugabe von Saponinen zu einer Reinkultur ruminaler Bakterien beobachteten Wallace et al. (1994) eine gesteigerte Vermehrung von *Prevotella ruminicola* und ein reduziertes Wachstum von *Butyrivibro fibrisolvens* sowie *Streptococcus bovis*. Zudem wird laut neuen Untersuchungen der Stoffklasse eine bakteriostatische Wirkung gegen *Escherichia coli* zugeschrieben (Sen et al., 1998; Turner et al., 2001). Der Einsatz von saponinhaltiger Futterzusätze kann zu einer Reduktion der ruminalen und intestinalen Ammoniaksynthese führen, so beschrieben Headon et al. (1991) bei der Verwendung von Saponinen eine erniedrigte Ammoniakkonzentration im Stall. Über die möglichen Ursachen der Ammoniakreduktion wurde in früheren Zeiten kontrovers diskutiert, wobei dieser Effekt zunächst auf die Unterdrückung der mikrobiellen Ureaseaktivität zurückgeführt wurde (Ellenberger et al., 1985). In neueren Untersuchungen wurde diese These widerlegt (Headon et al., 1991). Heute geht man von einer selektiven Hemmung proteolytisch wirkender Mikroorganismen aus (Killen, 1996), die normalerweise durch den Proteinabbau eine vermehrte NH<sub>3</sub>-Freisetzung im Pansen und Colon induzieren (Jeroch et al., 1999). Durch die Reduktion der Mikrobepopulation im Verdauungstrakt kommt es zu einer verringerten Proteolysetätigkeit, und somit auch zu einer geringeren Ammoniakbildung (Cheeke, 1999).

Vergleicht man alle durchgeführten Untersuchungen, so kann man keine eindeutige Aussage über leistungssteigernde Effekte machen. Die mit phytoenen Zusatzstoffen erzielten Effekte sind in der Phase der Ferkelaufzucht höher als in der Mastperiode (Schulze und Temming, 2002).

	N*	Tägliche Zunahmen			Futtermverzebr			Futtermverwertung		
		Min.	Max.		Min.	Max.		Min.	Max.	
Ferkel	59	-18,2	+40,3	+5,5	-17,0	+29,6	+1,7	+13,9	-24,3	-3,2
Mastschweine	60	-8,8	+30,6	+2,7	-8,1	+5,2	-1,2	+4,3	-21,0	-2,9

N\* = Anzahl ausgewerteter Versuche

Übersicht 3: Relative Veränderung der Leistungsparameter (modifiziert nach Schulze und Temming, 2002) in % beim Einsatz phytoener Futterzusatzstoffe in der Ferkelaufzucht bzw. Schweinemast

Von einigen Autoren wird postuliert, dass phytoene Stoffe eigentlich obligate Bestandteile des Weidefutters sind, aber durch die Pflanzenartenverarmung der hiesigen Monokulturweiden ist eine adäquate Versorgung der Tiere mit unterschiedlichen pflanzlichen Inhaltsstoffen nicht in ausreichendem Maß gesichert. Aus diesem Grunde ist – nach ihrer Meinung - die verlorengegangene natürliche Pflanzenvielfalt durch gezielte Anwendung geeigneter Sekundärstoffe zu kompensieren (Spranger, 1989; Adriato, 1992; Franz, 2003).

### 2.1.5 Erkenntnisse über die Wirksamkeit leistungssteigernder Substanzen

Nach Freitag et al. (1999) besteht zwischen den Effekten von organischen Säuren, Probiotika und antimikrobiellen Leistungsförderern kein auffälliger Unterschied bezüglich der untersuchten Leistungsparametern (Tageszunahme, Futtermverwertung). Allerdings kommt bei näherer Betrachtung von probiotischen Zusätzen der Verdacht auf, dass Studien, die keine Effekte zeigen nicht immer veröffentlicht werden (Freitag et al., 1999). Bei einer vergleichenden Studie von ätherischen Ölen und Antibiotika als Futteradditive konnte bei den mit Avilamycin gefütterten Schweinen ein höheres Leistungsniveau (Tageszunahme, Futtermverwertung) erreicht werden, als bei den mit Ölen supplementierten Tieren (Gollnisch et al.,

2001). Primär wird die Wirkung pflanzlicher Inhaltsstoffe (Knoblauch, Oregano, Pfefferminze) als Monopräparate bei Schweinen, und hier speziell in der Ferkelaufzucht, untersucht. Es existieren aber kaum Untersuchungen, die eine Kombination von verschiedenen Kräutern oder ätherischen Ölen untersuchen, obwohl in der heutigen Fütterungspraxis solche Kombinationspräparate in großer Zahl verwendet werden. Bei Anwendung phytogener Zusatzstoffe stehen meist keine verifizierbaren Daten über Wirkung und Dosierung zur Verfügung. Der Einsatz von phytoffenen Wirkstoffen bei den verschiedenen Tierarten basiert in erster Linie auf Erfahrungsschätze der Human- und Volksmedizin (Richter und Löscher, 1999; Franz, 2003; Gollnisch et al., 2001a).

Für die Klärung antimikrobieller Wirkungen von Pflanzeninhaltsstoffen sind detaillierte pharmakokinetische Kenntnisse unerlässlich. So ist es von entscheidender Bedeutung, ob die aufgenommene Wirksubstanz bereits im Anfangsabschnitt des Dünndarms resorbiert wird und somit ein direkter antimikrobieller Effekt in den nachfolgenden Darmregionen nur noch begrenzt möglich ist (Wald, 2003).

Bis heute wurden Dosis-Wirkung-Untersuchungen nur in geringem Umfang durchgeführt (Wald et al., 2002), obwohl die Dosierung phytogener Zusatzstoffe für den zu erzielenden Effekt von immenser Bedeutung ist (Gollnisch et al., 2001a). So kann es z.B. sogar beim Einsatz von Kräutern und Gewürzen, die eine gute allgemeine Verträglichkeit haben, zu milden Vergiftungserscheinungen kommen. In solchen Fällen muss normalerweise das Vielfache der in der Praxis eingesetzten Dosierung verwendet werden, aber Futterverzehrdepressionen können jedoch schon bei geringeren Dosierungen auftreten (Richter und Löscher, 1999; Wald et al., 2002). Die genetisch bedingte Variabilität des Wirkstoffgehalts der Pflanzen lässt vermuten, dass es bei auf dem Markt befindlichen Produkten zu erheblichen Schwankungen im Wirkstoffgehalt kommen kann (Hänsel, 1999a; Wald et al., 2002). Daher muss bei solchen Produkten ebenfalls streng auf Rohstoffherkunft und –menge bzw. –qualität geachtet werden (Franz, 2001). So wechselten 1997 70% der Firmen, die Nahrungsergänzungsmittel auf Kräuterbasis für den Humanbereich herstellen, aufgrund von ungenügender Qualitätssicherung den Rohstofflieferanten (Cole und Close, 2001).

Nach arzneimittelrechtlicher Definition darf der Inhaltsstoffgehalt eines Arzneimittels bis zum Ende der Lagerungszeit höchstens auf 90% des in Deklaration festgelegten Wertes sinken (Stricher, 1991; Hänsel und Spieß, 1999). Im Futtermittelrecht ist eine

solche inhaltsstoffliche Gehaltsvorgabe über die gesamte Haltbarkeitszeit nicht vorhanden. Dies wäre jedoch gerade bei solchen Substanzen wünschenswert (Cord, 2003). Grundsätzlich dürfen bei lebensmittelliefernden Tieren im Rahmen der Phytotherapie nur solche Pflanzen zum Einsatz kommen, die in den Anlagen I, II oder III der Verordnung EWG 2377/90 aufgezählt sind (Richter und Löscher, 1999). Weiter müssen auch die futtermittelrechtlichen Einsatzbeschränkungen für nichterwünschte Substanzen bei Verwendung phytogener Zusatzstoffe beachtet werden (Erlbacher, 2004). Pflanzen und Pflanzenmischungen, die als Futterzusatzstoff zugelassen sind, dürfen nach der EU-Regelung keinen prophylaktischen oder therapeutischen Anspruch erheben (Jugl-Chizzola et al., 2003).

Demzufolge ist die aktive Suche nach möglichen Alternativen indiziert, wobei in der letzten Zeit über den Einsatz von aus China stammenden Seltene Erden als zuverlässige, billige, gesundheits- und umweltverträgliche, alternative Möglichkeit in Fachkreisen rege diskutiert wird.

## **2.2 Seltene Erden**

### **2.2.1 Stellung im Periodensystem und ihre Klassifizierung**

Zu der im Englischen als Rare Earth Elements (REE) bezeichneten Gruppe gehören insgesamt 17 chemisch eng verwandte Übergangsmetalle, die einerseits durch die chemischen Elemente der 3. Nebengruppe des Periodensystems und andererseits durch die Lanthanoide vertreten werden. Demzufolge umfasst die Gruppe der Seltenen Erden die chemischen Elemente Scandium (Ordnungszahl 21), Yttrium (39) und Lanthan (57), sowie die 14 auf das Lanthan folgende Elemente [Cer (58), Praseodym (59), Neodym (60), Promethium (61), Samarium (62), Europium (63), Gadolinium (64), Terbium (65), Dysprosium (66), Holmium (67), Erbium (68), Thulium (69), Ytterbium (70) und Lutetium (71)].

Zu den Ceriterden (sog. Leichte Seltene Erden) werden die Elemente Lanthan bis Gadolinium mit ihren Mineralienvertretern Monazit, Bastnäsit, Cerit sowie Allanit gezählt. Die Yttererden (sog. Schwere Seltenerdmetalle) umfassen die Elemente mit den Ordnungszahlen 65-71 (Tb-Lu), einschließlich Yttrium. Da Scandium ihre eigene Mineralien bildet, wird es zu keiner dieser Gruppen gezählt (Gschneider, 1978).

### 2.2.2 Geschichtlicher Überblick und Begriffsexaktheit

Das erste bekannte Element (Yttrium) wurde bereits im Jahre 1794 von dem finnischen Chemiker Gadolin beschrieben. Erst paar Jahre später (1803) fanden seine schwedischen Kollegen Berzelius und Hisinger die Ceriterden, die vorwiegend aus den leichten Seltenen Erden bestanden. Trotz der engen chemischen Verwandtschaft der verschiedenen entdeckten Elemente, erkannte man erst im 19. Jahrhundert die Komplexität der Seltenerdmetall-Gemische.

Die Bezeichnung „Seltene Erden“ ist eher irreführend, da der Begriff ein geringes Vorkommen in der Natur suggeriert. Jedoch kommen in der Erdkruste einige dieser Elemente häufiger vor als Arsen, Blei oder Molybdän. So kommt das eigentlich „seltenste Element“ der Gruppe immer noch häufiger in der Natur vor als Gold oder Platin. Eine Ausnahme hingegen stellt Prometium dar, welches in der Natur nicht anzutreffen ist.

Im frühen Sprachgebrauch wurde die Bezeichnung „Erde“ im chemischen Sinne als Synonym für Oxide verwendet (Lattan et al., 1990).

### 2.2.3 Vorkommen, Gewinnung und Verwendung

Laut Brown et al. (1990) und Pang et al. (2002) liegen 80% des Weltvorkommens an Seltenen Erden in der Volksrepublik China. Im Jahr 2001 wurden dort 75.000 Tonnen abgebaut. Damit ist China auf dem heutigen Weltmarkt der Hauptproduzent von Seltenerdmetallen. Die größten Minen liegen in Baotou in China und in der Inneren Mongolei (Blume, 2001).

Die REE-Gemische bestehen aus litophilen Elementen, die in der Natur an Sauerstoff gebunden vorliegen (als Silikate, Carbonate, Phosphate und Oxide). REE werden sowohl als primäre Ablagerungen (Blume, 2001), wie Bastnäsit (China, USA, Zaire, Madagaskar), aber auch in sekundären, durch Verwitterungsprozesse entstandenen Lagerstätten (Breuer, 2000) mit Monazitsand-Ablagerungen (Südafrika, Brasilien, Indien, Westaustralien, Malawie, Türkei und USA) gefunden.

Eine aktuelle Untersuchung deutet darauf hin, dass die Gehalte an Seltenen Erden in Böden und Pflanzen recht großen Schwankungen unterliegen. Darüber hinaus

zeigen die Ergebnisse (in der Übersicht 4), dass Seltene Erden überall in der Umwelt in unterschiedlichen Konzentrationen vorkommen (Rambeck und Süss, 2004).

Elemente	Ackerboden mg/kg	Waldboden mg/kg	Weizen mg/t	Grasproben mg/t	Fichtennadeln mg/t
Cer	27,3-79,5	50-101	0,84-3,52	110-1592	21-280
Lanthan	14,5-40,1	4,8-46,6	0,43-1,67	50-791	12-83
Neodym	12,9-32,6	4,2-39,0	1,0-3,85	60-712	8-67
Praseodym	0,8-6,8	-----	-----	-----	-----
Kupfer	14,5-32,1	-----	390-670	1,10-2,29	-----

Übersicht 4: Gehalte an Lanthanoiden in 20 bayerischen Acker- und Waldböden und deren Pflanzen im Vergleich zu Kupfer

Seltene Erden werden im Großteil in der Metallurgie, in der Chemischen Industrie, in der Elektronik und in der Radiologie eingesetzt (Ewans, 1990; Palasz und Czekaj, 2000).

In der chinesischen Landwirtschaft werden Seltene Erden schon seit mehr als 30 Jahren als Düngemittel und Leistungsförderer eingesetzt, sie führen dort zu höheren Pflanzenerträge und einer verbesserten Leistung bei vielen Tierarten (Chang et al., 1998). Aufgrund ihrer vielfältigen pharmakologischen Eigenschaften wurden sie in der Humanmedizin früher auch als Antikoagulant, Antiinfektiva und Antiemetika eingesetzt (Ewans, 1990; Deveci et al., 2000). Cer-Nitrat fand schon Ende 1970 als vielversprechendes bakterizides Mittel bei der Behandlung von Brandverletzungen Verwendung. Cer-Nitrat-haltige Salben werden heute weiterhin bei der Behandlung von Verbrennungen verwendet. Heute werden sie darüberhinaus in Form von Lanthan-Carbonat zur Therapie bei Dialysepatienten eingesetzt (Rambeck und Wehr, 2004).

## 2.2.4 Physikalische und chemische Eigenschaften

Die Lanthanoide sind silberfarbige, reaktionsfreudige, an der Luft oxidierende und meistens in hexagonaler Kugelpackung vorliegende Metalle. Ihre typische bei fast allen Vertretern auftretende Gemeinsamkeit basiert auf der Eigenschaft, dass sie zunächst die 4f-Bahnen mit hinzukommenden Elektronen auffüllen. Deswegen findet man auch häufig die Bezeichnung f-Elemente.

Neben der dominierenden trivalenten Kationenform ( $\text{Ln}^{3+}$ ) der Lanthanoiden sind bei Ce, Pr, Nd, Tb, Dy und Ho tetravalente Formen bekannt, wogegen Sm, Eu, Er, Tm und Yb auch divalente ionische Formen annehmen können. Von diesen ionischen Formen sind nur  $\text{Ce}^{4+}$  und  $\text{Eu}^{2+}$  stabil genug, um für beliebige Zeit in Wasser löslich zu sein. Keines der Elemente weist dabei eine so hohe Stabilität auf, wie die reinen dazugehörigen trivalenten Formen (Ewans, 1999; Palasz und Czekaj, 2000). Die trivalenten Formen von Tb, Dy, Mo und Er sind die stärksten bekannten paramagnetischen Ionen, die insbesondere in der nuklearen magnetischen Resonanzspektroskopie vom großen Nutzen sind.  $\text{Sc}^{3+}$ ,  $\text{Y}^{3+}$ ,  $\text{La}^{3+}$  und  $\text{Lu}^{3+}$  sind aufgrund ihrer abgeschlossenen Schalen diamagnetisch.

Lanthanoide zeigen im sichtbaren und ultravioletten Bereich charakteristisch Absorptionsspektren. Seltene Erden gehen vorwiegend Bindungen ionischer Natur ein. Laut Birnbaum et al. (1970) und Ewans (1990) können insbesondere Lanthanoidionen  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen in biologischen Strukturen isomorph substituieren, da sie ähnliche chemische Eigenschaften und Ionenradien besitzen. Seltene Erden können auch Komplexverbindungen mit Komplexzahlen zwischen 6 und 12 ausbilden, wobei Chelatbindungen dominieren. In wässriger Lösung kommen Lanthanoiden in hydratisierter Form vor. Die wichtigsten physikalischen und chemischen Eigenschaften von  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{La}^{3+}$  sind in Übersicht 5 dargestellt.

Eigenschaft	Ca <sup>2+</sup> -Ion	Ion der Lanthanoiden
Koordinationszahl	6-12	6-12
Koordinationsgeometrie	hochflexibel	hochflexibel
Ionenradius	1,00-1,18	0,86-1,22 *
Bindungstyp	ionisch	ionisch
Donoratompräferenz	o>>N>>S	o>>N>>S
Diffusionskoeffizient	1-34	1,30
Stabilisierung im Kristallfeld	-----	unwesentlich
Hydratationszahl	6	8-9

\* abhängig von der Ordnungszahl

Übersicht 5: Vergleichende Betrachtung der Eigenschaften von Ca<sup>2+</sup> und Lanthanoidion (nach Evans, 1990)

### 2.2.5 Biochemische und pharmakologische Eigenschaften

Seltenerdmetalle sind generell imstande in vielen Proteinen und Enzymen Ca-Bindungsstellen zu ersetzen, ohne Funktionilitätseinbußen hervorzurufen. Infolge des größeren Ladung-Volumen-Verhältnis haben diese Ionen sogar eine höhere Affinität zu den Calciumbindungsstellen als Calciumionen selbst (Evans, 1990). Trivalente Lanthanoidionenformen sind in der Lage, die durch Ca<sup>2+</sup> induzierte Stimulation der Phosphorylasekinase (Sotiroudis, 1986) oder der ATPase (Squier et al., 1990), nachzuahmen. Demnach können Lanthanoide Calcium spezifisch und isomorph ersetzen (Evans, 1990).

Laut Evans (1990) blockieren Lanthanoide die Aufnahme von Ca<sup>2+</sup> in die Zelle, wodurch es zur Hemmung von physiologischen Prozessen kommen kann, die auf Calciumströmungen beruhen. Angesichts der Blockade sistiert die Weiterleitung von neuronalen Impulsen, die Kontraktion von Skelett- (Hober und Spaeth, 1914) und Herzmuskel (Mires, 1910), sowie der glatten Muskulatur (Weiss und Goodman, 1969). Im Gegensatz zur organischen Ca-Kanalblockern ersetzen Lanthanoide die Ca<sup>2+</sup>-Ionen an der Zelloberfläche (Evans, 1990).

Hanicka et al. (1994) entdeckten, dass die durch Lanthaneinsatz entstandene Verdrängung des Calciums den Calcium-Phosphor-Stoffwechsel erheblich

beeinflusst. Nach oraler Gabe von Lanthan beobachteten sie eine erhöhte Ausscheidung von Calcium und Phosphor über die Faezes. Es kam zu einer Reduktion der zwei Elemente im gesamten Organismus. Diese Ergebnisse legen den Schluß nahe, dass die Aufnahme von Calcium und Phosphor durch Lanthan gehemmt wird. Nach Beendigung der Lanthanaufnahme konnte eine volle Reversibilität herbeigeführt werden.

Nach Evans (1990) besitzen Ionen von Lanthanoiden die Fähigkeit auch andere Metallionen (Magnesium oder Eisen) in ihren Bindungen zu ersetzen. Basierend auf die Befunde von Muroma (1958) hemmen Seltene Erden in hoher Konzentration das Wachstum von Bakterien, Pilzen und Hefen. Die wirksamsten Effekte werden bei gramnegativen Bakterien erzielt. Mit wachstumshemmender Wirkung ist dann zu rechnen, wenn sie in Konzentrationen zwischen  $10^{-4}$  und  $10^{-2}$  M eingesetzt werden. Bei niedrigeren Dosierungen ( $10^{-5}$ ) können sie sogar wachstumsstimulierend wirken. Andere Autoren (Wurm, 1951; Cassone und Garaci, 1974) beschreiben eine bakteriostatische und in höheren Konzentrationen ( $10^{-4}$  –  $10^{-2}$ M) auch bakterizide Wirkung von Seltenen Erden.

Folgender Wirkmechanismus wird diskutiert: Lanthanoide binden an die Zellmembranoberfläche, dadurch kommt es zu einem Ladungsabfall an der Zelloberfläche und zur Konglomeratbildung von Bakterien. Ein Einfluß der Seltenen Erden auf die Darmmikroflora wäre nach diesem Wirkprinzip denkbar, konnte aber anhand der Untersuchungen bei mit Seltenen Erden supplementierten Broilern nicht bestätigt werden (Schuller und Rambeck, 2002). In anderen Studien wird über die antiviralen Eigenschaften der Seltenen Erden spekuliert. Zwei Arbeitsgruppen (Bjorkmann und Horsfall, 1948; Lin et al. 1998) berichten über einen direkten antiviralen Effekt bestimmter Seltenerdelemente, während Sedmakk et al. (1986) eine durch Lanthanoide hervorgerufene Steigerung der Interferonwirkung beobachteten. Die in verschiedenen Studien unter dem Einfluss Seltener Erden gemessenen Veränderungen von Enzymspiegeln und -aktivitäten sprechen für eine Wirkung Seltener Erden auf den Intermediärstoffwechsel. Dementsprechend konnten Xie et al. (1995) während eines mit Broilern durchgeführten Fütterungsversuches eine Erhöhung des Wachstumshormonspiegels, sowie eine Erhöhung der Trijodthyronin-Konzentrationen im Serum dokumentieren. Im Gegensatz dazu wurde in anderen Untersuchungen an Mastschweinen eine signifikante Reduktion des Trijodthyroninspiegels im Serum von mit Seltenen Erden supplementierten Tieren

ermittelt (Rambeck, 2002). Damit ist der Einfluss der Seltenen Erden auf den Schilddrüsenstoffwechsel noch nicht geklärt. Betrachtet man die physiologischen Prozesse, kann man davon ausgehen, dass massive Veränderungen im Schilddrüsenhormonhaushalt eine gewisse Beeinflussung des Energieumsatzes nach sich ziehen.

### **2.2.6 Beurteilung der Toxizität Seltener Erden**

Die Salze Seltener Erden weisen minimale orale Toxizität auf (Haley, 1965), wobei die allgemeine Toxizität in hohem Maß je nach Verabreichungsform und Art der Verbindung variieren kann (Evans, 1990). Aus den letzten Jahren stammende Untersuchungen (Rambeck und He, 2000; He und Rambeck, 2001; Rambeck, 2003) untermauern ebenfalls die Annahme, dass die Gesundheit der Tiere durch den Zusatz von Seltenen Erden im Futter nicht beeinträchtigt wird. Diese Befunde stehen auch mit früheren Publikationen im Einklang, die über die geringe Toxizität der Seltener Erden berichten (Durbin et al., 1956; Hutcheson et al., 1975; Ji, 1985). Die geringe orale Toxizität wird im Allgemeinen darauf zurückgeführt, dass Salze Seltener Erden bei oraler Aufnahme nur zu geringem Teil (1-10%) aus dem Gastrointestinaltrakt resorbiert werden (Hamilton, 1949; Durbin et al. 1956; Heday, 1965; 1985). Somit macht die physiologisch verfügbare Menge nur einen Bruchteil der aufgenommenen Substanzen aus.

Diese Beobachtungen gaben den Anlaß für eine Untersuchung an Mastschweinen (Schuller et al., 2001), auch hier konnte bei längerdauernder oraler Verabreichung keine Tendenzen zur Akkumulation von Seltenen Erden in den Organen Muskel, Leber, Niere und Knochen beobachtet werden. Die messbaren Konzentrationen sind dabei im ppb-Bereich angesiedelt (bis zu 53,4 mg/kg Trockensubstanz), wobei in den Proben von Tieren der Negativkontrolle auch Spuren von Lanthon und Cer (bis zu 52 mg/kg Trockensubstanz) zu finden waren.

Nach der gängigen Sicht (Evans, 1990) variieren die Konzentrationen Seltener Erden in Organen von Menschen und Tieren mit normaler Nahrungsaufnahmen zwischen einigen  $\mu\text{g}/\text{kg}$  bis einigen  $\text{mg}/\text{kg}$  Körpergewicht, wobei er die orale LD50 auf mehrere Gramm/kg Körpergewicht taxierte. Die vorliegenden Werte deuten auf eine geringfügige Akkumulation der Seltenerdelemente im Körper hin, wobei sie in Leber und Knochen stärker angereichert werden, als in Muskulatur und Nieren. Die

Konzentrationen an Seltenen Erden bewegen sich im tierischen Gewebe (Rambeck, 2001) und im Boden (Wald- und Ackerbodenproben: 50-100ppm) im ppb-sowie in pflanzlichen Produkten im ppm-Bereich (z.B. Weizen 1,15 ppm, Fichtennadeln 20 ppm, Reis 0,39 ppm, Bohnen 0,96ppm).

Die annehmbare Tagesdosis an Seltenen Erden wurde beim Menschen in einem Bereich zwischen 0,1 und 1,0 mg/kg Körpergewicht definiert, wobei ein Sicherheitsfaktor von 100 berücksichtigt wurde (Ji, 1985). Die im oben beschriebenen Versuch gemessenen Gehalte Seltener Erden in den Organen supplementierter Tiere liegen zwischen 1,0 und 250 µg/kg Probe. Demnach wäre das Gefahrenpotential durch hohe Gehalte Seltener Erden in lebensmittelrelevanten Geweben für die Verbraucher als „nicht existent“ einzuschätzen.

Bei s.c., i.m. und i.p. Verabreichung sowie bei Inhalation ist eine Steigerung der Verfügbarkeit zu beobachten. Nach intravenöser Verabreichung dokumentiert Evans (1990) eine fast 100%ige Verfügbarkeit von Lanthanoiden, wobei die LD50 10 bis 100 mg/kg beträgt. Nach Beobachtungen von Nakamura et al. (1997) beträgt die Verweildauer der Ionen der Seltenen Erden im Blut höchstens einen Tag und in Organen mehrere Tage. So erreicht z.B. der Gehalt an Europium und Dysprosium in der Leber seinen Höchststand zwischen 8 und 24 Stunden, danach ist eine stetige Abnahme festzustellen. Die Akkumulation der physiologisch verfügbaren Seltenerdmetalle im Körper erfolgt in den Organen in der Reihenfolge Leber/ Knochen > Milz > Niere > Herz > Lungen (Ji, 1985; Nakamura et al., 1991). Während Yttererden sich bevorzugt im Knochen anreichern, akkumulieren Ceriterden hauptsächlich in der Leber (Durbin et al., 1956; Ewans, 1990). Darüber hinaus stellten Eapen et al. (1996) fest, dass es in Organen mit einem Magnesiummangel zur Akkumulation und Ablagerung von Cer kommen kann. Mehrere Autoren (Sabbioni, 1982; Sulotto et al., 1986; Nemery, 1990; Warring und Wattling, 1990; Porru et al., 2000) berichten über eine REE-bedingte Erkrankung (Pneumoconiosis) bei Glas- und Linsenpolierern und Filmvorführern, die in einem längeren Zeitraum Partikeln von REE ausgesetzt waren.

Die in organischer Salzform aufgenommenen Seltenen Erden unterliegen keinem Stoffwechselgeschehen, in dessen Verlauf Metabolite gebildet werden. Die Ausscheidung der Seltenen Erden erfolgt primär über den Kot, und sekundär über den Urin. Die Bewertung dieses Austrags der Seltenen Erden muss in Relation zu dem natürlichen Gehalt im Boden gesehen werden. Bei hiesigen Acker- und

Waldböden bewegt sich der Wert zwischen 50-100 ppm (Wytenbach, 1998; Krafka, 1999; Süss, 2004). Unter Berücksichtigung einer durchschnittlichen Futtermittelverwertung und einer Lebendmassezunahme von 100 kg pro Schwein und Mastperiode, würde sich durch die Verwendung der Seltenen Erden (150-300 mg/kg Futter) der Gehalt im Boden maximal um einen Promille-Faktor pro Jahr erhöhen.

Zusammenfassend kann man nach dem bisherigen Erkenntnisstand davon ausgehen, dass durch die Verwendung an Seltenerdmetallen als Zusatzstoff im Nutztierfutter keine Gefährdung des Verbrauchers zu erwarten ist. Angesichts der positiven Berichterstattung kam es im Jahre 2003 in der Schweiz zur Erteilung einer vorläufigen Zulassung für den Einsatz von Seltenen Erden in der Schweinefütterung.

### **2.2.7 Einsatz Seltener Erden in der Agrarwirtschaft**

Seltene Erden werden nicht nur in der Industrie und Tierproduktion eingesetzt, sondern auch in der Pflanzenzucht. Nach Hinweisen in der chinesischen Literatur werden Seltenerdmetalle schon seit vier Jahrzehnten in der chinesischen Landwirtschaft eingesetzt und bringen dort höhere Pflanzenerträge. Die Gemische Seltener Erden werden in der Pflanzenzucht entweder dem Düngermittel zugesetzt oder aber direkt auf Saatgut und Blätter aufgebracht (Pang et al., 2002; Sun et al., 1994). Schon um 1970 beschrieben chinesische Wissenschaftler, dass das Wachstum sowie die Widerstandsfähigkeit gewisser Feldfrüchte und Bäume gesteigert werden kann (Guo et al., 1988; Brown et al., 1990; Xu, 1997). Es wurden konkret folgende Effekte beobachtet: Zunahme des Chlorophyllgehaltes, gesteigerte Wurzelbildung, schnellere Entwicklung, bessere Qualität und schönere appetitlichere Fruchtfarbe bei verschiedenen Obstsorten (Ji, 1985; Brown et al., 1990). Weitere Studien halfen die dosierungs- und verabreichungsformabhängige Wirksamkeit der Seltenerdmetalle auf verschiedene Pflanzen und Feldfrüchte zu klären (Xia und He, 1997; Wan et al., 1998; Pang et al., 2002). Demzufolge wurde bei einer Dosierung von weniger als 1g REE/kg Boden eine Steigerung und bei einer Dosierung zwischen 1 und 2 g/kg Boden eine Verschlechterung des Erntergebnisses registriert. Desweiteren erzielten Hong et al. (1996) in einer zehnjährigen Untersuchung mit 600g Lanthanoiddünger jährlich einen ertragssteigernden Effekt in Höhe von 4 bis 10% pro Hektar. Außer der optimalen Konzentration muß die Art der Anwendung

sowie der ideale Zeitpunkt für die Düngung bei den verschiedenen Fruchtsorten berücksichtigt werden.

Die Aufnahme von REE aus dem Boden erfolgt zum größten Teil über die Wurzeln der Pflanzen. Eindeutig geringer ist die Menge, die noch in Rinde und Stiel akkumuliert und in den Blättern reichert sich der geringste Anteil an (Hong et al., 1996).

Nach Pang`s Vorschlag (2002) sollte auf den jährlichen Einsatz von REE-Düngern nicht verzichtet werden, ansonsten seien die erwarteten Ertragssteigerungen nicht zu garantieren.

Diatleff und seine Mitarbeiter (1999) konnten zeigen, dass bei Sprühapplikation in Dosierungen von über 0,1% von REE auf die Blätter mit toxischen Effekten (Verfärbungen und Nekrosen der Blätter) zu rechnen ist, die folglich zu einer Ernteeinbuße führen.

Es wird in zahlreichen Publikationen (Xia und He, 1997; Pang et al., 2002) darüber diskutiert, dass Seltene Erden bei Pflanzen als Spurenelemente fungieren und diese Funktion befähigt die Pflanzen eine bessere Absorption sowie Transfer und Assimilation von Nährstoffen zu erreichen. Bei mit Seltenen Erden gedüngtem Reis konnten Wing und Xiao (1989) eine Erhöhung der Stickstoff- (16%), Phosphor- (12%) und Kaliumabsorption (9%) verzeichnen. Maheswaran et al. (2001) berichten über Ertragssteigerungen beim Anbau von Getreide wie Gerste (19%) und Weizen (11%). Ähnliche positive Ergebnisse erzielten Pang et al. (2002) bei der Behandlung von Bananen (8-14%).

In der heutigen Literatur existieren verschiedene Lösungsansätze zur Klärung der Wirkungsmechanismen von Seltenen Erden in der Pflanzenproduktion. So gehen Chang et al. (1998) von einer Stimulation des Pflanzenstoffwechsels und einer Erhöhung der Nährstoffaufnahme aus, die auf direktem Weg zu einem vermehrten Wachstum von Wurzeln (Kuang et al., 1991) und oberirdischer Pflanzenteile führen (Wu et al., 1998). Hingegen konnten Kinraide et al. (1992) und Ishikawa et al. (1996) wachstumsförderungs-dämpfende Wirkungen nachweisen, wenn bei Lösungen die Konzentration über 10 µg La, Cl und Yb lag. Andere Forschergruppen (Sun et al., 1998; He et al., 1998; Fashni et al., 2002) konnten beim Einsatz von Seltenen Erden eine Erhöhung des Chlorophyllgehaltes und als Folge davon eine höhere Photosyntheserate beobachten. Photosynthesesteigernde Effekte konnten beispielsweise bei Tabakpflanzen in einer Konzentration von 5 bis 20 mg pro Liter erzielt

werden, sobald der Wert über 50 mg pro Liter stieg, kam es zur Hemmung der Photosynthese. Desweiteren ergab sich nach Düngung von Spinat mit  $Ce^{3+}$  neben einer Steigerung der Photosyntheserate auch eine Zunahme des Chloroplasten- und Chlorophyllgehaltes. Fashui und seine Mitarbeiter (2002) haben angenommen, dass  $Ce^{3+}$  konkurrierend mit Magnesium als erstes in den Chloroplast gelangt und letztendlich an Chlorophyll bindet.

Generell versucht man die wirksamkeitsbeeinflussenden Mechanismen damit zu erklären, dass Seltene Erden einerseits als Katalysatoren fungierend auf die Synthese von Wachstumsfaktoren positiv einwirken und andererseits in Enzymen die Funktion eines Cofaktors übernehmen. Aufgrund ihrer Ähnlichkeit können Seltene Erden eines der biologisch bedeutendsten Metallion ( $Ca^{2+}$ -Ion) gleichmäßig ersetzen und dadurch ihre positive Wirkung auf die Pflanzen ausüben (Xia und He, 1997).

### **2.2.8 Einsatz Seltener Erden in der Tierernährung**

In China kommen Gemische Seltener Erden seit mehr als 40 Jahren in großem Umfang aufgrund ihrer leistungssteigerungversprechenden Effekten auf vielen Sektoren der Tierproduktion in nahezu jeder Altersstufe zum Einsatz. Nach Literaturangaben ist eine positive Beeinflussung von Fütterungsparameter und verschiedener Qualitätsmerkmale durch Supplementierung von Mineralfutter und Trinkwasser zu erwarten (Hu et al., 1999). Im asiatischen Raum dienen Seltenerdmetalle vorwiegend in Form von Salzen und Oxiden zur Steigerung der Mastleistungsparameter bei Schwein (s. Übersicht 6). Sie werden aber auch bei Geflügel sowie Rind zur Steigerung der Milchproduktion (Shen et al., 1991) sowie beim Angorakaninchen zur Ertragsteigerung bei der Wolleproduktion eingesetzt (Zhao, 1997).

Spezies	REE-Dosierung	Effekte	Autoren
Absatzferkel	300 mg / kg	+12 % GZ -11 % FV	Shen et al. (1991)
	600 mg / kg	+14 % GZ -14 % FV	
	900 mg / kg	+7 % GZ -6 % FZ	
Absatzferkel	48 mg / kg	+11-19 % GZ -9-19 % FV	Yuan (1994)
Schwein	50 mg / kg	+6-12 % GZ -4-10 % FV	Xia and He (1997)
	100 mg / kg	+13 % GZ -6-7 % FV	
	150 mg / kg	+6-12 % GZ -4-10 % FV	
Schwein	100 mg / kg	+8 % GZ -8 % FV	Chen (1997)
	130 mg / kg	+25 % GZ -19 % FV	
Absatzferkel	75 mg / kg	+13-20 % GZ -5-8 % FV	He and Xia (1998)
Schwein	100 mg / kg	+13.26 % GZ -8.50 % FV	Xu et al. (1999)
Schwein	200 mg / kg	+3.97 % GZ -1.66 % FV	Hu et al. (1999)
	400 mg / kg	+8.93 % GZ -4.65 % FV	
	600 mg / kg	+32.34 % GZ -11.29 FV	
Schwein	100 mg / kg	+13.06 % GZ -6.53 % FV	Wang and Xu (2003)

GZ=Gewichtszunahme, FV= Futterverwertung

Übersicht 6: Übersicht über chinesische Fütterungsversuche bei Schweinen

Erste Untersuchungen unter westlichen Haltungs- und Fütterungsbedingungen (s. Übersicht 6) scheinen diese positive Befunde zu bestätigen (He und Rambeck, 1999). So ergaben Fütterungsversuche mit Schweinen, deren Futter mit 150 bis 300 mg /kg Seltenen Erden supplementiert wurde, Leistungsverbesserungen sowohl in der Aufzuchtperiode als auch in der Mastperiode.

Spezies	Bindungsform	REE-Dosierung	Effekte	Autoren
Absatzferkel	REE-Chlorid	75 mg / kg	+2 % GZ -4-5 % FV	Rambeck et al. (1999)
		150 mg / kg	+0-5 % GZ -3-7 % FV	
Mastschwein	REE-Chlorid	100 mg / kg	-3.6 % GZ	Böhme et al. (2002)
	REE-Nitrat		-3.6 % GZ	
	REE-Ascorbat		-3.4 % GZ	
	REE-Citrat		-1.1 % FV	
Absatzferkel	REE-Chlorid	150 mg / kg	+19 % GZ -11 % FV	Borger (2003)
Mastschwein		150 mg / kg	+12 % GZ -3 % FV	
Absatzferkel	REE-Chlorid	300 mg / kg	+4-5 % GZ	Eisele (2003)
Mastschwein		200 mg / kg	+3-10 % GZ -2-9 % FV	
Mastschwein	REE-Chlorid	200 mg / kg	+8.8 % GZ -3.6 % FV	Kessler (2004)
Absatzferkel	REE-Citrat	50 mg / kg	+0,4 % GZ	Knebel (2004)
		100 mg / kg	+8.6 % GZ	
		200 mg / kg	+22.6 % GZ	

GZ=Gewichtszunahme, FV= Futtermittelverwertung

Übersicht 7: Übersicht über westliche Fütterungsversuche bei Schweinen

Die Lebendmassezunahme erhöhte sich gegenüber der Kontrolle um bis zu 12%, gleichzeitig verringerte sich der Futteraufwand in der Aufzuchtperiode um bis zu 11%, in der Mastperiode immerhin noch um 3% (Schuller, Borger, He, Henkelmann, Jadamus, Simon und Rambeck, 2002). Bei Wang und Xu (2003) zeigten sich bereits beim Einsatz von 100 mg REE-Gemisch pro Kilogramm Futter eine Verbesserung der Tageszunahmen um 13%, sowie eine um 7% verbesserte Futtermittelverwertung.

Ähnlich positive Ergebnisse erzielten Li et al. (1992) bei Zufütterung von nur 50 mg REE pro Kilo Futter bei Schweinen, wobei sich die Wachstumssteigerung um 9% und die Futtermittelverwertung um 8% verbesserte. In jüngsten Untersuchungen im Rahmen eines Feldversuchs mit 670 Aufzuchtferkeln der Rasse Schweizer Edelschwein im Kanton St. Gallen konnte ebenfalls sowohl eine 10% höhere Tageszuwachsrate als auch eine 6,5% höhere Futtermittelverwertung registriert werden.

Neben den Mastleistungsparameter wurde von verschiedenen Autoren auch die Verdaulichkeit unterschiedlicher Rohstoffe untersucht. So stieg durch Einsatz von 50 mg REE-Gemisch / kg Futter die scheinbare Verdaulichkeit von Rohprotein (8%) und Rohfett (15%) in den Versuchsgruppen im Vergleich zu der Kontrolle (Li et al., 1992). Bei der scheinbaren Verdaulichkeit der Trockensubstanz zeigten sich nur geringfügige Abweichungen. In einer weiteren Studie beschreiben Xu et al. (1999) bei einer Dosierung von 100 mg REE / kg Futter eine durchschnittliche Tageszunahme um 15% und einen durchschnittlichen täglichen Futtermittelverbrauch von 5,5% bei Mastschweinen. Die Futtermittelverwertung verringerte sich um 8,5%, während die scheinbare Verdaulichkeit von Trockensubstanz, Rohprotein und Rohfett um 7%, 5,5% und 14% erhöht war. Zusätzlich zu den allgemeinen Leistungsparametern untersuchten sie noch einige Serumparameter. Bei den Blutparametern waren die Werte von Glucose (20%) und Gamma-GT (67%) deutlich erhöht. Bei den Hormonwerten war keine einheitliche Tendenz zu erkennen, da der Wachstumshormon(GH)-Wert (9,1%) erniedrigt war, wogegen die T3- und T4- Werte (37% und 29%) deutlich erhöht waren. Dementsprechend schlussfolgern Xu et al. (1999), dass es durch Lanthan zur Stimulation der Synthese und Sekretion von GH, T3 und T4 kommt und durch diese Effekte gleichzeitig die Stoffwechselungsrate am Zielorgan angeregt wird.

In der chinesischen Literatur sind nur wenige wissenschaftlich fundierte Hinweise zum Wirkmechanismus von ergotropwirkenden Seltenerdmetallen zu finden. In einigen Publikationen wird unter Einfluß der Seltenen Erden eine Verbesserung der

Verdaulichkeit und Verfügbarkeit der Nährstoffe propagiert (Hi et al., 1992; Cheng et al., 1994; Lu et al., 1996). Momentan werden zwei unterschiedliche Wirkmechanismen favorisiert: 1, lokale Darmwirkung oder 2, Wirkungsvermittlung über die Beeinflussung intermediärer Stoffwechselforgänge (Xie et al., 1991; Yang et al., 1992). Für eine lokale Wirkung im Verdauungstrakt spricht, dass die Salze Seltener Erden nach oraler Aufnahme nur zu einem sehr geringen Anteil im Magen-Darm-Trakt resorbiert werden. Gleichzeitig könnte die bakterio-statische Wirkung die Mikroflora im Gastrointestinaltrakt positiv beeinflussen. Andererseits scheinen jüngere Untersuchungen an Ratten eher die zweite Version zu betätigen, die dafür ein Beleg liefern, dass Seltene Erden den Blutglucosespiegel senken und damit wohl den Stoffwechsel der Tiere beeinflussen (He et al., 2003). Gleichzeitig findet sich bei den jungen wachsenden Ratten der gleiche ergotrope Effekt bezüglich Gewichtszunahme und Futtermittelverwertung, wie bei Schweinen.

Seltene Erden werden in Form von Oxiden, Nitraten und organischen Salzen verwendet. Von praktischem Interesse ist der neueste Befund, wonach Seltene Erden als Citratsalze die gleiche oder eine bessere Wirkung als Chloridsalze aufweisen (Rambeck und Wehr, 2004). Die Citrate der Seltenen Erden sind im Gegensatz zu Chloriden weniger hygroskopisch und können deshalb sehr viel besser und gleichmäßiger dem Mineralfutter beigemischt werden. Eine vergleichende Betrachtung der verschiedenen Studien scheint problematisch zu sein, da die verwendeten Gemische unterschiedliche Zusammensetzung und Konzentrationen aufwiesen. Angesichts der Aussage, dass hinsichtlich der Produktivität und Fütterung die in China eingesetzten Rassen hinter den westlichen Hochleistungstieren zurückliegen, sind die spektakuläre Leistungssteigerungen unter westlichen Haltungsbedingungen in diesem Maße nicht nachvollziehbar.

Analog dazu spielt in der Tiermast natürlich eine wesentliche Rolle, unter welchen Hygiene-, Haltungs- und Fütterungsbedingungen die leistungssteigernden Effekte erzielt werden. Unter dieser können sensationell klingende ergotrope Effekte eigentlich nur unter suboptimalen Hygiene- und Haltungsbedingungen erzielt werden. Trotz der seit Jahrzehnten in China bekannten Leistungsfördereigenschaft der Seltenen Erden, wurden sie erstmals in Europa im Jahre 1999 eingesetzt. In der Übersicht 7 werden die aktuellen Ergebnisse der westlichen Fütterungsversuche bei verschiedenen Nutztieren gegliedert nach REE-Bindungsform präsentiert.

### 3. Material und Methoden

Die Fütterungsversuche 1, 2, 3 wurden in einem Stall des Instituts für Physiologie, Physiologische Chemie und Tierernährung mit unterschiedlichen Tierzahlen (96, 48, 42 Tiere) und Zeitintervallen (10, 6, 7 Wochen) sowie mit diversen Rationsgruppen (8, 7, 6 Gruppen) durchgeführt.

Die Mastschweine des 3. Fütterungsversuchs wurden aus organisatorischen Gründen nach 7 Wochen in die Klinik für Schweine in Oberschleißheim verbracht und dort weitergemästet.

Die drei Fütterungsversuche werden in chronologischer Reihenfolge beschrieben.

#### 3.1 Fütterungsversuch 1

##### 3.1.1 Versuchsaufbau

Es wurden 48 weibliche sowie 48 männlich-kastrierte Absatzferkel der Kreuzung Piétrain X (Deutsche Landrasse X Deutsches Edelschwein) 10 Wochen lang rationiert gefüttert.

Dazu wurden 8 Versuchsgruppen mit je 12 Tieren (6 weibliche + 6 männlich - kastrierte Schweine) gebildet. Alle Gruppen erhielten die gleiche Basalration, den Versuchsgruppen wurden entweder Seltene Erden oder ätherische Öle zugesetzt. Die 8 verschiedenen Versuchsgruppen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Gruppe 1: Basalration (Kontrollgruppe)
Gruppe 2: Basalration mit 500 mg MÄÖ I / kg
Gruppe 3: Basalration mit 500 mg MÄÖ I / kg + 300 mg REE A / kg
Gruppe 4: Basalration mit 300 mg REE B / kg
Gruppe 5: Basalration mit 900 mg MÄÖ II / kg
Gruppe 6: Basalration mit 900 mg MÄÖ II / kg + 300 mg REE A/kg
Gruppe 7: Basalration mit 300 mg REE A / kg
Gruppe 8: Basalration mit 300 mg REE C / kg

MÄÖ: Mischung ätherischer Öle, Nr I und II; REE: Seltene Erden; REE-A: 38,0% LaCl<sub>3</sub>, 52,01% CeCl<sub>3</sub>, 3,02% PrCl<sub>3</sub>; REE-B: 99,7 % LaCl<sub>3</sub>, < 2,5 % CeCl<sub>3</sub>, < 0,3 PrCl<sub>3</sub>; REE-C: 100 mg LaCl<sub>3</sub> + 200 mg CeCl<sub>3</sub>

Tabelle 1: Zusätze pro kg Futter bei den Kontroll- und Versuchsgruppen des Fütterungsversuchs 1

Die Aufzuchtferkel erhielten in den ersten 6 Wochen (8 – 25 kg) konventionelles Aufzuchtsfutter und in den darauffolgenden 4 Wochen (25 – 40 kg) der Vormastperiode handelsübliches Mastalleinfuttermittel.

Nach Versuchsende wurden die Schweine im Institut für Tierpathologie getötet.

### **3.1.2 Versuchstiere**

Die 96 Absatzferkel (Zukauf über die Erzeugergemeinschaft für Ringferkel Mühldorf e.V. in Ampfing) wurden mit einem durchschnittlichen Lebendmassegewicht von 8,3 kg im Alter zwischen 28 – 31 Tagen eingestallt. Ein möglichst geringer genetischer Einfluß auf die untersuchten Mastleistungsparameter konnte dadurch gewährleistet werden, dass die Ferkel aus 22 verschieden großen Würfen entnommen wurden.

Die Tiere wurden nach Geschlecht, Gewicht und Wurf randomisiert den einzelnen Versuchsgruppen zugeordnet.

Aus der Versuchsgruppe 4 erkrankte ein Tier hochakut am 7. Tag nach dem Einstallen und verendete innerhalb von 2 Stunden. Nach der Sektion des Ferkels konnte pathologisch – anatomisch eine Kardiomyopathie diagnostiziert werden.

### **3.1.3 Versuchstierhaltung**

Die Tiere wurden schachbrettartig über den gesamten Stall verteilt und paarweise in den vorhandenen 48 eingestreuten Buchten aufgestellt. Die Haltung der Schweine erfolgte auf Betonboden mit Spaltengitter, wobei jede Einzelbucht über eine Fläche von 2 m<sup>2</sup> verfügte. Jede einzelne Bucht war mit einem durch eine Klappe vom Tier abtrennbaren Futtertrog und einer Selbstnippeltränke bestückt. Die Boxen waren so konstruiert, dass die Tiere Sicht- und Berührungskontakt zueinander hatten und ihre Exkremete über das perforierte Spaltengitter durchgetreten oder abfließen konnten. Ein konstantes Stallklima (24 – 20 °C) wurde mit Hilfe von im Stall vorhandenen Heizungs- und Lüftungsapparaten gesichert. Für eine ausreichende künstliche Beleuchtung sorgten 12 in ca. 3 m Höhe aufgehängte Neonlampen mit einer den Tagesrhythmus berücksichtigenden Beleuchtungsdauer von mindestens 8 Stunden und einer Beleuchtungsstärke von mindestens 50 Lux pro Tag.

Die Ferkel aus unterschiedlichen Versuchgruppen wurden so in die Buchten verteilt, dass alle Tiere während des ganzen Versuchs möglichst den gleichen stallklimatischen Bedingungen ausgesetzt waren.

Es wurde sichergestellt, dass Jauche, Gülle und Mist täglich aus den Buchten entfernt wurde, sowie dass regelmäßig neu mit trockenem, sauberem und gesundheitsunschädlichem Material eingestreut wurde.

Die Schweinefütterung erfolgte 2X täglich (morgens und abends), wobei die Wasserversorgung durch höhenverstellbaren Selbstnippeltränken gesichert wurde.

### **3.1.4 Futterzusammensetzung und Fütterung**

#### **3.1.4.1 Versuchsfutter**

Die Herstellung der Futtermischungen (Aufzucht – und Mastfutter) erfolgte jeweils eine Woche vor Verfütterung im Mischraum des Lehrstuhls für Tierernährung und Diätetik der LMU München. Institutseigene Mischgeräte mit einem Trommelvolumen von 8 kg, 50 kg, 100 kg und 500 kg (Fa. Gebr. Lödige) wurden zum Mischen der verschiedenen Rationen verwendet.

Für die Schweine wurde ein praxisübliches Futter auf Getreide- und Sojaextraktionschrot gemischt. Die Zusammensetzung der Futtermischungen (Aufzucht- und Mastalleinfutter) geht aus der Tabelle 2 hervor.

Der errechnete Gehalt an Energie, Rohnährstoffen und essentiellen Aminosäuren der verschiedenen Rationen sind den Tabellen 3 und 4 zu entnehmen. Das Verhältnis von Lysin zu Methionin und Cystin im Futter in der Aufzuchtperiode entspricht 1: 0,63 und in der Vormastperiode 1: 0,61.

Futtermittelkomponente	Aufzuchtperiode Menge in %	Vormastperiode Menge in %
Gerste	31,67	30
Soja	22	17,57
Hafer	20	10
Weizen	20	36
Sojaöl	2	2
CaCO <sub>3</sub>	1,6	1,3
Cefkaphos	1,1	0,8
Luprosil	0,5	0,5
NaCl	0,3	0,3
Vitamin- VM	0,3	0,3
Lysin	0,2	0,1
Spurenelemente- VM	0,13	0,13
Maisstärke	0,1	1
DL- Methionin	0,1	0
Summe	100	100

Tabelle 2: Zusammensetzung der Basisration des Versuchsfuttermittels für die Aufzucht- und die Vormastperiode.

Rohnährstoff	Aufzuchtperiode Gehalt	Vormastperiode Gehalt
Trockensubstanz	88,30 %	88,00 %
Rohprotein	18,05 %	16,52 %
Rohfaser	5,43 %	4,43 %
Rohfett	4,36 %	3,89 %
Rohasche	6,13 %	5,23 %
NfE	66,03 %	69,93 %
Umsetzbare Energie	12,86 MJ/ kg	13,22 MJ/ kg

Tabelle 3: Gehalt an Rohnährstoffen und Energie in den Rationen der Aufzucht- und Vormastperiode

Inhaltsstoffe	Aufzuchtperiode Gehalt g/kg	Vormastperiode Gehalt g/kg
L-Methionin und L-Cystin	6,80	5,40
L-Methionin	3,67	2,44
L-Lysin	10,72	8,85
L-Tryptophan	1,87	1,69
L-Threonin	8,15	8,48
Calcium	9,70	8,10
Phosphor	6,30	5,70

Tabelle 4: Gehalt der Rationen der Aufzucht- und Vormastperiode an essentiellen Aminosäuren und Calcium sowie Phosphor

Die Zusammensetzung der Vitaminvormischung und die Endkonzentration der Spurenelemente sind in den Tabellen 5 und 6 zusammengestellt. Die Prämixe wurden zu einer besseren Verteilung der Komponenten auf Maisstärkebasis hergestellt und kontinuierlich in kleinen Mengen der Rationen zugesetzt, wodurch eine optimale Verteilung der Vitamin- und Spurenelementvormischungen gewährleistet werden konnte.

Spurenelementvormischung		
Spurenelement	substituiert als	mg/kg
Eisen	FeSO <sub>4</sub> x 7 H <sub>2</sub> O	172
Zink	ZnSO <sub>4</sub> x 7 H <sub>2</sub> O	144
Mangan	MnSO <sub>4</sub> x 7 H <sub>2</sub> O	80
Kupfer	CuSO <sub>4</sub> x 5 H <sub>2</sub> O	68
Selen	Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub> x 5 H <sub>2</sub> O	0,31

Tabelle 5: Endkonzentrationen der Einzelkomponenten der Spurenelementvormischung des Aufzucht- und Vormastfutter aller Versuchsgruppen pro kg TS

<b>Vitaminvormischung</b>
---------------------------

Komponente	Substitution in Form von	in %
Retinol	Vit. A 500.000 I.E. /g	0,10
Cholecalciferol	Vit. D3 500.000 I.E. /g	0,09
Tocopherol	$\alpha$ -DL-Tocopherolacetat 50%	2,42
Menadion	Vit. K3, 51%	0,06
Thiamin	Vit. B1, 98%	0,22
Riboflavin	Vit. B2, 96%	0,25
Pyridoxin-HCL	Vit. B6, 96%	0,12
Cobalamin	Vit. B12, 0,1%	0,1
Biotin	D-Biotin, 2%	0,15
Folsäure	80%	0,01
Calciumpantothenat	Reinsubstanz	0,66
Ascorbinsäure	Vit. C, Reinsubstanz	3,03
Nicotinsäure	Niacin, Reinsubstanz	1,82
Cholinchlorid	50%	34,88
Stärke		56,09

Tabelle 6: Zusammensetzung der Vitaminvormischung des Aufzucht- und Vormastfutters aller Versuchsgruppen

Die Kontrollgruppe (Gruppe 1) erhielt das Futter ohne Zusatz an Seltenen Erden oder ätherischen Ölen.

Der Basalration der anderen Versuchsgruppen wurden die zu testenden Substanzen in verschiedenen Dosierungen (s. Tabelle 1) zu Lasten von Maisstärke zugesetzt. Um eine homologe Verteilung der Zusatzstoffe sicherzustellen, wurden sie auf Maisstärke und Sojaextraktionsschrot aufgemischt.

Um eine gleichmäßige Verteilung der Seltenen Erden zu gewährleisten, wurden die in fester Form vorhandenen Seltene Erden–Gemische in 200 ml Wasser suspendiert.

Die Seltenen Erden–Gemische stammten aus der Region um Baotou (China) und wurden über Prof. Dr. J. Chang von der Anhui Agricultural University, Hefei (China) bezogen. Bei den ätherischen Öl-Mischungen handelte es sich um zwei kommerziell erhältliche Produkte, deren exakte Gehalte an ätherischen Ölen nicht vorlagen. Die in diesem und den zwei weiteren Versuchen eingesetzten Mischungen werden als MÄÖ I und II (Mischung ätherischer Öle I und II) bezeichnet.

Pro Rationsgruppe wurden 420 kg Aufzuchtsfutter und 630 kg Vormastalleinfutter für den gesamten Versuchszeitraum gemischt. Das gemischte Futter wurde ohne Dampfzusatz zu 3mm großen Pellets gepresst. Durch den Pelletiervorgang wurde das Volumen reduziert, eine Entmischung verhindert, die Keimzahl gemindert, ein besserer Aufschlusseffekt erreicht und die Futterakzeptanz erhöht. Das Futter wurde in Säcke abgefüllt und dunkel und kühl in einem trockenen Raum gelagert.

Eine schriftliche Ausnahmegenehmigung für den Einsatz von Seltenerdmetallen wurde von der Regierung von Oberbayern erteilt.

#### **3.1.4.2 Fütterungsverfahren**

Der Versuchverlauf gliederte sich in 2 Fütterungsabschnitte (Aufzuchtperiode 6 Wochen und Vormastperiode 4 Wochen).

Alle Tiere erhielten am Einstellungsstag das Kontrollfutter und wurden ab dem 2. Tag auf das Versuchsfutter (Ferkelaufzuchtfutter bis 25 kg) gesetzt. Anschließend erfolgte eine Umstellung auf das Vormastalleinfutter bis zu einem Durchschnittsgewicht von 40 kg. Die Schweine wurden von dem ersten Tag an restriktiv gefüttert und erhielten pro Tag 2 Mahlzeiten.

### 3.1.5. Untersuchte Parameter

#### 3.1.5.1 Gesundheitszustand und Mortalität

Der Gesundheitsstatus der Tiere wurde mehrmals am Tag kontrolliert und einmal am Abend dokumentiert. Das einzige tote Tier aus der Gruppe 4 wurde sofort aus der Bucht entfernt und gewogen.

#### 3.1.5.2 Futterverzehr (FVZ)

Der Futterverbrauch wurde täglich morgens und abends für den jeweiligen Fütterungsabschnitt pro Bucht (2 Tiere) ermittelt. Das angebotene Rationsfutter wurde vor jedem Verfüttern exakt eingewogen und verstreutes Futter wurde vor der nächsten Fütterung sorgfältig gesammelt und rückgewogen. Nach jeder Mahlzeit wurde die Differenz aus eingewogener und rückgewogener Futtermenge gebildet. Aus den vorhandenen Daten konnte der durchschnittliche Futterverzehr pro Bucht und Tag berechnet werden.

#### 3.1.5.3 Lebendmasse (LM) und Lebendmassezunahme (LMZ)

Zur Bestimmung der LM wurden die Schweine einzeln beim Einstellen und dann in wöchentlichem Abstand in einer elektrischen Tiergitterwaage gewogen. Die Wägungen erfolgten vor den morgendlichen Fütterungen.

#### 3.1.5.4 Futterverwertung (FVW)

Die Futterverwertung gibt diejenige Futtermenge in kg an, die ein Tier verzehren muß, um eine 1- kg- Körpergewichtszunahme zu erreichen.

$$\text{Futterverwertung(FVW)} = \frac{\text{Futterverzehr in kg (FVZ)}}{\text{Lebendmassezunahme in kg (LMZ)}}$$

Da die Fütterung restriktiv erfolgte, kann die Futterverwertung nur in begrenztem Maß beurteilt werden.

### 3.1.6 Futtermittelprobenahmen und Analysen

### 3.1.6.1 Futtermittelproben

Im Laufe der 2 Fütterungsabschnitte wurden von den einzelnen Rationen repräsentative Rückstellproben von jeweils 750 g gezogen und bis zur Analyse kühl in einem trockenen Raum gelagert.

### 3.1.6.2 Bestimmung von Rohnährstoffen und Trockensubstanz

Die Weender Futtermittelanalyse wurde nach folgenden Gesichtspunkten vorgenommen:

- Trockensubstanz (TS):

Nach Trocknung des Futters bis zur Gewichtskonstanz mit einer Temperatur von 103°C konnte die TS bestimmt werden.

- Rohasche (Ra):

Nach Veraschung des Probenmaterials im Muffelofen bei 550°C konnte die Ra ermittelt werden.

- Rohprotein (Rp):

Die Bestimmung erfolgte standardmäßig nach der Methode von Kjeldahl. Die zu analysierende Probe wurde mit konzentrierter Schwefelsäure aufgeschlossen und der Stickstoff in die Ammoniumform überführt. Anschließend wurde dem Analysegut Natronlauge zugesetzt, wodurch Ammoniak freigesetzt wurde. Danach wurde der freigesetzte Ammoniak in vorgelegte 1n Schwefelsäure überdestilliert und durch Titration bestimmt. Hierbei erhielt man den Stickstoffgehalt der untersuchten Substanzen. Da Eiweiß im Mittel 16 % Stickstoff enthält, wird dieser Wert mit 6,25 multipliziert, um den Rohproteingehalt der analysierten Substanzen zu erhalten.

- Rohfett (Rfe):

Das Analysegut wurde zunächst mit Salzsäure hydrolysiert. Im nächsten Schritt erfolgte die Extraktion nach einem 8 stündigen Herauslösen mit Petrolether im Soxhletapparat. Nach ausreichender Trocknung des Etherextraktes im Trockenschrank konnte die Rückwaage der Extraktionskolben vorgenommen werden.

- Rohfaser (Rfa):

Als Rohfaser wird der in verdünnten Säuren und Laugen unlösliche fett-, stickstoff- und aschefreie Rückstand definiert. Zur Bestimmung wurde das Analysenmaterial 30 Min. in 1,25%-iger Schwefelsäure gekocht, die Flüssigkeit abgesaugt und die zu analysierende Substanz mit Aqua dest. mehrmals gewaschen. Danach wurde die Probe 30 Min. in 1,25%-iger Natronlauge gekocht, um anschließend mit Aqua dest. durchgespült zu werden. In der nächsten Stufe wurde das Probematerial mit Aceton gewaschen. Die in Glasfiltertiegel gewonnene Probe wurde getrocknet, gewogen und bei einer Temperatur von 500°C 10 Stunden lang im Muffelofen verbrannt. Nach erneuter Gewichtregistrierung konnte die Gewichts Differenz, bezogen auf die eingewogene Menge ermittelt werden und so konnte der Rohfaserwert ermittelt werden.

- N- freie Extraktstoffe (NfE):  
 $NfE = TS - (Ra + Rp + Rfe + Rfa)$

### 3.1.7. Blutentnahmen

Während des Fütterungsexperiments wurde den Schweinen zu drei Zeitpunkten Blut entnommen.

Für eine Nullwertbestimmung wurden Blutproben noch am Einstellungstag von jedem Tier gewonnen. Die 2. Blutentnahme fand nach der Beendigung der Aufzuchtphase statt. Direkt vor der Tötung wurden zum dritten Mal Blutproben entnommen. An allen drei Tagen erfolgte die Blutgewinnung bei allen Schweinen praeprandial aus der Vena jugularis mit Hilfe von Serummonovetten (9 ml, Fa. Sarstedt).

Die dann gewonnenen Serumproben wurden bei -20°C bis zur Analyse aufbewahrt. Die Blutparameterbestimmung wird in einer nachfolgenden Dissertation durchgeführt. Die Tötung erfolgte an 4 aufeinanderfolgenden Tagen, wobei jeweils von jeder Gruppe 3 Tiere getötet wurden.

### 3.1.8. Organ- und Gewebeproben

Die Entnahme der Organ- und Gewebeproben erfolgte direkt nach der Tötung. Als Organ- und Gewebeproben wurden Stücke von Herz, Leber, Lunge, Niere, Muskel (M. gluteus), Bauchfett und als Knochenprobe die linksseitige 10. Rippe entnommen. Die Bestimmung der Gehalte an Seltenen Erden in den Proben erfolgt im Rahmen einer späteren Dissertation in Garching am Institut für Radiochemie der Technischen Universität München.

## 3.2 Fütterungsversuch 2

### 3.2.1 Versuchsaufbau

Der Fütterungsversuch wurde mit 48 Absatzferkeln durchgeführt. Die Tiere wurden in 7 Rationsgruppen, zu 6 Mastschweinen (3 weibliche + 3 männlich-kastrierte Ferkel) (Kontrolle) bzw. zu je 7 Schweinen (3 weibliche + 4 männlich-kastrierte Ferkel) (Versuchsgruppen) eingeteilt.

Die Kontrollgruppe erhielt die Basisration ohne Zusatz von Seltenen Erden oder ätherischen Ölen, den anderen sechs Rationsgruppen wurden diese Substanzen alleine oder in Kombination zugesetzt. Die jeweilige Zusammensetzung der 7 einzelnen Rationsgruppen ist Tabelle 7 zu entnehmen.

Die Schlachtung wurde an zwei Terminen mit einer Woche Abstand in der Landmetzgerei von Herrn Franz Feckel in Schwindkirchen bei Dorfen durchgeführt.

Gruppe 1	Basisration (Kontrollgruppe)
Gruppe 2	Basisration mit 500 mg MÄÖ I / kg
Gruppe 3	Basisration mit 300 mg REE-Citrat / kg + 500 mg MÄÖ I / kg
Gruppe 4	Basisration mit 300 mg REE- Citrat / kg
Gruppe 5	Basisration mit 900 mg MÄÖ II / kg
Gruppe 6	Basisration mit 300 mg REE–Citrat / kg + 900 mg MÄÖ II / kg
Gruppe 7	Basisration mit 300 mg REE-Chlorid / kg

MÄÖ: Mischung ätherischer Öle, Nr I und II; REE: Seltene Erden

Tabelle 7: Versuchs- und Kontrollgruppen beim Fütterungsexperiment 2

### **3.2.2 Versuchstiere**

Die 27 männlich-kastrierten und 21 weiblichen Ferkel (Bezug über den Bayerischen Ferkelerzeugerring) hatten zu Versuchsbeginn ein Gewicht von durchschnittlich 8,8 kg.

Ein Großteil der Schweine erkrankte 4 Tage nach dem Einstellen an Durchfall, wobei ein weibliches Tier aus der Rationsgruppe 6 am 4. Versuchstag verendete. Am 6. Versuchstag wurden sechs an Durchfall massiv erkrankte Tiere mit Tiamulin 100 behandelt. Da mit der Tiamulin-Behandlung keine Besserung des Krankheitsbildes erzielt werden konnte und noch mehr Tiere betroffen waren, war eine mikrobielle Kotuntersuchung indiziert. Nachdem eine E.-coli-Infektion diagnostiziert werden konnte, wurden alle Tiere ab dem 9. Versuchstag, an 4 aufeinanderfolgenden Tagen mit Baytril 10% therapiert. Daraufhin trat nach 3 Tagen eine erhebliche Verbesserung der Erkrankung ein. Zwei weitere Tiere (ein männlich-kastriertes Ferkel aus der Gruppe 1 und ein weibliches Ferkel aus der Gruppe 3) mussten neun Tage nach Versuchsbeginn eingeschläfert werden.

### **3.2.3 Tierhaltung**

Die Tiere wurden einzeln aufgestallt. Alle anderen Bedingungen entsprachen, wie bereits im Kapitel 3.1.3 beschrieben, dem 1. Fütterungsversuch.

### **3.2.4 Futterzusammensetzung und Fütterung**

#### **3.2.4.1 Aufzuchtsfutter**

Die Zusammensetzung der Basalration entsprach der Zusammensetzung aus Versuch 1. Die Kontrollration (Gruppe 1) enthielt keinen Zusatz an Seltenen-Erden- bzw. Ätherischen Öl-Gemische. Bei den supplementierten Tiergruppen (Gruppe 2-7) wurden den Versuchsrationen die in Tabelle 7 angegebenen Substanzen allein oder in Kombination zugesetzt.

### **3.2.4.2 Fütterungsmodus**

Das Fütterungsexperiment erstreckte sich nur über den Fütterungsabschnitt der Aufzucht (6 Wochen).

Bis zum Versuchsbeginn (2. Einstellungsstag) wurde allen Tieren der Versuchsgruppen 1-7 das Aufzuchtsfutter der Kontrolle zugeteilt, danach wurden die Schweine mit dem Versuchsfutter der jeweiligen Rationen weitergefüttert. Die Tiere erhielten pro Tag je zwei Mahlzeiten.

Die verbleibenden Futtermengen wurden zurückgewogen und die gefressenen Mengen festgehalten.

### **3.2.5 Untersuchte Parameter**

#### **3.2.5.1 Gesundheitszustand und Mortalität**

Der Zustand der Tiere wurde täglich mehrmals kontrolliert.

#### **3.2.5.2 Futterverzehr**

Es wurde nach jeder Mahlzeit die Differenz aus eingewogener und rückgewogener Futtermenge erfasst und der durchschnittliche Futterverzehr pro Tier und Tag berechnet.

#### **3.2.5.3 Lebendmasse und Lebendmassezunahme**

Es wurde wie im 1. Fütterungsversuch (3.1.5.3) dargestellt vorgegangen.

#### **3.2.5.4 Futterverwertung**

Da nicht mehr restriktiv gefüttert wurde, konnte die Futterverwertung im Gegenteil zu dem 1. Fütterungsexperiment exakt ermittelt werden, wobei sie aufgrund der massiven Durchfallerkrankung in der Anfangsphase mit Vorsicht zu interpretieren ist.

### 3.2.6 Probennahmen und Analysen

Die einzige Abweichung hinsichtlich des 1. Versuches (3.1.6 – 3.1.8) bestand darin, dass im 2. Versuch als Knochenstück von jedem Tier Schwanzwirbelknochen entnommen wurden. Bei den anderen Punkten wurde wie im vorherigen Experiment beschrieben, vorgegangen.

### 3.3 Fütterungsversuch 3

#### 3.1 Versuchsplan

Im Laufe des ersten Abschnitts dieses Fütterungsexperiments wurden 42 Aufzuchtsferkel (24 männlich-kastrierte und 18 weibliche Schweine) der Gebrauchskreuzung Deutsche Landrasse X Piétrain 7 Wochen lang ad libitum bis zu einem durchschnittlichen Körpergewicht von 25kg gefüttert. Danach wurden die Tiere aus zwei Rationsgruppen (Kontrollgruppe sowie REE- Gruppe) weiter beobachtet. Die Tiere beider Gruppen erhielten weiterhin Futter mit bzw. ohne REE-Zusatz. Dieser Abschnitt der Untersuchung wurde in der Klinik für Schweine (Prof. Dr. Heinritzi) in Oberschleißheim bis zu einem Lebendgewicht von ca. 80 kg durchgeführt. Mastleistungsparameter wurden zu diesem Zeitpunkt jedoch nicht mehr erfasst. Die Ergebnisse aus der Schlachtkörperbeurteilung werden in einer weiteren Dissertation dargestellt. Zu Versuchsbeginn wurden die Tiere nach Geschlecht, Gewicht und Wurfzugehörigkeit randomisiert in 6 Rationsgruppen zu je 7 Schweinen (4 männlich-kastrierte und 3 weibliche) eingeteilt. Die Rationsgruppen sind in Tabelle 8 dargestellt:

Rationsgruppe 1	Basisration (Kontrollgruppe)
Rationsgruppe 2	Basisration mit 500 mg MÄÖ I / kg
Rationsgruppe 3	Basisration mit 900 mg MÄÖ II / kg
Rationsgruppe 4	Basisration mit 200 mg REE-Citrat/ kg
Rationsgruppe 5	Basisration mit 200 mg REE-Citrat/ kg + 500 mg MÄÖ I / kg
Rationsgruppe 6	Basisration mit 200 mg REE-Citrat/ kg + 900 mg MÄÖ II / kg

MÄÖ: Mischung ätherischer Öle, Nr I und II; REE: Seltene Erden

Tabelle 8: Einteilung der Versuchsgruppen

Nach 7 Wochen wurden 28 Tiere (Rationsgruppe 2, 3, 5 und 6) in der Landmetzgerei Franz Feckel in Schwindkirchen bei Dorfen geschlachtet. Die Schlachtung der restlichen 14 Tiere wurde im Schlachthof der Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht in Grub durchgeführt.

### **3.3.2 Versuchstiere**

Die 24 männlich-kastrierten und 18 weiblichen Zuchthybridferkel der Gebrauchskreuzung Deutscher Landrasse X Piétrain wurden über den Ferkelerzeugerring Bayern bezogen.

Zu Versuchsbeginn betrug das Durchschnittsgewicht der Ferkel 8,8 kg. Die Tiere wurden nach Geschlecht, Gewicht und Wufzugehörigkeit randomisiert den einzelnen Versuchsgruppen zugeordnet.

### **3.3.3 Tierhaltung**

Die Unterbringung der Schweine erfolgte über den Zeitraum von 6 Wochen in Einzelboxen der Stallungen des Institutes für Tierernährung am Oberwiesenfeld (s. 3.2.3). In der zweiten Versuchsphase wurden die 14 Mastschweine aus den zwei Rationsgruppen Kontrolle und REE ebenfalls in Einzelboxen in der Klinik für Schweine in Oberschleißheim aufgestellt.

### **3.3.4 Futterzusammensetzung und Fütterung**

#### **3.3.4.1 Versuchsfutter**

Die Grundzusammensetzung bzw. die Gehalte der Einzelkomponenten der ersten beiden Futtermischungen (Aufzucht- und Vormastfutter) sind aus den Tabellen 2-6 zu entnehmen. Für die Mastperiode wurde ein kommerzielles Schweinemastalleinfutter der Fa. Zila, Landshut mit einer Pelletgröße von 5 mm verwendet.

Die Futterzusammensetzung basierte auf Gerste, Weizen, Weizenkleie, Hafer, Sojaschrot, Rapskuchen, Melasse sowie Mischkalk.

Die organisch gebundenen Seltenen Erden, die in Form von REE-Citrat vorlagen, wurden den Rationsgruppen 4, 5 und 6 (s. Tabelle 8) zugesetzt. Die Hauptelemente der Seltenen Erden waren dabei Lanthan, Cer, Praseodym und Neodym. Bei den restlichen Anteilen des Gemisches handelte es sich um Begleitminerale, wie Eisen-, Calcium-, Magnesium-, Thorium- und Natriumoxide sowie Sulfate und Phosphate. Der Einsatz der Seltenen Erden war durch eine Ausnahmegenehmigung nach § 10 Abs. 1 FMG durch die Regierung von Oberbayern zur Verfütterung an Schweine zugelassen.

Die Gehalte an Rohnähr-, und Inhalts- sowie Zusatzstoffen des Schweinemastalleinfuttermittels sind in den Tabellen 9 und 10 aufgeführt.

Rohnährstoffe	Mastperiode Gehalt
Rohprotein	14 %
Rohfaser	6 %
Rohfett	3 %
Rohasche	5 %
NfE	72 %
Umsetzbare Energie	12,2 MJ / kg
Inhaltsstoffe	Mastperiode Gehalt
Calcium	0,7 %
Phosphor	0,5 %
Natrium	0,1 %
Lysin	0,7 %

Tabelle 9: Gehalt an Rohnähr- und Inhaltsstoffen des Schweinemastalleinfutters

Komponente	Substituiert als	Endkonzentration	Einheit / kg
Retinol	Vit A 500000 I.E./g	3	mg
Cholecalciferol	Vit D <sub>3</sub> 500000 I.E./g	25	µg
Tocopherol	α- DL-Tocopherolacetat 50 %	100	mg
Cobalamin	Vit B <sub>12</sub> , 0,1 %	40	µg
Zink	ZnSO <sub>4</sub> X 7 H <sub>2</sub> O	60	mg
Kupfer	CuSO <sub>4</sub> X 5 H <sub>2</sub> O	13	mg
Selen	Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub> X 5 H <sub>2</sub> O	0,2	mg

Tabelle 10: Endkonzentrationen der Einzelkomponenten des Schweinemastalleinfutters aller Versuchsgruppen

### 3.3.5 Untersuchte Parameter

Es wurden die gleichen Parameter wie in den anderen Fütterungsversuchen untersucht (siehe 3.2.5.1- 3.2.5.4).

### 3.4 Statistische Analysen der drei Fütterungsversuche

Die statistischen Auswertungen der Resultate erfolgte mit dem Computerprogramm SAS.

Es wurden folgende statistische Methoden angewandt:

- Berechnung des arithmetischen Mittelwertes (X)
- Berechnung der Standardabweichung (s) zur Abschätzung der Streuung
- Varianzanalyse zum Vergleich der Werte mehrerer Gruppen
- LS-Means Test zum paarweisen Vergleich der Gruppen, um signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen zu ermitteln.
- Berechnung von Grenzdifferenzen erfolgte mit dem Tukey-Test vor Beurteilung der Mittelwertsdifferenzen der Versuchsgruppen und der untersuchten Parameter.

Soweit nicht anders vermerkt, wurden signifikant unterschiedliche Mittelwerte mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit (p) von  $p < 0,05$  mit \* und hochsignifikant unterschiedliche Mittelwerte mit  $p < 0,01$  mit \*\* bezeichnet.

### **3.5 Feldversuch**

#### **3.5.1 Versuchsaufbau**

Der Fütterungsversuch wurde auf einem landwirtschaftlichen Betrieb in Niederbayern durchgeführt.

In der Feldstudie wurden 128 Ferkel in eine Kontrollgruppe (n= 64) und eine REE-Versuchsgruppe (n= 64) mit einem Zusatz von 200 mg REE-Citrat pro kg Futter eingeteilt. Die Tiere hatten beim Einstellen ein durchschnittliches Gewicht von 9,7 kg pro Tier. Über einen Zeitraum von 18 Tagen wurde Futtermittelverbrauch und Gewichtszunahme kontrolliert, wobei der Zusatz von Seltenen Erden erst ab Tag 12 erfolgte.

#### **3.5.2 Versuchstiere**

Als Versuchstiere dienten Ferkel der Gebrauchskreuzung Deutsche Landrasse X Piétrain X Duroc X Dt. weißes Edelschwein aus der Erzeugergemeinschaft für Ringferkel Mühldorf w.V.

Die Tiere wurden nach Geschlecht, Gewicht und Wurfzugehörigkeit den Gruppen zugeteilt.

Da die Tiere umstellungsbedingte Krankheitserscheinungen (teilweise Diarrhoe, z. T. serösen Nasenausfluss) zeigten, erfolgte eine Therapie mit Tiamulin®. Die Tiamulin®-Behandlung führte zu einem vollständigen Erliegen der Symptome.

#### **3.5.3 Haltung**

Die Ferkel wurden in vier Gruppen in jeweils ca. 2,5 m breiten und 5 m langen Boxen gehalten. Die Buchten wurden im Versuchszeitraum mit max. 32 Tieren besetzt. Die Haltung der Schweine erfolgte auf einem einstreulosen Betonspaltenboden, wobei ca.  $\frac{3}{4}$  der Spaltenbodenfläche mit Wärmeplatten (1,5m X 1,5m X 4m) versetzt war. Wasser stand in vier Nippeltränken jederzeit zur Verfügung. Den Ferkeln wurde das Futter ad libitum aus einem Duroform- Breifütterungsautomaten mit ca. 1,5 m breitem

Trog angeboten. Mehrere an der Decke fixierten Holz- und Plastikspielzeuge dienten der Beschäftigung.

Zu Versuchsbeginn betrug die Stalltemperatur 30°C und wurde dann allmählich auf 26°C heruntergeregelt. Zum Anfeuchten der Luft stand eine Sprinkleranlage zur Benutzung bereit.

### 3.5.4 Futter und Fütterungstechnik

Die Ferkel erhielten während der Absatzphase eine Woche lang Spezialprestarter (Primary Easy Flow I.). Das Futter wies einen hohen Anteil an Milchprodukten und aufgeschlossenen Getreiden auf und wurde als fließfähiges und leicht wasserlösliches Mehl hergestellt. Der Gehalt an Rohnährstoffen, Energie, Lysin, Vitamin A, Vitamin D3 und Vitamin E wird in den Tabellen 11 und 12 beschrieben.

Rohnährstoff	Gehalt (in %)
Rohprotein	23,00
Rohfaser	1,55
Rohfett	10,55
Rohasche	5,90
Lysin	1,75
Umsetzbare Energie	16,80 MJ / kg

Tabelle 11: Rohnährstoff – sowie Energie- und Lysingehalt des Spezialprestarters (Primary Easy Flow I.)

	Gehalt	Einheit
Vitamin A	15000	I.E.
Vitamin B	2000	I.E.
Vitamin E	250	I.E.

Tabelle 12: Vitamingehalte des Spezialprestarters (Easy Flow I. von Primary Diets)

In der zweiten Woche wurde Prestarter (Primary Easy Flow II.) den Ferkeln als Folgefutter von Easy Flow I. angeboten. Der Prestarter war aus einem hohen Anteil von Milchprodukten und aufgeschlossenen Getreiden zusammengesetzt. Die umsetzbare Energie des Absatzfutters betrug 15,40 MJ pro kg Futter (Tabelle 13). Die Vitamingehalte sind in Tabelle 14 aufgeführt.

Rohnährstoff	Gehalt (in %)
Rohprotein	20,50
Rohfaser	2,30
Rohfett	7,0
Rohasche	5,85
Lysin	1,60
Umsetzbare Energie	15,40 MJ / kg

Tabelle 13: Rohnährstoff- sowie Energie- und Lysingehalt im Absetzfutter (Easy Flow II. von Primary Diets)

	Gehalt	Einheit
Vitamin A	15000	I.E.
Vitamin B	2000	I.E.
Vitamin E	150	I.E.

Tabelle 14: Vitamingehalte im Absetzfutter (Easy Flow II. von Primary Diets)

Den beiden Spezialprestartern wurde keine Seltenen Erden zugemischt (s. Tabelle 17).

Am Anfang der dritten Versuchswoche wurde die Fütterung von Absetzfutter auf Aufzuchtsfutter umgestellt. Die Grundzusammensetzung basierte auf Weizen, Gerste, Keksmehl, Molkenpulver, Hafer und Mais (s. Tabelle 15).

Komponente	Menge (in %)
Weizenflocken	20
Gerste	15
Keksmehl	13
Molkenpulver	8
Haferflocken	5
Maisflocken	5
Leinschrott	3
Fischmehl	2
Rapsöl	2
Kartoffeleiweiß	1
Citramin	1
Bambino	25
Summe	100

Tabelle 15: Zusammensetzung der Basisration in der Aufzuchtperiode

Bambino fungierte als Ergänzungsfuttermittel, welches Vitamine und Spurenelemente enthielt. Sowohl Bambino als auch die Seltenen Erden wurden als Vormischungen in die jeweiligen Rationen eingebracht.

Die Zusammensetzung des Aufzuchtsalleinfuttermittels ist aus Tabelle 16 zu entnehmen.

Die Menge des Zusatzes an Seltenen Erden im Aufzuchtsfutter ist in Tabelle 17 aufgeführt. Durch die auf Basis von Keksmehl hergestellten Vormischungen konnte eine bessere Verteilung der Komponenten, die in kleineren Mengen zugesetzt wurden, gewährleistet werden. Bei dem REE-Gemisch handelt es sich um organisch gebundene Seltene Erden, die in Form von REE-Citrat vorliegen

Inhaltsstoffe	Errechnete Gehalte	Zielwerte
Rohprotein (g/kg)	180,70	170,00
Rohfaser (g/kg)	24,60	30,00
Rohfett (g/kg)	33,40	40,00
Trockensubstanz (g/kg)	876,70	870,00
Lysin (g/kg)	16,42	10,85
Methionin (g/kg)	8,51	3,50
Methionin + Cystin (g/kg)	11,60	6,50
Threonin (g/kg)	9,02	7,25
Tryptophan (g/kg)	4,60	2,20
Kalzium (g/kg)	6,22	8,75
Phosphor (g/kg)	4,30	5,50
Natrium (g/kg)	4,98	1,50
Kalium (g/kg)	7,20	7,00
Umsetzbare Energie (MJ/kg)	13,21	13,00

Tabelle 16: Errechnete Gehalte und Zielwerte von den Inhaltsstoffen des Aufzuchtsalleinfuttermittels

Feldversuch	Absetzalleinfutter	Absetzalleinfutter	Aufzuchtsalleinfutter
Futterart	Easy Flow I.	Easy Flow II.	Baybi I.
Kontrolle	0	0	0
REE- Gruppe	0	0	200

Tabelle 17: Zusatz an Seltenen Erden im Futter in mg REE/ kg Futter

Die Absetzferkel wurden von Anfang des Fütterungsversuches an ad libitum aus den Duroform-Fütterungsbreiautomaten gefüttert, wobei in den ersten zwei Wochen beide Gruppen identisches Futter ohne Zusatz an Seltenen Erden erhielten. Das Futter wurde einmal wöchentlich, immer zur selben Zeit und Reihenfolge aus den Fütterungsbreiautomaten genommen, zurückgewogen und mit dem Folgefutter wieder aufgefüllt.

### **3.5.5 Untersuchte Parameter**

#### **3.5.5.1 Gesundheitsstatus**

Die Absatzferkel wurden vor dem Einstallen gründlich klinisch untersucht. Der Gesundheitsstatus der Tiere wurde mehrmals pro Tag begutachtet und einmal pro Tag protokolliert.

#### **3.5.5.2 Futteraufnahme**

Das Futter wurde vor dem Befüllen der Futterautomaten gewogen. Der Futterspender jeder Bucht wurde bei Bedarf mit einer abgewogenen Menge an Futter aufgefüllt. Die Automaten wurden am Ende der Woche entleert und die im Futterspender verbliebene Menge an Futter gewogen und von der Gesamtmenge abgezogen. Wenn es möglich war, wurde das neben den Futterautomaten gefallene Futter aufgesammelt und ebenfalls zurückgewogen. So konnte aus der Gesamtmenge an verbrauchtem Futter der Futtermittelverzehr pro Tag und Tier ermittelt werden.

#### **3.5.5.3 Gewichtszunahme und Futtermittelverwertung**

Zur Ermittlung des Körpergewichtes wurden die Ferkel beim Einstallen und am Ende des Experiments gewogen.

Die Futtermittelverwertung wurde aus dem Quotienten aus Futteraufnahme und Gewichtszunahme bestimmt.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Fütterungsversuch 1

Für das 10 wöchige Fütterungsexperiment wurden 96 Tiere der Gebrauchskreuzung Deutsche Landrasse X Piétrain in acht Rationsgruppen, (je zwölf Schweine) eingeteilt. Ration 1 enthielt keinen Zusatz an Seltenen Erden oder ätherischen Ölen. Die Ration 2 wurde mit 500 mg MÄÖ I, die Ration 3 mit 500 mg MÄÖ I und 300 mg REE und die Ration 4 mit 300 mg REE pro kg Futter supplementiert. Der Ration 5 wurden 900 mg MÄÖ II, der Ration 6 900 mg MÄÖ II und 300 mg REE, der Ration 7 300 mg REE sowie der Ration 8 300 mg REE beigemischt.

#### 4.1.1 Gesundheitszustand

Der Gesundheitszustand der Schweine war in den zwei aufeinanderfolgenden Fütterungsabschnitten als sehr gut zu bewerten. Die durch verschiedene Substanzen in unterschiedlichen Dosierungen supplementierten Futter der acht Rationsgruppen beeinflussten die Gesundheit der Versuchstiere nicht negativ.

#### 4.1.2 Mastleistungsparameter

Der bei restriktiver Fütterung ermittelte Futtermittelverbrauch, die Körpergewichtszunahme und die aus beiden Parametern errechnete Futtermittelverwertung dienen in den nachfolgenden Kapiteln als Mastleistungsparameter.

##### 4.1.2.1 Futtermittelverbrauch

Der durchschnittliche Futtermittelverbrauch pro Tier und Tag ist in Tabelle 18 dargestellt. Die Gruppen 6 und 7 zeigen im Gesamtfuttermittelverzehr nach 6 Wochen ein deutliches Plus in Höhe von im Mittel 4,5% gegenüber der Kontrollgruppe. Auch bei den Gruppen 3 und 5 war über den Versuchszeitraum eine ähnliche Tendenz zu beobachten, wobei hier die gesamte Futtermittelaufnahme nur 2,9% bzw. 2,7% über dem der Kontrollgruppe lag. Die Gruppen 2 und 8 unterschieden sich in der Aufzuchtphase kaum von der Kontrollgruppe. Die geringste Futtermittelaufnahme war in

der ersten Fütterungsperiode in Gruppe 4 zu beobachten, die um 8,3% niedriger als die Kontrollgruppe lag.

Nach 10 Wochen lag der gesamte Futtermittelverbrauch aller Gruppen in einem ähnlichen Bereich, wobei die Gruppe 4 den niedrigsten Futtermittelverzehr aufwies.

Der Unterschied des Futtermittelverzehrs der einzelnen Versuchsgruppen war weder in den einzelnen Fütterungsphasen noch in den Gesamtversuchszeiträumen signifikant.

Durchschnittlicher Futtermittelverzehr pro Tier und Tag (g)										
Ration	Die laufenden Wochen									
	Woche 1-3	Woche 4	Woche 5	Woche 6	Woche 7	Woche 8	Woche 9	Woche 10	Gesamt nach 6 Wochen	Gesamt nach 10 Wochen
Kontrolle	443 ±18	1326 ±74	1972 ±186	2190 ±294	2550 ±242	2979 ±319	3306 ±349	3568 ±391	1698 ±130	3284 ±333
500 mg MÄÖ I/kg	444 ±10	1320 ±58	1979 ±90	2202 ±133	2590 ±127	2973 ±248	3736 ±951	3694 ±201	1707 ±65	3467 ±358
500 mg MÄÖ I/kg + 300 mg REE A/kg	446 ±7	1414 ±49	2080 ±62	2234 ±179	2560 ±206	2929 ±245	3263 ±352	3575 ±272	1747 ±86	3256 ±282
300 mg REE B/kg	433 ±81	1280 ±320	1880 ±446	2017 ±553	2175 ±636	2588 ±680	3026 ±765	3324 ±750	1557 ±395	2980 ±724
900 mg MÄÖ II/kg	454 ±5	1369 ±77	2023 ±209	2253 ±318	2621 ±349	3003 ±364	3220 ±157	3595 ±178	1744 ±182	3272 ±213
900 mg MÄÖ II/kg + 300 mg REE A/kg	444 ±15	1384 ±110	2097 ±125	2255 ±180	2676 ±253	3053 ±391	3361 ±291	3771 ±275	1771 ±119	3395 ±293
300 mg REE A/kg	447 ±12	1409 ±54	2105 ±107	2265 ±285	2615 ±313	3086 ±296	3445 ±316	3777 ±312	1768 ±133	3436 ±292
300 mg REE C/kg	435 ±20	1286 ±119	1990 ±145	2145 ±149	2572 ±115	3061 ±261	3430 ±370	3720 ±365	1686 ±67	3404 ±320

Tabelle 18: Versuch 1: Durchschnittlicher Futtermittelverzehr in Gramm pro Tier und Tag der acht Rationsgruppen während der Fütterungswochen (MW ± s)

#### 4.1.2.2 Gewichtsentwicklung

Tabelle 19 gibt das durchschnittliche Körpergewicht der verschiedenen Rationsgruppen pro Schwein an den Tagen 0, 6, 18, 26, 33, 40, 47, 54, 61 und 68 wieder.

Zu Beginn des Fütterungsversuches lag das durchschnittliche Gewicht aller Fütterungsgruppen bei 8,3 kg. Nach 68 Tagen hatten alle Tiere im Schnitt 40 kg Körpergewicht erreicht.

Über den gesamten Versuchszeitraum konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ermittelt werden.

Durchschnittliches Lebendgewicht (kg) pro Tier										
Ration	Die laufenden Tage									
	Tag 0	Tag 6	Tag 18	Tag 26	Tag 33	Tag 40	Tag 47	Tag 54	Tag 61	Tag 68
Kontrolle	8,3 ±0,7	7,9 ±0,6	10,0 ±0,8	13,2 ±1,0	16,9 ±1,2	20,6 ±1,2	24,7 ±2,1	29,8 ±2,9	34,6 ±3,5	40,0 ±3,7
500 mg MÄÖ I/kg	8,3 ±0,8	8,0 ±0,7	10,2 ±0,7	13,2 ±0,8	17,1 ±0,7	20,9 ±1,0	25,0 ±1,1	30,0 ±1,5	35,3 ±1,6	40,8 ±1,8
500 mg MÄÖ I/kg + 300 mg REE A/kg	8,4 ±0,8	8,0 ±0,8	10,3 ±0,9	13,5 ±1,1	17,6 ±1,3	21,3 ±1,5	25,2 ±1,7	30,2 ±2,6	35,2 ±3,2	40,2 ±3,4
300 mg REE B/kg	8,3 ±0,7	8,0 ±0,6	9,6 ±2,0	12,5 ±2,6	16,0 ±3,4	19,4 ±4,2	23,0 ±5,0	27,9 ±6,2	32,6 ±7,1	37,5 ±7,9
900 mg MÄÖ II/kg	8,4 ±0,7	8,1 ±0,7	10,4 ±0,6	13,6 ±0,5	17,3 ±0,7	21,1 ±1,1	25,3 ±1,3	30,0 ±1,7	34,1 ±2,9	40,0 ±2,4
900 mg MÄÖ II/kg + 300 mg REE A/kg	8,3 ±0,7	8,0 ±0,6	10,3 ±0,5	13,6 ±0,7	17,2 ±0,7	21,5 ±0,8	25,7 ±1,5	30,7 ±2,3	36,0 ±2,4	41,1 ±2,8
300 mg REE A/kg	8,3 ±0,7	8,0 ±0,6	10,3 ±0,7	13,6 ±0,8	17,9 ±0,9	21,6 ±0,8	25,3 ±1,1	30,6 ±1,7	35,1 ±3,1	40,3 ±3,7
300 mg REE C/kg	8,3 ±0,7	8,1 ±0,6	10,1 ±0,7	13,4 ±0,8	17,2 ±0,6	21,0 ±0,5	25,1 ±0,7	29,9 ±1,1	35,0 ±1,5	40,1 ±2,2

Tabelle 19: Versuch 1: Durchschnittliches Körpergewicht in Kilogramm (kg) pro Tier der acht Rationsgruppen an den Tagen 0 bis 68 (MW ± s)

#### 4.1.2.3 Entwicklung der täglichen Gewichtszunahmen

Die durchschnittlichen täglichen Gewichtszunahmen pro Woche bzw. nach den zwei Fütterungsabschnitten werden in Tabelle 20 dargestellt.

Bis zur 6. Woche lagen die täglichen Gewichtszunahmen aller Versuchsgruppen über denen der Kontrollgruppe. Es bestanden jedoch keine signifikanten Unterschiede. Nach 10 Wochen konnten die höchsten Gewichtszunahmen in den Gruppen 2 und 7 beobachtet werden. Jedoch bestanden auch hier keine statistisch signifikanten Unterschiede im Vergleich zur Kontrollgruppe.

Durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme (g) pro Tier										
Ration	Die laufenden Wochen									
	Woche 1-3	Woche 4	Woche 5	Woche 6	Woche 7	Woche 8	Woche 9	Woche 10	Gesamt nach 6 Wochen	Gesamt nach 10 Wochen
Kontrolle	190 ±59	796 ±92	1045 ±143	1060 ±217	1167 ±121	1450 ±265	1391 ±316	1528 ±192	852 ±96	1456 ±196
500 mg MÄÖ I/kg	218 ±32	755 ±76	1101 ±60	1087 ±117	1166 ±94	1437 ±203	1504 ±104	1561 ±139	865 ±51	1501 ±120
500 mg MÖÄ I/kg + 300 mg REE A/kg	217 ±19	808 ±77	1156 ±97	1060 ±87	1105 ±91	1441 ±315	1414 ±207	1433 ±141	869 ±65	1429 ±203
300 mg REE B/kg	227 ±40	797 ±66	1109 ±122	1071 ±154	1132 ±115	1524 ±306	1442 ±204	1510 ±153	867 ±55	1492 ±182
900 mg MÄÖ II/kg	225 ±55	793 ±67	1061 ±126	1076 ±168	1194 ±118	1350 ±152	1433 ±140	1414 ±163	870 ±70	1399 ±139
900 mg MÄÖ II/kg + 300 mg REE A/kg	217 ±27	841 ±103	1016 ±115	1233 ±97	1205 ±234	1407 ±285	1514 ±190	1458 ±191	902 ±68	1460 ±175
300 mg REE A/kg	216 ±54	823 ±111	1225 ±94	1063 ±132	1056 ±128	1531 ±241	1531 ±117	1553 ±86	877 ±65	1538 ±121
300 mg REE C/kg	192 ±40	830 ±74	1095 ±95	1072 ±94	1182 ±165	1362 ±183	1456 ±193	1456 ±217	874 ±65	1425 ±174

Tabelle 20: Versuch 1: Durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme (g) pro Tier der acht Rationsgruppen während der Fütterungswochen bzw. gesamt nach den 2 Fütterungsperioden (MW ± s)

#### 4.1.2.4 Futtermittelverwertung

Die durchschnittliche Futtermittelverwertung in den einzelnen Rationsgruppen ist in Tabelle 21 dargestellt.

Aufgrund der starken Schwankungen der Futtermittelverwertung gestaltet sich eine Interpretation der Ergebnisse sehr schwierig. Jedoch ist zu erkennen, dass die FV

nach 6 Wochen in allen Versuchsgruppen unterhalb der FV der Kontrollgruppe liegt. Allerdings sind die Unterschiede nicht signifikant abzusichern.

Nach 10 Wochen liegt nur noch die FV von zwei Gruppen (Grp 4 und 6) unterhalb der FV der Kontrollgruppe, jedoch bestehen auch hier keine signifikanten Unterschiede.

Durchschnittliche Futtermittelverwertung (kg / kg)										
Ration	Die laufenden Wochen									
	Woche 1-3	Woche 4	Woche 5	Woche 6	Woche 7	Woche 8	Woche 9	Woche 10	Gesamt nach 6 Wochen	Gesamt nach 10 Wochen
Kontrolle	2,53 ±0,81	1,68 ±0,18	1,90 ±0,20	2,10 ±0,25	2,20 ±0,16	2,08 ±0,16	2,46 ±0,49	2,35 ±0,24	2,08 ±0,22	2,30 ±0,15
500 mg MÄÖ I/kg	2,07 ±0,31	1,76 ±0,20	2,18 ±0,15	2,04 ±0,14	2,23 ±0,14	2,09 ±0,24	2,49 ±0,65	2,37 ±0,16	1,98 ±0,09	2,32 ±0,13
500 mg MÄÖ I/kg + 300 mg REE A/kg	2,07 ±0,15	1,76 ±0,15	1,81 ±0,13	2,11 ±0,14	2,33 ±0,24	2,09 ±0,34	2,33 ±0,23	2,51 ±0,21	2,01 ±0,12	2,31 ±0,17
300 mg REE B/kg	2,10 ±0,35	1,77 ±0,10	1,86 ±0,14	2,10 ±0,16	2,14 ±0,27	1,89 ±0,21	2,31 ±0,25	2,38 ±0,16	1,99 ±0,09	2,20 ±0,08
900 mg MÄÖ II/kg	2,19 ±0,87	1,73 ±0,07	1,92 ±0,23	2,10 ±0,14	2,20 ±0,19	2,23 ±0,25	2,26 ±0,18	2,56 ±0,17	2,03 ±0,17	2,35 ±0,17
900 mg MÄÖ II/kg + 300 mg REE A/kg	2,07 ±0,25	1,66 ±0,13	2,08 ±0,26	1,83 ±0,14	2,27 ±0,28	2,20 ±0,24	2,24 ±0,25	2,61 ±0,26	1,98 ±0,08	2,35 ±0,13
300 mg REE A/kg	2,21 ±0,73	1,73 ±0,19	1,72 ±0,06	2,14 ±0,16	2,48 ±0,15	2,04 ±0,24	2,25 ±0,17	2,43 ±0,14	2,06 ±0,15	2,24 ±0,12
300 mg REE C/kg	2,37 ±0,65	1,56 ±0,19	1,82 ±0,17	2,00 ±0,10	2,20 ±0,25	2,26 ±0,17	2,37 ±0,23	2,57 ±0,12	1,99 ±0,19	2,40 ±0,11

Tabelle 21: Versuch 1: Durchschnittliche Futtermittelverwertung (kg / kg) der acht Rationsgruppen während der Fütterungswochen gesamt nach den 2 Fütterungsperioden (MW ± s)

## 4.2 Fütterungsversuch 2

48 Ferkel der Kreuzung Deutsche Landrasse X Piétrain wurden für den Versuch in 7 Rationsgruppen eingeteilt, wobei die erste Gruppe aus 6 Tieren und die anderen Versuchsgruppen aus 7 Tieren bestanden. Die Kontrollgruppe (Gruppe 1) erhielt das Futter ohne den Zusatz an Seltenen Erden. Die Rationsgruppe 2 wurde mit 500 mg MÄÖ I, die Gruppe 3 mit 300 mg REE-Citrat und 500 mg MÄÖ I, die Gruppe 4 mit 300 mg REE-Citrat, die Gruppe 5 mit 900 mg MÄÖ II, die Gruppe 6 mit 300 mg REE-Citrat und 900 mg MÄÖ II sowie die Gruppe 7 mit 300 mg REE-CI pro kg Futter supplementiert. Der Versuch erstreckte sich über einen Zeitraum von 6 Wochen.

### 4.2.1 Gesundheitszustand

Am vierten Tag der Einstallung verendete ein weibliches Tier und einige Tiere aus den verschiedenen Gruppen erkrankten geringgradig an Diarrhöe. In den darauffolgenden Tagen stieg die Anzahl der erkrankten Tiere, wobei zwei Tage nach Erscheinen der ersten Symptome sechs mittelgradig erkrankte Ferkel über 3 Tage mit Tiamulin (Tiamulin 100 ad us. vet ®) i.m. in einer Dosierung von 10 mg/kg behandelt wurden. Aus Tabelle 2“ kann die Anzahl der zu den verschiedenen Zeitpunkten betroffenen und behandelten sowie der verendeten und eingeschläfert Tiere im Gruppenvergleich entnommen werden. Da der Zustand der behandelten Tiere sich nach drei Tagen nicht positiv änderte und inzwischen mehr als die Hälfte des Bestandes erkrankt war, wurde von vier hochgradig erkrankten Ferkeln jeweils eine Kotprobe und ein Kottupfer entnommen.

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7
Ration	Kontrolle	500 mg/kg MÄÖ I	300 mg/kg REE-CI + 500mg/kg MÄÖ I	200 mg/kg REE- Citrat	900 mg/kg MÄÖ II	200 mg/kg REE-Citrat +900mg/kg MÄÖ II	300 mg/kg REE-CI
Anzahl der Tiere mit Diarrhöe am 6. Versuchstag	4	3	4	2	3	5	4
Anzahl der mit Tiamulin behandelten Tiere	2	0	1	0	1	2	0
Anzahl der Tiere mit Diarrhöe am 8. Versuchstag	5	3	4	4	4	4	5
Anzahl der mit Baytril behandelten Tiere	5	7	6	7	7	6	7
Anzahl der verendeten bzw. eingeschläferten Tiere	Am 9. Versuchstag 1 ♂	/	Am 9. Versuchstag 1 ♂	/	/	Am 4. Versuchstag 1 ♂	/

Tabelle 22: Versuch 2: Übersicht über die Anzahl der erkrankten und der behandelten sowie der verendeten und der eingeschläferten Tiere je Gruppe.

Die entnommenen Proben wurden sowohl bakteriologisch als auch parasitologisch untersucht. Zusätzlich wurde mikroskopisch auf Brachyspiren untersucht sowie ein Antibogramm erstellt. Nach dem durchgeführten Antibogramm konnte gezeigt werden, dass die ausgestrichenen Mischkulturen von E. coli sensibel auf Enrofloxacin reagierten. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tabelle 23 dargestellt. Es konnte bei allen vier Tieren eine E.coli-Infektion diagnostiziert werden, die eine Therapieumstellung von Tiamulin auf Enrofloxacin (Baytril 10%) an vier aufeinanderfolgenden Tagen rechtfertigte. Parasitenbefall konnte in keiner Probe

diagnostiziert werden. Mit Ausnahme von zwei Tieren aus Gruppe 1 und 3, die aufgrund massiver Verschlechterungen eingeschläfert werden mussten, trat bei allen restlichen Tieren schon nach zwei Tagen der Antiinfektivum-Therapie eine deutliche klinische Besserung ein.

Schwein Gruppe / Nummer	Bakteriologische Untersuchung	Mikroskopische Untersuchung auf Brachyspiren	Parasitologische Untersuchung
1 / 47	++++ E. coli häm. +++ Enterokokken	geringgradig	negativ
1 / 8	+++ E. coli, vzt. häm. und andere Entero- bakterien	negativ	negativ
3 / 9	++++ E. coli hämolisierend ++ Enterobacteriaceen	negativ	negativ
4 / 18	++ E. coli vorwiegend mucoid	negativ	negativ

Tabelle 23: Versuch 2: Ergebnisse der bakteriologischen und parasitologischen Untersuchung der Kotproben und Kottupfer

Nach erfolgreicher Therapie der Diarrhöe- Erkrankung war der Gesundheitszustand der behandelten Versuchstiere im weiteren Versuchsablauf als gut zu bewerten. Der Zusatz an Seltenen Erden, MÄÖ I sowie MÄÖ II im Futter beeinflusste die Gesundheit der Tiere nicht negativ.

#### 4.2.2 Leistungsparameter

Bei der Beurteilung der Leistungsparameter ist zu beachten, dass sie aufgrund der Durchfallerkrankungen und der dadurch bedingten Behandlung sicherlich nur einen eingeschränkten Aussagewert besitzen.

#### 4.2.2.1 Futteraufnahme

Die durchschnittliche Futteraufnahme pro Tier und Tag in den verschiedenen Versuchsgruppen kann aus Tabelle 24 entnommen werden.

In allen Gruppen stieg die Futteraufnahme im Verlauf des Versuchs kontinuierlich an. In Gruppe 1 (Kontrollgruppe) betrug die durchschnittliche tägliche Futteraufnahme über den gesamten Versuchszeitraum 789 Gramm. Nur zwei der Versuchsgruppen wiesen eine höhere Futteraufnahme auf, so ergab sich durch die Zulage von REE-Citrat ein um 9%, sowie durch die Zugabe der Mischung ätherischer Öle Nr II sogar ein um 13% gesteigerter Futterverbrauch.

Es bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

Durchschnittlicher Futterverzehr pro Tier und Tag (g)							
Ration	Woche	Woche	Woche	Woche	Woche	Woche	Gesamt
	1	2	3	4	5	6	
Kontrolle	197 ±153	504 ±365	879 ±357	1169 ±303	1328 ±306	1466 ±244	789 ±437
500 mg MÄÖ I / kg	205 ±54	518 ±89	711 ±288	993 ±224	1074 ±327	1197 ±397	783 ±195
300 mg REE-Citrat/ kg +500 mg MÄÖ I / kg	138 ±59	381 ±174	715 ±165	1053 ±174	1238 ±179	1409 ±185	717 ±326
200 mg REE-Citrat / kg	180 ±57	521 ±80	883 ±136	1088 ±197	1210 ±224	1309 ±110	865 ±96
900 mg MÄÖ II / kg	217 ±126	580 ±152	859 ±271	1185 ±197	1252 ±226	1326 ±116	903 ±158
200 mg REE-Citrat/ kg + 900 mg MÄÖ II / kg	155 ±107	549 ±276	850 ±431	1031 ±417	1151 ±443	1282 ±377	721 ±434
300 mg REE-CI / kg	197 ±105	473 ±190	672 ±227	910 ±295	1131 ±290	1247 ±163	772 ±185

Tabelle 24: Versuch 2: Durchschnittlicher Futterverzehr in Gramm pro Tier und Tag in den einzelnen Rationsgruppen während des Versuches (MW ± s)

#### 4.2.2.2 Gewichtsentwicklung und Entwicklung der täglichen Gewichtszunahmen

Das durchschnittliche Lebendgewicht der Tiere der verschiedenen Rationsgruppen an den Tagen 0, 6, 13, 20, 27, 34, 41 gibt die Tabelle 25 wieder.

Durchschnittliches Lebendgewicht (kg) pro Tier							
Ration	Tag 0	Tag 6	Tag 13	Tag 20	Tag 27	Tag 34	Tag 41
Kontrolle	8,8 ±1,6	8,8 ±2,5	12,3 ±3,5	15,4 ±4,3	19,5 ±4,9	24,9 ±5,9	29,9 ±6,9
500 mg MÄÖ I / kg	8,8 ±0,8	9,1 ±0,7	11,4 ±0,8	14,2 ±2,2	17,4 ±2,8	21,1 ±4,4	24,9 ±5,6
300 mg REE-Citrat/ kg +500 mg MÄÖ I / kg	8,8 ±1,3	8,8 ±1,3	11,3 ±1,2	14,4 ±1,8	18,4 ±2,3	22,6 ±3,0	27,6 ±3,2
300 mg REE-Citrat / kg	8,8 ±0,9	9,1 ±0,9	11,9 ±1,0	15,7 ±1,3	20,3 ±1,6	24,6 ±2,3	29,4 ±2,6
900 mg MÄÖ II / kg	8,8 ±1,2	9,4 ±1,4	12,4 ±2,1	16,0 ±3,3	20,6 ±3,6	25,3 ±4,0	30,1 ±4,5
300 mg REE-Citrat/ kg + 900 mg MÄÖ II / kg	8,8 ±1,2	8,8 ±1,4	11,7 ±2,4	14,7 ±3,7	18,3 ±4,7	22,5 ±6,0	27,5 ±7,2
300 mg REE-CI / kg	8,8 ±1,1	9,1 ±1,1	11,2 ±1,5	13,4 ±2,5	16,8 ±3,4	20,9 ±4,2	25,5 ±4,6

Tabelle 325: Versuch 2: Durchschnittliches Körpergewicht in Kilogramm (kg) pro Tier der einzelnen Rationsgruppen an den Tagen 0 bis 41 (MW ± s)

Alle sieben Versuchsgruppen wiesen zu Beginn des Fütterungsversuches ein im Mittel gleichmäßiges Körpergewicht von 8,8 kg auf. Am Ende des Versuchs hatten die Tiere der Versuchsgruppe 5 (900 mg MÄÖ II / kg) das höchste durchschnittliche Gewicht, jedoch lag es kaum oberhalb des mittleren Gewichts der Kontrolltiere. In allen anderen Versuchsgruppen lag die Gewichtszunahme unterhalb der

Kontrollgruppe. Zwischen den Gruppen bestanden zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede.

Die durchschnittlichen täglichen Körpergewichtszunahmen der einzelnen Rationsgruppen werden in Tabelle 26 dargestellt:

Durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme (g) pro Tier							
Ration	Woche	Woche	Woche	Woche	Woche	Woche	Gesamt
	1	2	3	4	5	6	
Kontrolle	6 ±156	440 ±141	435 ±129	593 ±157	766 ±185	719 ±185	411 ±246
500 mg MÄÖ I / kg	43 ±74	333 ±141	393 ±216	455 ±129	527 ±231	549 ±199	383 ±141
300 mg REE-Citrat/ +500 mg MÄÖ I / kg	2 ±111	313 ±53	434 ±91	575 ±96	609 ±121	712 ±37	378 ±187
300 mg REE-Citrat / kg	45 ±70	394 ±67	550 ±74	658 ±113	685 ±119	679 ±98	490 ±59
900 mg MÄÖ II / kg	83 ±83	431 ±114	517 ±210	654 ±115	669 ±78	683 ±161	506 ±84
300 mg REE-Citrat/ kg + 900 mg MÄÖ II / kg	9 ±66	409 ±202	433 ±192	505 ±192	608 ±232	713 ±200	446 ±166
300 mg REE-CI / kg	47 ±84	289 ±116	327 ±156	481 ±205	590 ±173	652 ±156	398 ±112

Tabelle 26: Versuch 2: Durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme pro Tier in den einzelnen Rationsgruppen im Versuchszeitraum (MW ± s)

Die deutlichsten Gewichtszunahmen über den gesamten Versuch konnten in den mit REE-Citrat und MÄÖ II supplementierten Gruppen beobachtet werden. Hier lag die durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme um 19 bzw. 23% oberhalb der Kontrolle. In Kombination der beiden Substanzen konnte zwar kein additiver Effekt beobachtet werden, es zeigte sich aber dennoch eine Leistungssteigerung um 8,5% gegenüber der Kontrollgruppe. Diese Unterschiede waren jedoch zu keinem Zeitpunkt signifikant.

In den anderen Gruppen sah man keine Leistungsverbesserungen im Vergleich zur Kontrolle.

#### 4.2.2.3 Futterverwertung

Durchschnittliche Futterverwertung (kg / kg)						
Ration	Woche 1	Woche 2	Woche 3	Woche 4	Woche 5	Woche 6
Kontrolle	-1,46* ±4,42	1,32 ±0,24	2,00* ±0,30	1,98 ±0,14	1,74 ±0,26	2,06 ±0,16
500 mg MÄÖ I / kg	0,64* ±7,08	1,94 ±1,26	3,21* ±3,92	2,25 ±0,43	2,31 ±1,02	2,35 ±1,00
300 mg REE-Citrat/ +500 mg MÄÖ I / kg	-3,67* ±8,02	1,45 ±0,27	1,65 ±0,15	1,84 ±0,22	2,05* ±0,19	1,98 ±0,29
300 mg REE-Citrat / kg	-8,38* ±19,60	1,33 ±0,18	1,61 ±0,23	1,66 ±0,13	2,00 ±0,33	1,97 ±0,36
900 mg MÄÖ II / kg	2,89* ±4,26	1,35 ±0,19	1,79 ±0,42	1,83 ±0,26	1,87 ±0,24	2,03 ±0,46
300 mg REE-Citrat/ kg + 900 mg MÄÖ II / kg	3,45* ±5,04	1,62 ±0,90	2,06* ±0,57	2,14* ±0,52	1,89 ±0,26	1,79 ±0,17
300 mg REE-CI / kg	-9,32* ±22,44	1,66 ±0,32	2,28* ±0,80	2,08* ±0,63	1,98 ±0,42	1,99 ±0,41

\*) Erkrankte Tiere, die die durchschnittliche Futterverwertung der einzelnen Rationsgruppen negativ beeinflusst haben.

Tabelle 27: Versuch 2: Durchschnittliche Futterverwertung in den einzelnen Rationsgruppen während des Versuchszeitraumes

Aufgrund der erkrankten Tiere, die die Aussagekraft der Futterverwertung stark beeinflussen und teilweise sogar zu einer negativen Futterverwertung führen (s. Tabelle 27), ist eine Beurteilung dieses Parameters nur sehr bedingt möglich.

Dennoch kann man beobachten, dass im Zeitraum Woche 2 bis Woche 5 die Versuchsgruppen 4 (300 mg REE-Citrat / kg) und 5 (900 mg MÄÖ II / kg) die niedrigste Futterverwertung aufweisen.

Abgesehen von dieser Ausnahme können keine Effekte der eingesetzten Substanzen auf die Futtermittelverwertung festgestellt werden.

### **4.3 Fütterungsversuch 3**

Für das dritte Fütterungsexperiment wurden 42 Ferkel der Kreuzung Deutsche Landrasse X Piétrain in sechs Rationsgruppen (n=7) eingeteilt. Während die Kontrollgruppe (Gruppe 1) keine Supplementation an Seltenen Erden oder ätherischen Ölen zu ihrer praxisüblichen Diät erhielt, wurden der Ration 2 500 mg MÄÖ I, der Ration 3 900 mg MÄÖ II, der Ration 4 200 mg REE-Citrat sowie der Ration 5 200 mg REE-Citrat plus 500 mg MÄÖ I und der Ration 6 200 mg REE-Citrat plus 900 mg MÄÖ II pro kg Futter zugesetzt.

#### **4.3.1 Gesundheitsstatus**

Der Gesundheitszustand aller Tiere konnte über den gesamten Versuchszeitraum als sehr gut bewertet werden. Der Zusatz an Seltenen Erden oder ätherischen Ölen hatte keinen negativen Einfluss auf den Gesundheitszustand der Tiere.

#### **4.3.1 Mastleistungsparameter**

##### **4.3.2.1 Entwicklung und Vergleich des Futtermittelverbrauchs**

Der durchschnittliche Futtermittelverbrauch pro Tier und Tag der sechs Gruppen ist in Tabelle 328 dargestellt.

Für Gruppe 1 (Kontrolle) betrug die durchschnittliche tägliche Futteraufnahme über den gesamten Zeitraum von 6 Wochen 952 Gramm. Keine der Versuchsgruppen erreichte diese Futteraufnahme. Die Versuchsgruppen lagen dabei im Schnitt sogar um bis zu knapp 25% unterhalb der Kontrolle (24,4% Grp MÄÖ I).

Da die Gruppen 1 und 4 noch weiter betrachtet wurden (siehe Material und Methoden) konnte für diese zwei Gruppen der Futtermittelverbrauch auch noch nach 7 Wochen ermittelt werden. Hier lag aber der Futtermittelverbrauch in der Kontrolle immer noch oberhalb des Futtermittelverbrauchs der REE-Gruppe.

Zu keinem Zeitpunkt waren die Unterschiede zwischen den Gruppen signifikant.

Durchschnittlicher Futterverzehr pro Tier und Tag (g)									
Ration	Woche	Woche	Woche	Woche	Woche	Woche	Woche	Gesamt	Gesamt
	1	2	3	4	5	6	7	nach 6 Wochen	nach 7 Wochen
Kontrolle	141 ±26	457 ±78	827 ±143	1185 ±253	1442 ±233	1657 ±173	1582 ±191	<b>952</b> ±190	1042 ±117
500 mg MÄÖ I / kg	117 ±25	351 ±86	716 ±91	952 ±144	1391 ±65	1514 ±97	/	<b>720</b> ±43	/
900 mg MÄÖ II / kg	143 ±35	490 ±140	835 ±117	1151 ±171	1489 ±210	1632 ±253	/	<b>810</b> ±117	/
200 mg REE-Citrat /kg	159 ±38	413 ±52	797 ±145	1187 ±256	1451 ±277	1555 ±204	1608 ±183	<b>927</b> ±201	1024 ±141
200 mg REE- Citrat/ kg + 500 mg MÄÖ I / kg	132 ±46	401 ±86	808 ±126	1157 ±284	1520 ±233	1613 ±185	/	<b>805</b> ±118	/
200 mg REE- Citrat/ kg + 900 mg MÄÖ II / kg	131 ±23	429 ±66	770 ±155	1050 ±168	1372 ±170	1545 ±242	/	<b>757</b> ±109	/

Tabelle 28: Versuch 3: Durchschnittlicher Futterverbrauch in Gramm pro Tier und Tag in den einzelnen Rationsgruppen, während des Versuches (MW ± s)

#### 4.3.2.2 Entwicklung des Körpergewichtes und der täglichen Gewichtszunahmen

Tabelle 29 gibt das durchschnittliche Körpergewicht der Tiere in den einzelnen Rationsgruppen an den Tagen 0, 6, 13, 20, 27, 34, 41 und 48 wieder.

Durchschnittliches Lebendgewicht (kg) pro Tier								
Ration	Tag 0	Tag 6	Tag 13	Tag 20	Tag 27	Tag 34	Tag 41	Tag 48
Kontrolle	8,7 ±0,5	9,3 ±0,5	11,6 ±1,0	15,3 ±1,5	19,8 ±2,7	25,5 ±3,0	31,8 ±3,4	37,4 ±4,1
500 mg MÄÖ I / kg	8,8 ±1;1	9,1 ±1;1	11,1 ±1;5	15,0 ±1;8	18,9 ±2,5	24,8 ±2;6	30,6 ±2;9	/ /
900 mg MÄÖ II / kg	8,8 ±0,6	9,3 ±0,5	12,0 ±1,3	16,3 ±1,6	20,6 ±2,1	26,3 ±3,0	32,0 ±3,7	/ /
200 mg REE-Citrat /kg	8,8 ±0,7	9,4 ±0,6	11,7 ±1,1	16,2 ±1,6	20,7 ±2,0	26,5 ±2,4	32,6 ±2,7	38,3 ±2,5
200 mg REE- Citrat/ kg + 500 mg MÄÖ I/ kg	8,8 ±0,9	9,2 ±1,2	11,5 ±1,3	15,5 ±1,7	19,8 ±3,4	26,0 ±3,6	31,8 ±4,3	/ /
200 mg REE- Citrat/ kg +900 mg MÄÖ II / kg	8,8 ±0,8	9,1 ±0,9	11,5 ±1,2	15,6 ±1,9	19,9 ±2,6	25,6 ±3,0	31,3 ±3,7	/ /

Tabelle 29: Versuch 3: Durchschnittliches Körpergewicht in Kilogramm (kg) pro Tier der Rationsgruppen 1 - 6 an den Tagen 0 bis 48 (MW ± s)

Das Körpergewicht aller Tiere lag bei Versuchsbeginn bei durchschnittlich 8,8 kg. Bis zum Versuchsende nach 6 Wochen erreichten die Tiere im Schnitt ein Gewicht von ca. 30 kg. Dabei hatten nach 6 Wochen nur die Tiere der Gruppe MÄÖ II und REE-Citrat ein höheres Gewicht, als die Tiere der Kontrollgruppe. Die Tiere dieser Gruppen waren auch die einzigen Tiere, deren Gewichte zu jedem Zeitpunkt oberhalb der der Kontrolltiere lagen. Ein additiver Effekt der beiden Substanzen konnte in Gruppe 6 jedoch nicht beobachtet werden.

Es bestanden zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen.

In Tabelle 30 sind die mittleren täglichen Gewichtszunahmen dargestellt. Diese betrug in der Kontrollgruppe über den Versuchszeitraum von 6 Wochen 549 g. Eine höhere tägliche Gewichtszunahme konnte nur in den Gruppen 3 (MÄÖ II) und 4 (REE-Citrat) beobachtet werden, wobei sie in Gruppe 4 am höchsten war und um 3,5% über der der Kontrollgruppe lag. Ein additiver Effekt von Seltenen Erden und ätherischen Ölen konnte nicht beobachtet werden. Signifikante Unterschiede gab es zu keinem Zeitpunkt.

Durchschnittliche tägliche Gewichtszunahmen (g) pro Tier									
Ration	Woche	Woche	Woche	Woche	Woche	Woche	Woche	Gesamt	Gesamt
	1	2	3	4	5	6	7	nach 6Wochen	nach 7Wochen
Kontrolle	84 ±59	325 ±87	536 ±106	635 ±205	811 ±141	904 ±135	940 ±188	<b>549</b> ±78	605 ±86
500 mg MÄÖ I / kg	47 ±29	287 ±75	556 ±83	564 ±118	831 ±72	826 ±65	/	<b>519</b> ±54	/
900 mg MÄÖ II / kg	73 ±50	387 ±134	611 ±74	622 ±120	806 ±149	818 ±135	/	<b>553</b> ±85	/
200 mg REE-Citrat /kg	86 ±51	340 ±77	630 ±131	646 ±124	838 ±87	867 ±59	948 ±96	<b>568</b> ±50	622 ±
200 mg REE- Citrat/ kg + 500 mg MÄÖ I/ kg	62 ±58	325 ±62	569 ±85	626 ±301	883 ±109	844 ±115	/	<b>548</b> ±90	/
200 mg REE- Citrat/ kg + 900 mg MÄÖ II / kg	50 ±49	347 ±68	573 ±132	616 ±144	822 ±139	806 ±119	/	<b>536</b> ±80	/

Tabelle 30: Versuch 3: Durchschnittliche tägliche Gewichtszunahmen pro Tier in den Rationsgruppen 1 – 6 im Versuchszeitraum (MW ± s)

### 4.3.2.3 Futtermittelverwertung

Die durchschnittliche Futtermittelverwertung in den einzelnen Gruppen ist in der Tabelle 31 beschrieben.

Durchschnittliche Futtermittelverwertung (kg / kg)								
Ration	Woche	Woche	Woche	Woche	Woche	Woche	Gesamt	Gesamt
	1+2	3	4	5	6	7	nach 6Wochen	nach 7Wochen
Kontrolle	1,45 ±0,23	1,55 ±0,05	1,95 ±0,37	1,80 ±0,23	1,86 ±0,22	1,72 ±0,27	<b>1,72</b> ±0,09	1,72
500 mg MÄÖ I / kg	1,23 ±0,13	1,30 ±0,15	1,71 ±0,21	1,68 ±0,10	1,84 ±0,18	/	<b>1,55</b> ±0,12	/
900 mg MÄÖ II / kg	1,30 ±0,19	1,37 ±0,11	1,88 ±0,32	1,77 ±0,12	2,00 ±0,16	/	<b>1,66</b> ±0,06	/
200 mg REE-Citrat /kg	1,27 ±0,36	1,28 ±0,19	1,85 ±0,31	1,72 ±0,18	1,79 ±0,18	1,72 ±0,30	<b>1,58</b> ±0,10	1,60 ±0,12
200 mg REE- Citrat/ kg + 500 mg MÄÖ I / kg	1,23 ±0,12	1,42 ±0,07	n.b. <sup>#</sup> ±n.b.	1,73 ±0,27	1,92 ±0,12	/	<b>1,58</b> ±0,09	/
200 mg REE- Citrat/ kg + 900 mg MÄÖ II / kg	1,26 ±0,19	1,36 ±0,13	1,75 ±0,28	1,69 ±0,21	1,92 ±0,15	/	<b>1,60</b> ±0,06	/

<sup>#</sup>) n.b.: aus technischen Gründen nicht bestimmt.

Tabelle 31: Versuch 3: Durchschnittliche Futtermittelverwertung (kg /kg) in den Rationsgruppen 1 – 6 im gesamten Versuchszeitraum (MW ± s)

Die FV über den gesamten Versuchszeitraum lag in allen Versuchsgruppen im Schnitt bei 1,59 und damit um 7,5 % unterhalb der Kontrollgruppe (1,72). Den besten

Effekt auf die FV hatten dabei die MÄÖ I (1,55) und die Seltenen Erden (1,58). Diese Verbesserungen waren jedoch zu keinem Zeitpunkt signifikant. Additive Effekte von Seltenen Erden und ätherischen Ölen konnten wiederum nicht beobachtet werden.

#### **4.4 Feldversuch**

In einem niederbayerischen Landwirtschaftsbetrieb wurden Absatzferkel über einen Zeitraum von 3 Wochen beobachtet. Die Tiere waren in eine Kontroll- und eine Versuchsgruppe (jeweils n=64) eingeteilt. Alle Ferkel erhielten 2 Wochen Futter ohne Seltene Erden Zusatz. In der 3. Woche erhielten die Tiere der Versuchsgruppe eine Ration mit einem Zusatz von 200 ppm REE-Citrat.

##### **4.4.1 Gesundheitszustand**

In der ersten Woche erkrankten ca. 20% der Tiere an Durchfall. Diese wurden dann ab dem sechsten Tag über einen Zeitraum von 4 Tage mit Tiamulin (Tiamulin 100 ad us. vet®) in einer Dosierung von 10 mg/kg (i.m.) behandelt. Nach der Behandlung waren die Tiere wieder symptomlos und der Gesundheitszustand aller Ferkel konnte als gut bewertet werden. Es konnte kein negativer Effekt der Seltenen Erden auf die Gesundheit der Tiere festgestellt werden.

##### **4.4.2 Leistungsparameter**

Die Ferkel beider Gruppen hatten zu Beginn der Untersuchung im Schnitt ein Gewicht von 10 kg (siehe Tabelle 32). Nach 3 Wochen waren die Ferkel der Kontrollgruppe im Mittel um 0,8 kg schwerer als die Tiere der REE-Gruppe.

So war auch die durchschnittliche tägliche Zunahme in der Kontrollgruppe um 7% höher als in der Versuchsgruppe (siehe Tabelle 33).

Gruppe	Woche	Woche
	0	3
Kontrolle	9,9	16,9
200 mg REE-Citrat/kg	9,6	16,1

Tabelle 32: Feldversuch: Durchschnittliches Körpergewicht in kg der Schweine in den beiden Rationsgruppen nach 0 und 3 Wochen

Gruppe	Tägliche Zunahme	Vergleich zu Kontrolle
Kontrolle	411,8	
200 mg REE-Citrat/kg	382,4	92,9%

Tabelle 33: Feldversuch: Die durchschnittlichen täglichen Gewichtszunahmen in g je Schwein bei den beiden Versuchsgruppen im Gesamtversuchszeitraum

Auch bei der Futteraufnahme und der Futtermittelverwertung konnte unter diesen Versuchsbedingungen kein Effekt der Seltenen Erden gezeigt werden (Tabelle 34 und 35). So war die Futteraufnahme in der Kontrollgruppe um knapp 4% höher als in der REE-Gruppe. Auch die FV war in der Kontrollgruppe um 2% besser als in der Versuchsgruppe.

Ration	Täglicher Futterverbrauch	Vergleich zu Kontrolle
Kontrolle	607	
200 mg REE-Citrat/kg	584	96,2%

Tabelle 34: Feldversuch: Die täglich aufgenommene Futtermenge in g je Schwein im gesamten Feldversuch

---

Gruppe	Futterverwertung	Vergleich zu Kontrolle
Kontrolle	1,48	
200 mg REE-Citrat/kg	1,51	102%

Tabelle 35: Feldversuch: Durchschnittliche Futterverwertung je Schwein in den einzelnen Rationsgruppen während des Feldversuches

## **5. Diskussion**

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, Seltene Erden in Kombination mit zwei verschiedenen ebenfalls ergotropwirkenden phytogenen Kombinationspräparaten (Mischung von ätherischen Ölen) bei Absatzferkel in 3 kontrollierten Fütterungsstudien unter Versuchsbedingungen und in einem Feldversuch zu testen. Die Tiere erhielten zu ihrer praxisüblichen Ration als Zusatz unterschiedliche Dosierungen von Gemischen Seltener Erden (entweder in Chlorid- oder Citratform) oder Mischungen ätherischer Öle, allein und in Kombination. Rasse, Alter und Gewicht der Versuchstiere entsprachen in allen Versuchen den praxisüblichen Verhältnissen in der Schweineaufzucht bzw. –mast.

### **5.1 Versuch 1**

96 Absatzferkel mit einem Durchschnittsgewicht von 8,3 kg wurden in 8 Rationsgruppen eingeteilt und über 10 Wochen restriktiv gefüttert. Die Schweine erhielten zu ihrer praxisüblichen Diät als Zusatz Gemische Seltener Erden in einer Dosierung von 0 bzw. 300 mg/kg Futter und zwei Mischungen ätherischer Öle in einer Dosierung von 500 bzw. 900 mg pro kg. Der Zusatz der Substanzen erfolgte dabei entweder allein oder in Kombination.

#### **5.1.1 Gesundheitszustand**

Die Gesundheit der Schweine war weder durch die Supplementierung der Seltene Erden noch durch den Zusatz der ätherischen Öl Mischungen (MÄÖ I und MÄÖ II) negativ beeinflusst. Dies korreliert mit der bereits mehrfach beschriebenen guten oralen Verträglichkeit von Seltene Erden in geringen Dosierungen (Evans, 1990; Schuller et al., 2002; He et al., 2003; Eisele et al., 2003).

## 5.1.2 Mastleistungsparameter

### 5.1.2.1 Futtermittelverbrauch

Bei der Beurteilung der Futtermittelaufnahme muss beachtet werden, dass alle Tiere restriktiv gefüttert wurden. Trotzdem führte die Supplementierung von Seltenen Erden bzw. ätherischen Ölen in der Aufzuchtperiode bei fast allen Gruppen im Vergleich zur Kontrolle zu einer erhöhten Futtermittelaufnahme. Dies entspricht den in der chinesischen Literatur beschriebenen Effekten für Seltene Erden.

Jedoch fielen unsere Ergebnisse mit einer maximal um 4,5% erhöhten Futtermittelaufnahme nicht so deutlich aus. Dies kann sicherlich darauf zurückgeführt werden, dass in dieser Untersuchung nur restriktiv gefüttert wurde. Dennoch lagen sie in dem von Schuller et al. (2002) und Eisele et al. (2003) dokumentierten Bereich. Schuller et al. (2002) registrierten bei Tieren, die mit einem Zusatz von 300 mg REE-Gemisch pro kg Futter gefüttert wurden, in der Aufzuchtphase ein um 7% höheren Gesamtmittelfresser als bei den Kontrolltieren. Eisele et al. (2003) fanden eine Erhöhung um 3,2%.

Nur in der Versuchsgruppe 4 (REE B) lag die Futtermittelaufnahme unterhalb der Futtermittelaufnahme der Kontrolltiere. Diese Seltene Erden Kombination enthielt den höchsten Anteil an Lanthan-Chlorid. In einem Versuch von He et al. (2003) mit Ratten fraßen die Tiere, die reines  $\text{LaCl}_3$  in einer Dosierung von 75 bzw. 150 mg pro kg Futter erhielten weniger Futter als die Kontrollgruppe.

Durch den Einsatz der ätherischen Öle in Kombination mit den Seltenen Erden konnten keine additiven Effekte bei der Futtermittelaufnahme registriert werden.

Betrachtet man die Futtermittelaufnahme bis zur 10. Woche (Vormast), so fällt auf, dass nur noch vier der sieben Versuchsgruppen eine höhere Futtermittelaufnahme als die Kontrolle aufweisen. Dies ist sicherlich darauf zurückzuführen, dass leistungssteigernde Futterzusätze in der frühen Wachstumsphase die besten Effekte zeigen.

### 5.1.2.2 Gewichtsentwicklung

Nach 6 Wochen hatten alle Tiere im Schnitt ein Gewicht von 25 kg erreicht. Alle supplementierten Gruppen lagen, bis auf Gruppe 4 (REE B) oberhalb der Kontrollgruppe. Die Gewichtszunahme lag aber maximal bei 2,6% (Gruppe 6). Es

konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden.

Die Steigerungen der Tageszunahmen durch die Supplementation mit Seltenen Erden bzw. mit ihren Kombinationen fielen wesentlich geringer aus, als in vorangegangenen Versuchen (Rambeck et al., 1999; He et al., 2001; He und Rambeck, 2000; Schuller et al., 2004; Knebel et al., 2002). Die restriktive Fütterung kann hierfür sicherlich ein Grund sein.

### **5.1.2.3 Futterverwertung**

Aufgrund der starken Schwankungen der Futterverwertung gestaltet sich eine Interpretation der Ergebnisse sehr schwierig. Jedoch ist zu erkennen, dass die FV nach 6 Wochen in allen Versuchsgruppen unterhalb der FV der Kontrollgruppe liegt. Allerdings sind die Unterschiede nicht signifikant abzusichern.

Nach 10 Wochen liegt nur noch die FV von zwei Gruppen (Grp 4 und 6) unterhalb der FV der Kontrollgruppe, jedoch bestehen auch hier keine signifikanten Unterschiede.

In verschiedenen Fütterungsstudien mit Aufzuchtsferkeln und Mastschweinen unter westlichen Haltungsbedingungen wurden Verbesserungen des Futteraufwandes von 3 bis 7% bei den Aufzuchtsferkeln bzw. 3 bis 11% bei den Mastschweinen konstatiert.

## **5.2 Versuch 2**

Im zweiten Versuch wurden 27 männlich-kastrierte und 21 weibliche Ferkel (Deutsche Landrasse X Piétrain) in sieben Gruppen eingeteilt. Die Tiere bekamen zu ihrer praxisüblichen Ration je nach Gruppe in verschiedenen Konzentrationen entweder Seltene Erden (300 mg REE-Citrat, 300 mg REE-Chlorid) und / oder Mischungen ätherischer Öle in einer Dosierung von 500 mg bzw. 900 mg pro kg Futter. Der Versuch dauerte 6 Wochen.

### 5.2.1 Gesundheitszustand und Mortalität

In dieser Untersuchung traten gleich zu Beginn schwerwiegende Gesundheitsstörungen bei einem Teil der Tiere auf. So verendete am vierten Tag nach der Einstellung ein weibliches Tier und einige Tiere aus den verschiedenen Gruppen erkrankten geringgradig an Diarrhöe. In den darauffolgenden Tagen stieg die Anzahl der erkrankten Tiere, wobei zwei Tage nach Erscheinen der ersten Symptome sechs mittelgradig erkrankte Ferkel über 3 Tage mit Tiamulin (Tiamulin 100 ad us. vet ®) i.m. in einer Dosierung von 10 mg/kg behandelt wurden. Da nach 3 Tagen keine Besserung eintrat und inzwischen mehr als die Hälfte des Bestandes erkrankt war, wurde von vier hochgradig erkrankten Ferkeln jeweils eine Kotprobe und ein Kottupfer entnommen. Die entnommenen Proben wurden sowohl bakteriologisch als auch parasitologisch untersucht. Zusätzlich wurde mikroskopisch auf Brachyspiren untersucht sowie ein Antibiotogramm erstellt. Nach dem durchgeführten Antibiotogramm konnte gezeigt werden, dass die ausgestrichenen Mischkulturen von E. coli sensibel auf Enrofloxacin reagierten. Es konnte bei allen vier Tieren eine E.coli-Infektion diagnostiziert werden, die eine Therapieumstellung von Tiamulin auf Enrofloxacin (Baytril 10%) an vier aufeinanderfolgenden Tagen rechtfertigte. Parasitenbefall konnte in keiner Probe diagnostiziert werden. Mit Ausnahme von zwei Tieren aus Gruppe 1 und 3, die aufgrund massiver Verschlechterungen eingeschläfert werden mussten, trat bei allen restlichen Tieren schon nach zwei Tagen der Antiinfektivum-Therapie eine deutliche klinische Besserung ein.

Differentialdiagnostisch ist aufgrund des Zeitpunktes der Erkrankung auch an einen durch abrupten Futterwechsel bedingten Durchfall zu denken. Die Schweine wurden jedoch nach der Einstellung langsam auf das neue Aufzuchtfutter umgestellt. Zum Zeitpunkt der ersten Durchfallsymptome erhielten die Ferkel 150 bis 200 mg Futter pro Mahlzeit.

Angesichts des teilweise hohen Keimgehaltes an E.coli, der nachgewiesenen Enterotoxine und des Alters der Tiere kommen diese Erreger am ehesten als Auslöser der Diarrhöeerkrankung in Frage. Die erfolgreiche Therapie mit Enrofloxacin spricht auch für so sein Erregerspektrum.

Eine in der Literatur beschriebene bakteriostatische und bakterizide Wirkung Seltener Erden (Cassone und Garaci, 1974; Zhang et al., 1999) konnte bei diesem Durchfallgeschehen nicht beobachtet werden.

Nach Abschluß der Therapie konnte der Gesundheitszustand der Tiere als gut bezeichnet werden und ein negativer Einfluß der Seltenen Erden auf die Gesundheit der Tiere konnte nicht beobachtet werden. Dies spricht auch für die in früheren Versuchen dargelegte gute orale Verträglichkeit von Seltenen Erden in ähnlichen Dosierungen (Schuller et al., 2002; Eisele, 2003; He et al., 2003; Knebel, 2004).

### **5.2.2 Mastleistungsparameter**

Nach der erfolgreichen Therapie der Durchfallerkrankungen, konnten die Tiere zwar als klinisch gesund bezeichnet werden, jedoch führt sowohl die Erkrankung als auch die Antibiotika-Therapie zu Schädigungen der Darmschleimhaut. Schäden an der Darmschleimhaut könnten zu Resorptionsstörungen führen und somit den Versuch negativ beeinflussen.

Betrachtet man daher die Ergebnisse, so muss man sich bewusst sein, dass die Mastleistungsparameter (Futteraufnahme, Gewichtsentwicklung und Futterverwertung) in diesem Versuch sicherlich nur einen eingeschränkten Aussagewert besitzen.

Es konnten nur bei 2 Versuchsgruppen (REE-Citrat, Mischung ätherischer Öle Nr. II) positive Ergebnisse im Vergleich zur Kontrolle erzielt werden, so ergab sich durch die Zulage von REE-Citrat ein um 9%, sowie durch die Zugabe der Mischung ätherischer Öle Nr II sogar ein um 13% gesteigerter Futterverbrauch. Es bestanden jedoch aufgrund der starken individuellen Schwankungen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Aufgrund der oben beschriebenen Gründe wird aber an dieser Stelle auch auf eine Interpretation der Ergebnisse verzichtet.

### 5.3 Versuch 3

Für das dritte Fütterungsexperiment wurden 42 Absatzferkel der Gebrauchskreuzung Deutsche Landrasse X Piétrain mit einem Durchschnittsgewicht von  $8,75 \pm 0,80$  kg in 6 Gruppen eingeteilt und über 6 Wochen gemästet. Die Kontrollgruppe (Gruppe 1) erhielt eine praxisübliche Ration, Gruppe 2 wurden 500 mg einer Mischung ätherischer Öle (MÄÖ I), Gruppe 3 900 mg einer zweiten Mischung ätherischer Öle (MÄÖ II), Gruppe 4 200 mg REE-Citrat, der Gruppe 5 200 mg REE-Citrat plus 500 mg MÄÖ I und der Gruppe 6 200 mg REE-Citrat plus 900 mg MÄÖ II pro kg Futter zugesetzt.

#### 5.3.1 Gesundheitszustand

Aufgrund der Erkrankungen in Versuch 2 wurden in diesem Versuch Ferkel aus einem geprüften dysenteriefreien Betrieb eingesetzt. Die Gesundheit der Schweine war weder durch die Supplementation des Seltenen Erden (REE-Citrat) noch durch den Zusatz der ätherischen Öl Mischungen negativ beeinflusst. Der Gesundheitszustand aller Tiere war mit gut zu bewerten.

Ein Schwein der Gruppe 4 (MÄÖ II + REE) zeigte in Woche 4 eine über mehrere Tage anhaltende Freßunlust. Die Ursache konnte nicht abgeklärt werden. Die erhobenen Daten dieses Tieres wurden daher ab der 4. Versuchswoche nicht mehr in die Auswertung miteinbezogen.

#### 5.3.2 Mastleistungsparameter

In allen Versuchsgruppen lag die Futteraufnahme unterhalb der der Kontrolle. Dies stellte ein nicht zu erwartendes Ergebnis dar, da sich in fast allen bisherigen Untersuchungen unserer Arbeitsgruppe eine Erhöhung der Futteraufnahme beim Einsatz von Seltenen Erden zeigte. So fanden Schuller et al. (2002) bei Tieren, die mit einem Zusatz von 300 mg REE-Gemisch pro kg Futter gefüttert wurden, in der Aufzuchtphase ein um 7% höheren Gesamtfutterverzehr als bei den Kontrolltieren. Eisele et al. (2003) fanden eine Erhöhung um 3,2%. Von He et al. (2003) wurden jedoch bei Ratten auch beschrieben, dass Versuchstiere, die reines  $\text{LaCl}_3$  in einer

Dosierung von 75 bzw. 150 mg oder 150 mg REE-Gemisch pro kg Futter erhielten, weniger Futter im Vergleich zur Kontrolle aufnahmen.

Das Körpergewicht aller Tiere lag bei Versuchsbeginn bei durchschnittlich 8,8 kg. Bis zum Versuchsende nach 6 Wochen erreichten die Tiere im Schnitt ein Gewicht von ca. 30 kg. Dabei hatten nach 6 Wochen nur die Tiere der Gruppe MÄÖ II und REE-Citrat ein höheres Gewicht, als die Tiere der Kontrollgruppe. Die Tiere dieser Gruppen waren auch die einzigen Tiere, deren Gewichte zu jedem Zeitpunkt oberhalb der der Kontrolltiere lagen. Ein additiver Effekt der beiden Substanzen konnte in Gruppe 6 jedoch nicht beobachtet werden. Und es bestand zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen.

Damit erzielten die Seltenen Erden zwar positive Effekte auf die Gewichtsentwicklung, sie lagen aber nicht in dem Bereich der chinesischen Literatur. So wird in der chinesischen Literatur bei Schweinen, die einen Zusatz von Seltenen Erden im Futter erhalten, von verbesserten Gewichtszunahmen um bis zu 22,9 % berichtet (Shen et al., 1991; Li et al., 1992; Cheng et al., 1994, Zhu et al., 1994; He und Xia, 1998). Bei in Deutschland durchgeführten Versuchen mit zwei Seltenen Erden Gemischen zeigten sich Verbesserungen bei der Lebendmassezunahme von Aufzuchtsferkeln von 2,5 bis 18% (Schuller, 2002; Knebel, 2004). Es gibt aber auch Untersuchungen, die keine Effekte der Seltenen Erden finden können. So fanden Böhme et al. (2002) keine Steigerung der Mastleistungsparameter bei mit verschiedenen REE-Zusätzen gefütterten Mastschweinen im Lebendmassebereich von 42 – 90 kg. Er verwendete REE-Zitrat, REE-Nitrat, REE-Ascorbat und Lanthan(III)chlorid-heptahydrat in einer Dosierung von 100 mg REE/ kg Futter als Summe der beiden Elemente La und Ce.

Die Futterverwertung über den gesamten Versuchszeitraum lag in allen Versuchsgruppen im Schnitt bei 1,59 und damit um 7,5 % unterhalb der Kontrollgruppe (1,72). Den besten Effekt auf die FV hatten dabei die MÄÖ I (1,55) und die Seltenen Erden (1,58). Diese Verbesserungen waren jedoch zu keinem Zeitpunkt signifikant. Additive Effekte von Seltenen Erden und ätherischen Ölen konnten wiederum nicht beobachtet werden. Vergleicht man aber den Effekt der Seltenen Erden auf die Futterverwertung mit Daten aus der Literatur, so sind Verbesserungen um 7,5% als positives Ergebnis zu werten.

In Versuchen mit Aufzuchtsferkeln und Mastschweinen unter westlichen Haltungs- und Fütterungsbedingungen wurden Verbesserungen des Futteraufwandes von 3 bis

7 % bei den Aufzuchtsferkeln bzw. 3 % bis 11 % bei den Mastschweinen gesehen (Eisele, 2003). In einem Fütterungsversuch mit den Mastschweinen war die Futtermittelverwertung in der Aufzuchtphase hochsignifikant verbessert (He et al., 2001, Schuller et al., 2002). Auch in der chinesischen Literatur wird von einem geringeren Futteraufwand durch die Supplementation des Futters oder Wassers mit Seltenen Erden berichtet. Die Verbesserungsrate beträgt zwischen 4,3 und 18,9 % (Shen et al., 1991; Yuan, 1994; Zhu et al., 1994; He und Xia, 1998).

#### **5.4 Feldversuch**

Der Feldversuch fand in einem Landwirtschaftsbetrieb in Niederbayern statt. Die Tiere wurden über einen Zeitraum von 3 Wochen beobachtet. Die Tiere waren in eine Kontroll- und eine Versuchsgruppe (jeweils n=64) eingeteilt. Alle Ferkel erhielten 2 Wochen Futter ohne Seltene Erden Zusatz. In der 3. Woche erhielten die Tiere der Versuchsgruppe eine Ration mit einem Zusatz von 200 ppm REE-Citrat.

In der ersten Woche erkrankten ca. 20% der Tiere an Durchfall. Diese wurden dann ab dem sechsten Tag über einen Zeitraum von 4 Tage mit Tiamulin (Tiamulin 100 ad us. vet®) in einer Dosierung von 10 mg/kg (i.m.) behandelt. Nach der Behandlung waren die Tiere wieder symptomlos und der Gesundheitszustand aller Ferkel konnte als gut bewertet werden.

Aufgrund der Durchfallerkrankung und des kurzen Versuchszeitraum, lässt sich jedoch keine wissenschaftlich verwertbare Aussage bezüglich einer Beeinflussung der Mastleistungsparameter durch Seltene Erden treffen.

## 6. Zusammenfassung

In China werden seit 40 Jahren Seltene Erden als Leistungsförderer in der Tiermast eingesetzt.

In früheren Untersuchungen unserer Arbeitsgruppe konnte auch unter westlichen Haltungs- und Fütterungsbedingungen der ergotrope Effekt der Seltenen Erden in verschiedenen Dosierungen bei Schweinen sowohl in der Aufzucht- als auch in der Mastperiode nachgewiesen werden. Die Lebendmassezunahme erhöhte sich dabei gegenüber der Kontrolle um bis zu 12%, gleichzeitig verringerte sich der Futteraufwand in der Aufzucht- und Mastphase .

In diesem Zusammenhang wurden in der vorliegenden Arbeit zwei phyto gene Zusatzstoffe sowie Seltene Erden auf ihre Effektivität in der Ferkelaufzucht in mehreren Fütterungsversuchen überprüft.

In einer ersten Fütterungsstudie mit 96 Ferkeln (Deutsche Landrasse X Piétrain) mit 12 Tieren pro Versuchsgruppe erhielten die Tiere ein Gemisch von Seltenen Erden (in Chloridform) in einer Konzentration von 0 bzw. 300 mg pro kg Futter und/oder zwei verschiedene phyto gene Zusatzstoffe in einer Dosierung von 500 mg bzw. 900 mg über einen Zeitraum von 10 Wochen hinweg. Dabei konnte es ein geringfügiger positiver Effekt bis zu 4% beim Einsatz des Seltenen Erden- Gemisches auf die gemessene Mastleistungsparameter beobachtet werden. Für die beiden phyto genen Zusatzstoffe ergaben sich keine klaren Effekte auf die Mastleistungsparameter.

Für den 2. Versuch wurden 48 Ferkel in 7 Rationsgruppen eingeteilt, wobei die Kontrolle aus 6 Tieren und die anderen Versuchsgruppen aus 7 Tieren bestanden. Die Schweine bekamen über einen Zeitraum von 6 Wochen das Versuchsfutter mit den oben beschriebenen Konzentrationen an Seltenen Erden und den zwei phyto genen Zusatzstoffen. Obwohl auf Grund heftiger Durchfallerkrankungen die Ergebnisse mit Vorsicht zu beurteilen sind, ergaben sich bei der Supplementierung mit Seltenen Erden (in Citratform) allein bzw. mit den phyto genen Zusatzstoffen ein Effekt auf die Leistungsparameter.

In einem dritten Fütterungsexperiment erhielten 42 Ferkel in 6 Rationsgruppen ein Gemisch von Seltenen Erden (in Citratform) in einer Konzentration von 0 bzw. 200 mg pro kg Futter und/oder die beiden Aromastoffe in einer Dosierung von 500 mg bzw. 900 mg über einen Zeitraum von 7 Wochen. Bei der Futtermittelverwertung zeigen sich Effekte in allen 5 Versuchsgruppen. Jedoch sind diese Effekte nicht über den

gesamten Versuchszeitraum von gleicher Intensität. Die deutlichsten Effekte sind in Woche 2 und 3 zu sehen. Hier zeigt sich eine Verbesserung der Futterverwertung von bis zu 19%. Betrachtet man den gesamten Versuchszeitraum, so ergaben sich immerhin noch Verbesserungen von bis zu 9%.

Damit konnte durch die Verwendung von allen 3 Substanzen beim Parameter Futterverwertung eindeutig positive – jedoch keine signifikanten leistungssteigernden Effekte verzeichnet werden. Ein additiver Effekt konnte hier jedoch nicht beobachtet werden.

## 7. Summary

**Josef Recht**

### **Influence of Rare Earth Elements in combination with phytogetic supplements on growth parameters in piglets.**

In China, for 40 years Rare Earth Elements (REE) are used as growth promoters in animal production. In recent studies of our group, we were able to show that there are really ergotropic effects in piglets and in pigs, also when the animals are housed and fed under our western condition. We found an increase of daily weight gain up to 12 % and feed conversion improved too. With this knowledge in mind, we became interested in the question, if phytogetic supplements in combination with REE might influence growth parameters in piglets synergistically. Two phytogetic compounds were used alone or in combination in several feeding studies.

The first feeding experiment was done with 96 piglets of the species Deutsche Landrasse X Pietrain, 12 animals per group. Over a period of ten weeks each group has been fed either a mixture of REE (as chloride, concentration of 0 respectively 300 mg per kg feed) and / or two different phytogetic supplements (concentration of 500 respectively 900 mg per kg feed). A small positive effect of 4% has been observed under the supplementation of REE.

A second experiment has been done with 48 piglets (n=6 in the control, n=7 in the treatment groups). The pigs have been fed over a period of six weeks the same concentrations of REE and the two ergotrope additives as in test one. Under the influence of REE (as citrate) and / or phytogetic additives an effect on growth and feed conversion ratio become evident, however due to heavy diarrhoea, these data have to be looked at cautiously.

During the third feeding experiment, lasting seven weeks, 42 piglets grouped into six groups, have been fed a mixture of REE (as citrate, concentration of 0 respectively 200mg per kg fed) and / or the two phytogetic additives (concentration of 500 respectively 900 mg per kg feed). All five groups showed an effect on the feed conversion. The intensity of the effect was not constant over the whole time of the experiment. During the second and third week, the strongest effects have been observed. Feed conversion improved by 19% in this time period. Looking at the whole seven week period there was still a 9 % better feed conversion.

REE as well as the phytogenic growth promoters have been shown to have a positive impact on feed conversion, but this effect was not statistically significant. An additive effects of REE in combination with phytogenic compounds has not been observed.

## 8. Literaturverzeichnis

ADIARTO (1992)

Adiarto, A.:

Untersuchungen zum Einfluss von Gewürz- und Aromastoffen auf die Milchleistung und die Milchzusammensetzung sowie die Futteraufnahme bei hochleistenden Kühen.

Dissertation, Georg-August-Universität, Göttingen.

AXISS (2001)

N.N.:

When performance comes naturally.

Informationsmaterial der Firma Axiss France S.A.S., Archamps (Frankreich):

Produkt Xtract.

BEDFORD und CLASSEN (1992)

Bedford, M.R., Classen, H.L.:

Reduction of intestinal viscosity through manipulation of dietary rye and pentosanase concentration is effected through changes in the carbohydrate composition of the intestinal aqueous phase and results in improved growth rate and food conversion efficiency of broiler chicks.

J. Nutr. 122 (3), 560-569.

BEDFORD und MORGAN (1996)

Bedford, M.R., Morgan, J.:

The use of enzymes in poultry diets.

Wld. Poult. Sci. J. 52, 61-68.

BIRNBAUM et al. (1970)

Birnbaum, E.R., Gomez, J.E., Darnall, W.:

Rare earth metal ions as probes of electrostatic binding sites in proteins.

J. Am. Chem. Soc. 92, 5287-5288.

BJORKMAN und HORSFALL (1948)

Bjorkman, S.E., Horsfall, F.L.:

The production of a persistent alteration in influenza virus by lanthanum or ultraviolet irradiation.

J. Exp. Med., 88, 445-461.

BLUME (2001)

Blume, R.:

Das Vorkommen der Lanthanoide.

<http://www.chemieunterricht.de/dc2/lanthan/vorkomm.htm>

BOLDUAN et al. (1988)

Bolduan, G., Jung, H., Schneider, R., Block, J., Klenke, B.:

Die Wirkung von Propion- und Ameisensäure in der Ferkelaufzucht.

J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 59, 72-78.

BORGER (2003)

Borger, C.:

Alternative Methoden in der Schweinemast:

Untersuchungen zum leistungssteigernden Potential Seltener Erden und zur Jodanreicherung im Gewebe durch die Verfütterung von Meeresalgen.

Dissertation, Tierärztliche Fakultät der LMU, München.

BREUER (2000)

Breuer, H.:

Anorganische Chemie.

DTV-Atlas.

BREVES et al. (2001)

Breves, G., Schentkuti, L., Schröder, B.:

Effects of oligosaccharides on functional parameters of the intestinal tract of growing pigs.

Dtsch. Tierärztl. Wochenschr. 108, 246-248.

BROWN et al. (1990)

Brown, P.H., Rathjen, A.H., Grahahm, R.D., Ttibe, D.E.:

Rare earth elements in biological systems.

In: Gschneider Jn., K.A., Eyring, L. (Eds.):

Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths, vol. 13, Amsterdam, Elsevier, 1990, 423-452.

BUDDINGTON (2001)

Buddington, R. K.:

The use of non-digestible oligosaccharides to manage the gastrointestinal ecosystem.

In: Piva, A., Bachknudsen, K. E., Lindberg, J. E. (Hrsg.):

Gut Environment of Pigs.

The Nottingham University Press, Nottingham.

CASSONE und GARACI (1974)

Cassone, A., Garaci, E.:

Lanthanum staining of the intermediate region of the cell wall in *Escherichia coli*.

Experientia, 30, 1230-1232.

CHANG et al. (1998)

Chang, J., Zhu, W., Zhang, L., Xiong, J., Zhang, J., Hu, Z.:

Study on environmental effects of rare earth elements.

2<sup>nd</sup> International Symposium on Trace Elements and Food Chain,

15.-17.11.1998, Wuhan, China, 24.

CHEEKE (1999)

Cheeke, P.R.:

Actual and potential applications of *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria*  
Saponins in human and animal nutrition.

Proceedings of the Society of Animal Science, 1999.

Internetrecherche: 28. Januar 2004, 15.00 Uhr.

<http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings>. Accessed 5/01/01.

CHESSON und STEWART (2001)

Chesson, A., Stewart, C.S.:

Modulation of the gut microflora by enzyme addition.

In: Piva, A., Bachknudsen, K.E., Lindberg, J.E.:

Gut Environment of Pigs.

The Nottingham University Press, Nottingham.

CHOCT et al. (1996)

Choct, M., Hughes, R.J., Wang, J., Bedford, M.R. Morgan, A.J., Annison, G.:

Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the anti nutritive  
activity of non starch polysaccharides in chicken.

Br. Poult. Sci. 37, 609-621.

COLE und CLOSE (2001)

Cole, D.J.A., Close, W.H.:

Würzen sie ihr Schweinefutter.

Animal Talk 7:9.

COLLINS et al. (1999)

Collins, M.D., Gibson, G.R.:

Probiotics, prebiotics and synbiotics: approaches for modulating the microbial  
Ecology of the gut.

Am. J. Clin. Nutr. 69 (suppl) 1052-1057.

CORD (2003)

Cord, A.:

Untersuchung zur Konstanz der Inhaltsstoffe eines Ätherischen-Öl-  
Produktes in der Schweineernährung.

Diplomarbeit, Fachhochschule Osnabrück.

COTTON et al. (1990)

Cotton, F.A., Wilkinson, G., Gaus, P.L.:

Scandium, Yttrium, Lanthan und die Lanthanoide.

In: Grundlagen der anorganischen Chemie.

Verlag Chemie Weinheim, 1990.

COTTON und WILKINSON (1966)

Cotton, F.A., Wilkinson, G.:

Advanced inorganic chemistry.

Interscience Publishers, Wiley & Sons (Eds.)

DACHLER und PELZMANN (1999)

Dachler, M., Pelzmann, H.:

Arznei- und Gewürzpflanzen: Anbau, Ernte, Aufbereitung.

2. Auflage, Österreichischer Agrarverlag, Wien.

DÄNICKE et al. (1997)

Dänicke, S., Simon, O., Jeroch, H., Bedford, M.:

Interactions between dietary fat types and xylanase supplementation when rye-based diets are fed to broiler chickens.

I: Physico-chemical chyme features.

British Poultr. Sci., 38, 537-545.

DEDL und ELSENWENGER (2000)

Dedl, H., Elssenwengler, T.:

Phytogene Futterzusätze ins Futter?

Krafftutter 11, 478-480.

DEDL und ELSENWENGER (2000a)

Dedl, H., Elssenwengler, T.:

Phytogenic feed additives – an alternative?

Intern. Pig Topics, 15 (6), 1-2.

DEVECI et al. (2000)

Deveci, M., Eski, M., Sengezer, M., Kisa, U.:

Effects of cerium nitrate bathing and prompt burn wound excision on IL-6 and TNF-alpha levels in burned rats.

Burns, 26 (1), 41-45.

DLG (1991)

Deutsche Landwirtschaft-Gesellschaft: DLG-Futterwerttabellen-Schweine.

Erarbeitet von der Dokumentationsstelle der Universität Hohenheim, unter Mitwirkung des Ausschusses über die Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie.

6. erweiterte Auflage. DLG Verlag Frankfurt am Main.

DURBIN et al. (1956)

Durbin, P.W., Williams, M.H., Gee, M., Newman, R.H., Hamilton, J.G.:

Metabolism of the Lanthanons in the Rat.

Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 91, 78-85.

EAPEN et al. (1996)

Eapen, J., Kartha, C., Rathinam, K., Valiathan, M.:

Levels of cerium in the tissues of rats fed a magnesium-restricted and cerium-adulterated diet.

Bull. Environ. Contam. Toxicol. 56, 178-182.

ECKEL et al. (1992)

Eckel, B., Kirchgessner, M., Roth, F.X.:

Zum Einfluss von Ameisensäure auf tägliche Zunahmen, Futteraufnahme, Futterverwertung und Verdaulichkeit.

J. Physiol. Anim. Nutr. 67, 93-100.

EISELE (2003)

Eisele, N.:

Untersuchungen zum Einsatz Seltener Erden als Leistungsförderer beim Schwein.

Dissertation, Tierärztliche Fakultät der LMU, München.

ELLENBERGER et al. (1985)

Ellenberger, M.A., Rumpler, W.V., Johnson, D.E.:

Evaluation of the extent of ruminal urease inhibition by sarsaponin and sarsaponin ractions.

Journal of Animal Science, 61 (Suppl. 1): 491-492.

ERLBACHER (2004)

Erlbacher, K., Trollhättan (Schweden):

Schriftliche Mitteilung vom 15. April 2004.

EVANS (1990)

Evans, C.H.:

Biochemistry of the Lanthanides.

Plenum Press, New York and London, 1990.

EXTRA-VIT (2002)

Informationsmaterial der Extra-Vit GmbH, Werl: Produkt Biogrün.

EXTRA-VIT (2003)

Informationsmaterial der Extra-Vit GmbH, Werl: Produkt Biogrün.

FISCHBEIN et al. (1988)

Fischbein, L., Kaplan, M., Gough, M.:

Fructo-oligosaccharides: a review.

Vet. Hum. Toxicol. 30, 104-107.

FISCHER und KRUG (1984)

Fischer, G., Krug, E.:

Heilkräuter und Arzneipflanzen.

7. Auflage, Haug Verlag, Heidelberg.

FLACHOWKSY und DAENICKE (1996)

Flachowsky, G., Daenicke, R.:

Probiotika in der Rinderfütterung.

Übers. Tierernährg. 24, 62-68.

FRANZ (2001)

Franz, Ch.:

Qualitätssicherung von Heil- und Gewürzpflanzen.

XXXVI. Vortragstagung der Deutschen Gesellschaft für Qualitätsforschung.

(Pflanzliche Nahrungsmittel) e.V., Jena, 103-110.

FRANZ (2003)

Franz, Ch.:

Funktionelle Pflanzenstoffe in der Tierernährung und der Veterinärmedizin.

Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen 8: 111-116.

FREITAG et al. (1999)

Freitag, M., Hensche, H.-U., Schulte-Sienbeck, H., Reichelt, B.:

Biologische Effekte konventioneller und alternativer Leistungsförderer.

Krafftutter 2, 49-57.

FRIEDMAN et al. (2002)

Friedman, M.; P. R. Henika; R. E. Mandrell:

Bactericidal activities of plant essential oils and some of their isolated constituents against *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica*.

Journal of Food Protection 65: 1545-1560.

FULLER (1989)

Fuller, R.:

Probiotics in man and animals.

J. Appl. Bact. 66, 365-378.

FULLER und Gibson (1997)

Fuller, R.; Gibson, G. R.:

Modification of the intestinal microflora using probiotics and prebiotics.

Scand. J. Gastroenterol. 32 (Suppl. 222), 28-31.

FUTTERMITTELRECHT (2004)

Das geltende Futtermittelrecht 2004. Die aktuellen Gesetze und Verordnungen aus Bundes und Gemeinschaftsrecht.

Grüne Broschüre TE, 15. Auflage, AMS-Verlag.

GEDEK (1993)

Gedek, B.:

Probiotika zur Regulierung der Darmflora.

Tierärztl. Umschau 48, 97-104.

GEDEK (1994)

Gedek, B.:

Probiotika.

Übers. Tierernährg. 22, 134-140.

GERHARDT (1994)

Gerhardt, U.;

Gewürze in der Lebensmittelindustrie: Eigenschaften – Technologie – Verwendung.

2. Auflage, Behr, Hamburg.

GIBSON und ROBERFROID (1995)

Gibson, G. R.; Roberfroid, M. B.:

Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics.

J. Nutr. 125, 1401-1412.

GOLLNISCH et al. (2001a)

Gollnisch, K.; I. Halle; G. Flachowsky:

Einsatz von Kräutern und ätherischen Ölen in der Tierernährung.

XXXVI. Vortragstagung der Deutschen Gesellschaft für Qualitätsforschung (Pflanzliche Nahrungsmittel) e.V., Jena, 249-258.

GOLLNISCH et al. (2001b)

Gollnisch, K.; C. Wald; A. Berk:

Einsatz unterschiedlicher ätherischer Öle in der Ferkelaufzucht.

XXXVI. Vortragstagung der Deutschen Gesellschaft für Qualitätsforschung (Pflanzliche Nahrungsmittel) e.V., Jena, 259-262.

GOLLNISCH et al. (2002)

Gollnisch, K.:

Nutzung von Pflanzen und Pflanzenextrakten zur Förderung der Mastleistung beim Schwein.

Praktischer Tierarzt 83: 12, 1072-1077.

GREIFE und BERSCHAUER (1988)

Greife, H. A.; Berschauer, F.:

Heutige Leistungsförderer vor dem Hintergrund neuer Entwicklungen.

Krafftutter 1, 18-22.

GRIZARD und BARTHOMEUF (1999)

Grizard, D., Barhomeuf, C.:

Non-digestible oligosaccharides used as prebiotic agents: mode of Production and beneficial effect on animal and human health.

Reprod. Nutr. Dev., 39, 563-588.

GSCHNEIDER (1978)

Gschneider, K.A.:

Handbook on the physics and chemistry of rare earths.

Eyring, L.R., Gescheidner, K.A., jr. (Eds.)

Amsterdam, North Holland Publ. Co., 1978.

GUILLOT (1990)

Guillot, J.M.:

Qu`est-ce qu` un probiotique?

Bull. G.T.V. 6: 15-19.

GUO et al. (1988)

Guo, B.S., Zhu, W.M., Xiong, B.K.:

Rare earth elements in agriculture.

Chinese Agriculture Press, Beijing, 117-119.

GÜNTHER (2000)

Günther, K.D.:

Universitärer Ferkelversuch Göttingen mit dem Produkt Biogrün.

Informationsmaterial der Extra-Vit GmbH, Werl: Produkt Biogrün.

GÜNTHER (2003)

Günther, K.D.:

Geflügelmastversuch mit dem Produkt Biogrün.

Informationsmaterial der Extra-Vit GmbH, Werl: Produkt Biogrün.

GÜNTHER und BOSSOW (1998)

Günther, K. D.; H. Bossow:

The effect of etheric oil from oreganum vulgaris in the feed ration of weaned pigs on their daily feed intake, daily gains and food utilisation.

Proc. 15th IVPS Congress, Birmingham, 223.

HABERER und SCHULZ (1998)

Haberer, B., Schulz, E.:

Zum Einfluss NSP-hydrolysierender Enzyme in der Schweinefütterung.

Übers. Tierernährg. 26, 25-64.

HALEY (1965)

Haley, T.J.:

Pharmacology and toxicology of the rare earth elements.

J. Pharm. Sci., 54, 663-670.

HALEY (1979)

Haley, T.:

Toxicity.

In: Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths K.A. Gschneider und L.R.

Eyring (Eds.), Vol 4, North-Holland, Amsterdam, 553-585.

HANIOKA et al. (1994)

Hanioka, N., Jinno, H., Sekita, H., Toyooka, T., Ando, M., Kijima, S., Takeda, M.:

Metabolism of calcium and phosphorus in rats after contiuous oral

Administarion of Lanthanum.

Japan, J. Tox. Env. Health, 40, 26-33.

HANSBROUGH et al. (1984)

Hansbrough, J.F., Zapata-Sirvent, R., Peterson, V., Wang, X., Bender, E., Claman, H., Boswick, J.:

Characterization of the immunosuppressive effect of burned tissue in an animal model.

J. Surg. Res. 37, 383-393.

HÄNSEL (1999)

Hänsel, R.:

Phytochemische Grundlagen.

In: Hänsel, R.; O. Sticher; E. Steinegger:

Pharmakognosie – Phytopharmazie.

6. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

HÄNSEL und SPIEß (1999)

Hänsel, R., Spieß, E.:

Allgemeines über pflanzliche Arzneimittel.

In: Hänsel, R., Sticher, O., Steinegger, E.:

Pharmakognosie – Phytopharmazie.

6. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

HEADON et al. (1991)

Headon, D.; K. Dawson; R. Fallon:

Yucca schidigera – definitive mode of action and application in animal feed.

The Feed Compounder 2, 32-34.

HEBELER et al. (2000)

Hebeler, D.; Kulla, S.; Winkenwerder, F.; Kaphues, J.; Amtsber, G.:

Besondere Konfektionierung von Säuren in der Prophylaxe von Erkrankungen der Absatzferkel.

Dtsch. Tierärztl. Wochenschr. 107, 377-378.

HELMUTH (1989)

Helmuth, R.:

Zum Problem der Antibiotika-Resistenz.

Bundesgesundhbl., 4, 160-162.

HOBER und SPAETH (1914)

Hober, R., Spaeth, R.A.:

Über den Einfluss Seltener Erden auf die Kontraktilität des Muskels.

Arch. Ges. Physiol., 159, 433-453.

HOLDEN et al. (1998a)

Holden, P. J.; J. McKean; E. Franzenburg:

Botanicals for pigs – Garlic.

ISU Swine Research Report, 19-22.

- HOLDEN et al. (1998b)  
Holden, P. J.; J. McKean; E. Franzenburg:  
Botanicals for pigs – Peppermint.  
ISU Swine Research Report, 34-36.
- HOLDEN und MCKEAN (2000)  
Holden, P. J.; J. McKean:  
Botanicals for pigs – Garlic II.  
ISU Swine Research Report, 19-22.
- HOLM und Herbst (1987)  
Holm, G.; V. Herbst:  
Botanik und Drogenkunde.  
Deutscher Apotheker Verlag, Stuttgart.
- HONG et al. (1996)  
Hong, W.M., Duan, X.B., Gan, Z.S., Hu, C.P., Zheng, W. and Quo, H.J.:  
Long-term location test of REE on agriculture and REE residual analysis in wheat seeds. Proceeding of the First Sino-Dutch Workshop on the Environmental Behavior and Ecotoxicology of Rare Earth Elements, Beijing, 83-87.
- HUANG et al. (1992)  
Huang, Y., Ma, H.I., Wu, D.F., Zhou, J.T., Zhou, K.S., Qui, Z.Y.:  
Journal of Fujian Agricultural College, 21, 93-96; 6 ref.
- HUTCHESON et al. (1975)  
Hutcheson, DP., Gray, D.H., Venugopal, B., Luckey, T.D.:  
Studies of nutritional safety of some heavy metals in mice.  
J. Nutr., 105, 670-675.
- ILSLEY et al. (2002)  
Ilsley, S. E.; H. M. Miller; H. M. R. Greathead; C. Kamel:  
Plant extracts enhance sow lactation performance.  
Journal of Animal Science 80 (Suppl. 1): 41.
- JADAMUS et al. (1999)  
Jadamus, A., Vahjen, W., Simon, O. :  
Untersuchungen zur Wirkungsweise eines Bacillus cereus toyoi Probiotikums beim Ferkel.  
Vitamine und Zusatzstoffe in der Ernährung von Mensch und Tier.  
7. Symposium, 22.-23. September 1999, Jena/Thüringen.
- JANSEN und VAN DER WAAIJ (1995)  
Jansen, G. J.; Van der Waaij, D.:  
Review of the internal discussion.  
In: Fuller, R.; Heidt, P. J.; Rusch, V.; van der Waaij, D. (Hrsg.):  
Old Herborn University Seminar Monograph 8. Probiotics: Prospects of use in opportunistic infection, 173-184.

JÄNICKE et al. (2003)

Jänicke, C.; J. Grünwald; T. Brendler:  
Handbuch Phytotherapie.  
Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart.

JEROCH (1991)

Jeroch, H.:  
Enzyme in der Geflügelernährung.  
In: Schubert, R.; Flachowsky, G.; Bitsch, R. (Hrsg.):  
Vitamine und weitere Zusatzstoffe bei Mensch und Tier.  
3. Symp. 26. bis 27. September 1991 Jena/Thüringen, 334-341.

JEROCH (1993)

Jeroch, H.:  
Zur Wirksamkeit von Nicht-Stärke-Polysaccharide spaltenden Enzymen in der  
Geflügelernährung.  
Vitamine und weitere Zusatzstoffe bei Mensch und Tier.  
4. Symposium, 30.09./01.10.1993 Jena/Thüringen.

JEROCH et al. (1999)

Jeroch, H.; W. Drochner; O. Simon:  
Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere.  
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Jl (1985)

Ji, Y.:  
Toxicological study on safety evaluation of rare earth elements used in agriculture.  
New frontiers in rare earth science and application, Proceedings of the international  
conference on rare earth development and application, Xu, G., Xiao, J. (Eds.), 4-10.

JUGL et al. (2001)

Jugl, M., Zitterl-Eglseer, K., Beier, T., Schilcher, F., Gabler, C., Schuh, M.,  
Kastner, U., Guggenbichler, J.P., Franz, Ch.:  
Experimentelle Feldstudie über den Einsatz von Karottenpektinen als  
Futterzusatz zur Durchfallprophylaxe in der Ferkelaufzucht.  
Tierärztliche Praxis 29: 308-312.

JUGL-CHIZZOLA et al. (2003)

Jugl-Chizzola, M.; R. Chizzola; K. Zitterl-Eglseer; Ch. Franz:  
Funktionelle Pflanzenstoffe: Möglichkeiten ihres Einsatzes in der Nutztierhaltung.  
Ländlicher Raum 1: 1-18.

KAMPHUES (1999)

Kamphues, J.:  
Leistungsförderer – Der Status Quo aus Sicht der Tierernährung.  
Übers. Tierernährung. 27, 1-28.

KÄMPFE et al. (2002)

Kämpfe, K., Unger, J., Köppler, H.:

Leistungsvergleich zwischen antibiotischem Leistungsförderer und EV-Biogrün im Ferkel Praxisversuch.

Informationsmaterial der Extra-Vit GmbH, Werl: Produkt Biogrün.

KILLEEN (1996)

Killeen, G.:

The benefits of feed supplementation with *Yucca schidigera* extracts and their Mechanisms.

The Feed Compounder, 9: 28-30.

KIRCHGESSNER und ROTH-MAIER (1975)

Kirchgessner, M.; Roth-Maier, D. A.:

Zum Einsatz von Zitronensäure in der Ferkelaufzucht.

Züchtungskunde 47, 329-335.

KIRCHGESSNER und ROTH (1976)

Kirchgessner, M.; Roth; F. X.:

Zum Einsatz von Fumarsäure in der Ferkelaufzucht.

Züchtungskunde 48, 402-406.

KIRCHGESSNER und ROTH (1988)

Kirchgessner, M.; Roth; F. X.:

Ergotrope Effekte durch organische Säuren in der Ferkelaufzucht und der Schweinemast.

Übers. Tierernährg. 16, 93-108.

KIRCHGESSNER et al. (1995)

Kirchgessner, M.; Roth, F. X.; Paulicks, B. R.:

Zur nitriven Wirksamkeit von Sorbinsäure in der Ferkelaufzucht.

J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 74, 235-242.

KIRCHGESSNER (1997)

Kirchgessner, M.:

Mineral- und Wirkstoffe.

In: Kirchgessner, M. (Hrsg.):

Tierernährung.

10. Auflage, Verlags Union Agrar, 142-207.

KLUTH et al. (2003)

Kluth, H.; E. Schulz; I. Halle; M. Rodehutschord:

Zur Wirksamkeit von Kräutern und ätherischen Ölen bei Schwein und Geflügel.

Lohmann Information 2, 1-16.

KRAFKA (1999)

Krafka, B.:

Neutronenaktivierungsanalyse an Boden- und Pflanzenproben – Untersuchungen zum Gehalt an Lanthanoiden sowie Vergleich der Multielementanalytik mit aufschlußabhängigen Analysemethoden.

Doktorarbeit, Institut für Radiochemie der Technischen Universität München, 1999.

Herbert Utz Verlag, München.

KRAMSCH et al. (1980)

Kramsch, D.M., Aspen, A.J., Apstein, C.S.:

Suppression of experimental atherosclerosis by the  $\text{Ca}^{2+}$ - antagonist lanthanum.

J. Clin. Invest., 65, 967-981.

KÜHN et al. (1999)

Kühn, I., Jacobs, S., Müller, A.:

Fütterungsstrategien für eine sichere Tierproduktion.

Krafftutter, 4, 116-127.

LILA et al. (2003)

Lila, Z. A.; N. Mohammed, S. Kanda, T. Kamada, H. Itabashi:

Effect of sarsaponin on ruminal fermentation with particular reference to methane Production in vitro.

Journal of Dairy Science 86: 3330-3336.

LIU et al. (1998)

Liu, J., Wang, E., Zhou, Y., Hu, C.:

Synthesis and anti-influenza virus activities of heteropoly compounds containing rare earth elements.

Yaoxue-Xuebao, 33, 544-547.

LÖWE (1999)

Löwe, R.:

Sicherung und Verbesserung des Hygiene-Status in Mischfutterwerken durch Einsatz von organischen Säuren.

Die Mühle und Mischfuttertechn. 136, 321-325.

LÜDTKE und SCHÖNE (1991)

Lüdtke, H., Schöne, F.:

Untersuchungen zum Einsatz von Säuren im Mischfutter für Absetzferkel.

Vitamine und weitere Zusatzstoffe bei Mensch und Tier.

3. Symposium, 26.-27-9.1991, Stadroda bei Jena/Thüringen, 349-352.

MANNERS (1976)

Manners, M.J.:

The development of digestive function in the pig.

Proc. Nutr. Soc., 35, 49-55.

MEIXNER und FLACHOWSKY (1990)

Meixner, B.; Flachowsky, G.:

Ergotropikaeinsatz in der Tierernährung.

Teil 1: Antibiotika, Chemobiotika, Probiotika, Organische Säuren,  
Puffersubstanzen, Pansenfermoregulatoren.

Akadem. Landw. 28, 8.

METCHNIKOFF (1908)

Metchnikoff, E.:

The Prolongation of Life.

Putmans Sons, New York.

MIGUEL et al. (2002)

Miguel, J.C., Rodriguez-Zas, S.L., Pettigrew, J.E.:

Practical effects of Bio-Mos in nurse pig diets : a meta-analysis.

Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. Proc. Alltech`s  
18<sup>th</sup> Symp., From niche markets to mainstream.

Lyons, T.P. and Jacques, K.A. (Eds.), 425-434.

MIKKELSEN et al. (2003)

Mikkelsen, L. L.; Jakobsen, M.; Jensen, B. B.:

Effects of dietary oligosaccharides on microbial diversity and fructo-  
oligosaccharide degrading bacteria in faeces of piglets post-weaning.

Anim. Feed Sci. Technol. 109, 133-150.

MINES (1910)

Mines, G.R.:

The action of Beryllium, Lanthanum, Yttrium and Cerium on the frog`s heart.

J. Physiol., 40, 327-345.

MÖLLER (2001)

Möller, T.:

Untersuchungen zum Einfluss eines Oreganoöl-Zusatzes zum Futter auf  
Rohnährstoffverdaulichkeit, N-Bilanz sowie Parameter des mikrobiellen  
Stoffwechsels im Verdauungstrakt von Absatzferkeln.

Dissertation, Tierärztliche Hochschule, Hannover.

MUL und PERRY (1994)

Mul, A. J.; Perry, F. G.:

The role of fructo-oligosaccharides in animal nutrition.

In: Garnsworthy, P. C.; Cole, D. J. A. (Hrsg.):

Recent advances in animal nutrition.

Nottingham University Press, Loughborough, 57-79.

MURALIDHARA et al. (1973)

Muralidhara, K. S.; Sandine, W.E., England, D.C., Elliker, P.R.:

Colonization of E. coli and Lactobacillus in the intestines of pigs.

J. Dairy Sci. 56, 1973-1980.

MUROMA (1959)

Muroma, A.:

The bactericidal action of the rare earth metals (further studies).

Ann. Med. Exp. Biol. Fenn., 37 (Suppl. 1-7) 336-340.

NAKAMURA et al. (1991)

Nakamura, Y., Tsumura-Hasegawa, Y., Tonogai, Y., Kanamoto, M., Tsuboi, N., Murakami, K., Ikebe, K., Ito, Y.:

Studies on the biological effects of Rare Earth Elements. III. Fate of chlorides of Dysprosium, Europium, Ytterbium und Yttrium in the rat after intravenous administration.

Eisei Kagaku, 37, 479-506.

NAKAMURA et al. (1997)

Nakamura, Y., Tsumura, Y., Shibata, T., Ito, Y.:

Differences in behavior among the chlorides of seven rare earth elements administered intravenously to rats.

Fundam. Appl. Toxicol. 37, 106-116.

NEMERY (1990)

Nemery, B.:

Metal toxicity and the respiratory tract.

Eur. Respir. J. 3, 202-219.

NOUSIAINEN (1991)

Nousiainen, J.:

Comparative observations on selected probiotics and oligosaccharides used as feed additives for piglets around weaning.

2. Effect on villus length and crypt depth in the jejunum, ileum, caecum and colon.

Fortsch. Tierphysiol. Tierernähr. 66: 224-230.

PALASZ und CZEKAJ (2000)

Palasz, A., Czekaj, P.:

Toxicological and cytophysiological aspects of lanthanides.

Acta Biochim Pol, 47, 1107-1114.

PANG et al. (2002)

Pang, X., Li, D., Peng, A.:

Application of rare-earth elements in the agriculture of china and its environmental behavior in soil.

Environ. Sci. & Pollut. Res., 9, (2), 143-148.

PARKER (1974)

Parker, R.B.:

Probiotics, the other half of the antibiotic story.

Animal Nutrition and Health, 29, 4-8.

- PARTANEN und MROZ (1999)  
Partanen, K., Mroz, Z.:  
Organic acids for performance enhancement in pig diets.  
Nutr. Res. Rev. 12 (1), 117-145.
- PEET- SCHWERING et al. (1999)  
Peet-Schwering, C., van der Houdijk, J., Binnendijk, G.:  
Fructooligosaccharides in protein-rich piglet feed are not suitable as growth promoters.  
Praktijkonderzoek Varkenshouderij, 13, 25-27.
- PETERSEN (2001)  
Petersen, M:  
Naturstoffe in Heil- und Gewürzpflanzen der Laminaceen.  
XXXVI. Vortragstagung der Deutschen Gesellschaft für Qualitätsforschung  
(Pflanzliche Nahrungsmittel) e.V., Jena, 103-110.
- PETERSEN (2003)  
Petersen, U:  
Was bringt die neue Futterzusatzstoff-Verordnung?  
Lohmann Information 4: 21-28.
- PORRU et al. (2000)  
Porru, S., Placidi, D., Quarta, C., Sabbioni, E., Pietra, R., Fortaner, S.:  
The potential role of rare earths in the pathogenesis of interstitial lung disease: a case report of movie projectionist as investigated by neutron activation analysis.  
J. Trace Elem. Med. Biol. 14, 232-236-
- RAMBECK et al. (1999)  
Rambeck, W.A., He, M.L., Chang, J., Arnold, R., Henkelmann, R., Süß, A.:  
Possible role of rare earth elements as growth promoters.  
Vitamine und Zusatzstoffe in der Ernährung von Mensch und Tier.  
7. Symposium, 22.-23. September 1999, JenaThüringen, 311-317.
- RAMBECK und SÜSS (2004)  
Rambeck, W.A., Süß, A.:  
Bedeutung Seltener Erden für die Landwirtschaft.
- RICHTER und LÖSCHER (1999)  
Richter, A.; W. Löscher:  
Phytotherapeutika.  
In: Löcher, W.; F. R. Ungemach; R. Kroker:  
Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren.  
6. Auflage, Parey Buchverlag, Berlin.
- RISLEY et al. (1991)  
Risley, C.R., Kornegay, E.T., Lindemann, M.D., Weakland, S.M.:  
Effects of organic acids with and without a microbial culture on performance and gastrointestinal tract measurements of nearling pigs.  
Anim. Feed Sci. Technol. 35: 259-270.

ROBERFROID (1998)

Roberfroid, M.B.:

Prebiotics and synbiotics: concepts and nutritional properties.

Br. J. Nutr. 80 (4), 197-202.

ROTH (1997)

Roth, H.:

Tiergesundheit fördern – mit Leistungsförderern und Bioregulatoren.

Krafftutter 4, 154-159.

ROTH und KIRCHGESSNER (1998)

Roth, F.X., Kirchgessner, M.:

Organic acids as feed additives for young pigs: Nutritional and gastrointestinal effects.

J. Anim. Feed a. Feed Sci. 7, 25-33.

ROTH et al. (1993)

Roth, F.X., Kirchgessner, M., Eidelsburger, U.:

Zur nutritiven Wirksamkeit von Milchsäure in der Ferkelaufzucht.

Agribiol. Res. 46, 229-239.

ROTH und WINDISCH (2000)

Roth, F.X., Windisch, W.:

Organische Säuren in der Schweinefütterung: Konservierungsmittel mit Leistungsförderndem Potential.

In: 6. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, 21.-23. November 2000, Wittenberg, 51-56.

SABBIONI et al. (1982)

Sabbioni, E., Pietra, R., Gaglione, P.:

Long-term occupational risk of rare-earth pneumoconiosis: A case report as investigated by neutron activation analysis.

Sci. Tot. Environ. 26, 19-32.

SALMINEN et al. (1999)

Salminen, S., Ouwehand, Y.B., Lee, Y.K.:

Probiotics: how should they be defined?

Trend Food Sci. Technol. 10, 107-110.

SCHARRER und LUTZ (1992)

Scharrer, E., Lutz, T.:

Relationship between volatile fatty acids and magnesium absorption in mono- and polygastric species.

Magnesium Res., 5, 53-60.

SCHMID (1994)

Schmid, C.O.:

Literaturübersicht zum therapeutischen Einsatz ausgesuchter Pflanzen und ihre Auswertung unter Berücksichtigung veterinärmedizinischer Aspekte.

Dissertation, Tierärztliche Hochschule, Hannover.

SCHOLZ-AHRENS et al. (2001)

Scholz-Ahrens, K.E., Schaafsma, G., Van den Heuvel, E., Schrezenmeir, J.:

Effects of prebiotics on mineral metabolism.

Am. J. Cli. Nutr. 73 (2), 459-464.

SCHREZENMEIR und DE VRESE (2001)

Schrezenmeir, J., De Vrese, M.:

Probiotics, prebiotics and synbiotics-approaching a definition.

Am. J. Cli. Nutr. 73 (Suppl.), 361-364.

SCHUHMACHER et al. (2002)

Schuhmacher, A.; M. Hofmann; E. Boldt; J. M. Gropp:

Kräuter als alternative Leistungsförderer beim Ferkel.

Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda 2002, 85-87.

SCHULLER (2001)

Schuller, S.:

Seltene Erden als Leistungsförderer beim Geflügel.

Untersuchungen an Broilern und Japanischen Wachtel.

Dissertation, Tierärztliche Fakultät, München.

SCHULLER et al. (2002)

Schuller, S., Borger, C., He, M.L., Henkelmann, R., Jadamus, A., Simon, O., Rambeck, W.A.:

Untersuchungen zur Wirkung Seltener Erden als mögliche Alternative zu Leistungsförderern bei Schweinen und Geflügel.

Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 115, 16-23.

SCHULTZE TEMMING (2002)

Schulze Temming, T.:

Situationsanalyse zur Bedeutung phytogener Futterzusatzstoffe in der Schweinernährung.

Diplomarbeit, Fachhochschule Osnabrück.

SCHULZ et al. (1993)

Schulz, A.G.M., van Alelsvoort, J.M.M., Beynen, A.C.:

Dietary native resistant starch but not retrograded resistant starch raises Magnesium and calcium absorption in rats.

J. Nutr., 123, 1724-1731.

SCHWARTING (2002)

Schwarting, G.:

Einsatz von EV-Biogrün in der Mast fleischreicher Schweine.

Informationsmaterial der Extra-Vit GmbH, Werl: Produkt Biogrün.

SEDMAK et al. (1986)

Sedmak, J.J., Mac Donald, H.S., Kushnaryov, V.W.:

Lanthanide ion enhancement of interferon binding to cells.

Biochem. Biophys. Res. Commun., 137, 480-485.

SIMOES-WUNES (1994)

Simoës-Wunes, C.:

Probiotics microbianos e criação intensiva de animais.

Rev. Port. Ciênc. Vet. 89: 166-174.

SIMON (1997)

Simon, O.:

Einfluss von Nicht-Stärke-Polisacchariden (NSP) auf die Verdauung und Resorption bei Geflügelernährung und Schweinen.

In: 4. Tagung Schweine- und Geflügelernährung (1996), Halle (Saale),

Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen, 90-101.

SOTIROUDIS (1986)

Sotiroudis, T.G.:

Lanthanoide ions and Cd<sup>2+</sup> are able to substitute for Ca<sup>2+</sup> in regulating Phosphorylase kinase.

Biochem. Int., 13, 59-64.

SPRANGER (1989)

Spranger, J.:

Feldversuch zur Erprobung und Verbesserung einer Heilkräuter-Mineralstoff-Mischung hinsichtlich Fruchtbarkeit, Gesundheit und Leistung von Milchkuhbeständen sowie zur Erfassung der Auswirkungen einer intensiven tierärztlichen Herdenbetreuung.

Dissertation, Gesamthochschule Kassel.

SQUIER et al. (1990)

Squier, T.C., Bigelow, D.J., Fernandez-Belda, F.J., deMeis, L., Inesi, G.:

Calcium and lanthanide binding in the sarcoplasmic reticulum ATPase.

J. Biol. Chem., 265, 13713-20.

STEWART et al. (1995)

Stewart, C.S., Hillmann, K., Maxwell, F., Kelly, D., King, T.P.:

Die neuesten Fortschritte in der Probiotik beim Schwein: Beobachtungen zur Mikrobiologie des Schweinedarms.

Übers. Tierernährg. 23, 1-26.

STICHER (1999a)

Sticher, O.:

Ätherische Öle und Drogen, die ätherische Öle enthalten.

In: Hänsel, R.; O. Sticher; E. Steinegger:

Pharmakognosie – Phytopharmazie.

6. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

STICHER (1999b)

Sticher, O.:

Isoprenoide als Inhaltsstoffe.

In: Hänsel, R.; O. Sticher; E. Steinegger:

Pharmakognosie – Phytopharmazie.

6. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

STRICKER (1991)

Stricker, H.:

Stabilität.

In: Nürnberg, E., Surmann, P.:

Hagers Handbuch der pharmazeutischen Praxis.

5. Auflage, Springer-Verlag, Berlin.

SULOTTO et al. (1986)

Sulotto, F., Romano, C., Berra, A., Botta, G.C., Rubino, G.F., Sabbioni, E., Pietra, R.:  
Rare-earth pneumoconiosis: A new case.

Am. J. Ind. Med. 9, 567-575.

SUN et al. (1994)

Sun, J., Zhao, H., Wang, Y.:

Study of the contents of trace rare earth elements and their distribution in wheat and rice samples.

J. Radioanal. Nucl. Chem. 179, 377-383.

SÜPHKE (2002)

Süphke, E.:

Wachsende Bedeutung von Futterzusätzen.

Krafftutter 7-8: 281-283.

SWANN (1969)

Swann, M.M.:

Report of the joint committee on the use of antibiotics in animal husbandry and veterinary medicine.

London, Her Majesty's Stationary Office.

TARTRAKOON et al. (2003)

Tartrakoon, W.; K. Sukkasem, U. Ter Meulen; T. Vearasilp:

Use of essential oil extracted from citronella, cloves and peppermint as supplement in weaner pig diets.

Deutscher Tropentag, 2003, Göttingen.

TEUSCHER (1997)

Teuscher, E.:

Biogene Arzneimittel.

5. Auflage, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart.

TURNER et al. (2002a)

Turner, J. L.; S. S. Dritz; J. J. Higgins; J. E. Minton:

Effects of Ascophyllum nodosum extract on growth performance and immune function of young pigs challenged with Salmonella typhimurium.

Journal of Animal Science 80: 1947-1953.

TURNER et al. (2002b)

Turner, J. L.; S. S. Dritz; J. R. Werner; C. M. Hill; K. Skjolaas; S. Hogge; K. Herkleman; J. E. Minton:

Effects of a Quillaja saponaria extract on weanling pig growth performance and immune function during an acute enteric disease challenge.

Journal of Animal Science 80: 1939-1946.

VAHJEN und SIMON (1997)

Vahjen, W., Simon, O.:

Mögliche Wirkungsebenen NSP-hydrolysierender Enzyme auf intestinale Mikroorganismenpopulationen bei Monogastriden.

Vitamine und Zusatzstoffe in der Ernährung von Mensch und Tier.

6. Symposium, 24./25.09.1997, Jena/Thüringen.

VAHJEN et al. (1998)

Vahjen, W., Gläser, K., Schäfer, K., Simon, O.:

Influence of xylanase-supplemented feed on the development of selected bacterial groups in the intestinal tract of broiler chicks.

J. Agricultural Sci., 130, 489-500.

VELDMAN (1992)

Veldman, A.:

Probiotics.

Tijdschr Diergeneeskd 117: 345-348.

WAGNER und WIESENAUER (1995)

Wagner, H.; M. Wiesenauer:

Phytotherapie: Phytopharmaka und pflanzliche Homöopathika.

Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

WALD (2002)

Wald, C.:

Untersuchungen zur Wirksamkeit verschiedener ätherischer Öle im Futter von Aufzuchtferkeln und Broilern.

Dissertation, Martin-Luther-Universität, Halle-Wittenberg.

WALD et al. (2002)

Wald, C.; H. Kluth; M. Rodehutschord:  
Oregano in den Schweinetrog.  
DLZ Magazin 1, 116-118.

WALD (2004)

Wald, C.:  
Die Wirkung phytogener Zusatzstoffe in der Tierernährung.  
Lohmann Information 2, 19-22.

WALLACE et al. (1994)

Wallace, R. J.; L. Arthaud; C. J. Newbold:  
Influence of *Yucca schidigera* on ruminal ammonia concentration and ruminal  
microorganisms.  
Applied and Environmental Microbiology 60, 1762-1767.

WANG et al. (2000)

Wang, Y.; T. A. McAllister; L. J. Yanke; P. R. Cheeke:  
Effect of steroidal saponin of *Yucca schidigera* extract on ruminal microbes.  
Journal of Applied Microbiology, 88: 887-896.

WAN et al. (1998)

Wan, Q., Tian, J., Peng, H., Zhang, X., Lee, D., Woo, C., Ryu, J., Park, C.:  
The effects of rare earth on increasing yield, improving quality and reducing  
agricultural chemical remained in crop products.  
2<sup>nd</sup> international Symposium on Trace Elements and Food Chain, 12.-15. November  
1998, Wuhan, China, 25.

WANNER (1999)

Wanner, M.:  
Antimikrobielle Leistungsförderer – Rückblick und Alternativen.  
Schweiz. Arch. Tierheilkd. 141, 93-97.

WARRING und WATTLING (1990)

Warring, P.M., Wattling, R.J.:  
Rare earth desposits in a deceased movie projectionist.  
Med. J. Aust. 153, 726-730.

WATANABE (1963)

Watanabe, T.:  
Infective heredity of multiple drug resistance in bacteria.  
Bacteriol. Rev. 27, 87-115.

WATZL (2001)

Watzl, B.:  
Saponine: Charakteristik, Vorkommen, Aufnahme, Stoffwechsel, Wirkung.  
Ernährungs-Umschau 48, 251-253.

WEISS und GOODMAN (1969)

Weiss, G.B., Goodman, F.R.:

Effects of lanthanum on contraction, calcium distribution and Ca<sup>2+</sup> movements in intestinal smooth muscle.

J. Pharmacol. Exp. Ther., 169, 46-55.

WESTENDARP (2003)

Westendarp, H.:

Kräutereinsatz in der Schweinefütterung.

Internationale Jubiläumskonferenz der Angewandten Wissenschaften:

Gegenwärtige Probleme und Errungenschaften der Agrarwissenschaften in Viehhaltung und Pflanzenbau.

Staatliche Altaier-Agrar-Universität, Barnaul, 4, 236-246.

WERNER (2002)

Werner, E.:

Desinfektionsmittel.

In: Frey, H.-H.; W. Löscher:

Pharmakologie und Toxikologie für die Veterinärmedizin.

2. Auflage, Enke-Verlag, Stuttgart.

WURM (1951)

Wurm, M.:

The effect of lanthanum on growth and metabolism of *Streptococcus faecalis* R.

J. Biol. Chem., 192, 707-714.

WYTENBACH et al. (1996)

Wytenbach, A., Tobler, L., Furrer, V.:

J. Radioanal. Nucl. Chem. 204, 401.

ZANI et al. (1998)

Zani, J.L., Weykamp Da Cruz, F., Freitas Dos Santos, A., Gil-Turnes, C.:

Effect of probiotic CenBiot on the control of diarrhoea and feed efficiency in pigs.

J. Appl. Microbiol. 84, 68-71.

XIA und HE (1997)

Xia, Z., He, R.:

A review of applying REE in agriculture production.

Chinese, unpublished.

XIE et al. (1995)

Xie, J., Xia, Z., Wang, Z.:

Studies on the effects of Rare Earth compound added to diets of Guangxi Broiler Chickens. Chinese, unpublished.

XU et al. (1997)

Bioelectrical activity of the central nervous system among population in rare earth element area.

Biological Trace Element Research 57 (1): 71-77.

## 9. Danksagung

- Allen voran möchte ich mich ganz herzlich bei Herrn Prof. Dr. Dr. habil. W.A. Rambeck für die Überlassung dieses Themas und für die wirklich exzellente und stets humane Betreuung bedanken.
- Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. L. Kotter für die fruchttragende Kontaktherstellung zum Herrn Prof. Dr. Dr. habil. W.A. Rambeck.
- Ebenfalls ganz herzlich möchte ich mich bei der II. Medizinischen Tierklinik und damit bei Herrn Prof. Dr. K. Heinritzi und vor allem bei seinem Mitarbeiter, Dr. Mathias Ritzman für die rasche und effektive Hilfe mit meinen durchfallgeplagten Ferkeln bedanken.
- Ein großer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Erhard für die zeitweilige Benutzung des EDV-Systems im Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Verhaltenskunde.
- Herrn Dr. Uli Wehr danke ich sehr für seine aktive und freundliche Unterstützung sowie für seine bis zur letzten Minute reichenden Geduld.
- Mein herzlicher Dank gilt Dr. Britta Dobenecker, Frau Stadler, Nadja, Gabi, Walter, Uli und Adrian für die Mischung der zahlreichen Futterrationen und die Unterstützung während der verschiedenen Versuchsphasen.
- Herrn Dr. Süß möchte ich für die freundliche und verständnisvolle Unterstützung danken.
- Für die großartige Hilfe bei der statistischen Datenanalyse danke ich Herrn Prof. Osterkom und Herrn Stanglmeier.
- Meinen vielen fleißigen Helfern beim Blut und Proben nehmen, allen voran Aniko, Nicole, Susi, Jani, Carmen und Klaus möchte ich meinen ganz besonderen Dank aussprechen.
- Meinen Eltern danke ich für die aufmunternde Worte und ihre Gebete.
- Von ganzem Herzen möchte ich mich bei meiner verständnisvollen und mich immer unterstützenden Verlobten, Aniko für ihre fruchtbringende Hilfe bedanken.
- Ganz lieben Dank an meine BM-Freunde Steffi und Damian für ihren prompten Einsatz.

---

**10. Lebenslauf**

Name: Josef Recht

Geburtsdatum: 09.08.1972

Geburtsort: Mohacs / Ungarn

Eltern: Recht Jozsefne, geb. Pecsí  
Recht Jozsef

Schulbildung: 1978 – 1986: Grundschule Mohacs / Ungarn  
1986 – 1990: Franziskaner Gymnasium, Esztergom  
1991 – 1993: Studienkolleg des Freistaates Bayern,  
München

WS 1994 Aufnahme des Studiums der Tiermedizin an der Ludwig-  
Maximilians-Universität, München

Staatsexamen: Mai 2002

August 2002 –  
November 2004 Anfertigung der vorliegenden Doktorarbeit am Institut für  
Tierphysiologie am Lehrstuhl für Tierernährung und  
Diätetik unter Prof. Dr. Rambeck Oberschleißheim