

# **Einfluss Seltener Erden in der Schweine- und Kälbermast**

**Tatjana Miller**

**München 2006**



Aus dem Institut für  
Physiologie, Physiologische Chemie und Tierernährung der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwigs-Maximilians-Universität München

Geschäftsführender Vorstand:

Prof. Dr. H.-J. Gabius

Arbeit angefertigt unter der Leitung von

Prof. Dr. W.A. Rambeck

## **Einfluss Seltener Erden in der Schweine- und Kälbermast**

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

von

Tatjana Miller

aus

München

München 2006

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. E. P. Märtlbauer

Referent: Prof. Dr. W. Rambeck

Korreferentin: Priv.-Doz. Dr. B. Schalch

Tag der Promotion: 10. Februar 2006

**Für**

**Luca und Ralph**



---

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1. Einleitung und Aufgabenstellung</b>	<b>1</b>
<b>2. Literaturübersicht</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Leistungsförderer</b>	<b>3</b>
2.1.1 Definition und Einteilung von Leistungsförderern	3
2.1.2 Stoffe mit antimikrobieller Wirkung	3
2.1.3 Hormone	4
2.1.4 Kupfer	4
<b>2.2 Alternative Leistungsförderer</b>	<b>5</b>
2.2.1 Probiotika	5
2.2.2 Prebiotika	6
2.2.3 Organische Säuren und deren Salze	7
2.2.4 Enzyme	8
2.2.5 Kräuter und Pflanzen als wachstumsfördernde Futterzusatzstoffe	9
2.2.5.1 Allgemeiner Wirkungsmechanismus phytogener Zusatzstoffe	10
2.2.5.1.1 Futteraufnahme und Nährstoffverwertung	10
2.2.5.1.2 Antimikrobielle Wirkung	12
2.2.5.1.3 Antioxidative Eigenschaften	13
2.2.5.1.4 Immunstimulierende Wirkung	13
2.2.6 Futtermittelrechtliche Einordnung der Zusatzstoffe	14
2.2.7 Einsatz in der Tierernährung	17
2.2.8 Anwendung in der Schweinefütterung	18
2.2.9 Problematik in der Anwendung mit Ausblick in die Zukunft	25
<b>2.3 Seltene Erden</b>	<b>26</b>
2.3.1 Einteilung und Stellung im Periodensystem	26
2.3.2 Vorkommen, Gewinnung und Verwendung	26
2.3.3 Chemische und physikalische Eigenschaften	27
2.3.4 Biochemische und pharmakologische Eigenschaften	28

2.3.5 Toxikologische Eigenschaften	30
2.3.6 Einsatz Seltener Erden in der chinesischen Landwirtschaft	31
2.3.6.1 Einsatz in der chinesischen Pflanzenproduktion	31
2.3.6.2 Einsatz in der chinesischen Tierproduktion	33
2.3.7 Einsatz Seltener Erden unter westlichen Bedingungen	35
<b>3. Material und Methoden</b>	<b>40</b>
<hr/>	
<b>3.1 Fütterungsversuch mit Mastkälbern</b>	<b>40</b>
3.1.1 Versuchsziel	40
3.1.2 Versuchsaufbau und Versuchstiere	40
3.1.3 Tierhaltung	40
3.1.4 Fütterungsmodus	41
3.1.5 Futterzusammensetzung	44
3.1.6 Untersuchte Parameter	46
3.1.6.1 Gesundheitszustand	46
3.1.6.2 Bestimmung des Futtermittels	46
3.1.6.3 Lebendmasseentwicklung	46
3.1.6.4 Futtermittelverwertung	47
3.1.7 Statistik	47
<b>3.2 Fütterungsversuch mit Schweinen</b>	<b>47</b>
3.2.1 Versuchsziel	47
3.2.2 Versuchstiere	48
3.2.3 Versuchsgruppen	48
3.2.4 Tierhaltung	48
3.2.5 Fütterungsabschnitte und Futterzusammensetzung	50
3.2.6 Fütterungsmodus	55
3.2.7 Untersuchte Parameter	56
3.2.7.1 Gesundheitsstatus	56
3.2.7.2 Gewichtsentwicklung	57
3.2.7.3 Futtermittelverbrauch und Futtermittelverwertung	57
3.2.7.4 Schlachtleistungsparameter	57
3.2.8 Statistik	60

---

<b>4. Ergebnisse</b>	<b>61</b>
<b>4.1 Fütterungsversuch mit Mastkälbern</b>	<b>61</b>
4.1.1 Gesundheitszustand	61
4.1.2 Mastleistungsparameter	61
4.1.2.1 Futterverbrauch	61
4.1.2.2 Lebendmassezunahme	61
<b>4.2 Fütterungsversuch mit Schweinen</b>	<b>65</b>
4.2.1 Gesundheitszustand	65
4.2.2 Mastleistungsparameter	65
4.2.2.1 Lebendmasseentwicklung	65
4.2.2.2 Futterverbrauch und Futterverwertung	75
4.2.3 Schlachtleistungsparameter	76
4.2.4 Einteilung in Handelsklassen	81
<b>5. Diskussion</b>	<b>82</b>
<b>5.1 Fütterungsversuch mit Mastkälbern</b>	<b>82</b>
5.1.1 Gesundheitszustand	83
5.1.2 Mastleistungsparameter	83
5.1.2.1 Futteraufnahme und Futterverwertung	83
5.1.2.2 Lebendmassezunahme	84
<b>5.2 Fütterungsversuch mit Schweinen</b>	<b>87</b>
5.2.1 Gesundheitszustand	88
5.2.2 Mastleistungsparameter	89
5.2.2.1 Futteraufnahme und Futterverwertung	89
5.2.2.2 Gewichtsentwicklung	90
5.2.3 Schlachtleistungsparameter	93
<b>6. Zusammenfassung</b>	<b>97</b>

---

<b>7. Summary</b>	<b>99</b>
-------------------	-----------

---

<b>8. Literaturverzeichnis</b>	<b>101</b>
--------------------------------	------------

---

<b>9. Danksagung</b>	<b>133</b>
----------------------	------------

---

<b>10. Lebenslauf</b>	<b>134</b>
-----------------------	------------

---

**TABELLENVERZEICHNIS**

Tabelle 1: Übersicht der fünf Zusatzstoffkategorien .....	15
Tabelle 2: Technologische Zusatzstoffe .....	15
Tabelle 3: Sensorische Zusatzstoffe .....	16
Tabelle 4: Ernährungsphysiologische Stoffe .....	16
Tabelle 5: Zootechnische Stoffe .....	17
Tabelle 6: Eigenschaften von Calcium und Lanthanoiden (nach EVANS, 1990) .....	28
Tabelle 7: Der Effekt von Seltenen Erden auf einige Feldfrüchte .....	32
Tabelle 8: Übersicht der Ergebnisse von XU et al. (1999) .....	34
Tabelle 9: Übersicht über westliche Fütterungsversuche bei Nutztieren .....	38
Tabelle 10: Mengen an Futterkomponenten in Relation zu Körpermasse und Alter der Mastkälber .....	43
Tabelle 11: Zusammensetzung des Milchaustauschers „Milkibeef® Top“ .....	44
Tabelle 12: Inhaltsstoffen des Milchaustauschers „Milkibeef® Top“ .....	44
Tabelle 13: Angaben über die Zusatzstoffe des Milchaustauschers pro kg Mischfutter .....	45
Tabelle 14 : Zusammensetzung des Kraftfutters [%] .....	45
Tabelle 15: Inhaltsstoffe des Kraftfutters [ %] .....	46
Tabelle 16: Zusatz an Seltenen Erden (REE), digestan® in den vier Rationen [ppm] .....	48
Tabelle 17: Futtermischung des Ferkelaufzuchtfutters .....	50
Tabelle 18: Inhaltsstoffe des Ferkelaufzuchtfutters laut Analyse des LVG [g/kg] .....	51
Tabelle 19: Gehalte an ausgewählten Mineralstoffen, Aminosäuren und Vitaminen im SALVANA Ferkel Mineral® .....	52
Tabelle 20: Futtermischung des Vormastfutters (Mast I) .....	53
Tabelle 21: Inhaltsstoffe des Vormastfutters [kg] .....	53
Tabelle 22: Gehalt des Mineralfutter für Schweine der Firma SALVANA ® an Calcium, Phosphor, Natrium, Magnesium und essentiellen Aminosäuren .....	54
Tabelle 23: Futtermischung für das Endmastfutter (Mast II) .....	54
Tabelle 24: Inhaltsstoffe des Endmastfutters .....	55
Tabelle 25: Einteilung des Muskelfleischanteils nach dem EUROP-System .....	59
Tabelle 26: Darstellung des durchschnittlichen Einstallgewichts und Ausstallgewichts [kg] der Kontroll- und Versuchsgruppe .....	62
Tabelle 27: Durchschnittliche Gewichtszunahme [kg] der Kontroll-	

---

und Versuchsgruppe in den jeweiligen Versuchsdurchgängen (MW±s) .....	63
Tabelle 28: Tägliche Gewichtszunahmen [g] der Tiere aus der Kontrollgruppe und aus der Versuchsgruppe .....	64
Tabelle 29: Durchschnittliche absolute Körpergewichte in [kg] der männlichen Tiere während der Aufzucht, Mast I und Mast II .....	66
Tabelle 30: Durchschnittliche absolute Körpergewichte in [kg] der weiblichen Tiere während der Aufzucht, Mast I und Mast II .....	68
Tabelle 31: Mittlere tägliche Gewichtszunahmen in [g] der männlichen Schweine während der Periode der Aufzucht, Mast I und Mast II .....	70
Tabelle 32: Mittlere tägliche Gewichtszunahmen [g] der weiblichen Schweine während der Aufzucht, Mast I und Mast II .....	72
Tabelle 33: Mittlere tägliche Gewichtszunahme in [g] männlicher und weiblicher Tiere während der Aufzucht .....	73
Tabelle 34: Mittlere tägliche Gewichtszunahme in [g] männlicher und weiblicher Tiere während Mast I und Mast II .....	75
Tabelle 35: Beurteilung des Schlachtkörpers nach Gewicht und Länge .....	76
Tabelle 36: Verhältnis zwischen Fett und Muskel am Schlachtkörper .....	77
Tabelle 37: Leitfähigkeit und verschiedene pH-Wert Messungen am Schlachtkörper .....	78
Tabelle 38: Verschiedene Speckmaßermittlungen am Schlachtkörper .....	80
Tabelle 39: Einteilung der Schlachtkörper in Handelklassen .....	81

**ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abbildung 1: Einfluss der Dosierung eines Kräutergemisches auf die Futteraufnahme von Ferkeln während der ersten 12 Tage nach dem Absetzen im Vergleich zu einer Kontroll-Gruppe (K)..... 11

Abbildung 2: Darstellung des Verlaufs der Rationsgestaltung innerhalb der Versuchsdauer .....42

Abbildung 3: Darstellung des Verlaufs der Rationsgestaltung innerhalb der Versuchsdauer .....84

Abbildung 4: Durchschnittliche Gewichtszunahme [kg] der Kontroll- und Versuchsgruppe in den jeweiligen Versuchsdurchgängen .....85

Abbildung 5: Durchschnittliche Körpergewichte der männlichen Tiere über die gesamte Versuchslaufzeit .....90

Abbildung 6: Durchschnittliche Körpergewichte der weiblichen Tiere über die gesamte Versuchslaufzeit .....92

**ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**

Abb.	Abbildung
ALP	Alkalische Phosphatase
ALT	Alanin-Amino-Transferase
AML	antimikrobielle Leistungsförderer
AST	Aspartat-Amino-Transferase
Ca	Calcium
Ce	Cer
Cl	Chlorid
Cu	Kupfer
d	Tag
DFD	dark, firm and dry
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
DNA	Desoxyribonukleinsäure
E.coli	Escherichia coli
et al.	und Mitarbeiter
EU	Europäische Union
Fa.	Firma
FFS	Flüchtige Fettsäuren
FMR	Futtermittelrecht
FMVO	Futtermittelverordnung
FV	Futtermittelverwertung
g	Gramm
ges	gesamt
GH	Growth Hormon (Wachstumshormon)
GZ	Gewichtszunahme
h	Stunde
häm.	hämolytisch
HCL	Salzsäure
Hrsg.	Herausgeber
IU	International Units (Internationale Einheiten)
i.p.	intraperitoneal
i.v.	intravenös

KBE	Kolonien bildende Einheit
kg	Kilogramm
KGW	Körpergewicht
KOH	Kalilauge, Kaliumhydroxid
l	Liter
LD <sub>50</sub>	mittlere letale Dosis
LFK	elektrische Leitfähigkeit
MAT	Milchaustauscher
ME	umsetzbare Energie
mg	Milligramm
MJ	Megajoule
mV	Millivolt
mm	Millimeter
Mmol	Millimol
MW	Mittelwert
n	Anzahl der Proben
Na	Natrium
NfE	Stickstoff-freie Extraktstoffe
nm	Nanometer
NSP	Nicht-Stärke-Polysaccharide
µg	Mikrogramm
ppm	parts per million
P	Phosphor
PSE	pale, soft and exudativ
Ra	Rohasche
REE	Rare Earth Elements
Rfa	Rohfaser
Rfe	Rohfett
Rp	Rohprotein
s	Standardabweichung
T <sub>3</sub>	Trijodthyronin
T <sub>4</sub>	Thyroxin
Tab.	Tabelle
TM	Trockenmasse

TS	Trockensubstanz
Vit.	Vitamin
VM	Vormischung
WH	Wachstumshormon (GH)
Yb	Ytterbium
z.T.	zum Teil

## 1. Einleitung

Seit dem 1. Januar 2006 sind alle antibiotischen Leistungsförderer verboten. Vor diesem Hintergrund wird nach Alternativen gesucht. Als mögliche Alternativen zu antibiotischen Leistungsförderern kommen Probiotika, Prebiotika, Säuren und Salze, Enzyme, Kupfer, sowie Kräuter und deren Extrakte in Betracht.

Auf der Suche nach leistungsfördernden Substanzen geriet die Gruppe der Seltenen Erden in den Focus der Forschung. Seit ca. vier Jahrzehnten werden in China Gemische Seltener Erden (REE) zur Steigerung pflanzlicher und tierischer Leistung eingesetzt. Verwendung finden überwiegend Gemische Seltener Erdmetalle, welche leicht verfügbar und billig sind. Sie werden in der Pflanzenzucht dem Dünger zugesetzt oder direkt auf Saatgut und Blätter aufgebracht. Sensationelle Ertrags- und Leistungssteigerungen werden auch in der Tiermast beschrieben.

Um zu überprüfen, ob die beschriebenen leistungssteigernden Wirkungen auch unter westlichen Bedingungen erzielt werden können, wurden in Deutschland von unserer Arbeitsgruppe unterschiedliche Gemische von Seltenen Erden, u.a. bei Ferkeln getestet. Dabei wurden leistungssteigernde Effekte auf Gewichtszunahme und Futtermittelverwertung beobachtet, was dazu führte, dass weitere Versuche an verschiedenen Nutztieren durchgeführt wurden.

Der Einfluss Seltener Erden wurde unter westlichen Bedingungen bisher bei Schweinen, Geflügel, Ratten und Fischen untersucht. Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit sollte der Einfluss Seltener Erden in Citratform auf die Lebendmassezunahme bei Mastkälbern in einem Feldversuch untersucht werden. Zu diesem Zweck wurden den Tieren die Seltenen Erden über den Milchaustauscher zugeführt. Als Mastleistungsparameter wurde die tägliche Gewichtszunahme erhoben.

Parallel zu den Untersuchungen auf leistungssteigernde Effekte Seltener Erden wecken auch Kräuter und deren Extrakte als Futterzusatzstoffe das Interesse der Futtermittelforschung. Daher sollten in einem zweiten Versuch die Wirkungen von REE und dem phytogenen Zusatzstoff digestan® an Schweinen untersucht werden. Hierzu wurden Seltene Erden in Citratform, digestan® sowie eine Kombination aus REE und digestan® im Vergleich zu einer Kontrollgruppe an Schweinen über die gesamte Periode der Aufzucht, Mast I und Mast II getestet. Ziel dieses Fütterungsversuches war es, die potentielle Leistungssteigerung auf den

Futtermverbrauch, die Futtermverwertung, die Körpergewichtszunahme und Effekte auf Schlachtleistungsparameter zu untersuchen.

Beide Untersuchungen sollen dazu dienen, nach dem Verbot der antibiotischen Leistungsförderer, mögliche alternative Wege in der Nutztierhaltung aufzuzeigen.

---

## 2. Literaturübersicht

### 2.1 Leistungsförderer

#### 2.1.1 Definition und Einteilung von Leistungsförderern

Leistungsförderer sind Stoffe, die bei leistungsgerechter Nährstoffversorgung die Futtermittelverwertung verbessern und die täglichen Zuwachsraten erhöhen (GREIFE u. BERSCHAUER, 1988). Sie werden im Futtermittelgesetz §2 den Zusatzstoffen ohne Nährstoffcharakter zugeordnet.

Sie unterscheiden sich im Wesentlichen bezüglich des Wirkungsortes und der Wirkungsweise. So gibt es Stoffe, die im Gastro-Intestinaltrakt ihre Wirkung durch Beeinflussung der Mikroflora entfalten, oder aber als körpereigene oder künstlich hergestellte Hormone in den Intermediärstoffwechsel eingreifen.

Seit 1988 sind hormonelle Leistungsförderer EU-weit verboten. Mit dem zusätzlichen Verbot antibiotischer Leistungsförderer seit dem 01. Januar 2006 gewinnen alternative Futterzusätze für leistungssteigernde Zwecke immer mehr an Bedeutung. Zu dieser neuen Gruppe alternativer Leistungsförderer gehören z.B. Probiotika, Prebiotika und einige pflanzliche Futterzusätze mit leistungssteigernder Wirkung.

#### 2.1.2 Stoffe mit antimikrobieller Wirkung

MOORE et al. (1946) haben durch das Verfüttern von Antibiotika in geringen Dosierungen den leistungssteigernden Effekt auf Gewichtszunahme und Futtermittelverwertung entdeckt.

Anfangs wurden für diese Zwecke in der Tierernährung die gleichen Antibiotika eingesetzt, die auch in der Humanmedizin zur Therapie Verwendung fanden (WANNER, 1999). Durch den verbreiteten Einsatz von Fütterungsantibiotika nahmen resistente Bakterienstämme immer schneller zu und kurze Zeit darauf wurde die Übertragbarkeit von Resistenzen festgestellt (WATANABE, 1963). Möglicherweise existiert ein Zusammenhang zwischen dem Einsatz antibiotischer Leistungsförderer in der Tiermast und der Ausbreitung multiresistenter human- und tierpathogener Bakterien, deshalb kam man der Empfehlung des Swann-Reports (1969) nach, nur noch Antibiotika für den nutritiven Einsatz zu verwenden, die keine oder nur geringe therapeutische Bedeutung haben und keine Kreuzresistenzen mit therapeutisch verwendeten Antibiotika aufweisen. Gründe für den Widerruf von sechs

antimikrobiellen Leistungsförderern waren die potentielle Gefahr einer Resistenzentwicklung bei humanpathogenen Keimen, sowie toxikologische Bedenken (KAMPHUES, 1999).

Vor dem Hintergrund des EU-weiten Verbots von Fütterungsantibiotika, das seit Januar 2006 gilt, sind die vier verbleibenden Antibiotika Avilamycin, Flavophospholipol, Monensin und Salinomycin für leistungsfördernde Zwecke nicht mehr zugelassen. Auf Grund der geänderten Rechtslage steigt das Interesse an alternativen Leistungsförderern, die diesen Beschränkungen nicht unterliegen.

### **2.1.3 Hormone**

EU-weit gilt ein generelles Verbot für den Einsatz von Hormonen zu Mastzwecken. In den USA und anderen Ländern ist der Einsatz zulässig; es werden hierdurch erhöhte Tageszunahmen bei den unterschiedlichsten Tierarten erzielt (MUIR et al. 1983; LAUDERDALE, 1983).

Hormone dienen als Botenstoffe zwischen den verschiedenen Zellarten des Organismus und können auch in den intermediären Stoffwechsel eingreifen und das Wachstum des Körpers beeinflussen. Sie können sowohl in körpereigener als auch in synthetischer Form eingesetzt werden.

Dabei zählen Östrogen, Progesteron und Testosteron zu den körpereigenen, natürlichen, anabolen Steroiden, wohingegen Zeranol, Trenbolonacetat und Melengestrolacetat synthetische Vertreter der hormonellen Leistungsförderer sind. Das Wachstumshormon Somatotropin, sowie die synthetisch hergestellten Beta-Agonisten wie Cimaterol, Ractopamin und Clenbuterol ermöglichen durch Beeinflussung des Intermediärstoffwechsels die Futtermittelverwertung zu verbessern und die Gewichtszunahmen zu steigern. Da Hormone in der EU verboten sind, wird ihr leistungsfördernder Einsatz hier nicht näher behandelt.

### **2.1.4 Kupfer**

Bei Kupfer handelt es sich um ein essentielles Spurenelement, dessen empfohlene Tagesmenge bei 4 – 10 mg / kg Futter für Schweine liegt (KAMPHUES et al., 1999). Die Futtermittelverordnung (Anlage 3 zu FMVO) erlaubt einen Zusatz in der Konzentration von 170 mg / kg Futter für Schweine bis zum Alter von 12 Wochen, bzw. 25 mg / kg Futter bei Schweinen über 12 Wochen.

1955 wird von BARBER et al. die leistungssteigernde Wirkung von Kupfer in Bezug auf Wachstumssteigerung und einer verbesserten Futterverwertung publiziert. Sowohl Kupfersulfat, Kupfercarbonat, Kupferoxid als auch Kupferchlorid hatten sich als wirksam erwiesen (BRAUDE, 1967). Durch Kupferzusatz zu üblichen Diäten bei wachsenden Schweinen kann eine deutliche Leistungsverbesserung festgestellt werden. Der mögliche Wirkungsmechanismus von Kupfer ist bislang nicht restlos geklärt. Es wird jedoch vermutet, dass die Mikroflora des Magen-Darm Trakts beeinflusst wird (BARBER et al., 1955; FULLER et al., 1960; MAYER und KRÖGER, 1973). Bestätigt wird dies durch die Tatsache, dass Kupfer in vitro bakteriostatisch und in höheren Dosierungen sogar bakterizid wirkt (GEDEK, 1981).

Kupfer ist billig, leicht verfügbar und damit für Landwirte mit eigener Futterherstellung ein idealer Leistungsförderer. Allerdings ergeben sich mit der Kupferfütterung zur Leistungssteigerung auch ernsthafte Probleme. So kommt es durch den Kupfereinsatz zur kompetitiven Hemmung und schließlich zur Herabsetzung der Absorption von Eisen (MEYER und KRÖGER, 1973) und Zink (VAN CAMPEN, 1970) aus dem Darm. Dies kann zu Mangelsymptomen wie z.B. zur Senkung des Hämoglobingehaltes des Blutes und zur mikrozytären Anämie bzw. zu Parakeratose bei Zinkmangel führen. Kupfer reichert sich bei Dosierungen von 125 – 250 mg/kg Futter in der Leber an (CASSIDY und EVA, 1958). Beim Einsatz von Kupfer ist zum einen die Rückstandsproblematik im Organismus und damit in der Nahrungskette, als auch das Vergiftungsrisiko bei den Tieren und die anfallenden kupferreichen Ausscheidungsprodukte zu beachten.

## **2.2 Alternative Leistungsförderer**

### **2.2.1 Probiotika**

Probiotika sind lebende Mikroorganismen mit der Eigenschaft bioregulatorisch in die Mikroflora des Verdauungstraktes einzugreifen. Sie üben daher einen positiven Effekt auf das Wirtstier aus (FULLER, 1989).

Der Einsatz von Probiotika wird in der Futtermittelverordnung vom 23. November 2000 in Anlage 3 in Verbindung mit EU-Richtlinie 70/524/EEC über Zusatzstoffe in der Tierernährung geregelt. Insbesondere Mikroorganismen wie Bacillus – Arten (Bodenbakterien), Milchsäurebakterien (Laktobazillen, Bifidobakterien,

Enterokokken) und Pilze (Hefen und *Aspergillus oryzae*) (JADAMUS et al. 1999) finden häufig Verwendung.

Als Futterzusatzstoffe werden dabei überwiegend Probiotika verwendet, die auf Grund ihrer antagonistischen Eigenschaft gegenüber unerwünschten Bakterienstämmen fähig sind, sich zu vermehren und an der Darmwand anzusiedeln. So entsteht ein natürlicher „Biofilm“ als humorale Barriere der Darmwand, der die Besiedelung durch pathogene Keime verhindern soll (GEDEK, 1993).

Probiotika entfalten vorwiegend bei jungen und gestressten Tiere ihre volle Wirkung (FULLER, 1989). Es wird davon ausgegangen, dass bei Jungtieren die Mikroflora des Darmes noch nicht vollständig und stabil ausgebildet ist. Die zugeführten Mikroorganismen helfen die Darmflora gerade in ungünstigen Situationen wie Stress durch Futterwechsel bzw. Neugruppierung oder bei jungen Tieren mit einer unausgereiften Darmflora stabil zu halten (Fuller, 1989; Roth, 1997).

### **2.2.2 Prebiotika**

Prebiotika stellen das Substrat für Probiotika dar und bestehen aus verschiedenen Oligosacchariden, Polysacchariden, kleinen Zuckeralkoholen und Disacchariden. GIBSON und ROBERFROID (1995) bezeichneten sie als unverdauliche Nahrungsbestandteile, die sich positiv auf den Wirtsorganismus auswirken indem sie das Wachstum und/oder die Aktivität erwünschter Bakterienarten im Darm stimulieren.

Die Bindungsstruktur der Oligosaccharide macht es körpereigenen Enzymen unmöglich sie zu spalten. Erst die Mikroflora, wie Laktobazillen und Bifidobakterien im hinteren Abschnitt des Verdauungstrakts, können sie als Substrat verwenden. Durch den Prebiotikaeinsatz kommt es zur spezifischen Förderung der erwünschten Bakterienstämme im Gastrointestinaltrakt. Es entstehen bei der Fermentation von Polysacchariden kurzkettige Fettsäuren wie Acetat, Propionat und Butyrat, wodurch es zum pH-Wert-Abfall im Chymus kommt. Für potentiell pathogene Mikroorganismen wie z.B. *E. coli*, Clostridien oder Salmonellen erzeugt dies ungünstige Bedingungen (BEDINGTON, 2001).

Ziel des Prebiotikaeinsatzes ist es, die Gewichtszunahmen und den Gesundheitsstatus von Nutztieren zu verbessern. In Bezug auf Wachstumsleistung und einer verminderten Durchfallinzidenz unter Einsatz von Prebiotika gibt es widersprüchliche Ergebnisse. XU et al. (2003) konnten signifikant erhöhte

Tageszunahmen, verminderte *E. coli* – Zahlen im Dünndarm- und Caecuminhalt und eine Verlängerung der jejunalen und ilealen Mikrovilli bei Broilern, die ein mit Fructooligosaccharid supplementiertes Futter erhielten, nachweisen.

### **2.2.3 Organische Säuren und deren Salze**

Um Futtermittel vor dem mikrobiellen Verderb zu schützen, werden organische Säuren oder ihre Salze wie z.B. Ameisen- und Propionsäure schon seit längerem erfolgreich im Ferkelaufzuchtfutter eingesetzt. Neben der Konservierung von Futtermitteln konnte eine enorme Leistungssteigerung bezüglich Futtermittelverwertung und Tageszunahmen verzeichnet werden (KIRCHGESSNER und ROTH, 1988).

Im Magen von Absatzferkeln reicht die HCl-Produktion anfangs nicht aus, um Mikroorganismen abzuwehren (MANNERS, 1976). Durch die Verwendung organischer Säuren kommt es zu einer schnellen Absenkung des pH-Wertes im Magen und einer vermehrten Aktivierung von Pepsinogen zu Pepsin und somit auch zu einer Förderung der Proteinverdauung (KIRCHGESSNER und ROTH, 1988). Eine pH-Wert-Absenkung im Futter hat möglicherweise eine positive Auswirkung auf die Verdauungsvorgänge bei Ferkeln (KIRCHGESSNER und ROTH, 1988). Durch die pH-Wert-Senkung im Chymus wird das Wachstum unerwünschter Keime gehemmt.

Es wurden weniger Durchfallerkrankungen bei Tieren beobachtet, denen Säure zugefüttert wurde (KIRCHGESSNER und ROTH, 1988; LÜDKE und SCHÖNE, 1991; FREITAG et al., 1999). In der Literatur wird mehrfach beschrieben, dass der Zusatz von organischen Säuren zum Futter oder Trinkwasser die Bakterientätigkeit im Verdauungstrakt reduzieren kann (COLE et al., 1968; SCIPIONI et al., 1978; THOMLINSON und LAWRENCE, 1981).

Ammoniak und biogene Amine sind die Produkte des mikrobiellen Proteinabbaus und wirken stoffwechselbelastend.

Durch die antimikrobielle Wirkung organischer Säuren wird diesen Vorgängen reduzierend entgegengewirkt (ECKEL et al. 1992b). Darüber hinaus weisen organische Säuren einen hohen Energiegehalt auf, der auch vollständig energetisch verwertet wird und deshalb in der Energiebewertung berücksichtigt werden muss.

Allerdings gibt es eine Einsatzbeschränkung, da sich eine zu hohe Dosierung der Säuren auf Grund der Geschmacksbeeinträchtigung negativ auf die Futteraufnahme ausüben (PARTANEN und MROZ, 1999).

## 2.2.4 Enzyme

Enzyme als Futterzusatzstoffe können auf verschiedene Arten ihre Wirkung entfalten. So werden sie als Nicht-Stärke-Polysacchariden (NSP) spaltende Enzyme zur besseren energetischen Verwertung NSP-reicher Futtermittel und zur Eliminierung möglicher antinutritiver Effekte in der Broiler- und Ferkelzucht eingesetzt. Bei NSP-spaltenden Enzymen handelt es sich um Hydrolasen, z.B. Cellulase und Xylolase, die mittlerweile biotechnisch hergestellt werden und die nachfolgenden antinutritiven Effekte weitgehend verhindern (JEROCH, 1991, 1993). NSP sind als Ballast- und Gerüststoffe bekannt und in den Zellwänden von Futterbestandteilen (u. a. Getreidekörnern) zu finden. Diese NSP können von körpereigenen Enzymen nicht oder nur teilweise gespalten werden. Sie besitzen außerdem die Eigenschaft Nährstoffe einzuschließen und sie somit für endogene Verdauungsenzyme unzugänglich zu machen (AMAN und GRAHAM, 1987). Des Weiteren erhöhen sie die Viskosität des Darmchymus, wodurch eine Durchmischung des Darminhaltes mit körpereigenen Enzymen erschwert wird (FENGLER und MARQUADT, 1988).

Durch den Einsatz NSP-spaltender Enzyme (HABERER und SCHULZ 1998) konnte auf Grund der hohen Wasserbindungskapazität die Viskosität des Darmchymus herabgesetzt (BURNETT 1996; BEDFORT, 1993) und somit die Durchmischung mit körpereigenen Enzymen verbessert werden ( FENGLER und MARQUADT, 1988). Bei Schweinen konnte dadurch sowohl in der Aufzucht, als auch in der Mast, eine Verbesserung der Tageszunahmen verzeichnet werden (HABERER und SCHULZ 1998). Ebenso konnten in der Broilermast, je nach Getreidemischung, beachtliche Mehrzunahmen bei vermindertem Futteraufwand erzielt werden (JEROCH, 1993).

Ein Enzym, das seit längerem in der Schweine- und Broilermast eingesetzt wird, ist die Phytase. Sie ermöglicht die Abspaltung von Phosphor aus dem pflanzlichen Phytat. Die daraus resultierende gesteigerte Phosphorverwertung bewirkt eine Verringerung des Phosphor-Eintrages über die Gülle. Zusätzlich wird die Verfügbarkeit von Ca-, Mg-, Fe-, und Zn- Ionen, die an das Phytat gebunden sind, erhöht (NELSON et al., 1971).

### **2.2.5 Kräuter und Pflanzen als wachstumsfördernde Futterzusatzstoffe**

Das EU-weite Verbot von antimikrobiellen Leistungsförderern seit dem 01. Januar 2006 lässt das Interesse an alternativ einsetzbaren Futterzusätzen wachsen.

Vor diesem Hintergrund haben die vielfältigen Pflanzeninhaltsstoffe in der Tierernährung an Bedeutung gewonnen und stellen möglicherweise eine sinnvolle Alternative als leistungsfördernde Futterzusatzstoffe dar. Kräuter und Pflanzen werden demnach häufig mit dem Ziel eingesetzt, ähnliche wachstums- und gesundheitsfördernde Effekte wie antimikrobielle Zusatzstoffe erreichen zu können (GOLLISCH et al., 2001a; FRANZ, 2003; WALD, 2003). Pflanzliche Zusatzstoffe werden im Zusammenhang mit ihren leistungsfördernden Effekten auch als Phytobiotika bezeichnet.

Über die Wirksamkeit und die Wirkungsweise pflanzlicher Inhaltsstoffe (z.B. Flavonoide, Saponine, Terpene, Polyphenole und ätherischer Öle) bei Tieren ist noch wenig bekannt. Deshalb ist man gezwungen, auf den Wissensvorsprung in der humanmedizinischen Pflanzenforschung zurückzugreifen. Auf diesem Gebiet gibt es zahlreiche Erfahrungen und Erkenntnisse, welche Aussichten auf eine sinnvolle und zielgerichtete Nutzung in der Tierernährung eröffnen (GOLLNISCH et al., 2001a; JUGL-CHIZZOLA et al., 2003).

In der Regel sind pflanzliche Futterzusatzstoffe natürlichen Ursprungs und werden aus Kräutern und Gewürzen gewonnen (WALD, 2003; WESTENDARP, 2003). Bei der Herstellung pflanzlicher Zusatzstoffe werden Blüten, Blätter, Rinden, Wurzeln, Knollen, Samen und Früchte verwendet. Sie selbst weisen keinen Nährstoff-, Mineralstoff- oder Vitamincharakter auf, können aber auf Grund ihrer vielfachen und aromatischen Eigenschaften die tierische Nutzleistung positiv beeinflussen (KIRCHGESSNER, 1997; WALD, 2003; WESTENDARP, 2003).

Pflanzen und Pflanzenteile können sowohl in getrockneter Form als auch frisch, sowie als Extrakte, Destillate oder als Kombinationserzeugnisse eingesetzt werden (GOLLNISCH et al. 2001a; WESTENDARP, 2003). In getrockneter Form bezeichnet man sie als Droge und sind Ausgangsmaterial für Arzneizubereitungen (HÄNSEL und SPIEß, 1999; RICHTER und LÖSCHER, 1999).

Darüber hinaus gibt es Präparate, die auf naturidentischer Basis hergestellt werden (JUGL-CHIZZOLA et al., 2003). Bislang ist es nicht möglich, die Wirkungsweise der pflanzlichen Futterzusatzstoffe einer bestimmten Substanz zuzuschreiben, da

Pflanzen oder deren Extrakte viele unterschiedliche Inhaltsstoffe enthalten (TEUSCHER 1997; KLUTH et al. 2003).

Nicht nur in Bezug auf die Wirksamkeit pflanzlicher Futterzusätze und deren Einfluss auf die Leistung von Nutztieren, sondern auch bezüglich Qualität und Unbedenklichkeit, müssen noch einige Fragen geklärt werden (FRANZ, 2003; KLUTH et al., 2003).

### **2.2.5.1 Allgemeiner Wirkungsmechanismus phytogener Zusatzstoffe**

Hauptsächlicher Effekt phytogener Zusatzstoffe ist neben Geruchs- und Geschmacksbeeinflussung die Wirkung auf den Gastrointestinaltrakt (WENK, 2002). Zusätzlich zu gesteigerter Speicheldrüsen-, Magen-, Pankreas- und Darmsekretion soll die mikrobielle Darmflora beeinflusst werden (TEDESCO, 2001; KLUTH et al., 2002; PERDOK et al., 2003). Viele Pflanzenteile, ätherische Öle und isolierte Substanzen zeigen in vitro antimikrobielle, antioxidative oder immunmodulierende Wirkungen, die einen Einsatz in der Tierernährung vielversprechend erscheinen lassen (GOLLNISCH et al., 2001a; JONES, 2001; TEDESCO, 2001). Diese Eigenschaften werden vor allem auf die sekundären Pflanzeninhaltsstoffe wie z.B. Allicine, Bitterstoffe, Gerbstoffe, Saponine und Flavonoide zurückgeführt.

Die folgende Einteilung erfolgt unter dem Aspekt möglicher Wirkungsweisen pflanzlicher Futterzusatzstoffe, die anhand von Versuchen beschrieben wurden.

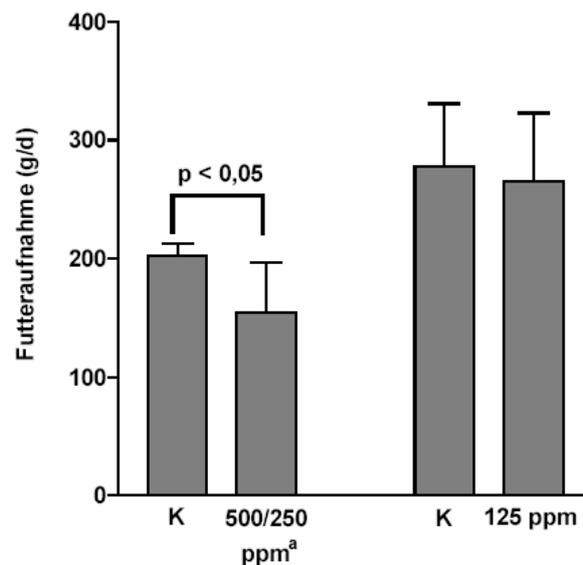
#### **2.2.5.1.1 Futteraufnahme und Nährstoffverwertung**

Der aromatisierende Effekt einiger pflanzlicher Zusätze, v.a. von ätherischen Ölen, kann positive Auswirkungen auf die Futteraufnahme haben (PERDOK et al., 2003; WALD, 2003).

Gerade bei Absatzferkeln ist die Futteraufnahme problematisch. Sie kann durch den Zusatz von Kräuterpräparaten bzw. ätherischen Ölen zum Absetzfutter signifikant verbessert werden (HAGEMANN, 2002; WETSCHEREK, 2002).

So konnten GÜNTHER und BOSSOW (1998) unter Einsatz eines ätherischen Öles, des „*Oreganum vulgare*“, bei Absatzferkeln eine Steigerung der Körpergewichtszunahme um 7,2% sowie eine Verbesserung der Futterverwertung um 9,1% beobachten. Die weltweit auf dem Markt befindlichen Oreganoöle sind jedoch zum Teil sehr unterschiedlich in ihrer Zusammensetzung und somit auch in ihrer Wirkung. Allerdings beeinflusst nicht allein die Zusammensetzung des

verwendeten Supplementes die Akzeptanz bei den Tieren. So beobachteten SCHUHMACHER et al. (2002) eine reduzierte Futteraufnahme von bis zu 7% in einem Feldversuch an Schweinen mit verschiedenen Kräutern (*Oreganum vulgare*, *Hypericum perforatum*, *Allium sativum*), welche wiederum unter Institutsbedingungen eine geringe Erhöhung der Futteraufnahme von bis zu 4% bewirkten. Bei Ferkeln kann die Futteraufnahme in Abhängigkeit der Dosierungshöhe eines Kräutergemisches auch negativ beeinflusst werden (RICHTER et al. 2002). Dies bestätigen auch GEBERT et al. (1999) in einem Versuch mit Rhabarber-Extrakt, indem sie zu dem gleichen Ergebnis kamen, dass pflanzliche Futterzusätze Substanzen enthalten, welche die Futteraufnahme negativ beeinflussen.



**Abbildung 1: Einfluss der Dosierung eines Kräutergemisches auf die Futteraufnahme von Ferkeln während der ersten 12 Tage nach dem Absetzen im Vergleich zu einer Kontroll-Gruppe (K), (RICHTER et al., 2002)**

Mittelwerte mit Standardfehlern; n = 108

a: 1.-5. Versuchstag = 500 ppm; 6.-12. Versuchstag = 250 ppm

Die Mehrzahl der Versuchsergebnisse von KLUTH et al. (2002) ergab, dass die Futteraufnahme nicht durch pflanzliche Futterzusätze beeinflussbar ist, jedoch der Futteraufwand tendenziell verbessert wurde.

Es gibt nur wenige Studien, die belegen, dass die Bestandteile von Kräutern und ätherischen Ölen, wie z. B. Bittersubstanzen, Allicin oder Senföle die Speichel- und Magensaftsekretion sowie die Sekretion und Motilität im Darm anregen (JONES, 2001).

Die Enzymaktivität ( $\alpha$ -Amylase) im Pankreas und Dünndarm wurde von JAMROZ et al. (2002) bei Broilern unter Zugabe von 100 ppm eines Kräutergemisches in Abhängigkeit von der Rationszusammensetzung (Mais- bzw. Weizen-Gerste) untersucht. In beiden Rationen war kein Einfluss auf die Aktivität der Pankreasenzyme festzustellen. Bei der mit Weizen-Gerste gefütterten Gruppe war jedoch eine signifikante Erhöhung der  $\alpha$ -Amylase-Aktivität im Dünndarm zu erkennen.

#### **2.2.5.1.2 Antimikrobielle Wirkung**

In vitro Versuche belegen die antimikrobiellen Eigenschaften einiger Pflanzen bzw. Pflanzenextrakte (COWAN, 1999; DORMAN und DEANS, 2000). Der Effekt verschiedener ätherischer Öle und der des Antibiotikums Carbadox wurde in vitro für nutztierrelevante Mikroorganismen (z.B. Umweltkeime, relevante pathogene Keime für Geflügel und Ferkel) von WALD (2002) getestet. Sowohl bei Wald (2002) als auch bei KAMEL (2000) zeigten sich positive Ergebnisse bezüglich der antimikrobiellen Leistung verschiedener ätherischer Öle. Allerdings konnte gezeigt werden, dass die mikrobielle Aktivität zwischen den geprüften Produkten im Vergleich zu Carbadox um den Faktor 10 - 1000 geringer und relativ unspezifisch war.

Weder bei Ferkeln noch bei Broilern war es möglich in vivo ähnliche Ergebnisse durch diese Zusätze zu erzielen (WALD, 2002). MANZANILLA et al. (2002) konnten in einem Versuch mit Ferkeln mit einem Kräutergemisch in einer Dosierung von 300 ppm sowohl eine Reduzierung der Gesamtkeimzahl der Mikroflora im Ileum, verglichen zur Kontrollgruppe, als auch eine Verringerung von Enterobakterien und eine Erhöhung von Laktobazillen beobachten. Eine Veränderung der Futteraufnahme und Wachstumsleistung konnte nicht festgestellt werden. In einem Versuch mit Oreganoöl-Zusatz (2000 ppm) bei Ferkeln waren weder signifikante Effekte auf die Darmflora noch eine mikrobielle Aktivität festzustellen (GÖSSLING, 2001). Auch bei einer experimentell induzierten Infektion mit enterotoxämischen Escherichia coli-Stämmen sowie auf die Escherichia coli- Keimzahlen in Chymus und Kot nahm der Zusatz von Oregano-Öl keinen Einfluss. Allerdings wurde an einer experimentellen

Kokzidien-Infektion (*Eimeria tenella*) bei Broilern ein geringerer kokzidiostatischer Effekt eines Oregano-Extraktes (300 ppm) als im Vergleich zu einem herkömmlichen Kokzidiostatikum (Lasalocid) von GIANNENAS et al. (2003) nachgewiesen.

Allgemein zeigen die Versuchsergebnisse den Einfluss pflanzlicher Futterzusätze auf die Mikroflora des Intestinaltraktes, der jedoch stark von der Zusammensetzung abhängig ist (LIS-BALCHIN und DEANS, 1997). Um in vivo ähnliche Effekte zu erzielen wie in vitro, müssen je nach Art des pflanzlichen Futterzusatzes, höhere Konzentrationen im Vergleich zu antibiotischen Leistungsförderern eingesetzt werden.

#### **2.2.5.1.3 Antioxidative Eigenschaften**

Einige sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, im Speziellen solche mit phenolischen Verbindungen, zeigen neben antimikrobiellen ebenso antioxidative Eigenschaften (KÄHKÖNEN, 1999; LEE et al., 2003). Mit diesen Eigenschaften können phyto gene Zusatzstoffe sowohl für protektive Bereiche, z. B. Schutz von Membranlipiden eingesetzt, als auch für oxidative Stabilität von Futtermitteln bzw. tierischen Produkten interessant werden. WENK (2002) bestätigte die antioxidative Wirkung von Rosmarin (*Rosmarinus officinalis*) und Elfenblumenkraut (*Herba epimedii*). Daraufhin wurden bei Broilern mögliche Auswirkungen von *Herba epimedii* (0, 2500 und 5000 ppm) auf verschiedene Parameter des oxidativen Stoffwechsels hin untersucht. Die Versuchsergebnisse ergaben bei allen supplementierten Tieren in Leber, Serum und Abdominalfett eine erhöhte Aktivität der Superoxiddismutase und eine verringerte Konzentration von Malondialdehyd. Nach ABDALLA (1999) konnte durch den Zusatz von Knoblauch zu Broilerfutter eine signifikant erhöhte oxidative Stabilität im Fleisch (gekocht und fünf Tage gelagert) erzielt werden. Die Ergebnisse der genannten Versuche lassen einen Einsatz pflanzlicher Zusatzstoffe mit antioxidativer Wirkung auf Grund der Effekte auf die Qualität von Produkten tierischer Herkunft sinnvoll erscheinen.

#### **2.2.5.1.4 Immunstimulierende Wirkung**

Die Immunantwort des Körpers wird u.a. auch von darmassoziierten lymphatischen Organen, wie Appendix und Peyer-Plaques beeinflusst. In vitro Untersuchungen ergaben bei vielen pflanzlichen Präparaten und phyto genen Substanzen immunstimulierende Eigenschaften (BORCHERS et al., 1997; CRAIG, 1999). In vitro

Versuche von IDE und LAU (2001) konnten eine Beeinflussung von Cytokinen durch Knoblauch zeigen. Gene, die eine nichtspezifische Immunantwort vermitteln, konnten durch *Echinacea purpurea* sowohl in in vitro als auch in in vivo-Versuchen beeinflusst werden (RANDOLPH et al., 2003). GOLLNISCH et al. (2001a) bestätigten, dass diese Eigenschaft eine Stabilisierung der Gesundheit, verbesserte Leistungen und geringere Verluste in der Tierproduktion bedeuten können. Bei Ferkeln, die experimentell mit dem PRRS-Virus (Porcines Reproductives Respiratorisches Syndrom) infiziert wurden, konnte dagegen kein Effekt von *Echinacea purpurea* (40000 ppm) auf die Immunantwort festgestellt werden (HERMANN et al. 2003). Allerdings zeigten Versuchsergebnisse mit Broilern, dass *Echinacea purpurea* (10000 ppm) unterstützend auf das Immunsystem wirken kann (ALLEN 2003). Einen positiven Effekt konnten TURNER et al. (2002) mit der Verabreichung von Knotentang (*Ascophyllum nodosum*) auf die Aktivierung von porzinen Alveolarmakrophagen verzeichnen.

### **2.2.6 Futtermittelrechtliche Einordnung der Zusatzstoffe**

Entsprechend ihrer Stoffeigenschaft unterliegen Kräuter, Pflanzenextrakte und ätherische Öle dem Futtermittelgesetz und werden als Zusatzstoffe deklariert (SCHUHMACHER und GROPP, 2004).

Sie zählen im Bereich der Zusatzstoffe zu den Aroma- und appetitanregenden Stoffen und dürfen als natürlich vorkommende Substanzen entsprechend der Futtermittelverordnung nach Anlage 3 Nr. 3 ohne Einschränkung eingesetzt werden (GOLLNISCH; 2002; JUGL-CHIZZOLA et al., 2003; BECKER, 2003).

Die Zusatzstoffe werden seit dem 19. Oktober 2004 in der europäischen Futterzusatzverordnung Nr. 1831/2003 in fünf Kategorien eingeteilt, die nun eine Differenzierung zwischen reinen Aromastoffen und anderen phyto-genen Substanzen vorsieht:

**Tabelle 1: Übersicht der fünf Zusatzstoffkategorien**

<b>Übersicht der fünf Zusatzstoffkategorien:</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Technologische Zusatzstoffe</li> <li>2. Sensorische Zusatzstoffe</li> <li>3. Ernährungsphysiologische Zusatzstoffe</li> <li>4. Zootechnische Zusatzstoffe</li> <li>5. Kokzidiostatika und Histomonostatika (SÜPHKE, 2002; PETERSEN, 2003).</li> </ol>

In Tabelle 2 - 5 werden die Funktionsgruppen 1 – 4 nochmals näher definiert:

**Tabelle 2: Technologische Zusatzstoffe**

<b>1) Technologische Zusatzstoffe:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konservierungsmittel</li> <li>• Antioxidationsmittel</li> <li>• Emulgatoren</li> <li>• Stabilisatoren</li> <li>• Verdickungsmittel</li> <li>• Geliermittel</li> <li>• Bindemittel</li> <li>• Stoffe zur Beherrschung einer Kontamination mit Radionukliden</li> <li>• Trennmittel</li> <li>• Säureregulatoren</li> <li>• Silierzusatz</li> <li>• Vergällungsmittel</li> </ul>

Die reinen Aromastoffe werden seit der Neustrukturierung nun zu den sensorischen Zusatzstoffen gezählt.

**Tabelle 3: Sensorische Zusatzstoffe**

<b>2) Sensorische Zusatzstoffe</b>
a) Farbstoffe, d.h. Stoffe, die <ul style="list-style-type: none"> <li>• einem Futtermittel Farbe geben oder die Farbe in einem Futtermittel wiederherstellen;</li> <li>• bei Verfütterung an Tiere Lebensmitteln tierischen Ursprungs Farbe geben;</li> <li>• die Farbe von Zierfischen und –vögeln positiv beeinflussen</li> </ul>
b) Aromastoffe, deren Zusatz zu Futtermitteln deren Geruch oder Schmackhaftigkeit verbessern

**Tabelle 4: Ernährungsphysiologische Stoffe**

<b>3) Ernährungsphysiologische Stoffe:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vitamine, Provitamine und chemisch definierte Stoffe mit ähnlicher Wirkung</li> <li>• Verbindungen von Spurenelementen</li> <li>• Aminosäuren, deren Salze und Analoge</li> <li>• Harnstoff und seine Derivate</li> </ul>

Die phytogenen Substanzen, deren Wirkungsweisen den Aromaeffekt übersteigen und positiven Einfluss auf die Leistung und den Gesundheitszustand von Tieren ausüben, sind bei den zootechnischen Zusatzstoffen zu finden (ERLBACHER, 2004).

**Tabelle 5: Zootechnische Stoffe**

<b>4) Zootechnische Stoffe:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verdaulichkeitsförderer: Stoffe, die bei der Verfütterung an Tiere durch ihre Wirkung auf bestimmte Futtermittel- Ausgangserzeugnisse die Verdaulichkeit der Nahrung verbessern</li> <li>• Darmflorastabilisatoren: Mikroorganismen oder andere chemisch definierte Stoffe, die bei der Verfütterung an Tiere eine positive Wirkung auf die Darmflora haben</li> <li>• Stoffe, welche die Umwelt günstig beeinflussen</li> <li>• Sonstige zootechnische Zusatzstoffe</li> </ul>

(Tabellen verändert nach PETERSEN, 2003)

Mit der neuen Verordnung wird festgelegt, dass das zentrale Zulassungsverfahren nun mit einer Beteiligung der Europäischen Lebensmittelbehörde abläuft (PETERSEN, 2003). Die Zulassungsgenehmigung wird nur erteilt, wenn alle Zusatzstoffe, auch die Komponenten von Aromamischungen und phyto-genen Stoffen in einer bestimmten Frist das Zulassungsverfahren durchlaufen haben und die Daten zur Wirksamkeit, Sicherheit und Unbedenklichkeit der Stoffe vorliegen (KLUTH et al., 2003).

### **2.2.7 Einsatz in der Tierernährung**

Um möglichst viele Wirkmechanismen verschiedener Pflanzen in einem Produkt vereinigen zu können, werden meist verschiedene Inhaltsstoffe und ätherische Öle kombiniert. Gleichzeitig wird auf die Potenzierung einiger Stoffe gehofft (RICHTER und LÖSCHER, 1999). Bei der Zusammenstellung der Pflanzen als leistungsfördernde Futterzusatzstoffe wird darauf geachtet, dass die Produktwirkung für möglichst jede Tierart sinnvoll erscheint. So werden bei Schweinen hauptsächlich Kräuter angewandt, die sowohl appetitanregend und/oder fördernd auf die

Verdauung wirken, als auch antimikrobiell aktiv sind. Diese Eigenschaften werden vorwiegend mit Zimt, Knoblauch und Oregano erfüllt.

Bei anderen Tierarten wie z.B. bei Milchkühen wird auf Laktation und Fruchtbarkeit großen Wert gelegt (SCHMID, 1994). Bei Pferden sind es die Atemwege und der Bewegungsapparat (OSTHOLT, 2002).

Pflanzliche Zusatzstoffe sollen in der Schweineproduktion appetitanregende Wirkung und dadurch bedingt eine vermehrte Futteraufnahme erzielen (GOLLNISCH et al., 2001). Die Futteraufnahme wird bei Schweinen stark von Geruch und Geschmack beeinflusst (JEROCH et al., 2001). Die Anwendung ätherischer Öle zur Steigerung des Appetits erscheint in der Ferkelaufzucht sehr sinnvoll, da Ferkel über ein wohl ausgeprägtes Geschmacksempfinden verfügen. Während der Mastperiode erzielen Bitterstoffe, in Maßen angewendet, bedingt durch ihre sekretionsfördernde Wirkung, gute Ergebnisse. Eine verbesserte Metritis-Mastitis-Agalaktie (MMA)-Prophylaxe kann in der Sauenfütterung v.a. durch die Verwendung von Schleimstoffen bewirkt werden (WESTENDARP, 2003).

### **2.2.8 Anwendung in der Schweinefütterung**

Inzwischen gibt es u.a. in der Ferkelfütterung einige Fütterungsversuche mit pflanzlichen Substanzen. Da Umstallung und Futterumstellung in der Ferkelaufzucht Stress für die Tiere bedeutet, der oft zu Magen-Darm-Erkrankungen führt, sind sie deshalb anfälliger für pathogene Darmerreger. Ätherische Öle von Oregano und Thymian haben sich als wirksam gegen pathogene Darmerreger erwiesen. Auch Laboruntersuchungen von FRIEDMANN et al. (2002) belegen die antimikrobiellen Eigenschaften von Capsaicin und Cinnamaldehyd (Zimtöl).

Diese Ergebnisse geben Anlass zur Überlegung, ätherische Öle in der Phase nach der Umstallung regulierend einzusetzen. Von einigen Autoren wird über eine positive Beeinflussung des Gesundheitsstatus und verringerter Ferkelsterblichkeit durch eine Knoblauch-Zimt Kombination berichtet (TIADEN, 1999; RICHTER et al., 2002).

Durch den Einsatz von Oreganoextrakten konnte von GÜNTHER und BOSSOW (1998) eine signifikant verbesserte Futtermittelverwertung bei Ferkeln erzielt werden. Auch eine erhöhte Verdaulichkeit von Protein, Rohfett und Rohfaser wurde festgestellt. In anderen Fütterungsversuchen konnten positive, jedoch nicht signifikante Ergebnisse erzielt werden (GOLLNISCH et al., 2001b; MÖLLER, 2001; SCHUHMACHER et al., 2002; WALD, 2002).

Ein alleiniger Einsatz von Kräutern, ätherischen Ölen und Gewürzen führt, wie die Ergebnisse zeigen, selten zu gewünschten Leistungsverbesserungen. Da die Erfahrungen mit phytogenen Zusatzstoffen in der Praxis sehr unterschiedlich sind, spielen diese Substanzen in der Schweine- speziell in der Ferkelfütterung bisher eine eher untergeordnete Rolle (SOMMER und BUNGE, 2004).

Nachfolgend werden einige potenzielle leistungs- und gesundheitssteigernde pflanzliche Futterzusatzstoffe, die in der landwirtschaftlichen Schweineproduktion relevant sein können, vorgestellt.

### **Knoblauch und Zimt**

Die Knoblauchpflanze (*Allium sativum*) gehört zur Gattung *Allium* (Lauch), diese wiederum zur Familie der Liliaceae (Liliengewächse). Der Wirkstoff Allicin (Diallyldisulfid-oxid), der eine stark antimikrobielle Wirkung aufweist, wird bei Zellschädigung enzymatisch aus Alliin gebildet. Im ätherischen Öl des Knoblauchs, das durch Wasserdampfdestillation hergestellt wird, findet man vorwiegend Diallyldisulfid, Diallyltrisulfid, Diallylsulfid, Ajoen und geringe Mengen anderer Di- und Polysulfide.

Der Zimtbaum (*Cinnamomum verum*) stammt aus der Familie der Lauraceae (Lorbeergewächse). Das Zimtöl, welches zu 75% aus Cinnamaldehyd besteht und als Wirkstoff positiv auf die Darmperistaltik und auf die Sekretion von Verdauungssäften wirkt, bewirkt das typische Aroma. Dieses soll durch seinen Geruch den Appetit der Tiere anregen und hemmend auf E-coli-Bakterien wirken.

Über Ergebnisse eines Knoblaucheinsatzes bei Schweinen existieren sehr heterogene Berichte.

Der Versuch an Ferkeln mit einem Kombinationsprodukt aus Zimt und Knoblauch (Enteroguard) der Fachhochschule Osnabrück (WESTENDARP 2002), zeigte weder bei der Kontroll- noch bei der Versuchsgruppe einen statistisch abgesicherten Unterschied bezüglich der untersuchten Parameter auf Mast- und Schlachtleistung.

In den Versuchen von JOST (1996) wurden mit Knoblauchpulver in zwei Konzentrationsstufen (0,05 bzw. 0,25 % Zulage) bei Schweinen ein um +8,4 % gesteigertes Wachstum, eine Verbesserung der Futterverwertung und verringerte Mortalität gezeigt. GRELA et al. (1998) konnten bei Mastschweinen eine Verbesserung der Futterverwertung und eine Steigerung der Gewichtszunahmen um 5 bis 10 % erreichen. Eine geringe Verbesserung der Futterverwertung und der

Gewichtszunahme sowie eine reduzierte Mortalität bei Ferkeln konnten VAN DER PEET-SCHWERING und SWINKLELS (2000) in ihren Versuchen mit gefriergetrocknetem Knoblauch und Zimtöl beobachten. In anderen Versuchen gingen die Zunahmen mit steigender Konzentration zurück und es kam zu einer geschmacklichen Beeinflussung des Fleisches (HOLDEN et al., 1998a).

### **Oregano**

Die Gattung *Oreganum* gehört in die Pflanzenfamilie der Lamiaceae (Lippenblütengewächse). Die beiden Phenole Thymol und Carvacrol sind als Inhaltsstoffe in unterschiedlichen Mengen in ätherischen Oregano-Ölen enthalten. Außerdem wurde eine Vielzahl von Monoterpenkohlenwasserstoffen (Limonen, Terpinen, Ocimen, Caryophyllen, beta-Bisabolen und p-Cymen) und Monoterpenalkoholen (Linalool, 4-Terpineol) identifiziert (STEIN, 1999). Im Allgemeinen bewirken Phenole die Denaturierung von Proteinen und eine Erhöhung der Permeabilität von Zellmembranen (KROKER, 1997). In einer Konzentration von 0,2 bis 1 % wirkt Phenol bakterizid (MUTSCHLER 1986). Thymol ist ein Phenolabkömmling und ist dreißigmal stärker wirksam als Phenol, besitzt aber nur ein Drittel der Toxizität (MUTSCHLER, 1986; FORTH et al. 1987). Thymol besitzt stark desinfizierende Eigenschaften (KROKER, 1997) und eine fungizide sowie bakterizide Wirkung. In Konzentrationen von 150, 300 und 600 ppm hemmt Oregano und sein Öl das Wachstum von *Leuconostoc mesenteroides* und *Lactobacillus plantarum*. Dagegen wurde die Milchsäureproduktion von *Lactobacillus plantarum* stimuliert (KIVANK et al. 1991).

Beim Schwein konnten durch eine spezielle Kombination ätherischer Öle als Futterzusatzstoffe aktivitätssteigernde Einflüsse auf die Verdauungsenzyme Amylase und Phosphatase sowie eine Steigerung der Sekretionsrate des Pankreas beobachtet werden. Ebenso wurde eine bakteriostatische und bakterizide Wirkung auf *E. coli*-Keime im Verdauungskanal nachgewiesen (GÜNTHER und ADIARTO, 1992). Ein Fütterungsversuch von GÜNTHER und BOSSOW (1998) mit dem ätherischen Öl des *Oreganum vulgare* (Ropadiar®) an Absatzferkeln zeigte eine um 7,2% gesteigerte Körpergewichtszunahme und eine um 9,1% gesteigerte Futterverwertung bei den supplementierten Ferkeln.

Die Beeinflussung der Rohnährstoffverfügbarkeit, N-Bilanz sowie die Parameter des mikrobiellen Stoffwechsels im Verdauungstrakt von Absatzferkeln wurde in einem

Versuch von MÖLLER et al. (2001) mit Oreganoöl als Futterzusatz getestet. Das Oreganoöl hatte keinen Einfluss auf die getesteten Parameter.

### **Blutwurzel**

Die Blutwurzel, *Sanguinaria canadensis*, gehört zur Familie der Mohngewächse (Papaveraceae). In den Rhizomen der Pflanze sind Alkaloide (Sanguinarin, Chelerythrin) als wirksame sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe mit leistungssteigernden Effekten enthalten (BECCI et al., 1987). Sie stellen Abwehrstoffe gegen pathogene Bakterien, Viren und Pilze dar (SCHMELLER et al., 1997; DOSTÁL und SLAVIK, 2002).

Aus den Rhizomen der kanadischen Blutwurzel wird Sangrovit® als pflanzlicher Futterzusatzstoff für Schweine, Geflügel und Rinder hergestellt. Sangrovit® soll eine appetitanregende Wirkung besitzen und die Verdauung durch die Steigerung der Sekretion von Magen- und Pankreassaft sowie der Gallenflüssigkeit stimulieren (PRZYBILLA und WEISS, 1998).

In einem Ferkelerzeugerbetrieb wurden mögliche Effekte einer Sangrovit®-Supplementierung (30 ppm; 50 ppm) auf die Futteraufnahme und Lebendmasseentwicklung von Sauen während der Laktation getestet. In einem weiteren Versuch wurde die N-Bilanz, Wachstumsleistung und Futteraufnahme bei wachsenden Schweinen geprüft. Dabei konnte bei Sauen der zweiten Laktation durch die Supplementierung von 30 ppm Sangrovit® eine tendenzielle Verbesserung des Wurfwachstums beobachtet werden. Dagegen war bei primiparen Sauen der Futterverbrauch reduziert ( $p < 0,05$ ), ohne im Vergleich zu den Kontrolltieren messbare, negative Einflüsse auf die Leistung zu bewirken. Bei den wachsenden Schweinen konnten in der N-Bilanz-Studie keine Effekte des Zusatzstoffes auf die N-Retention festgestellt werden (TSCHIRNER et al., 2004).

Bei SESKEVICIENE et al. (2003) konnte durch die Verwendung von Extrakten der Blutwurzel ein erhöhter Eiweißansatz erzielt werden, wodurch es zur Verbesserung des Eiweißstoffwechsels und zur Reduzierung des Ammoniak- und Harnstoffspiegels im Blut kam (ALERT, 2001). Auch signifikant höhere Muskelfleischanteile konnten gemessen werden.

Eine Supplementierung mit *Sanguinaria canadensis* hatte bei Schweinen eine Verbesserung der Mastleistung zur Folge (HOPPENBROCK, 1998).

Im Allgemeinen zeigten alle Versuchsergebnisse auch hier ein sehr heterogenes Bild. In der Mastperiode fielen die Effekte insgesamt schwächer aus als in der Ferkelaufzucht (SCHULZE TEMMING, 2002).

Bei verschiedenen Spezies (Rind, Schwein, Geflügel) waren durch die Supplementierung mit Sangrovit® Leistungsverbesserungen zu beobachten (PRZYBILLA und WEISS, 1998; MELLOR, 2001). Die zahlreichen in vitro-Studien beschrieben Wirkungen auf verschiedene Enzyme, Zellen und zelluläre Regelsysteme.

### **Echinacea purpurea**

Echinacea purpurea wird auch als roter Sonnenhut bezeichnet und gehört der Gattung Echinacea MOENCH an, welche in die Familie der Compositae (Asteraceae) eingegliedert wird. Es konnten bisher 75 bis 100 Inhaltsstoffe isoliert werden (BODINET et al., 1993). Die Inhaltsstoffe der Echinaceapflanzen werden von BAUER (1994) in vier Stoffklassen eingeteilt: Kaffeesäurederivate, Alkamide, Polysaccharide und Glykoproteine. Sie besitzen immunmodulierende, antiinflammatorische und phagozytosestimulierende Wirkung (BAUER, 1994).

In einem Versuch von LANG (2004) wurde der Einfluss einer Echinacea-Fütterung auf den Immunstatus und das Verhalten bei Ferkeln in den ersten Lebenswochen getestet. Dabei konnte kein positiver präventiver Einfluss von Echinacea purpurea auf den Immunglobulinstatus und das Verhalten der Ferkel festgestellt werden.

### **Ätherische Öle**

Ätherische Öle werden durch Wasserdampfdestillation hergestellt und sind im frisch destillierten Zustand farblose Flüssigkeiten. Erst unter Lichteinwirkung kommt es zu Autooxidation und sie verfärben sich. Dabei nimmt die Viskosität zu und der Geruch ändert sich (GERHARDT, 1994; TEUSCHER, 1997; STICHER, 1999a).

Die Einteilung in ein einheitliches Wirkungsprofil ist nicht möglich, da sie eine Vielzahl chemischer Strukturen aufweisen (STICHER, 1999a). Die Zusammensetzung des ätherischen Öls einer Pflanze ist genetisch determiniert, organospezifisch und vom Entwicklungsstand der Pflanze abhängig. Der Gehalt einiger Inhaltsstoffe kann durch Umwelteinflüsse determiniert werden (TEUSCHER, 1997; DACHLER und PELZMANN, 1999).

Sowohl aus dem Magen-Darm-Trakt als auch nach percutaner Anwendung werden ätherische Öle schnell resorbiert. Percutan wirken sie antiphlogistisch und in höheren Konzentrationen hyperämisierend bis entzündungserregend (TEUSCHER, 1997; STICHER, 1999a). Eine perorale Aufnahme stimuliert die Sekretion von Speichel, Magensaft, Gallen- und Pankreasflüssigkeit, sowie die Magen- und Darmmotilität (TEUSCHER, 1997; JUGL-CHIZZOLA et al., 2003). Bei inhalativer Anwendung wirken ätherische Öle reizend auf die Atemwegsschleimhäute, wobei das Bronchialsekret verflüssigt und das Abhusten erleichtert wird (TEUSCHER, 1997; STICHER, 1999a).

Sie zeigen ebenso eine antimikrobielle Wirkung gegen Lebensmittelbakterien, Pilze und Krankheitserreger im Darm. Die ätherischen Öle von Beifuß, Cassia, Koriander, „Lemongrass“, Nelkenblätter, Oregano, Pfefferminz, Pimentblättern, Teebaum und Thymian erwiesen sich besonders effektiv gegen typische Umweltkeime (*Bacillus subtilis*) sowie gegen Mikroorganismen der Standardflora (z.B. *Enterococcus faecium*) und pathogene Stämme (z.B. *Escherichia coli*, *Salmonella Enteritidis*) (WALD, 2002). Ätherische Öle mit hohem Phenol-Anteil zeigen bakterio-statische, aber auch bakterizide Wirkung (JONES, 2001). Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch eine Studie von FRIEDMANN et al. (2002).

Dem Futter zugegeben wirken ätherische Öle aromatisierend. Sie beeinflussen den Geruch und den Geschmack eines Futters, wodurch sich die Akzeptanz verbessert und die Futterraufnahme gesteigert werden kann. Ätherische Öle besitzen außerdem antioxidative Wirkung. Oxidationsprozesse im Futter können verlangsamt oder sogar verhindert werden, wodurch sich die Lagerhaltbarkeit verlängert und die Verdaulichkeit fetthaltiger Futtermittel gesteigert wird.

Die ätherischen Öle von Knoblauch und Meerrettich wirken wegen ihrer Hauptinhaltsstoffe Allicin und Senföle anregend auf die Magensaft- und Speichelproduktion und dadurch verdauungsfördernd. Von MELLOR (2001) wird den ätherischen Ölen eine appetit- und verdauungsstimulierende Wirkung zugeschrieben. Der Einsatz ätherischer Öle bei Schweinen zeigte in einem Versuchsdurchgang von GEIER und OSTER (2001) Erhöhungen der Gewichtszunahmen von 5,6% und eine Verbesserung der Futtermittelverwertung. Die ätherischen Öle von Oregano, Nelke, Piment, Zitronengrass, Pfefferminze, Teebaum, Cassia bewirkten in einem Fütterungsversuch mit Absatzferkeln Verbesserungen der Futtermittelverwertung um 2 bis 7 % (signifikant bei Pfefferminze) (WALD et al. 2001). Allerdings konnten

GOLLNISCH et al (2001) bei Absatzferkeln keine Unterschiede hinsichtlich der Leistung durch ätherische Öle von Oregano, Nelke oder Cassia beobachten.

### **Salbei**

Salbei (*Salvia officinalis* L.) gehört zur Familie der Lamiaceae (Lippenblütler-Gewächse) und gewinnt als Futterzusatz in der Schweinemast immer mehr an Bedeutung. Die Bestandteile von Salbei sind neben verschiedenen ätherischen Ölen, Gerbstoffe, Bitterstoffe und antioxidativ wirkende Flavonoide. Eine antibakterielle Wirkung ist nachgewiesen. Als Futterzusatz bei Ferkeln hat sich Salbei speziell wegen der antimikrobiellen Eigenschaft beim Absetzen bewährt, da die Durchfallhäufigkeit verringert und die Tageszunahmen erhöht wurden (IBEN 2000). Allerdings beeinflusste *Salvia officinalis* L. in einem Fütterungsversuch von GREBER (1997) Geruch und Geschmack des Schlachtkörpers bei Schweinen. Sowohl die Kontrollgruppe als auch die drei Versuchsgruppen (0,3%, 0,6 % bzw. 1,2 % Salbeizusatz) zeigten keinen Unterschied bezüglich der Schlachtkörperqualität (Handelsklasse, Speckmaß, Muskelfleischanteil und Fleischmaß).

### **Yucca Extrakte**

Die Pflanze *Yucca schidigera* gehört zu den Palmliien-Gewächsen und enthält u.a. Saponine, welche wegen der antimikrobiellen, immunstimulierenden und resorptionsfördernden Eigenschaften dem Schweinefutter supplementiert werden. Saponine sind wasserlösliche Glykoside und können auf Grund ihrer Grenzflächenaktivität die Oberflächenspannung des Wassers herabsetzen und beständige Schäume bilden. Man findet sie auch in Brennesseln und Süßholzwurzel. Sie sind vorteilhafte Lösungsvermittler und fördern die Verfügbarkeit von Naturstoffen (WESTENDARP, 2001). Ebenso können sie die ruminale und intestinale Ammoniaksynthese reduzieren und optimieren dadurch das Stallklima, verbessern den Gesundheitsstatus und bewirken Leistungssteigerungen bei den Tieren (KILLEEN, 1996). Auch die Ergebnisse von HEADON et al. (1991) konnten signifikante Verbesserungen in der Futtermittelverwertung, sowie Reduzierung der Ammoniakkonzentration in der Stallluft feststellen.

Die Versuche zur leistungssteigernden Wirkung ergaben nicht immer einheitliche Aussagen.

## Kräuterextrakte

Bei der Herstellung von Kräuterextrakten werden Kräutermischungen verwendet, von denen erwartet wird, durch ihre Kombination bei der entsprechenden Tierart die gewünschten Effekte zu erzielen. Die Inhaltsstoffe der verwendeten Pflanzen können sich in ihrer Wirkung sowohl addieren als auch hemmen.

Kräuterextrakte von *Boerhavia diffusa*, *Andrographis paniculata*, *Eclipta alba*, *Phyllanthus niruri* und *Terminalia arjuna* bewirkten im Fütterungsversuch bei Schweinen eine um 32% verbesserte Wachstumsrate, sowie eine Erhöhung der Futtermittelverwertung um 5,1%. Dabei konnte eine Verringerung der Mortalität um 15,8% festgestellt werden (WEEHLER et al. 1999).

### 2.2.9 Problematik in der Anwendung mit Ausblick in die Zukunft

Nicht nur die Abhängigkeit von Standort, Klima, Nährstoffversorgung und Ernte sondern auch die Verarbeitung (Extraktionsverfahren, Temperatur usw.) beeinflussen die Produkte pflanzlichen Ursprungs in ihrer chemischen Zusammensetzung, was eine Kategorisierung schwierig gestaltet (KUBECZKA, 1982). Beispielsweise kann das Verhältnis von Thymol und Carvacrol in Oregano stark variieren (WEBER et al., 2002). Um eine Standardisierung von Zusatzstoffen zu ermöglichen, ist es notwendig Methoden für eine schnelle und routinemäßige Beschreibung zu etablieren. Unter dieser Voraussetzung könnten Produkte mit gleicher Zusammensetzung hergestellt und miteinander verglichen werden.

Um phyto gene Produkte zu Futtermittelzusatzstoffen verarbeiten zu können bedarf es der Beschreibung der technologischen Eigenschaften, wie z.B. Hitze-, Pelletier- und Lagerstabilität. So können beispielsweise Verluste beim Pelletieren von ätherischen Ölen bis zu 25 % betragen (WALD, 2002). Bei weiteren Untersuchungen in Bezug auf Wirksamkeit, Dosis-Wirkungs-Verhältnis und Wirkmechanismen müssen ebenso Substanzen, die sich negativ auf Leistung und Wohlbefinden der Tiere auswirken können, berücksichtigt werden (KLUTH et al., 2002; WENK, 2002). Es existieren nur wenige Untersuchungen hinsichtlich der geschmacklichen Beeinträchtigung des Fleisches von Schlachtschweinen. Ebenso wie für eine mögliche Rückstandsbildung von phyto genen Substanzen im Fettgewebe.

Auch wenn die Versuchsergebnisse zum Teil sehr unterschiedlich ausfallen, muss doch festgehalten werden, dass mit einzelnen Produkten in verschiedenen Fütterungsversuchen teils erhebliche Verbesserungen in den Leistungen und in der

Wirtschaftlichkeit erzielt wurden. Trotzdem sind in der Praxis selten positive Ergebnisse zu verzeichnen, was nicht zuletzt an der hohen Zahl der nicht nachvollziehbaren Einflussfaktoren liegen kann.

Die große Vielfalt an pflanzlichen Produkten und die geringe Anzahl an Untersuchungen erschweren eine wissenschaftliche Bewertung dieser Zusatzstoffe. Im Allgemeinen lassen die Versuchsergebnisse über die Wirkung phytogener Zusatzstoffe auf einen Einsatz in der Zukunft hoffen.

## **2.3 Seltene Erden**

### **2.3.1 Einteilung und Stellung im Periodensystem**

Zu den Seltenen Erden, die im Englischen als Rare Earth Elements (REE) bezeichnet werden, zählt man 17 Übergangsmetalle, die in der 3. Nebengruppe des Periodensystems stehen. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um die Gruppe der Lanthanoide, welche um die Elemente Scandium (Ordnungszahl 21) und Yttrium (39) erweitert ist. Die Gruppe der Lanthanoide besteht aus Lanthan (57), sowie aus den 14 auf das Lanthan folgenden Elementen 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).

Auf Grund ihres gemeinsamen Vorkommens in der Natur kann man die Seltenen Erden weiter in die leichten oder auch als sog. Ceriterden bezeichnet werden, mit den Elementen Lanthan bis Gadolinium und in die schweren REE, die auch als Yttererden bezeichnet werden, mit Dysprosium bis Lutetium (einschliesslich Ytterbium) einteilen. Scandium wird in keine dieser Gruppen eingeschlossen, da es eigene Mineralien bildet (GSCHNEIDNER, 1978).

### **2.3.2 Vorkommen, Gewinnung und Verwendung**

Seltene Erden kommen sehr viel häufiger vor, als der Name vermuten lässt. In der Erdkruste beträgt der Anteil der Lanthanoidelemente 0,01 – 0,02 Gewichtsprozent.

Selbst Thulium, das seltenste Lanthanoid, besitzt etwa die gleiche Häufigkeit in der Erdkruste wie Iod. Sie sind in vielen Mineralien der Erdkruste eingebaut, wobei die

Harkinsche Regel besagt, dass die Elemente der REE mit gerader Ordnungszahl häufiger als die mit ungerader vorkommen (HENDERSON, 1984).

80% des weltweiten Vorkommens an Seltenen Erden findet man in China, das auch den Hauptproduzent auf dem Weltmarkt darstellt (BROWN et al., 1990; PANG et al., 2002). Sie werden hauptsächlich aus den primären Ablagerungen wie Bastnäsit und den leichter zugänglichen sekundären Ablagerungen wie Monazitsanden gewonnen. Bastnäsit ist vorrangig in China, den USA, Zaire und Madagaskar (BLUME, 2001) zu finden, während in Skandinavien, Australien, Indien, GUS, USA, Zaire und Südafrika die Hauptlagerstätten der Monazitsande lokalisiert sind (BREUER, 2000).

Die wichtigsten Abbaustätten in China sind die Eisenerzminen von Baotou in der Inneren Mongolei, in denen Bastnäsit, ein Lanthanoid-Fluorcarbonat, als Nebenprodukt gefördert wird (BLUME, 2001).

Seltene Erden sind auf Grund ihrer magnetischen, magnetoptischen, lumineszenzmikroskopischen und röntgenstreuenden Eigenschaften aus der Industrie nicht mehr wegzudenken. Ebenso wichtig sind sie in der Metallchirurgie, der Herstellung von Katalysatoren und Leuchtstoffröhren, in der Glas- und Keramikindustrie sowie in der Radiologie. Seit über 40 Jahren werden Seltene Erden in der chinesischen Landwirtschaft als Düngemittel und Leistungsförderer verwendet (CHANG et al., 1998).

In der Vergangenheit wurden sie in der Medizin als Antiemetikum, Antikoagulanzen und Antinfektiva verwendet, schon bald aber durch wirksamere Mittel oder solche mit weniger Nebenwirkungen ersetzt. Heutzutage werden Silbersulfazin - Cernitrathaltige Salben zur Behandlung von Brandwunden verwendet (EVANS, 1990, DEVECI et al., 2000).

### **2.3.3 Chemische und physikalische Eigenschaften**

In der Vergangenheit war es sehr schwierig einzelne Seltenerdmetalle zu isolieren, da sie sich in den physikalischen und chemischen Eigenschaften, mit Ausnahme von Scandium, sehr ähnlich sind. Charakteristisch für Lanthanoide ist die silbrig glänzende Farbe. Sie sind reaktionsfreudige und an der Luft schnell oxidierende Metalle. Bei gleichbleibender Oxidationsstufe werden mit steigender Ordnungszahl die hinzutretenden Elektronen in die 4-f-Schale eingebaut, womit ihre enge chemische Verwandtschaft erklärt wird. Der einzige Unterschied zwischen den einzelnen Elementen besteht im Aufbau der 4-f-Schale. Die chemischen

Eigenschaften werden meist von der 3-d-Schale bestimmt. Obwohl die Ordnungszahl steigt, nehmen die Ionenradien der Seltenen Erdmetalle ab. Dies wird durch die Erhöhung der Kernladungszahl, allerdings ohne Besetzung einer neuen Elektronenschale, bewirkt. Diese Erscheinung nennt man Lanthanoidenkontraktion (COTTON und WILKINSON, 1966).

Im Wesentlichen gehen Seltene Erden ionische Bindungen ein. Darüber hinaus bilden sie auch Komplexverbindungen, wobei Chelatbindungen vorherrschen. Dabei werden Komplexverbindungen mit Komplexzahlen von 6 bis 12 ausgebildet.

Lanthanoidionen sind auf Grund ihrer ähnlichen chemischen Eigenschaften und Ionenradien in der Lage  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen in vielen Strukturen isomorph zu ersetzen (BIRNBAUM et al., 1970; EVANS, 1990).

Tabelle 6 soll die Ähnlichkeiten im Bezug auf die Bindungsart, den Diffusionskoeffizient, der Donoratompräferenz, den Ionenradius und den Koordinationszahlen, -geometrie zwischen Lanthanoid- und Calciumionen verdeutlichen.

**Tabelle 6: Eigenschaften von Calcium und Lanthanoiden (nach EVANS, 1990)**

Eigenschaft	Calcium	Lanthanoide
Bindungsart	ionisch	ionisch
Diffusionskoeffizient ( $\text{cm}^2/\text{s} \cdot 10^5$ )	1,34	1,30
Donoratompräferenz	O >> N >> S	O >> N >> S
Ionenradius (KN: 6-12)	1,00-1,18	0,86-1,22 <sup>a</sup>
Koordinationsgeometrie	hochflexibel	hochflexibel
Koordinationszahlen	6-12	6-12

a: abhängig von der Art

KN: Koordinationsnummer

### 2.3.4 Biochemische und pharmakologische Eigenschaften

Lanthanoiden besitzen die Eigenschaft mit Zellbestandteilen wie Nukleoproteinen, Aminosäuren, Phospholipiden und intermediären Metaboliten zu reagieren (BARRY und MEEHAN, 2000). Trotz der Eigenschaft, sich an Membranproteine binden zu können, ist es ihnen nicht möglich die Zellmembran lebender Zellen zu durchdringen.

Die Flexibilität der Membran und die oberflächlichen Ladungsverhältnisse werden durch die Bindung der Seltenen Erden an der Außenseite der Zellen verändert (EVANS, 1990). Dabei kann es zu verschiedenen physikochemischen Veränderungen wie der Steigerung des Membranpotentials (SMITH et al., 1972), der Membranrigidität (EHRSTROHM et al., 1973) und der spezifischen Membranresistenz (SMITH et al., 1972) kommen. Werden sie in höheren Konzentrationen zugesetzt, vermitteln sie die Aggregation von Zellen und die Fusion von Membranen (BENTZ et al., 1988).

Lanthanoid Ionen haben wegen eines höheren Ladung - Volumen - Verhältnisses eine stärkere Affinität zu den Calcium-Bindungsstellen und können das Calcium in vielen Proteinen an dessen Bindungsstellen isomorph ersetzen (EVANS, 1990). Alle calciumgesteuerten physiologischen Prozesse, insbesondere die Aufnahme von  $\text{Ca}^{2+}$  in die Zelle, werden von Lanthanoiden blockiert (EVANS, 1990). Seltene Erden hemmen so alle Zelleistungen, die über Calciumströme funktionieren, wie beispielsweise die Weiterleitung von nervalen Reizen, die Kontraktion von Skelett- (HOBBER und SPAETH, 1914) und Herzmuskel (MINES, 1910) sowie der glatten Muskulatur (WEISS und GOODMAN, 1969). Darüber hinaus kommt es zur Verringerung der reticoendothelialen Funktion und zur Hemmung zahlreicher Hormonantworten.

Seltene Erden nehmen außerdem Einfluss auf das mikrobielle Wachstum. Sie verhindern das Wachstum von Bakterien, Pilzen und Hefen (MUROMA, 1958). EVANS (1990) stellte fest, dass sie nicht nur bakteriostatisch, sondern in höheren Konzentrationen sogar bakterizid wirken.

Die antiviralen Eigenschaften Seltener Erdmetalle führen SEDMAK et al. (1986) auf eine Steigerung der Interferonwirkung zurück. LIU et al. (1998) berichten in ihren Versuchen mit Zellkulturen über gute Hemmeffekte auf Influenzaviren.

Werden Seltene Erden intravenös injiziert, kommt es zu einer Verlängerung der Blutgerinnung, die über mehrere Stunden anhält (GUIDI, 1930; VINCKE und OELKERS, 1937; HUNTER und WALKER, 1956). Der Wirkmechanismus ist noch ungeklärt. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass essentielle Ca-abhängige Enzymreaktionen in der Blutgerinnung durch die Seltenen Erden gehemmt werden. Zusätzlich können die Lanthanoide die Blutplättchenaggregation hemmen (HOLMSEN et al., 1971).

BAMANN et al. (1954) beschreiben Phosphatasefunktionen bei Seltenen Erden. Sie können für das Tier physiologisch wichtige Phosphorverbindungen aufspalten und verfügbar machen.

In Versuchen von KRAMSCH und CHAN (1978) werden die antisklerotischen Eigenschaften Seltener Erden bestätigt. Daraufhin verabreichen KRAMSCH et al. (1980) in einem Tiermodell mit Affen Konzentrationen von 20 bis 40 mg/kg  $\text{LaCl}_3$  und erzielen ein außerordentliches Ergebnis. Die koronare Atherosklerose wird durch das Lanthanchlorid wesentlich verringert. Neuere Berichte über Atherosklerose und Lanthanchlorid existieren nicht.

In der Bekämpfung von Tumorzellen wird von XIAO et al. (1997) die hemmende Wirkung von  $\text{LaCl}_3$ ,  $\text{CeCl}_3$  und gemischten REE-Chloriden auf das Wachstum von Krebszellen beschrieben. Auch DAI et al. (2002) bestätigen mit ihren Versuchen die Unterdrückung des Zellwachstums. Sie konnten mit Hilfe von  $\text{LaCl}_3$  und  $\text{CeCl}_3$  Leukämiezellen durch Induktion der Apoptose am Wachstum hindern.

Bei der topischen Behandlung von Verbrennungen wird Cer-Nitrat ( $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$ )<sup>3</sup> wegen seiner bakterioziden Wirkung bis heute in Salben eingearbeitet (BARRET et al., 1999).

Humanmedizinische Studien der letzten Zeit bestätigen die Phosphatbindungsfähigkeit des Lanthan-Carbonat, welches die Einsatzmöglichkeit in der Behandlung von Dialysepatienten ermöglicht (DAMMENT und WEBSTER, 2002). Als Phosphorfänger wird das Präparat FOSRENOL® – Lanthancarbonat – bei Dialysepatienten eingesetzt.

In der Medizin findet  $\text{Gd}^{3+}$  als Kontrastmittel häufig Verwendung (BULMAN, 2003).

### **2.3.5 Toxikologische Eigenschaften**

Die toxikologischen Eigenschaften von Lanthanoiden hängen im Wesentlichen von der Art der Applikation ab und werden von Spezies und Geschlecht der Versuchstiere beeinflusst (BULMAN, 2003). Oral aufgenommen besitzen sie vergleichsweise eine ähnliche Toxizität wie Kochsalz. Aus dem Verdauungstrakt werden Seltene Erden in sehr geringen Mengen, etwa 1 bis 10 % resorbiert (DURBIN, 1956; JI, 1985; EVANS, 1990). Allgemein ist eine Steigerung der Toxizität bei subkutaner, intramuskulärer, intraperitonealer und intravenöser Verabreichung festzustellen. Nach intravenöser Injektion Seltener Erdmetalle liegt die Verfügbarkeit bei ca. 100%. 10 bis 100 mg/kg weisen eine Letalität von 50 % ( $\text{LD}_{50}$ ) auf (EVANS,

1990). Anzeichen für eine akute Intoxikation durch Seltene Erden sind Ataxie, Krümmen, angestrenzte Respiration, Zehenspitzenengang mit gekrümmtem Rücken und Sedation (ARVELA, 1977; HALEY, 1985).

JI (1985) und NAKAMURA (1991) zeigen, dass die Verteilung und die Ablagerung physiologisch verfügbarer Seltener Erden in den Organen Leber, Knochen, Milz, Niere, Herz und Lungen erfolgt. Die schweren Elemente und Yttrium reichern sich vermehrt im Knochen an, während die leichten Seltenen Erden vorwiegend in der Leber akkumulieren (DURBIN et al., 1956; EVANS, 1990). Seltene Erden werden relativ rasch über Kot und Urin ausgeschieden (DURBIN et al., 1956).

### **2.3.6 Einsatz Seltener Erden in der chinesischen Landwirtschaft**

Zur Steigerung pflanzlicher und tierischer Leistung werden in China seit ca. vier Jahrzehnten Gemische Seltener Erden (REE) eingesetzt. Verwendung finden vorrangig Gemische verschiedener Seltenerdmetalle, welche in China leicht und billig verfügbar sind. In der Pflanzenzucht werden diese entweder dem Dünger zugesetzt, oder aber direkt auf Saatgut und Blätter aufgesprüht. Seltene Erden können in der Tiermast in das Mineralfutter oder ins Trinkwasser eingemischt werden (CHANG et al. 1998).

#### **2.3.6.1 Einsatz in der chinesischen Pflanzenproduktion**

Mit der Untersuchung der Wirkung von Seltenen Erden auf das Pflanzenwachstum haben sich zahlreiche chinesische Autoren befasst. Dabei wurde von erstaunlichen Ertrags- und Leistungssteigerungen in verschiedenen Feldfrüchten und Pflanzen berichtet (ZHANG et al., 1988). Unter Zugabe von Seltenen Erden wurde eine Reihe von Effekten beobachtet, wie beispielsweise die Zunahme des Chlorophyllgehaltes, schnellere Entwicklung, gesteigerte Wurzelbildung und eine bessere Fruchtfarbe z.B. bei Äpfeln, Orangen und Wassermelonen (BROWN et al., 1990). In Tabelle 7 sind weitere Effekte von REE auf Feldfrüchte aufgeführt.

Tabelle 7: Der Effekt von Seltenen Erden auf einige Feldfrüchte

Erzeugnis	Ertragssteigerung [ %]	Effekt auf die Qualität	Autor
Mais	6 – 12		PANG et al. (2002)
Kartoffel	10 – 14		
Raps	14 – 24	+ 1% Ölinhalt	
Bananen	8 – 14	+ 3 – 4 % Zuckergehalt	PANG et al. (2002)
Luzerne		+ 5 % Verbesserung des 1000 Körnergewichtes	
Weizen, Mais, Reis	5 – 30		XIA und HE (1997)
Soja, Raps, Erdnuß	5 – 18		
Reis	5 – 10,3	Besserer Geschmack	WAN et al. (1998)
Orange	7,9 – 38,5	+ 0,6 % Steigerung des Zuckergehaltes	
Buschbohne		Verbesserte Wurzelbildung	SYHA 2005

Eine Studie von HONG et al. (1996) mit Lanthanoiddünger in einer Konzentration von 600 g REE/ ha /Jahr über die Dauer von zehn Jahren zeigte eine jährliche Ertragssteigerung von Weizen um 4 bis 10 %.

In der chinesischen Landwirtschaft werden viele verschiedene Arten von Lanthanoiddüngern in unterschiedlichen Konzentrationen verwendet, u. a. REE-Citrate, -Nitrate und Komplexe mit 17 Aminosäuren. Die Höhe des Ernteertrages ist dosisabhängig. So beobachtete CHANG et al. (1998) eine Steigerung des

Ernteertrages unter 1g REE/kg Boden und einen gegenläufigen Effekt bei über 1 bis 2 g/kg Boden.

Die Aufnahme Seltener Erden erfolgt zumeist über Wurzeln. SYHA (2005) stellt unter dem Einfluss Seltener Erden eine verbesserte Wurzelbildung bei der Buschbohne fest. Die Düngung kann aber auch über Besprühung der Blätter (SUN et al., 1994) oder durch Einweichen des Saatguts erfolgen (PANG et al., 2002). Etwa 90 % der Seltenen Erden reichern sich in den Wurzeln an, in Rinde und Stiel gelangen nur ca. 10 % (HONG et al., 1996). Der genaue Wirkmechanismus ist dabei bis heute noch ungeklärt.

Aber mehrere Studien von PANG et al. (2002) lassen darauf schließen, dass die Verwendung Seltener Erden in der Pflanzenproduktion die Stimulation der Absorption, den Transfer und die Assimilation von Nährstoffen in der Pflanze verbessert. Es existieren ebenso Berichte über eine Steigerung der Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumabsorption (NING und XIAO, 1989). Der gezielte Einsatz von Seltenen Erden kann den Chlorophyllgehalt und die Photosyntheserate positiv beeinflussen (WANG et al., 1985; HE et al., 1998). Die Effekte über eine aktivierende Wirkung auf Wachstumsfaktoren erklären sich XIA und HE (1997) durch die Rolle als Katalysatoren bei der Biosynthese.

Eine erhöhte Widerstandskraft lanthanbehandelter Pflanzen gegenüber Krankheiten stellt GUO et al. (1988) fest. So kommt es unter Stress zu einer Zunahme des Wurzelwachstums sowie der Biomasse.

### **2.3.6.2 Einsatz in der chinesischen Tierproduktion**

Gemische Seltener Erden werden in der chinesischen Tierproduktion nahezu bei fast allen Nutztieren seit mehr als 40 Jahren als Leistungsförderer eingesetzt (CHANG et al., 1998). Dabei berichten Studien über enorme Leistungssteigerungen und deutliche Verbesserungen in der Futtermittelverwertung. Es werden Steigerungen der Mastleistung bei Schwein, Rind und Geflügel, eine Steigerung der Produktion von Milch beim Rind (SHEN et al., 1991) sowie von Wolle beim Angorakaninchen (ZHAO, 1997) postuliert.

Da in den Studien Lanthanoide verschiedenster Gemische, Konzentrationen und Reinheitsgrade eingesetzt wurden, sind die Versuchsergebnisse nur bedingt miteinander vergleichbar. Den Tieren werden die Seltenen Erden als Oxide, Citrate,

Nitrate und als organische Verbindungen mit dem Futter oder dem Wasser verabreicht.

Bei Schweinen fanden HU et al. (1999) eine signifikante Steigerung von essentiellen und nicht-essentiellen Aminosäuren um 3,1 % bzw. 3,4 % durch den Zusatz von 400 mg bzw. 600 mg REE/kg Futter. Gleichzeitig zeigte sich auch eine signifikante Erhöhung der scheinbaren Verdaulichkeit von Rohprotein von 4,5 %.

XU et al. (1999) zeigten in ihren Studien den Einfluss Seltener Erden auf verschiedene Serumparameter. Sowohl die Schilddrüsenhormone T<sub>3</sub> und T<sub>4</sub> als auch das Wachstumshormon (GH) wurden beeinflusst. Gleichzeitig konnten bei diesen Tieren höhere Tageszunahmen und eine verbesserte Futtermittelverwertung verzeichnet werden. Daraus schließen XU et al. (1999), dass sowohl die T<sub>3</sub> und T<sub>4</sub> -, als auch GH-Produktion durch Lanthan gesteigert und die Metabolisierung am Zielorgan erhöht wird. Tabelle 8 bietet eine Übersicht der Ergebnisse zu diesem Versuch von XU et al. (1999).

**Tabelle 8: Übersicht der Ergebnisse von XU et al. (1999)**

<b>Tiere</b>	<b>60 Schweine</b>
Dosis-REE	100 mg / kg
Gewichtszunahme	+ 13,26 % <sup>b</sup>
Futteraufnahme	+ 5,43 % <sup>b</sup>
Futtermittelverwertung	- 8,50 % <sup>a</sup>
GH Höchstwert	103,36% <sup>b</sup>
GH Tiefstwert	88,88 % <sup>b</sup>
GH Mittelwert	90,91 % <sup>b</sup>
T3	+ 36,70 % <sup>b</sup>
T4	+ 28,96 % <sup>b</sup>
Glucose	+ 19,72 % <sup>b</sup>
Gamma-GT	+ 67,27 % <sup>b</sup>

a = (p < 0,01)

b = (p < 0,05)

### **2.3.7 Einsatz Seltener Erden unter westlichen Bedingungen**

Um die spektakulären Leistungssteigerungen, die in den chinesischen Studien publiziert werden, nachvollziehen zu können, starteten RAMBECK et al. (1999) erstmals einen Fütterungsversuch unter „westlichen Haltungs- und Fütterungsbedingungen“. Von Bedeutung ist, dass die in China verwendeten Rassen in Bezug auf ihre Produktivität und Futtermittelverwertung durchaus weit hinter den modernen westlichen Hochleistungsrassen stehen (XIE et al., 1995). Die Wirksamkeit von Leistungsförderern in der Tiermast ist erwiesenermaßen abhängig von Haltungs-, Hygiene- und Fütterungsbedingungen. Mitunter sind deutliche Leistungssteigerungen oftmals nur unter suboptimalen Hygiene- und Haltungsbedingungen zu erzielen. Unter diesen Umständen lassen sich die chinesischen Studien nur bedingt auf westliche Verhältnisse übertragen und müssen daher kritisch betrachtet werden.

In den letzten Jahren wurden am Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik der tierärztlichen Fakultät der LMU München Fütterungsstudien mit Seltenen Erden an Schweinen, Broilern, Wachteln, Ratten und auch Fischen durchgeführt.

Ein erster Fütterungsversuch wurde mit Absatzferkeln durch Zusatz verschiedener Seltener Erden in Chloridform in Dosierungen von 150 mg bzw. 300 mg pro Kilo Futter durchgeführt. Dabei konnten Gewichtssteigerungen zwischen 2 % und 5 % und eine Verbesserung der Futtermittelverwertung um 3 % bis 7 % erzielt werden (RAMBECK et al., 1999). Das Ergebnis dieses Fütterungsversuches bewies, dass Seltene Erden auch unter „westlichen Bedingungen“ wirken.

In einem Versuch mit Broilern und japanischen Wachteln wurde die Wirksamkeit einer REE-Chlorid-Mischung in unterschiedlichen Konzentrationen getestet. In beiden Versuchen konnte zwar eine leichte Akkumulation Seltener Erden in den untersuchten Organen festgestellt werden. Die Supplementierung mit Seltenen Erden konnte jedoch bei keiner der beiden Spezies eine Verbesserung der Aufzucht- und Legeleistung bewirken (SCHULLER et al., 2002).

Eine Steigerung der Aufzuchtleistung erbrachte hingegen ein Mastversuch mit 308 männlichen Broilern. Die supplementierte Gruppe erhielt Zusätze verschiedener Bindungsformen Seltener Erden und erreichte im Vergleich zur Kontrollgruppe eine Steigerung von 2 % bis 7 %. Die Futtermittelverwertung der mit REE-Ascorbat gefütterten Gruppe war signifikant verbessert (HALLE et al., 2002).

Die Supplementierung von Schweinefutter mit verschiedenen Chloriden Seltener Erden führte bei BÖHME et al. (2002a) allerdings zu einer Verschlechterung der Mastleistung um 1,1 % bis 3,6 %. In weiteren Bilanzversuchen, welche die Verdaulichkeit der Nährstoffe in praxisüblichen Diäten durch Zusätze verschiedener Verbindungen Seltener Erden prüfen sollten, konnte kein statistisch gesicherter Einfluss auf die Verdaulichkeit erkannt werden (BÖHME et al., 2002b). Diese Ergebnisse lassen spekulieren, ob die ergotrope Wirkung Seltener Erden durch eine gesteigerte Energieausnutzung hervorgerufen werden.

BORGER (2003) erzielte mit REE-Chlorid supplementiertem Futter bei Mastschweinen eine signifikante Steigerung der täglichen Lebendmassenzunahmen um 19 % ( $p < 0,05$ ) und eine hochsignifikante Verringerung des Futteraufwandes um 11 % ( $p < 0,01$ ). Lediglich in der Aufzuchtphase war das Schilddrüsenhormon Trijodthyronin (T3) signifikant erniedrigt.

In einem Versuch von EISELE (2003), ebenfalls mit REE-Chlorid-supplementierten Schweinen, waren sowohl die Werte des Trijodthyronin (T3) als auch die des Thyroxin (T4) erniedrigt bei gleichzeitiger Verbesserung der Tageszunahmen um 4 bis 5%. Außerdem wurde in zwei Feldversuchen mit 200 mg REE-Chlorid supplementierten Tieren eine Steigerung der Lebendmassenzunahme als Verbesserung der Futtermittelverwertung beschrieben. In einer weiteren Münchener Arbeitsgruppe wurden die Effekte von Seltenen Erden-Citrat in unterschiedlichen Konzentrationen in der Ferkelaufzucht sowie erstmalig an Wiederkäuern in einem in vitro Versuch untersucht. Durch die Supplementierung von Seltenen Erden-Citrat konnten noch stärkere leistungssteigernde Effekte als bei den Studien, in denen die Chloridform eingesetzt wurde, verzeichnet werden. Die Untersuchung von möglichen Einflüssen von Seltenen Erden-Citrat auf die ruminale Fermentation wurde an einem künstlichen Pansen, vorgenommen. Dabei wurde die Wirkung von Seltenen Erden in unterschiedlichen Dosierungen gegen eine Negativkontrolle (ohne Zusatz) und eine Positivkontrolle (Tetrazyklin) verglichen. Da die ruminale Fermentation nicht durch Seltene Erden beeinflusst wurde, kam man zum Ergebnis, dass die Wirkung nicht auf einer Beeinflussung der Mikroorganismen im Verdauungstrakt beruht (KNEBEL, 2004).

Im gleichen Jahr wurden von HE et al. (2003) das Wachstum und die Blutparameter in einem Versuch an 50 Ratten untersucht. Neben einem verbesserten Futtermittelverbrauch von 8-11 % und einer Gewichtszunahme von 5-9 % waren auffällige

Veränderungen der Blutparametern zuerkennen. Die Aktivitäten der Alkalischen Phosphatase (AP), der Alanin-Amino-Transferase (ALT) und der Aspartat-Amino-Transferase (AST) stiegen signifikant bei den REE-supplementierten Ratten an.

KESSLER (2004) konnte mit einem Versuch an Mastschweinen, denen 200 mg / kg REE in Citratform verabreicht und nach Geschlecht getrennt untersucht wurden, während der gesamten Mastperiode signifikante Verbesserung der Gewichtszunahmen von 8,8 % sowie eine Steigerung der Futtermittelverwertung um 3,6 % beobachten. Die Wirkung war bei weiblichen im Vergleich zu männlich kastrierten Tieren deutlicher.

In einem Versuch mit Regenbogenforellen wurde den Fischen ein Gemisch Seltener Erden in den Konzentrationen 0 ppm, 100 ppm, 200 ppm und 400 ppm über das Futter verabreicht. Nach 12 Wochen konnten bei keinem der Qualitätsparameter (Ausschlachtungsgewicht, pH-Wert, Fleischfärbung, Fleischfestigkeit) leistungssteigernde Effekte beobachtet werden. Auch ein anschließender Karpfenversuch mit 400 ppm Seltener Erd-Citrat, ließ keine Steigerung der Futtermittelverwertung bzw. der Gewichtszunahme erkennen (RENARD, 2005).

Eine Zusammenfassung der beschriebenen Versuchsergebnisse ist in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9 - Teil 1: Übersicht über westliche Fütterungsversuche bei Nutztieren

Spezies	Bindungsform	REE-Dosierung	Effekte	Autoren
Absatzferkel	REE-Chlorid	75 mg / kg	+ 2 % GZ	RAMBECK et al. (1999)
			- 4-5 % FV	
		150 mg / kg	+ 0-5 % GZ	
			-3-7 % FV	
Absatzferkel	REE-Chlorid	150 mg / kg	+ 19 % GZ	BORGES et al. (2003)
Mastschwein			150 mg / kg	
		+ 12 % GZ		
			- 3 % FV	
Mastschwein	REE-Chlorid	100 mg / kg	- 3,6 % GZ	BÖHME et al. (2002a)
	REE-Nitrat		- 3,6 % GZ	
	REE-Ascorbat		- 3,4 % GZ	
	REE-Citrat		- 1,1 % GZ	
Schwein	REE-Chlorid	300 mg / kg	+ 4-5 % GZ	EISELE et al. (2003)
		200 mg / kg	+ 3-10 % GZ	
			- 2-9 % FV	
Schwein	REE-Chlorid	50 mg / kg	±0 % GZ	KNEBEL et al.(2003)
		100 mg / kg	+ 8,6 % GZ	
		200 mg / kg	+ 22,6 % GZ	

GZ=Gewichtszunahme

FV=Futtermittelverwertung

Tabelle 9 - Teil 2: Übersicht über westliche Fütterungsversuche bei Nutztieren

Spezies	Bindungsform	REE-Dosierung	Effekte	Autoren
<b>Broiler</b>	REE-Chlorid	100 mg / kg	+ 5 % GZ	HALLE et al. (2002)
	REE-Nitrat		+2 % GZ	
	REE-Ascorbat		+7 % GZ	
	REE-Citrat		+ 6,5 % GZ	
<b>Broiler</b>	REE-Chlorid	150 mg / kg	keine Verbesserung in Aufzucht- und Legeleistung	SCHULLER et al. (2002)
<b>Japanische Wachtel</b>		300 mg / kg		
		75 mg / kg		
		150 mg / kg		
		300 mg / kg		
<b>Forellen</b>	REE-Citrat- Gemisch	100 mg / kg	keine Leistungssteigerung in Gewichtsentwicklung, Futtermittelverbrauch und Futtermittelverwertung	RENARD et al. (2005)
		200 mg / kg		
		400 mg / kg		
<b>Karpfen</b>	REE-Citrat	400 mg / kg	keine Verbesserung bezüglich Gewichtszunahme bzw. Futtermittelverwertung	
<b>Ratte</b>	REE-Citrat	75 mg / kg	+ 4–7 % GZ + 3-11 % FV	HE et al. (2003)
		150 mg / kg		

### **3. Material und Methoden**

#### **3.1 Fütterungsversuch mit Mastkälbern**

##### **3.1.1 Versuchsziel**

Bei diesem Versuch sollte eine Supplementierung des Futters mit Seltenen Erden (Lancer®) auf die Futtermittelverwertung und die Gewichtszunahme bei Mastkälbern im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Futterzusätze überprüft werden.

##### **3.1.2 Versuchsaufbau und Versuchstiere**

Für den Fütterungsversuch wurden insgesamt 312 männliche Kälber der Rasse Fleckvieh verwendet. Bei der Einteilung in Versuchs- und Kontrollgruppe wurde auf eine möglichst gleichmäßige Verteilung in Bezug auf Alter und Gewicht geachtet. Die Tiere wurden am Tag der Einstellung gewogen und hatten ein durchschnittliches Einstellgewicht von  $83,0 \pm 3,06$  kg und waren  $43,5 \pm 12,7$  Tage alt. Die Versuchs- und Kontrollgruppe bestand aus jeweils 26 männlichen Kälbern. In insgesamt 6 Versuchsdurchgängen wurde jedem Kalb der Versuchsgruppe täglich 400 ppm Lancer® /kg TS über den Milchaustauscher zugeführt. Die Kontrollgruppe erhielt Milchaustauscher ohne Futterzusätze.

##### **3.1.3 Tierhaltung**

Die Tiere wurden in einem Mastbetrieb in 92521 Schwarzenfeld, nahe Regensburg im Rein-Raus-Prinzip gehalten.

Die Mastkälber waren in einem Stall mit je vier Abteilen untergebracht. Die 11,8 m langen und 6,1 m breiten Abteile waren alle gleich groß. Sie waren unterteilt in einen Laufstall mit den Maßen 11,8 m Länge x 4,3 m Breite und einen 1,7 m breiten und 11,8 m langen Futtertisch.

Der einstreulose Laufstall bestand aus Vollspaltenboden und war unterteilt in Liegebereich und Fressplatz. Der Liegebereich war mit einer abnehmbaren Gummimatte ausgelegt. Die Spaltenbreite entsprach der Kälberhaltungsverordnung vom 01. Januar 1998.

Der Fressplatz bot zu Beginn der Mastperiode für alle Tiere ausreichend Platz. Der Milchaustauscher wurde von den Kälbern über einen Tränkestand (Fa.

Schottenheim, Nabburg (Westfalia Fachzentrum) aufgenommen. Der Tränkestand, in dem zwei Tiere parallel und gleichzeitig trinken konnten, wurde diagonal zu einer Ecke gestellt. Somit hatten die Tiere ausreichend Platz, den Stand rückwärts zu verlassen.

Jedes Abteil verfügte über zwei Tränkebecken und einer Nippeltränke zur freien Wasseraufnahme.

Das Stallklima wurde computerkontrolliert (Fa. HAKA LC-R, Josef Häufele GmbH & Co. KG, 89155 Erbach-Dellmensingen).

Über einen Außentemperaturfühler wurde die Raumtemperatur reguliert. Im Sommer wurde eine Lüftrate von  $180 \text{ cm}^3/\text{h}$  erzielt. Die Frischluftversorgung wurde über den Dachraum gewährleistet. Auf Traufhöhe befand sich eine Öffnung von 20 cm, die mit einem Lochfilter (Heraklitplatte) versehen war. Durch die Ventilatoren wurde bei geschlossenen Fenstern und Türen ein Unterdruck erzeugt.

Im Winter wurden die neuen Kälber bei einer Raumtemperatur von anfangs  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  untergebracht. Zur Minderung der Luftfeuchtigkeit wurde eine Lüftrate von  $60 \text{ cm}^3/\text{h}$  angestrebt.

Mittels zwei an den Wänden befestigten Heizkörpern der Größe 120 cm x 70 cm wurde die Stalltemperatur manuell geregelt. Sie erbrachten eine Leistung von ca. 3 KW.

Die Stallabteile wurden während der Fütterungszeit bei Bedarf morgens und abends mittels drei Neonröhren der Länge 150 cm und einer Belichtungsstärke von 40 Watt beleuchtet. In den Abteilen befanden sich drei Fenster mit den Maßen 100 cm x 60 cm und ein Innenfenster zum Versorgungsgang mit den Massen 125 cm x 75 cm.

Nachts brannte eine Notlampe mit 5 Watt, die sich bei Dämmerung einschaltete.

### **3.1.4 Fütterungsmodus**

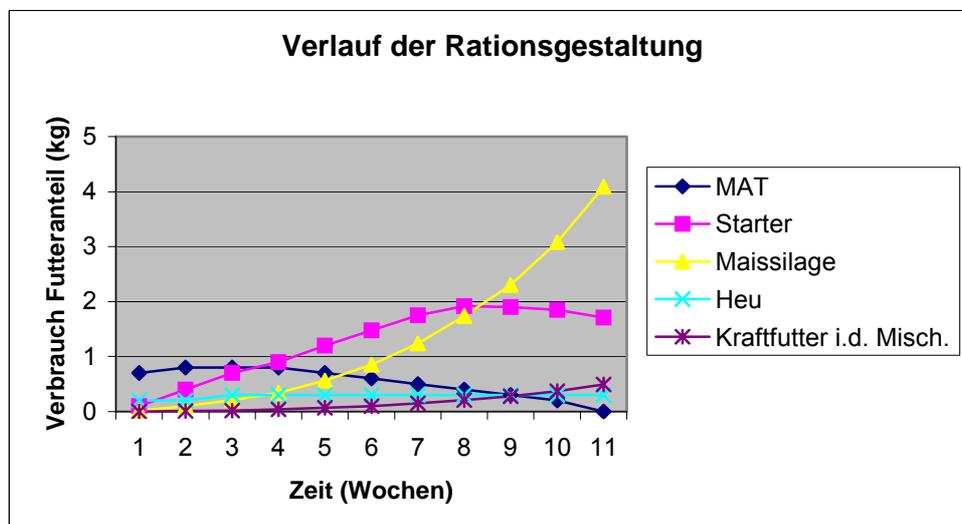
Bei der Einteilung in Kontroll- oder Versuchsgruppe erhielt jedes Tier ein Halsband mit einem Transponder. Im Tränkestand war dadurch eine Identifizierung der Kälber, des Futtermittelsverbrauchs sowie eines noch bestehenden Futteranspruchs möglich.

Täglich wurden 400 mg/kg TS des Preparates Lancer® in den MAT der Versuchstiere eingemischt. Um eine möglichst hohe Mischgenauigkeit zu erreichen, wurde zuvor eine achtprozentige Vormischung mit einem Getreidemehl hergestellt.

Bei Anmischung des Milchaustauschers wurde diese Vormischung gleichzeitig über einen Medizinalmischer der Fa. Förster, zugeführt. Pro Mahlzeit wurden immer nur 0,5 Liter angemischt. Nicht gefressene Portionen konnten vom nachfolgenden Tier abgeholt werden.

Nach der Einstaltung wurden die Kälber je morgens und abends angetrankt und bekamen zusätzlich entsprechend dem Futterplan (Tabelle 10) Starter, Maissilage, Krafftutter, Sojaschrotschrot und Heu in abgewogenen Mengen. Am zweiten Tag wurden sie 3 x täglich angetrankt und erhielten morgens und abends Futter.

**Abbildung 2: Darstellung des Verlaufs der Rationsgestaltung innerhalb der Versuchsdauer**



Während der gesamten Mastzeit wurde nach einer Trankekurve vorgegangen. Entsprechend bekamen die Tiere 4 bis 8 Liter Milchaustauscher in der ersten Woche. Diese Mengen wurden, wie in folgender Tabelle erkennbar, kontinuierlich reduziert.

**Tab. 10: Mengen an Futterkomponenten in Relation zu Körpermasse und Alter der Mastkälber**

Woche	Lebend- masse	MAT*	Starter	Mais- silage	Krafftutter in der Mischung	Soja- schrot	Krafft. ges.	Anteile		Heu
								Krafftutter	Grundfutter	
								in Gesamtration		
kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	%		kg	
1	85	0,7	0,10	0,02	0,00	0,00	0,10	84	16	0,2
2	87	0,8	0,40	0,10	0,01	0,00	0,41	82	18	0,2
3	92	0,8	0,70	0,21	0,02	0,00	0,72	80	20	0,3
4	99	0,8	0,90	0,34	0,04	0,00	0,94	76	24	0,3
5	107	0,7	1,20	0,56	0,07	0,00	1,27	72	28	0,3
6	115	0,6	1,48	0,85	0,10	0,00	1,58	68	32	0,3
7	125	0,5	1,75	1,24	0,15	0,00	1,90	64	36	0,3
8	134	0,4	1,92	1,74	0,21	0,00	2,13	58	42	0,3
9	145	0,3	1,90	2,30	0,28	0,1	2,28	53	47	0,3
10	155	0,2	1,85	3,08	0,37	0,2	2,42	47	53	0,3
11	165	0,00	1,71	4,09	0,49	0,3	2,50	41	59	0,3
12	175	0,00	1,45	5,11	0,61	0,4	2,46	35	65	0,3
13	186	0,00	1,15	6,05	0,73	0,5	2,38	31	69	0,3
14	197	0,00	0,80	7,31	0,88	0,6	2,28	26	74	0,3
15	208	0,00	0,40	8,48	1,02	0,7	2,12	22	78	0,3

\*Ein Liter MAT wurde mit 100g Pulver angerührt

Die Versuchsdauer von 10 Wochen entspricht dem Zeitraum der Fütterung mit Milchaustauscher. Dabei wurde der Milchaustauscher beginnend in der ersten Woche mit 0,7 g wöchentlich 0,1 g-weise reduziert und ab der 11. Woche abgesetzt. Der Starter wurde pro Woche jeweils ca. um 0,3 g erhöht und ab der 8. Woche wieder reduziert. Die Zufütterung von Krafftutter fand erst ab der zweiten Woche statt. Starter und Krafftutter in der Mischung ergeben zusammen die gesamte Krafftuttermenge. Beginnend mit 0,01 kg Krafftutter in der Mischung wurde die Ration

auf 0,49 gesteigert. Für die Vormagenentwicklung wurde den Tieren 0,2 kg Maissilage ab der ersten Woche gefüttert. Den Fressern wurde ab den ersten beiden Wochen 0,2 kg Heu angeboten, das ab der dritten Woche auf 0,3 kg gesteigert wurde. Während des gesamten Versuchszeitraumes wurde der Krafffutteranteil im Futter von 84% in der ersten Woche auf 47% in Woche 10 gesenkt. Der Grundfutteranteil im Futter wurde von 16 % auf 59 % angehoben.

Am Ende der zehnwöchigen Versuchsperiode wurden die Tiere einzeln gewogen.

### 3.1.5 Futterzusammensetzung

Die Kälber der Versuchs- und Kontrollgruppe erhielten alle einen kommerziellen Milchaustauscher (Tabelle 11). Die Inhaltsstoffe dieses MAT sind in Tabelle 11 angegeben.

**Tab. 11: Zusammensetzung des Milchaustauschers „Milkibeef® Top“, Hersteller: Trow Nutrition Deutschland GmbH; 86664 Burgheim**

Gehalte	Menge [%]
Magermilchpulver	50,2
Molkenpulver	23,3
Pflanzenöl, raffiniert (Palmöl, Kokosöl, Sojaöl)	20,0
Weizenquellstärke	5,4
L-Lysin-Monohydrochlorid	0,1

**Tab. 12: Inhaltsstoffen des Milchaustauschers „Milkibeef® Top“**

Inhaltsstoffe	Menge [%]
Rohprotein	22,0
Lysin	1,7
Rohfett	21,0
Rohfaser	0,1
Rohasche	7,5
Calcium	0,9
Phosphor	0,7

**Tab. 13: Angaben über die Zusatzstoffe des Milchaustauschers pro kg Mischfutter**

Komponente	Menge
Vitamin A	25.000 I.E
Vitamin D3	2.500 I.E
Vitamin E ( $\alpha$ -Tocopherolacetat)	30 mg
KBE Enterococcus faecium DSM 10663 / NCIMB 10 415 (Nr. 13)	1,05 Mrd.
Kupfer als Kupfer-(II)sulfat	5 mg

In der ersten Woche nach Einstellung bekamen die Kälber Kraftfutter gemäß des Fütterungsprogramms (Tabelle 10). Folgende Tabelle beschreibt die Zusammensetzung des Kraftfutters.

**Tab. 14: Zusammensetzung des Kraftfutters [%]**

Gehalte	Menge [%]
Körnermais	45
Gerste	18
Leinschrot	10
Sojaschrot	22
Kohlensaurer Futterkalk	1
Mineralfutter	4

In Tabelle 15 werden die Inhaltsstoffe des Kraftfutters zusammengefasst dargestellt.

**Tab. 15: Inhaltsstoffe des Kraftfutters [%]**

Inhaltsstoffe	Menge [%]
Trockensubstanz	87,3
Rohprotein	18,8
Rohfaser	4,0
MJ ME/kg Futter	10,86
MJ ME/kg TS	12,44
NfE	69
Calcium	1,4
Phosphor	0,6

### 3.1.6 Untersuchte Parameter

#### 3.1.6.1 Gesundheitszustand

Der Gesundheitszustand und das Verhalten der Tiere wurden bei Einstallung und im weiteren Versuchszeitraum bei den täglichen Fütterungen kontrolliert.

#### 3.1.6.2 Bestimmung des Futtermittels

Die Fütterung der Tiere erfolgte restriktiv nach einem Futterplan, der in Tabelle 10 dargestellt ist. Dabei erhielten die Tiere Milchaustauscher (MAT) entsprechend einer Tränkekurve. Die festen Futteranteile wurden in abgewogener Menge zugeteilt. Die Futtermenge blieb für jede Gruppe gleich.

#### 3.1.6.3 Lebendmasseentwicklung

Nach durchschnittlich 73 Tagen wurden alle Tiere der Versuchs- und Kontrollgruppe bei Versuchsende einzeln gewogen. Dafür wurde eine Waage der Firma BAUMANN Waagen- und Maschinenbau GmbH, 95707 Thiersheim mit den Maßen 200 cm x 90 cm verwendet. Das Gewicht der Tiere konnte auf 500 g genau bestimmt werden. Das Endgewicht wurde vom Einstallgewicht abgezogen.

#### **3.1.6.4 Futtermittelverwertung**

Die zu bestimmende Futtermittelverwertung ergibt sich nach Feststellung von Futtermittelverbrauch und Gewichtszunahme gemäß folgender Formel:

$$\text{Futtermittelverwertung} = \text{Futtermittelverbrauch in kg} / \text{Gewichtszunahme in kg}$$

Die Futtermittelverwertung wurde nicht errechnet, da sie durch die restriktive Fütterung beeinflussbar war.

#### **3.1.7 Statistik**

Für die statistische Auswertung der Versuchsergebnisse wurden folgende statistische Methoden angewandt :

- MW: Berechnung des arithmetischen Mittelwertes aus allen Einzelwerten zu den verschiedenen Messzeitpunkten
- S: Berechnung der Standardabweichung vom Mittelwert, als Maß für die Streuung der Werte der einzelnen Tiere bei einem Messzeitpunkt
- Vergleich zweier Mittelwerte: t-test nach Student, z.B. Vergleich eines Messwertes bei den männlichen Tieren.

Signifikante Unterschiede und Korrelationen ( $p \leq 0,05$ ) wurden durch Bezeichnung mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

### **3.2 Fütterungsversuch mit Schweinen**

#### **3.2.1 Versuchsziel**

Ziel dieses Fütterungsversuches war es, die potentielle Leistungssteigerung durch REE, und dem phytogenen Zusatzstoff digestan® und der Kombination aus beiden auf den Futtermittelverbrauch, die Futtermittelverwertung und auf die Körpergewichtszunahme zu untersuchen.

### 3.2.2 Versuchstiere

Die 80 für den Fütterungsversuch verwendeten Ferkel waren Hybride der Rasse Deutsche Landrasse x Piétrain. Das durchschnittliche Gewicht bei Gruppeneinteilung lag bei  $8,9 \pm 2,65$  kg. Die Tiere waren zu Versuchsbeginn  $41 \pm 6,5$  Tage alt und wogen  $11,0 \pm 4,2$  kg. Die Tiere stammten aus der eigenen Zucht des Lehr- und Versuchsguts der Ludwig Maximilians Universität München in Oberschleißheim.

### 3.2.3 Versuchsgruppen

Die Tiere wurden am Tag der Einstallung gewogen und gleichmäßig nach Geschlecht und Gewicht auf vier Gruppen aufgeteilt.

- Gruppe I diente als Kontrollgruppe ohne Futterzusätze
- Gruppe II bekam Futter mit 300 ppm eines Gemisches Seltener Erden (REE)
- Gruppe III erhielt Futter mit 1000 ppm des phytoenen Zusatzstoffs digestan®
- Gruppe IV wurde Futter mit einer Kombination des Gemisches Seltener Erden und der phytoene Zusatzstoff digestan® in den gleichen Dosierungen wie in den Gruppen II und III verabreicht (Tabelle 16).

Der Versuchszeitraum von 138 Tagen erstreckte sich über Ferkelaufzucht, Vormast und Endmast.

**Tab. 16: Zusatz an Seltenen Erden (REE), digestan® in den vier Rationen [ppm]**

	REE-Citrat	digestan®
<b>Gruppe 1</b>	-	-
<b>Gruppe 2</b>	300 ppm	-
<b>Gruppe 3</b>	-	1000 ppm
<b>Gruppe 4</b>	300 ppm	1000 ppm

### 3.2.4 Tierhaltung

Während der Aufzuchtphase wurden die Tiere entsprechend der Gruppenzugehörigkeit in vier Buchten mit Teilspaltenboden aufgestellt. Jede Bucht war 250 cm breit und 300 cm lang. Die Spaltenbreite entsprach den Vorgaben der Schweinehaltungsverordnung. Die Bereiche Fressen und Liegen waren unterteilt,

jedoch nicht abgetrennt. Die Liegefläche war planbefestigt und mit Stroh bedeckt. In jeder Bucht befand sich eine Metallkette, die der Beschäftigung der Tiere diente. Außerdem hatten die Tiere benachbarter Buchten Sichtkontakt.

Den Tieren wurde Futter ad libitum über Futterautomaten mit je vier Futterplätzen, die in jeder Bucht doppelt vorhanden waren, angeboten. Das Fassungsvermögen eines Futterautomaten war für ca. 50 kg Futter ausgelegt. Wasser stand ihnen über je zwei Tränkeschalen pro Bucht ständig zur freien Verfügung.

Der Raum verfügte über insgesamt 6 Fenster, durch die natürliches Licht einfallen konnte.

Die vier Neonröhren wurden nur zur Stallkontrolle eingeschaltet.

Die Buchten wurden täglich gemistet und neu eingestreut. Nach 32 Tagen wurden alle vier Gruppen in Buchten mit reinem Spaltenboden umgestallt, da einmal tägliches Misten nicht mehr ausreichte.

Für die Perioden Mast I und Mast II wurden die Tiere in einen Außenklimastall mit Tiefstreustall und einen über Treppen zu erreichenden angehobenen Fressplatz mit Spaltenboden verbracht.

Am 320 cm langen und 600 cm breiten Fressplatz konnten zwei Tiere gleichzeitig über eine Breinuckelfütterung restriktiv Futter aufnehmen. Dabei war es möglich, sämtliche tierbezogenen Futterdaten zu erfassen. Den Tieren standen 4 wärmeisolierte Nippelselfstränken mit unterschiedlicher Höhe auf jeder Seite zur freien Wasseraufnahme zur Verfügung.

Ein Großteil des Kotes wurde beim Fressen auf dem Spaltenboden abgesetzt. Das Entmisten wurde mit mobilen Geräten möglich gemacht und fand immer am Ende einer Mastperiode statt. Dazwischen wurde nach Bedarf frisch aufgestreut, wodurch ein fester Tretmist entstand.

Jede Großgruppenbucht war durch 2 m hohe Betonwände begrenzt, somit war ein Tierkontakt zwischen den einzelnen Gruppen nicht möglich. Es war einzig ein Sichtkontakt während der Futteraufnahme zu den gegenüberliegenden Buchten möglich.

Der Versuch fand teilweise bei niedrigen Außentemperaturen statt, die auch das Stallklima beeinflussten. Die Tiere hatten die Möglichkeit sich unter 200 cm breiten und 665 cm langen, wärmeisolierten Liegeplätzen mit Teilabdeckung gegenseitig zu

wärmen. Der Luftaustausch war über den hohen Stallraum und offenen First gewährleistet.

Das Stroh diente als Liegepolster, als Spielzeug und als Schutz vor Unterkühlung. Aufgrund der 665 cm langen und 600 cm breiten Fläche des Tieflaufstalls hatten die Tiere relativ viel Bewegungsfläche zur Verfügung. Hier blieben die Tiere bis zum Erreichen der Schlachtreife.

### 3.2.5 Fütterungsabschnitte und Futterzusammensetzung

Die Basis für das Versuchsfutter stellte zu Versuchsbeginn betriebseigen hergestelltes Ferkelaufzuchtfutter (Tab. 17) dar, in welches die Seltenen Erden und die ätherischen Öle als Vormischung eingebracht wurden. Die Werte der Futterinhaltsstoffe und deren Gehalte wurden vom Lehr- und Versuchsgut der Ludwig Maximilian Universität München ermittelt.

**Tab. 17: Futtermischung des Ferkelaufzuchtfutters**

<b>Futtermittel</b>	<b>Menge [%]</b>
Winterweizen	44,0
Sojaschrot	22,5
Wintergerste	21,0
Mais	10,0
SALVANA Ferkel-Mineral®	2,5

Der Gehalt an Rohnährstoffen und ausgewählten Aminosäuren ist der Tabelle 18 zu entnehmen.

**Tab. 18: Inhaltsstoffe des Ferkelaufzuchtfutters laut Analyse des LVG [g/kg]**

Inhaltsstoffe	Menge [g]
Rohprotein	197,8
Verdauliches Rohprotein	88,3
Rohfett	25,0
Rohfaser	34,0
Stärke	448,0
Zucker	21,0
Rohasche	13,0
Lysin	10,9
Methionin	3,5
Cystin	3,5
Threonin	7,4
Trypsin	2,3
Calcium	6,0
Phosphor	5,0

Die Zusammensetzung des in der Hofmischung verwendeten kommerziellen Mineralfutters ist in Tabelle 19 angegeben.

**Tab. 19: Gehalte an ausgewählten Mineralstoffen, Aminosäuren und Vitaminen im SALVANA Ferkel Mineral®**

Komponente	Menge	Einheit
Vitamin A	500.000	I.E/kg
Vitamin D3	50.000	I.E/kg
Vitamin E ( $\alpha$ -Tocopherol-Acetat)	2.500	mg/kg
Vitamin C	1.000	mg/kg
Biotin	3.000	mcg/kg
Cholinchlorid	12.500	mg/kg
Kupfer als Kupfer-(II)sulfat	4.000	mg/kg
Selen als Natriumselenit	10	mg/kg
FTU 3-Phytase	12.500	je kg
Calcium	180,0	g/kg
Phosphor	40,0	g/kg
Natrium	50,0	g/kg
Magnesium	20,0	g/kg
Lysin	80,0	g/kg
Methionin	20,0	g/kg
Threonin	20,0	g/kg

Das Vormastfutter wurde ebenfalls vom Lehr- und Versuchsgut in Oberschleißheim hergestellt und bestand aus den in Tabelle 20 angegebenen Komponenten.

**Tab. 20: Futtermischung des Vormastfutters (Mast I)**

<b>Futtermittel</b>	<b>Menge [%]</b>
Wintergerste	30,3
Mais	22,3
Winterweizen	22,3
Sojaschrot	22,3
SALVANA Schweinemineralfutter	2,8

**Tab. 21: Inhaltsstoffe des Vormastfutters [kg]**

<b>Inhaltsstoffe</b>	<b>Menge [g]</b>
Rohprotein	192,1
Verdauliches Rohprotein	101,8
Rohfett	23
Rohfaser	36
Stärke	448
Zucker	24
Rohasche	16
Lysin	8,9
Methionin	2,9
Cystin	3,4
Threonin	6,7

**Tab. 22: Gehalt des Mineralfutter für Schweine der Firma SALVANA ® an Calcium, Phosphor, Natrium, Magnesium und essentiellen Aminosäuren**

Nährstoff	Gehalt [%]
Calcium	24,0
Phosphor	5,5
Natrium	6,0
Magnesium	2,0

Im letzten Teil der Mastperiode wurde auf betriebseigen hergestelltes Endmastfutter umgestellt. Die Zusätze wurden auf Endmastfutter eingemischt, das anschließend pelletiert und über den Medikamentendosierer der Firma Mannebeck in das Futter eingebracht wurde.

**Tab. 23: Futtermischung für das Endmastfutter (Mast II)**

Futtermittel	Menge [%]
Wintergerste	55,0
Sojaschrot	14,5
Winterweizen	12,0
Mais	11,0
Hafer	5,0
Salvana Elmosan	2,5
Sauenmineralfutter	

Auch dem Endmastfutter wurde das Sauenmineralfutter SALVANA ELMOSAN SZ, das in Tabelle 22 beschrieben wurde, zugesetzt.

**Tab. 24: Inhaltsstoffe des Endmastfutters**

Inhaltsstoffe	Menge [g]
Rohprotein	173,8
Verdauliches Rohprotein	64,0
Rohfett	25,0
Rohfaser	44,0
Stärke	462,0
Zucker	15,0
Rohasche	10,0
Lysin	7,5
Methionin	2,8
Cystin	3,2
Threonin	6,1
Trypsin	1,9

### 3.2.6 Fütterungsmodus

Die Ferkel wurden eine Woche vor Versuchsbeginn umgestallt, gewogen und mit Futter ohne Zusätze gefüttert.

In der Aufzuchtphase stand den Ferkeln das Futter ad libitum zur Verfügung. Jeden zweiten Tag wurde mit Hilfe einer Digitalwaage der Firma METTLER TOLEDO, Gießen, das Futter in die Futterautomaten eingewogen. Bei Ermittlung des Körpergewichtes, im Abstand von vier Wochen, wurde das nicht gefressene Futter rückgewogen und vom bisherigen Verbrauch abgezogen.

Für die Fütterungsperiode Mast I und Mast II im Außenklimastall wurden Ohrmarkentransponder eingezogen. So konnten während der Futteraufnahme sämtliche tierbezogenen Futterdaten in jeder Großgruppenbucht pro Besuch ermittelt werden.

Die Fütterung erfolgte über ein Breinuckelsystem. Über zwei Vorratsbehälter mit einem Fassungsvermögen von je 10 kg konnten die Tiere an jeder Station Futter über ein Nuckelrohr abholen. Das Rohr war durch einen Verschlusschieber verschlossen. Bei Annäherung des Schweins mit dem Ohrmarkentransponder wurden die computerregistrierten Daten abgerufen. Bestand noch Futteranspruch, öffnete sich der Verschlusschieber. Für die Futteraufnahme musste das Schwein ein Pendel über die gesamte Länge des Nuckelrohrs zurückschieben, um das Futter aufnehmen zu können. Dann wurde über eine Schnecke Futter aus einem der beiden Vorratsbehälter in das Nuckelrohr befördert. Bei Verdrängung durch einen Artgenossen wurde die Fütterung sofort unterbrochen. Dieses Tier konnte zunächst auch kein Futter abholen.

Zur Gewöhnung an die Breinuckelfütterung wurde der Computer zunächst auf eine Anlernfunktion gestellt. So wurden die Tiere durch viele kleine Portionen pro Besuch zum Fressen animiert. Nach drei Wochen konnten alle Schweine auf Normalfunktion fressen und erhielten dann größere Portionen pro Besuch.

Die Futterzusätze für die jeweiligen Versuchsgruppen wurden als Vormischung über einen Wirkstoffdosierer der Firma MANNEBECK Landtechnik GmbH, 48465 Schüttdorf, in das Grundfutter eingebracht.

Der Wirkstoffdosierer bestand aus einem Vorratsbehälter, in welchen die Zusätze als Vormischung eingefüllt wurden, einem Motor, einem Dosierer und einer Dosierschnecke über welche die Vormischungen dem Futter homogen beigemischt wurden. Wirkstoffdosierer 1 enthielt die Vormischung für die Versuchsgruppe II und Wirkstoffdosierer 2 die Mischung für Versuchsgruppe III. Beide dosierten die Futterzusätze über festgelegte Zeiten. Der Wirkstoffdosierer 3 führte der Versuchsgruppe IV die Vormischung prozentual zu.

In der Mastperiode II erfolgte eine Umstellung auf Endmastfutter. Die Futterzusätze wurden in gleicher Weise zugeführt wie oben beschrieben.

### **3.2.7 Untersuchte Parameter**

#### **3.2.7.1 Gesundheitsstatus**

Der Gesundheitszustand wurde täglich über den gesamten Zeitraum von Ferkelaufzucht, Anfangs- und Endmast beobachtet. Schweine mit Nabelbrüchen, Abszessen oder anderen Erkrankungen wurden aus dem Versuch genommen.

### 3.2.7.2 Gewichtsentwicklung

Die Tiere wurden zu Beginn des Fütterungsversuches und im Abstand von vier Wochen gewogen. Die letzte Wägung fand im Abstand von zwei Wochen statt.

Im Außenklimastall wurden die Tiere mit einer Plattformwaage der Firma MANNEBECK Landtechnik GmbH, 48465 Schüttdorf gewogen. Sie enthielt vier Induktionswiegezellen für eine genaue Gewichtserfassung. An der Waage befand sich ein Wägeterminal für die Erhebung der Wägedaten. Mit dem Terminal war eine Feststellung der Transpondernummer mit Zuordnung der Tiernummer, des Wiegedatums und des Gewichts möglich.

### 3.2.7.3 Futterverbrauch und Futterverwertung

Der Futterverbrauch konnte aus technischen Problemen weder in der Phase der Aufzucht, noch in den Phasen von Mast I und Mast II ermittelt werden. Auf Grund fehlender Daten des Futterverbrauchs war es deshalb nicht möglich, die Futterverwertung über die Gewichtszunahme zu ermitteln.

### 3.2.7.4 Schlachtleistungsparameter

Die Tiere wurden im Schlachthof der Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht in Grub geschlachtet. Die Schlachtleistung der Schweine wurde standardmäßig anhand folgender Parameter untersucht:

#### **Schlachtkörpergewicht und Schlachtkörperlänge:**

Das Gewicht und die Länge der noch warmen und ausgenommenen Schlachtkörper wurde sofort, spätestens aber 45 Minuten nach dem Schlachten ermittelt.

#### **Fleisch / Fettverhältnis:**

Dieser Wert gab einen Hinweis auf den Fleischanteil des Schlachtkörpers und stellte ein Kriterium zur Bewertung der äußeren Qualität dar. Am Kotelettanschnitt der 13. und 14. Rippe wurde die Fleisch / Fettfläche gemessen und dessen Verhältnis nach folgender Formel berechnet:

$$\text{Fleisch} : \text{Fett} = 1 : \frac{\text{Fettfläche [m}^2\text{]}}{\text{Fleischfläche [cm}^2\text{]}}$$

### **Elektrische Leitfähigkeit:**

Die elektrische Leitfähigkeit ist ein Maß zur Beurteilung der Fleischbeschaffenheit. Dieser Wert wird einmal 45 Minuten (LF1) und ein zweites Mal 24 Stunden nach der Schlachtung gemessen. Es wird der Stromfluss zwischen zwei Elektroden im Fleisch ermittelt. Die Fleischbeschaffenheit wird als ungünstig betrachtet je höher der LF1 - Wert ist.

In diesem Fall wurde die Messung an zwei verschiedenen Stellen, nämlich Kotelett und Schinken, vorgenommen.

### **pH - Wert:**

Durch die Messung des pH-Wertes des Fleisches erhält man eine Aussage über die Fleischbeschaffenheit. Die Geschwindigkeit, mit welcher der pH-Wert nach dem Schlachten abfällt, lässt auf DFD oder PSE-Fleisch schließen. DFD steht für dark, firm and dry, PSE für pale, soft and exsudativ. Die Umwandlung von Glykogen in Laktat und Wasserstoffionen findet kurz nach der Schlachtung über die anaerobe Glykolyse im Muskel statt. Dabei fällt der pH-Wert innerhalb von 12 – 24 Stunden post mortem vom Neutralpunkt auf einen Endwert, der bei PSE-Fleisch bei 5,4 bis 5,0 liegt. Bei DFD-Fleisch findet kein oder nur ein geringer pH-Wertabfall statt, da dieser Vorgang schon zum Großteil vor der Schlachtung abgelaufen ist und die Produkte über den Blutweg abtransportiert wurden.

Ausschlaggebend für die Beurteilung von PSE-Fleisch ist der  $pH_1$ -Wert; bei DFD Fleisch der  $pH_{24}$ -Wert.

Bei beiden Erscheinungen handelt es sich um genetisch bedingte Stoffwechselstörungen. Umwelteinflüsse wie z.B. Transportstress und der Umgang der Tiere vor der Schlachtung müssen ebenso für das Zustandekommen von PSE- und DFD-Fleisch berücksichtigt werden.

### **Fleischhelligkeit – Opto-Star Wert:**

Dieser Wert dient neben dem pH-Wert der Differenzierung von hellem und dunklem Fleisch. Fleisch sehr guter Qualität weist einen Wert zwischen 66 und 80 Punkten auf. Eine normale Fleischbeschaffenheit erreicht eine Punktzahl von 61 bis 65 Punkten. PSE-Fleisch erreicht Werte  $< 55$ . Besteht der Verdacht auf DFD-Fleisch liegt der Wert  $> 80$ . Gemessen wird eine reflektierte Lichtmenge, die von einem Lichtstrahl definierter Wellenlänge ausgeht.

**Reflexionswert (Hennessy):**

Der Reflexionswert dient der Differenzierung zwischen hellem und dunklem Fleisch sowie der Erfassung von Fett- und Fleischabgrenzung. Von einer Fozelle wird der reflektierte Teil emittierter Lichtstrahlen registriert. Helles Fleisch reflektiert Licht besser als dunkles, wodurch unterschiedliche Reflexionswerte erreicht werden. Hierdurch kann auf die Fleischbeschaffenheit geschlossen werden. Wünschenswert sind niedrige Werte, da diese für eine gute Fleischbeschaffenheit, also helles Fleisch, stehen. Dieser Wert sollte nur für eine Grobdifferenzierung herangezogen werden.

**Speckmaß:**

Mit einem Messschieber werden verschiedene Speckmaße an unterschiedlichen Stellen des Schlachtkörpers ermittelt.

**Bewertung Bauch:**

Von PESCHKE et al. (1996) existiert eine Schätzformel zur Bewertung des Schweinebauches sowie eine Bauchpunkt-Bewertungsskala von 1 (mager) bis 9 (fett), welche hier angewendet wurde.

**Handelsklassen:**

Die Einteilung in Handelsklassen beschreibt den Muskelfleischanteil im Schlachtkörper unmittelbar nach der Schlachtung. In den Anlagen 1 und 2 der „Durchführungsverordnung zum Handelsklassengesetz vom 18.12.1986“ ist die Einteilung in das Handelsklassensystem E, U, R, O, P geregelt.

**Tab. 25: Einteilung des Muskelfleischanteils nach dem EUROP-System**

Handelsklasse	Muskelfleischanteil [%]
E	> 55
U	50 - 55
R	45 – 50
O	40 - 45
P	< 40

Zur Ermittlung des Muskelfleischanteils wird die Rückenspeckdicke in [mm] (Speckmaß) und die Muskeldicke in [mm] (Fleischmaß) auf Höhe der zweit- und drittletzten Rippe gemessen. Die Werte werden dann in folgende Formel eingesetzt:

$$\text{Muskelfleischanteil (MF\%)} = 58,6688 - 0,82809 \times (S) + 0,18306 \times (F)$$

### 3.2.8 Statistik

Die Ergebnisse der vier Versuchsgruppen wurden unter Berücksichtigung der Perioden von Aufzucht, Mast I und Mast II getrennt geschlechtlich und paarweise untereinander verglichen.

Zur Auswertung wurden folgende statistische Methoden angewandt:

- MW: Berechnung des arithmetischen Mittelwerts aus allen Einzelwerten zu den verschiedenen Messzeitpunkten.
- s: Berechnung der Standardabweichung vom Mittelwert, als Maß für die Streuung der Werte der einzelnen Tiere bei einem Messzeitpunkt.
- Überprüfung der Beeinflussung verschiedener Parameter durch unterschiedliche Variationsursachen: **ANOVA** (Varianzanalyse nach Kruskal-Wallis) nach Überprüfung der Normalverteilung.
- **Multipler, paarweiser Vergleich** zwischen den Versuchsgruppen nach der Holm-Sidak- oder Dunn's-Methode (Signifikanzlevel =0,05).

Signifikante Unterschiede und Korrelationen ( $p \leq 0,05$ ) wurden in Tabellen durch Bezeichnung mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

---

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Fütterungsversuch mit Mastkälbern

#### 4.1.1 Gesundheitszustand

Die Kälber waren in jedem Versuchsdurchlauf während der gesamten Versuchslaufzeit bei sehr guter Gesundheit. Ihr Allgemeinbefinden war ungestört und ohne besonderen Befund.

#### 4.1.2 Mastleistungsparameter

Die Lebendmassezunahme diente als Mastleistungsparameter. Auf Grund der restriktiven Fütterung entsprechend des Fütterungsprogramms blieb der Futtermittelverbrauch pro Tier gleich und wurde nicht als Mastleistungsparameter verwendet.

##### 4.1.2.1 Futtermittelverbrauch

Der tägliche Futtermittelverbrauch der Kälber zur Optimierung der täglichen Zunahmen in der Fresseraufzucht wurde nach dem Fütterungsprogramm (Tab. 10) bestimmt.

Der Gesamtfuttermittelverbrauch pro Tier innerhalb 10 Wochen auf Basis der Gesamtration, bestehend aus sechs Futterbestandteilen betrug durchschnittlich 55,93 kg.

##### 4.1.2.2 Lebendmassezunahme

In der 11. Woche am Ende der Versuchsperiode wurde die Lebendmassezunahme der Kontroll- und Versuchsgruppe ermittelt.

Tabelle 26 zeigt das durchschnittliche Einstallgewicht und Ausstallgewicht der Kontrollgruppe und Versuchsgruppe in den 6 Versuchsdurchgängen. Beim Einstellen wurde darauf geachtet, dass die Tiere beider Gruppen im Durchschnitt 83 kg wogen. Innerhalb dieser sechs Versuchsdurchgänge war kein signifikanter Unterschied bezüglich des Ausstallgewichts von Kontroll- und Versuchsgruppe zu erkennen. Tendenziell zeigten die Tiere der Kontrollgruppe ein höheres durchschnittliches Ausstallgewicht.

**Tab. 26: Darstellung des durchschnittlichen Einstallgewichts und Ausstallgewichts [kg] der Kontroll- und Versuchsgruppe**

<b>Durchschnittliches Gewicht [kg]</b>				
<b>Durchgang</b>	<b>Einstallgewicht Kontrollgruppe</b>	<b>Ausstallgewicht Kontrollgruppe</b>	<b>Einstallgewicht Versuchsgruppe</b>	<b>Ausstallgewicht Versuchsgruppe</b>
<b>1</b>	83,2 ±2,7	163,2 ±15,0	83,2 ±2,7	158,8 ±14,8
<b>2</b>	84,2 ±3,2	178,5 ±14,6	84,2 ±3,1	171,7 ±23,6
<b>3</b>	81,9 ±3,4	166,5 ±20,6	82,0 ±3,1	167,8 ±18,4
<b>4</b>	82,0 ±3,1	177,2 ±15,1	82,2 ±3,7	175,5 ±13,0
<b>5</b>	83,0 ±3,1	163,5 ±17,7	83,0 ±2,8	162,3 ±17,6
<b>6</b>	83,6 ±2,3	167,0 ±18,9	83,5 ±3,6	166,0 ±24,9

a, b, c: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ )

Die durchschnittlichen Gewichtszunahmen der Kontroll- und Versuchsgruppe in den jeweiligen Versuchsdurchgängen werden in Tabelle 27 beschrieben. Die Versuchsgruppe hatte im dritten Versuchsdurchgang tendenziell die größten Gewichtszunahmen. Im Wesentlichen zeigte sich keine Signifikanz zwischen den durchschnittlichen Gewichtszunahmen der beiden Gruppen. Im Vergleich zur Versuchsgruppe zeigte die Kontrollgruppe die größten durchschnittlichen Gewichtszunahmen.

**Tab. 27: Durchschnittliche Gewichtszunahme [kg] der Kontroll- und Versuchsgruppe in den jeweiligen Versuchsdurchgängen (MW±s)**

durchschnittliche Gewichtszunahmen [kg]		
Durchgang	Kontrollgruppe	Versuchsgruppe
1	80,0 ±15,4	76,0 ±13,7
2	94,0 ±14,6	88,0 ±23,6
3	85,0 ±20,1	86,0 ±17,2
4	95,0 ±14,0	93,0 ±12,9
5	81,0 ±17,5	79,0 ±17,2
6	83,0 ±17,58	82,5 ±23,6

a, b, c: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ )

Tabelle 28 gibt die tägliche Gewichtszunahme [g] der Tiere aus Kontroll- und Versuchsgruppe wieder. Die Kontrollgruppe konnte tendenziell die höchsten täglichen Gewichtszunahmen innerhalb der sechs Versuchsdurchgänge verzeichnen. Die täglichen Gewichtszunahmen von Kontroll- und Versuchsgruppe lassen keinen signifikanten Unterschied erkennen.

**Tab. 28: Tägliche Gewichtszunahmen [g] der Tiere aus der Kontrollgruppe und aus der Versuchsgruppe**

Durchgang	tägliche Gewichtszunahmen [g]	
	Kontrollgruppe	Versuchsgruppe
1	1194,0 ±229,9	1127,0 ±204,6
2	1276,0 ±196,7	1183,0 ±318,3
3	1175,0 ±279,7	1191,0 ±239,4
4	1236,0 ±182,3	1213,0 ±167,9
5	1422,0 ±420,8	1379,0 ±408,9
6	1127,0 ±237,5	1115,4 ±319,1

a, b, c: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ )

---

## 4.2 Fütterungsversuch mit Schweinen

### 4.2.1 Gesundheitszustand

Die Tiere befanden sich während des gesamten Versuchszeitraumes in einem guten Gesundheitszustand. Es konnten keine Beeinträchtigungen des Allgemeinzustandes beobachtet werden. Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen und den Kontrolltieren bestanden nicht.

Während des Versuchs mussten fünf Tiere vom Versuch ausgeschlossen werden: vier erlitten Nabelbrüche und eines erkrankte an Prolapsus ani. Diese Tiere wurden aus dem Versuch genommen.

### 4.2.2 Mastleistungsparameter

Während der Aufzucht, der Mast I und Mast II konnte nur die Gewichtsentwicklung als Parameter ermittelt werden. Auf Grund technischer Probleme war es nicht möglich die Futteraufnahme sowie die Futtermittelverwertung zu ermitteln.

#### 4.2.2.1 Lebendmasseentwicklung

Während der gesamten Versuchsdauer wurden die Werte der Lebendmasseentwicklung in vierwöchigen Abständen ermittelt. Am Ende der Mast II Periode fand die letzte Wiegung zwei Wochen vor der Schlachtung statt.

In Tabelle 29 sind die durchschnittlichen absoluten Körpergewichte [kg] der männlichen Tiere dargestellt. Zu Beginn der ersten Versuchswoche der Aufzuchtperiode wogen die männlichen Tiere der Kontrollgruppe im Durchschnitt 10,8 kg, die Tiere der REE-Gruppe 11,6 kg, die Tiere der digestan® -Gruppe 11,7 kg und die Tiere der Kombinationsgruppe aus REE und digestan® 10,8 kg. Schon in der dritten Versuchswoche wiesen die Tiere der REE-Gruppe mit 20,8 kg ( $\pm 6,4$  kg) und der digestan® -Gruppe mit 20,3 kg ( $\pm 7,7$  kg) das höchste durchschnittliche Körpergewicht auf. Das durchschnittliche absolute Körpergewicht der Kombinationsgruppe mit REE und digestan® war mit 18,9 kg ( $\pm 9,4$  kg) nur geringfügig höher, als das der Kontrollgruppe. Am Ende der Aufzuchtperiode in Woche sieben erreichten die Tiere der REE-Gruppe mit 39,5 kg ( $\pm 10,1$  kg) zusammen mit der Kontrollgruppe mit 35,9 kg ( $\pm 10,4$  kg) die höchsten Ergebnisse. In der achten Versuchswoche der Mast I Periode erreichte die REE-Gruppe das

höchste durchschnittliche Körpergewicht, wobei die Tiere der digestan® -Gruppe in der 12. Woche am besten abschnitten.

Über den gesamten Versuchszeitraum von Mast II erreichten die Tiere der REE-Gruppe, sowie der digestan® -Gruppe die höchsten durchschnittlichen Körpergewichte. Während der gesamten Versuchsdauer war kein signifikanter Unterschied zwischen den durchschnittlichen absoluten Körpergewichten der männlichen Tiere zu erkennen.

**Tab. 29: Durchschnittliche absolute Körpergewichte in [kg] der männlichen Tiere während der Aufzucht, Mast I und Mast II**

Durchschnittliches Körpergewicht [kg] der männlichen Tiere				
In den Wochen	Kontrolle	REE	digestan®	REE + digestan®
<b>Aufzucht</b>				
1	10,8 ±4,8	11,6 ±3,7	11,7 ±4,6	10,8 ±5,6
3	18,3 ±8,0	20,8 ±6,4	20,3 ±7,7	18,9 ±9,4
7	35,9 ±10,4	39,5 ±10,1	33,0 ±10,2	33,3 ±13,0
<b>Mast I</b>				
8	54,0 ±12,2	55,9 ±9,5	54,6 ±11,5	51,9 ±15,3
12	77,4 ±14,0	78,9 ±12,1	80,4 ±12,0	76,9 ±16,5
<b>Mast II</b>				
16	92,9 ±15,8	99,3 ±11,5	96,5 ±9,6	93,3 ±16,5
20	104,4 ±17,9	107,9 ±10,8	107,6 ±10,5	103,7 ±15,7

a, b, c: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ )

Das durchschnittliche absolute Körpergewicht in [kg] der weiblichen Tiere während der Aufzucht, der Mast I und Mast II ist in Tabelle 30 dargestellt. Schon in der ersten Versuchswoche lag das durchschnittliche Körpergewicht der mit Seltenen Erd-Citrat supplementierten Tiere um 7,5 % über dem der Kontrollgruppe. Bis zum Ende der Aufzuchtphase erreichten die Tiere dieser Gruppe die höchsten durchschnittlichen Körpergewichte.

Zu Beginn der Mast I Periode lag das durchschnittliche Körpergewicht der REE Gruppe um 2,6 % über der Kontrollgruppe. Dagegen waren die Tiere, deren Gruppe digestan® erhielt, am Ende dieser Periode tendenziell am schwersten.

Während der gesamten Mast II Periode hatten die Tiere der digestan® Gruppe und der Kombinationsgruppe aus REE und digestan® die höchsten durchschnittlichen Körpergewichte. Bei den weiblichen Tieren konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den durchschnittlichen absoluten Körpergewichten während der gesamten Mastperiode beobachtet werden.

**Tab. 30: Durchschnittliche absolute Körpergewichte in [kg] der weiblichen Tiere während der Aufzucht, Mast I und Mast II**

Durchschnittliches Körpergewicht [kg] der weiblichen Tiere				
In den Wochen	Kontrolle	REE	digestan®	REE + digestan®
<b>Aufzucht</b>				
1	10,6 ±4,4	11,4 ±3,9	10,5 ±3,7	10,9 ±2,7
3	18,0 ±6,9	19,7 ±5,8	18,7 ±6,6	19,8 ±5,0
7	34,1 ±9,7	35,6 ±8,5	31,1 ±10,4	34,9 ±7,2
<b>Mast I</b>				
8	50,4 ±10,6	51,7 ±8,5	50,9 ±11,5	51,3 ±7,5
12	73,4 ±12,9	73,1 ±11,4	76,7 ±12,9	76,4 ±8,5
<b>Mast II</b>				
16	88,3 ±14,8	90,9 ±11,1	94,4 ±13,9	94,5 ±10,1
20	102,3 ±17,3	99,4 ±10,9	104,1 ±14,9	105,1 ±8,2

a, b, c: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ )

Die mittleren täglichen Gewichtszunahmen in [g] der männlichen und weiblichen Tiere während der Periode der Aufzucht, Mast I und Mast II sind in den Tabellen 31 und 32 dargestellt.

Dabei wurden bei den männlichen Tieren die höchsten täglichen Gewichtszunahmen innerhalb der ersten drei Versuchswochen der Aufzucht von der mit REE supplementierten Gruppe erreicht. Sie lagen mit 22,5 % über den täglichen Zunahmen der Kontrollgruppe. Tendenziell lagen alle supplementierten Gruppen über den Werten der Kontrollgruppe. In den Wochen vier bis sieben der Aufzuchtphase lagen die Werte der REE Gruppe signifikant über denen der übrigen Gruppen. Im gesamten Zeitraum der Mast I zeigten die Tiere der digestan® Gruppe tendenziell die höchsten täglichen Gewichtszunahmen. In der zweiten Hälfte der Mast I Periode lagen die Werte mit 23,9 % signifikant über denen der REE Gruppe. Zu Beginn der Mast II Periode zeigten die Tiere der REE Gruppe signifikant höhere tägliche Gewichtszunahmen als die Tiere der übrigen Gruppen. Ab der zweiten Hälfte lagen die Werte der digestan® Gruppe um 48,7 % signifikant ( $p < 0,05$ ) über denen der REE Gruppe.

**Tab. 31: Mittlere tägliche Gewichtszunahmen in [g] der männlichen Schweine während der Periode der Aufzucht, Mast I und Mast II**

	Mittlere tägliche Gewichtszunahmen in [g] der männlichen Schweine			
Versuchsdauer [Wochen]	Kontrolle	REE	digestan®	REE + digestan®
<b>Aufzucht</b>				
1 – 3	468,9 ±211,9	574,4 ±176,5	542,0 ±196,5	508,3 ±239,1
4 - 7	678,5 <sup>ab</sup> ±125,6	720,0 <sup>b</sup> ±159,2	487,6 <sup>c</sup> ±103,7	551,1 <sup>ac</sup> ±165,2
<b>Mast I</b>				
8 – 11	622,6 ±101,1	622,6 ±48,3	745,7 ±93,4	643,1 ±195,2
12 – 15	837,3 <sup>ab</sup> 161,8	742,1 <sup>a</sup> ±71,5	919,6 <sup>b</sup> ±70,1	892,0 <sup>bc</sup> ±240,6
<b>Mast II</b>				
16 - 18	702,0 <sup>ab</sup> ± 278,7	929,5 <sup>d</sup> ±79,1	652,6 <sup>bc</sup> ±201,0	743,2 <sup>ac</sup> ±147,3
19 – 21	718,8 <sup>ab</sup> ±190,7	534,4 <sup>b</sup> ±103,6	794,6 <sup>a</sup> ±215,6	729,2 <sup>ab</sup> ±129,8

a, b, c: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (p < 0,05)

Tabelle 32 gibt die täglichen Gewichtszunahmen der weiblichen Tiere in den einzelnen Rationsgruppen während der gesamten Mastperiode wieder. In den ersten drei Versuchswochen der Aufzuchtperiode lagen die Gewichtszunahmen der mit REE und digestan® supplementierten Kombinationsgruppe mit 6,3 % über den Werten der REE Gruppe. Die Kontrollgruppe zeigte mit 616,6 g ( $\pm 113,6$  g) tendenziell die höchsten Gewichtszunahmen aller Versuchsgruppen.

Während der Mast I lag die Gruppe mit digestan® supplementierten Futter mit 684,5 g ( $\pm 116,1$  g) signifikant und mit 921,4 g ( $\pm 129,4$  g) tendenziell über den täglichen Gewichtszunahmen der anderen Versuchsgruppen. Die täglichen Gewichtszunahmen der mit REE supplementierten Tieren lagen zu Beginn von Mast II mit 806,8 g ( $\pm 81,5$  g) um 18,7 % über denen der Kontrollgruppe.

**Tab. 32: Mittlere tägliche Gewichtszunahmen [g] der weiblichen Schweine während der Aufzucht, Mast I und Mast II**

Mittlere tägliche Gewichtszunahmen in [g] der weiblichen Tiere				
Versuchsdauer [Wochen]	Kontrolle	REE	digestan®	REE + digestan®
<b>Aufzucht</b>				
1 – 3	463,6 ±175,7	521,4 ±130,5	513,9 ±190,6	554,4 ±147,5
4 – 7	616,6 ±113,6	608,9 ±112,5	473,3 ±158,4	582,9 ±111,0
<b>Mast I</b>				
8 – 11	562,1 <sup>ab</sup> ±112,4	556,0 <sup>bc</sup> ±77,0	684,5 <sup>d</sup> ±116,1	564,7 <sup>ac</sup> ±84,3
12 – 15	821,4 ±143,8	765,6 ±157,5	921,4 ±129,4	897,3 ±80,3
<b>Mast II</b>				
16 – 18	679,5 ±149,8	806,8 ±81,5	802,3 ±140,1	681,8 ±193,4
19 – 21	875,0 <sup>a</sup> ±284,7	535,2 <sup>b</sup> ±113,8	609,4 <sup>b</sup> ±173,8	734,4 <sup>ab</sup> ±157,8

a, b, c: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (p < 0,05)

In Tabelle 33 sind die Werte der mittleren täglichen Gewichtszunahme der männlichen und weiblichen Tiere während der Aufzucht dargestellt. Während der gesamten Aufzucht lagen die täglichen Gewichtszunahmen der männlichen REE Gruppe mit 664,5 g ( $\pm 159,5$  g) 11,0 % über den Werten der Kontrollgruppe. Bei den weiblichen Tieren lag die REE Gruppe mit 3,1 % über der Kontrollgruppe. Sowohl in den männlichen als auch in den weiblichen Versuchsgruppen bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den mittleren täglichen Gewichtszunahmen.

**Tab. 33: mittlere tägliche Gewichtszunahme in [g] männlicher und weiblicher Tiere während der Aufzucht**

<b>Mittlere tägliche Gewichtszunahme [g] männlicher und weiblicher Tiere</b>				
<b>Aufzucht</b>				
	<b>Kontrolle</b>	<b>REE</b>	<b>digestan®</b>	<b>REE + digestan®</b>
<b>Männliche Tiere</b>	598,7 $\pm 147,9$	664,5 $\pm 159,5$	508,3 $\pm 137,3$	534,8 $\pm 184,4$
<b>Weibliche Tiere</b>	558,3 $\pm 132,4$	575,6 $\pm 113,5$	488,8 $\pm 166,7$	572,0 $\pm 116,2$

a, b, c: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ )

In Tabelle 34 werden die mittleren täglichen Gewichtszunahmen männlicher und weiblicher Tiere der letzten beiden Mastabschnitte dargestellt. Die täglichen Gewichtszunahmen der männlichen Tiere aus der digestan® Gruppe sind mit 831,1 g ( $\pm 47,1$ g) signifikant höher als die der Tiere aus der REE Gruppe und der Kombinationsgruppe. Die weiblichen Tiere der digestan® Gruppe zeigten mit 800,9 g ( $\pm 59,4$  g) die signifikant höchsten Werte gegenüber der Kontroll- und der REE - Gruppe.

Während der Mast II Periode zeigten die männlichen Tiere der REE Gruppe mit 763,2 g ( $\pm 82,8$  g) 7,6 % höhere mittlere tägliche Gewichtszunahmen als die Kontrollgruppe. Wobei die weiblichen Tiere der Kombinationsgruppe aus digestan® und REE um 9,0 % höhere mittlere tägliche Gewichtszunahmen als die Tiere der Kontrollgruppe aufwiesen.

**Tab. 34: mittlere tägliche Gewichtszunahme in [g] männlicher und weiblicher Tiere während Mast I und Mast II**

<b>Mittlere tägliche Gewichtszunahme [g] männlicher und weiblicher Tiere</b>				
	<b>Kontrolle</b>	<b>REE</b>	<b>digestan®</b>	<b>REE + digestan®</b>
<b>Mast I</b>				
<b>Männliche Tiere</b>	728,1 <sup>a</sup> ±117,4	690,4 <sup>b</sup> ±53,0	831,1 <sup>a</sup> ±47,1	765,8 <sup>b</sup> ±88,1
<b>Weibliche Tiere</b>	689,5 <sup>ab</sup> ±113,9	659,0 <sup>ab</sup> ±85,7	800,9 <sup>c</sup> ±59,4	728,1 <sup>bc</sup> ±36,3
<b>Mast II</b>				
<b>Männliche Tiere</b>	709,1 ±215,4	763,2 ±82,8	717,1 ±96,7	703,9 ±184,0
<b>Weibliche Tiere</b>	692,6 ±278,0	692,4 ±65,6	721,1 ±84,8	754,9 ±130,6

a, b, c: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ )

#### 4.2.2.2 Futterverbrauch und Futterverwertung

Eine Erhebung des Futterverbrauches war aus technischen Gründen weder in der Phase von Aufzucht noch in den Phasen von Mast I und Mast II möglich.

Das Futter wurde während der Ferkelaufzucht jeden zweiten Tag in die Futterautomaten eingewogen. Da es in jeder der Versuchsgruppen mindestens einmal dazu kam, dass Tiere die Futterautomaten umwarfen, war somit eine genaue Ermittlung des Futterverbrauches nicht möglich.

In den Phasen von Mast I und Mast II kam es zu Futtermittelnverlusten über das Breinuckelsystem, so dass nichtgefressenes Futter am Fressplatz liegen blieb und von nachfolgenden Tieren gefressen werden konnte.

Damit konnte auch die Futterverwertung auf Grund der technischen Problemen nicht ermittelt werden.

#### 4.2.3 Schlachtleistungsparameter

Die im Schlachthof der Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht in Grub standardmäßig ermittelten Werte der Schlachtparameter werden in den folgenden Tabellen dargestellt.

Tabelle 35 können die Werte der Beurteilung des Schlachtkörpers nach Länge und Gewicht entnommen werden. Dabei zeigte sich, dass die mit digestan® gefütterten Tiere die tendenziell höchsten Werte aufwiesen. Die Ergebnisse der Versuchsgruppen zeigten in allen fünf untersuchten Parametern höhere Werte als die der Kontrollgruppe. Es konnten keine Signifikanzen zwischen den erhobenen Werten beobachtet werden.

**Tab. 35: Beurteilung des Schlachtkörpers nach Gewicht und Länge**

	Schlachtkörperbewertung bezüglich Gewicht und Länge			
	Kontrolle	REE	digestan®	REE + digestan®
<b>Nüchterngewicht ohne Blut in [kg]</b>	93,49 ±28,40	101,26 ±10,81	102,34 ±12,17	96,50 ±27,57
<b>Hälftengewicht (re) in [kg]</b>	40,66 ±7,45	41,52 ±4,48	41,72 ±5,08	41,71 ±5,16
<b>Hälftengewicht (li) in kg</b>	41,60 ±7,22	42,17 ±4,72	42,71 ±5,32	42,41 ±5,61
<b>Schlachtkörperlänge in [mm]</b>	941,86 ±64,00	952,98 ±36,58	955,73 ±47,73	941,79 ±40,55
<b>Schlachtgewicht (warm) in [kg]</b>	84,23 ±15,00	85,26 ±9,29	86,81 ±10,51	86,77 ±10,35

a, b, c: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ )

Als weiteres Beurteilungskriterium wurde das Verhältnis zwischen Fett und Muskel am Schlachtkörper ausgewertet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 36 zusammengestellt.

Der Hennessy Wert dient der Differenzierung zwischen hellem und dunklem Fleisch, sowie der Erfassung von Fett- und Fleischabgrenzung. Helles Fleisch reflektiert Licht besser als dunkles, wodurch unterschiedliche Reflexionswerte erreicht werden. Wünschenswert sind niedrige Werte, da diese für eine gute Fleischbeschaffenheit, also helles Fleisch, stehen.

Tendenziell schnitt die digestan® Gruppe in fast allen Punkten am besten ab. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede innerhalb dieser Bewertung.

Beim Fleisch-Fettverhältnis, das einen Hinweis auf den Fleischanteil des Schlachtkörpers gibt, erzielte im Verhältnis zu den ermittelten Werten die Kombinationsgruppe (REE + digestan®) die besten Werte.

**Tab. 36: Verhältnis zwischen Fett und Muskel am Schlachtkörper**

	Schlachtleistungsparameter der Tiere			
	Kontrolle	REE	digestan®	REE + digestan®
<b>Hennessy (Muskeldicke) [mm]</b>	63,64 ±7,48	63,78 ±4,76	62,61 ±5,49	64,98 ±9,12
<b>Hennessy (Speckdicke) [mm]</b>	16,36 ±3,78	15,53 ±3,13	16,91 ±2,91	15,64 ±2,22
<b>Hennessy (Muskelfleisch %)</b>	56,77 ±2,55	57,49 ±2,48	56,13 ±2,46	57,61 ±2,13
<b>Fettfläche [cm<sup>2</sup>]</b>	18,18 ±5,50	18,23 ±4,65	19,83 ±5,05	18,61 ±4,64
<b>Fleischfläche [cm<sup>2</sup>]</b>	51,52 ±6,89	52,24 ±5,40	52,03 ±5,98	53,49 ±6,64

a, b, c: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (p < 0,05)

Zur Untersuchung der Leitfähigkeit und des pH-Wertes wurden Messungen an unterschiedlichen Stellen zu verschiedenen Zeitpunkten vorgenommen.

Die Werte der Leitfähigkeit im Kotelett liegen tendenziell mit 5,26 in der Kontrollgruppe und mit 5,20 in der Kombinationsgruppe (REE + digestan®) höher, als in den beiden anderen Gruppen. Die Leitfähigkeit im Schinken war in der Kombinationsgruppe am höchsten. Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen der jeweiligen untersuchten Stellen.

Die Fleischhelligkeit dient der Differenzierung von hellem und dunklem Fleisch. Fleisch sehr guter Qualität weist einen Wert zwischen 66 und 80 Punkten auf. Eine normale Fleischbeschaffenheit erreicht eine Punktzahl von 61 bis 65 Punkten.

Bei der Beurteilung der Fleischhelligkeit der Messung 1, zeigte die digestan® Gruppe mit 68,74 ( $\pm 5,58$ ) Punkten signifikante Unterschiede zur Kontrollgruppe. In Messung 2 kann kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden. Tendenziell zeigten die Gruppen mit digestan® eine höhere Punktzahl um 7,9 % und REE um 5,5 % als die Kontrollgruppe. Alle Schlachtkörper der Versuchsgruppen können als Fleisch sehr guter Qualität eingestuft werden.

Bei allen Gruppen liegt der durchschnittliche pH<sub>1</sub>-Wert nicht innerhalb der Norm gemäß den Richtlinien zur Beurteilung (BLENDL, 1991), da sie im Durchschnitt einen pH-Wert von 6,09 erzielen. Der pH<sub>24</sub>-Wert entspricht mit einem durchschnittlichen pH-Wert von 5,42 der Norm. Auch zwischen den Werten der pH-Messung zu unterschiedlichen Zeiten an verschiedenen Stellen des Schlachtkörpers ist kein signifikanter Unterschied in den einzelnen Gruppen festzustellen.

Tab. 37: Leitfähigkeit und verschiedene pH-Wert Messungen am Schlachtkörper

	Schlachteleistungsparameter der Tiere			
	Kontrolle	REE	digestan®	REE + digestan®
<b>Leitfähigkeit-Kotelett nach 24h in mSievert</b>	5,26 ±2,86	4,33 ±2,02	4,37 ±1,91	5,20 ±1,89
<b>Leitfähigkeit-Schinken nach 24h in mSievert</b>	3,95 ±1,46	3,75 ±1,28	4,16 ±1,35	5,07 ±1,88
<b>Fleischhelligkeit Messung 1</b>	63,65 <sup>a</sup> ±6,18	68,06 <sup>b</sup> ±3,49	68,74 <sup>b</sup> ±5,58	65,97 <sup>ab</sup> ±3,92
<b>Fleischhelligkeit Messung 2</b>	64,06 ±6,23	67,58 ±3,64	68,71 ±5,38	66,52 ±2,84
<b>pH-Wert 1 im Kotelett</b>	6,10 ±0,23	6,12 ±0,20	6,12 ±0,20	6,03 ±0,16
<b>pH-Wert 24 im Kotelett dorsal</b>	5,41 ±0,05	5,43 ±0,06	5,43 ±0,07	5,42 ±0,10
<b>pH-Wert 24 im Kotelett ventral</b>	5,43 ±0,07	5,43 ±0,09	5,45 ±0,07	5,43 ±0,12
<b>pH-Wert 24 im Kotelett zentral</b>	5,37 ±0,04	5,41 ±0,07	5,38 ±0,06	5,39 ±0,12
<b>pH-Wert 24 im Schinken Messung 1</b>	5,54 ±0,12	5,60 ±0,15	5,59 ±0,20	5,56 ±0,19
<b>pH-Wert 24 im Schinken Messung 2</b>	5,58 ±0,11	5,59 ±0,18	5,59 ±0,22	5,58 ±0,24

a, b, c: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ )

In Tabelle 38 sind die ermittelten Werte der verschiedenen Speckmaße an unterschiedlichen Stellen des Schlachtkörpers dargestellt.

Die höchsten Werte der gesamten Speckmaß Messungen erzielte die digestan® Gruppe. Bei der Anwendung der Bauchpunkt-Bewertungsskala erreichte die digestan® Gruppe mit 4,42 ( $\pm 1,35$ ) Punkten tendenziell das beste Ergebnis.

**Tab. 38: verschiedene Speckmaßermittlungen am Schlachtkörper**

	Schlachtleistungsparameter der Tiere			
	Kontrolle	REE	digestan®	REE + digestan®
<b><sup>1</sup>Speckmaß B und Muskel in [mm]</b>	81,27 $\pm 9,97$	81,61 $\pm 6,50$	82,61 $\pm 6,77$	81,78 $\pm 7,07$
<b><sup>2</sup>Speckmaß B in [mm]</b>	12,18 $\pm 4,40$	11,86 $\pm 3,59$	13,43 $\pm 3,58$	12,41 $\pm 2,82$
<b>Speckmaß Lende in [mm]</b>	14,53 $\pm 4,94$	15,03 $\pm 4,33$	15,77 $\pm 3,81$	13,67 $\pm 3,32$
<b>Speckmaß Rückenmuskel in [mm]</b>	19,73 $\pm 4,92$	20,24 $\pm 3,79$	22,13 $\pm 4,50$	20,20 $\pm 3,74$
<b>Speckmaß Widerrist in [mm]</b>	36,55 $\pm 7,55$	36,74 $\pm 3,56$	38,65 $\pm 5,21$	37,11 $\pm 4,01$
<b>Speckmaß Schinkenspeck in [mm]</b>	25,83 $\pm 9,57$	25,53 $\pm 5,87$	26,70 $\pm 5,62$	25,52 $\pm 5,26$
<b>Bewertung Bauch in [kg]</b>	4,68 $\pm 1,38$	5,11 $\pm 1,45$	4,42 $\pm 1,35$	5,00 $\pm 1,03$

a, b, c: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ )

<sup>1</sup> Speckmaß B und Muskel in [mm] = Kotelett durchzogen mit Speck

<sup>2</sup> Speckmaß B in [mm] = Speck ohne Muskel

#### 4.2.4 Einteilung in Handelsklassen

Bei der Einteilung der Schlachtkörper in die Handelsklassen erreichten 55 Tiere von insgesamt 73 Schweinen die Handelklasse E. Es konnte kein Einfluss der Supplementierung von Seltenen Erden, digestan® und einer Kombination aus beiden auf die Einteilung der Gruppen in die jeweiligen Handelsklassen beobachtet werden.

**Tab. 39: Einteilung der Schlachtkörper in Handelsklassen**

	Handelsklasseneinteilung der Schlachtkörper			
	Kontrolle	REE	digestan®	REE + digestan®
<b>E</b>	14	14	12	15
<b>U</b>	5	3	7	3
<b>R</b>	-	-	-	-
<b>O</b>	-	-	-	-
<b>P</b>	-	-	-	-

a, b, c: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ )

**n**

**n<sup>1</sup> =19**

**n<sup>2</sup> =18**

**n<sup>3</sup> =19**

**n<sup>4</sup> =18**

**n<sub>gesamt</sub>** bedeutet die Summe aus männlichen und weiblichen Tieren bzgl. der Handelsklasseneinteilung je Versuchsgruppe.

---

## 5. Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Einfluss Seltener Erden auf Leistungsparameter bei Mastkälbern und Schweinen unter westlichen Haltungsbedingungen zu untersuchen. Im Fütterungsversuch mit Schweinen wurden außerdem mögliche ergotrope Effekte phytogener Zusatzstoffe in Form des Präparates digestan® untersucht.

Sowohl im Fütterungsversuch mit Kälbern, als auch mit Schweinen wurde ein Gemisch Seltener Erden in Citratform eingesetzt. Erste Untersuchungen mit Seltenen Erden in Chloridform wurden bei Schweinen, Broilern und Wachteln durchgeführt. Dabei konnte in einem Versuch mit Absatzferkeln eine Gewichtssteigerung zwischen 2% und 5% sowie eine Steigerung der Futtermittelverwertung um 3 % bis 7 % erreicht werden (RAMBECK et al., 1999).

Es hat sich aber gezeigt, dass mit Seltenen Erd-Citrat z.T. höhere leistungssteigernde Effekte erzielt werden können. In einer Fütterungsstudie mit Absatzferkeln, denen REE-Citrat in den Dosierungen 0, 50, 100 bzw. 200 mg/kg Futter supplementiert wurde, konnte eine Steigerung der Tageszunahmen der beiden höher supplementierten Gruppen um 8,6 % bis 22,6 % im Vergleich zur Kontrollgruppe nachgewiesen werden. In allen supplementierten Gruppen wurde eine Steigerung der Futtermittelverwertung um 2 % bis 4 % beobachtet (KNEBEL, 2004). Im Gegensatz zu Chloriden, die in fester Form als Gesteinsbrocken vorliegen und vor der Beimischung zum Futter erst in Wasser aufgelöst werden muss, ist Citrat als pulverförmige Substanz verfügbar und kann somit leicht eingemischt werden. Das Seltene Erden-Citrat Gemisch wird mit vorläufiger Zulassung in der Schweiz eingesetzt und von der Firma Zehentmayer AG, CH – 9305 Berg unter dem Namen Lancer® vertrieben.

### 5.1 Fütterungsversuch mit Mastkälbern

Ziel der Untersuchung war es, erstmals ein REE-Citrat Gemisch bei Kälbern einzusetzen und zu testen.

Für den Fütterungsversuch wurden 312 männliche Kälber der Rasse Fleckvieh verwendet. Die Versuchs- und Kontrollgruppen bestanden jeweils aus 26 Tieren. In insgesamt sechs Versuchsdurchgängen wurden jedem Kalb der Versuchsgruppe

täglich 400 ppm Lancer® /kg TS über einen Milchaustauscher zugeführt. Auf diesem Weg nahm jedes Tier täglich 200 ppm REE-Citrat / kg auf.

### **5.1.1 Gesundheitszustand**

Die Toxizität oral verabreichter Seltener Erden ist sehr gering, so dass eine Dosierung von 1mg/kg KG als absolut unbedenklich einzustufen ist. Bereits in der Literatur (EVANS, 1990) und auch in früheren Versuchen wird die geringe orale Toxizität Seltener Erden beschrieben (SCHULLER et al. 2002; EISELE, 2003; HE et al., 2003). Bei Ratten (COCHRAN et al., 1950; DURBIN et al., 1956; JI, 1985), Mäusen (HALEY, 1965; HUTCHESON et al. 1975b; JI, 1985), Meerschweinchen (JI, 1985), Affen (HUTCHESON et al., 1975a) und anderen Säugetieren wurde eine orale LD<sub>50</sub> erst bei Verfütterung mehrerer Gramm / kg Körpergewicht festgestellt.

Als Erklärung für eine geringe orale Toxizität wird die außerordentlich geringe Resorptionsrate (ca. 1-10%) aus dem Magen-Darm-Trakt nach oraler Aufnahme (HAMILTON, 1949; DURBIN et al., 1956; HALEY, 1965, JI, 1985) und die dadurch herabgesetzte physiologische Verfügbarkeit angenommen. Die Toxizität ist abhängig von der Dosierung sowie der chemischen Form in der Seltene Erden verabreicht werden (EVANS, 1990). Auch in einem Fütterungsversuch mit Schweinen, denen Seltene Erden in einer Dosierung von 300 ppm/kg Futter zugesetzt wurde, konnte keine Toxizität festgestellt werden (EISELE, 2003). Das gleiche Ergebnis zeigte sich in einem Fütterungsversuch mit Broilern und japanischen Wachteln mit einer Dosierung von 0, 75, 100 und 300 mg/kg Futter eines Seltenen Erden Gemisches bzw. hochgereinigten Lanthanchlorids (SCHULLER et al., 2002). Sie hat somit keinen negativen Einfluss auf den Gesundheitszustand der Tiere.

### **5.1.2 Mastleistungsparameter**

#### **5.1.2.1 Futteraufnahme und Futtermittelverwertung**

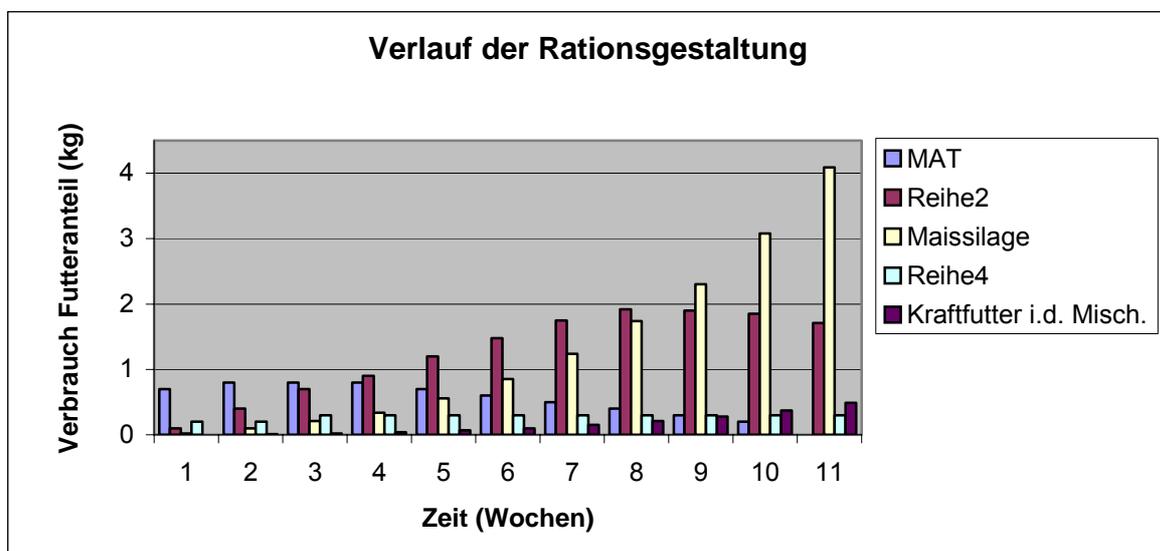
Die Futteraufnahme und Futtermittelverwertung wurden im Rahmen eines Feldversuchs mit eigener Betriebsstruktur untersucht. Die Fütterung der Tiere wurde strikt nach einem Fütterungsprogramm vorgenommen. So wurden den Tieren der Versuchsgruppe täglich 400 ppm Lancer® /kg TS über den MAT mittels Transponderfütterung zugeteilt. Die Futtermittelration bestand neben MAT aus Starter, Maissilage, Krafftutter, Sojaschrot und Heu und wurde in abgewogenen

Mengen, entsprechend dem Futterplan, verabreicht. Die Fütterungstechnik sowie die Rationszusammensetzung wurden speziell für diesen Betrieb erstellt, um bei guter Tiergesundheit optimale Gewichtszunahmen zu erzielen.

Die Fütterung der Kälber wurde von einem EDV-System gesteuert und diente dazu die Gewichtszunahmen der Tiere zu optimieren.

Der gut organisierte Betrieb wurde auf Grund der Tierhaltung und Fütterungstechnik als ideale Voraussetzung für den Fütterungsversuch angesehen. Die restriktive Futterzuteilung und die Haltungsform machte eine exakte Futteraufnahme für jedes Tier nicht möglich. Zur Berechnung der Futtermittelverwertung wird der Futtermittelverbrauch durch die Gewichtszunahme dividiert .

**Abbildung 3: Darstellung des Verlaufs der Rationsgestaltung innerhalb der Versuchsdauer**

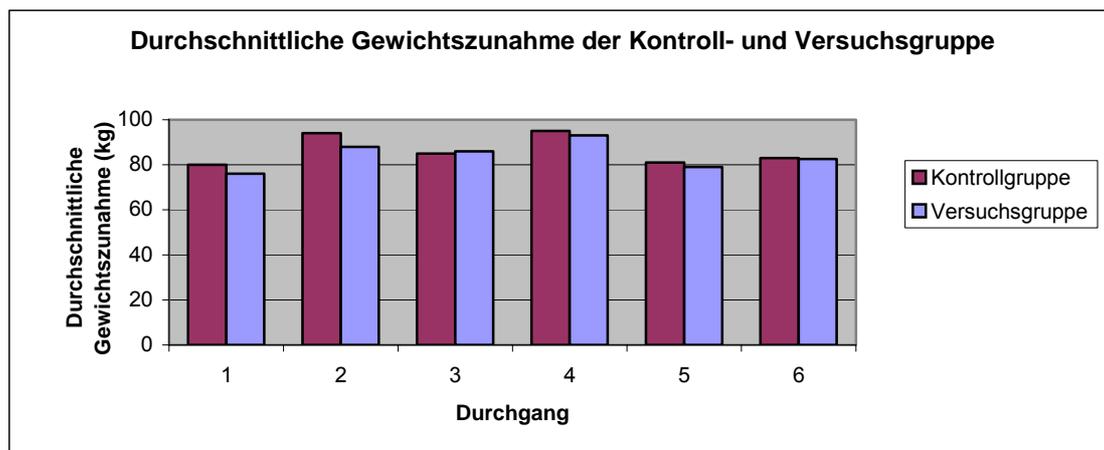


### 5.1.2.2 Lebendmassezunahme

Die positiven Ergebnisse der Fütterungsversuche mit Seltenen Erd-Citraten bei Schweinen (HALLE et al., 2002; KNEBEL, 2004) war Veranlassung einen ähnlichen Fütterungsversuch auch mit Kälbern zu starten. Auf Grund fehlender Daten hinsichtlich einer möglichen Dosierung bei Kälbern, wurde auf die Erfahrung bei Schweinen zurückgegriffen und ähnliche Dosierungen eingesetzt.

In keinem der sechs Versuchsdurchgänge war eine Steigerung der Lebendmassezunahme durch die Supplementierung mit REE-Citrat zu beobachten. Abbildung 4 veranschaulicht die durchschnittliche Gewichtszunahme [kg] der Kontroll- und Versuchsgruppe in sechs Durchgängen.

**Abbildung 4: Durchschnittliche Gewichtszunahme [kg] der Kontroll- und Versuchsgruppe in den jeweiligen Versuchsdurchgängen**



Zwischen den einzelnen Gruppen war kein signifikanter Unterschied bezüglich der Lebendmassezunahme festzustellen.

Dies könnte möglicherweise an der Dosierungshöhe liegen, da Seltene Erden, wie andere Leistungsförderer auch, in Abhängigkeit der Dosierung wirken. Es kann sein, dass bei Kälbern mit einem anderen Dosierungsspektrum gearbeitet werden muss.

Erwiesenermaßen steht die Wirksamkeit von Leistungsförderern in Abhängigkeit von Fütterungs-, Haltungs- und Hygienebedingungen, weshalb leistungssteigernde Effekte teilweise nur unter suboptimalen Bedingungen erzielt werden. Da es sich beim Versuchsbetrieb um einen außerordentlich gut organisierten Betrieb mit optimalen Bedingungen handelt, der sowohl in der Technik der Tierhaltung als auch der Fütterung vorbildlich geführt wurde, könnte dies als weitere Ursache für das Ausbleiben ergotroper Effekte betrachtet werden.

Bei den vorliegenden Ergebnissen ist im Vergleich zu den positiven Effekten bei anderen Tierarten zu beachten, dass es sich hier nicht um Monogastrier handelt. Der Unterschied liegt u.a. im Wert des Nahrungsproteins. Bei Monogastriern ist dieser

Wert von der Menge, der Verdaulichkeit und dem Aminosäuremuster des verfütterten Proteins abhängig. Bei Wiederkäuern hingegen hängt die mikrobielle Aminosäure- und Proteinsynthese von der Bereitstellung fermentierbarer, pflanzlicher Zellwandbestandteile, wie Zellulose und anderen Kohlenhydraten, ab. Aus diesen Zellwandkohlenhydraten werden durch mikrobiellen Abbau kurzkettige Fettsäuren gebildet, die dem Wirtstier als Energiequelle für Erhaltung, Wachstum und Milchproduktion dienen (ENGELHARDT und BREVES, 2000). Zellulose- und hemizelluloseabbauende Bakterien nutzen Ammoniak als Stickstoffquelle für die mikrobielle Proteinsynthese. Für den Wiederkäuer ist die Synthese von mikrobiellem Protein von großer physiologischer Bedeutung. Durch die Fähigkeit hochwertiges Protein mikrobiell zu synthetisieren, ist der Wiederkäuer in der Lage ohne Aufnahme von Ammoniak oder Futterprotein und lediglich aus NPN-Verbindungen, Leistungen in Form von Körperwachstum, Reproduktion und Laktation zu erbringen.

Da zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe kein wesentlicher Unterschied in der Körpergewichtszunahme zu beobachten war, liegt der Entschluss nahe, dass Seltene Erden keinen Einfluss auf die mikrobielle Pansenflora nehmen und somit die Kälber ausreichend mit Energie durch die Fettsäuresynthese versorgt werden.

Mit einem *in vitro* Versuch am Modell RUSITEC (Rumen Simulation Technique) wurde der mögliche Einfluss von Seltenen Erden auf die ruminale Fermentation getestet (KNEBEL et al., 2004). Dieses System ermöglicht die Herstellung der wichtigsten physiologischen Bedingungen, die für den mikrobiellen Stoffwechsel im Pansen von Bedeutung sind. Die Wirkung der Seltenen Erden wurde in Konzentrationen von 150 ppm, 750 ppm und 3750 ppm gegen eine Negativkontrolle (ohne Zusatz) und eine Positivkontrolle (Tetrazyclin) verglichen. Dabei wurde der Einfluss auf die Parameter pH-Wert,  $\text{NH}_3$ , Redoxpotential, Fettsäuremuster und gebildete Gasmenge untersucht. Die ruminale Fermentation wurde auch durch hohe Konzentrationen Seltener Erden nicht beeinflusst. Das legt den Schluss nahe, dass Seltene Erden keine Effekte auf Mikroorganismen ausüben. Mit einem Zusatz Seltener Erd-Citrate in der Dosierung von 200 ppm/kg Futter lag die verwendete Dosierung im Kälbersversuch um 50 ppm /kg Futter höher als die niedrigste eingesetzte Dosierung von 150 ppm/kg Futter im RUSITEC Versuch.

Die Annahme, die Dosierung sei zu gering, kann anhand leistungssteigernder Effekte bei Versuchen mit anderen Tierarten, bei denen erheblich niedrigere Dosierungen

eingesetzt wurden, widerlegt werden. So wurde in der chinesischen Literatur eine Verbesserung der Energie und Proteinverfügbarkeit, sowie eine Steigerung der Gewichtszunahme und Futtermittelverwertung bei Broilern durch Zusatz Seltener Erden in Konzentrationen von 20 bis 160 mg/kg Futter beschrieben. Die höchsten Effekte konnten dabei mit einer Dosierung von 40 mg/kg Futter erzielt werden (LU et al., 1996).

Dies bietet Anlass zur Überlegung, in vitro Versuche sowie Fütterungsversuche mit niedrigeren Dosierungen zu testen.

## **5.2 Fütterungsversuch mit Schweinen**

Der Fütterungsversuch mit Schweinen hatte zum Ziel, die Einflüsse von Seltenen Erden in einer Kombination mit phytogenen Zusatzstoffen (digestan®) auf die Leistungsparameter unter den Bedingungen, wie sie im landwirtschaftlichen Betrieb des Lehr- und Versuchsguts der LMU in Oberschleißheim vorlagen, zu untersuchen.

Mit dieser Wirkstoffkombination konnten an unserem Institut bereits erste positive Ergebnisse bei Absatzferkeln erzielt werden, die eine Verbesserung der Futtermittelverwertung um 4,9 % und eine Erhöhung der Tagesgewichtszunahmen von 9,3 % (RECHT, 2005) bewirkte.

Ausgehend von diesen Ergebnissen wurden für diesen Versuch Ferkel verwendet, wie sie vom Lehr- und Versuchsgut zu Mastzwecken eingesetzt werden. Der Versuchszeitraum betrug 138 Tage und gliederte sich in Aufzucht, Mast I und Mast II. Die 80 Ferkel der Rasse Deutsche Landrasse x Piétrain wurden nach Geschlecht und Gewicht auf vier Gruppen aufgeteilt und erhielten folgende Zusätze:

- Gruppe I diente als Kontrollgruppe ohne Futterzusätze
- Gruppe II bekam Futter mit 300 ppm eines Gemisches Seltener Erd-Citrate
- Gruppe III erhielt Futter mit 1000 ppm einer Mischung ätherischer Öle
- Gruppe IV wurde Futter mit einer Kombination des Gemisches Seltener Erden und von ätherischen Ölen in den gleichen Dosierungen wie in den Gruppen II und III verabreicht.

Man hat darauf geachtet männliche und weibliche Tiere in gleicher Verteilung in den Versuch aufzunehmen, da KESSLER (2004) in einem Fütterungsversuch mit ähnlicher Kombination bei weiblichen Schweinen bessere Tageszunahmen und Futtermittelverwertung erzielte. Er beobachtete mit Seltenen Erd-Citrat in einer Dosierung von 200 mg/kg Futter während der gesamten Mastperiode eine signifikante Verbesserung der Gewichtszunahmen von 8,8 % sowie eine Steigerung der Futtermittelverwertung um 3,6 %.

### **5.2.1 Gesundheitszustand**

Der Gesundheitszustand der Tiere wurde durch die Supplementierung des Futters mit 300 ppm/kg Seltener Erden, bzw. mit 1000 ppm digestan®, sowie der Kombination aus beiden nicht beeinträchtigt. Das Allgemeinbefinden der Tiere war während des gesamten Versuchszeitraumes ungestört.

Fünf Tiere mussten vom Versuch ausgeschlossen werden, da vier Nabelbrüche erlitten und eines an Prolapsus ani erkrankte. Zwischen den Erkrankungen und einer Supplementierung des Futters mit REE und digestan® ist kein Zusammenhang zu sehen. Als Nabelbrüche bezeichnet man ein Hindurchtreten von Baueingeweiden durch eine erblich bedingte abnorme Weite der Nabelpforte. Diese Weite besteht bereits während der Geburt. Ein Ausstülpfen von Baueingeweiden in den Bruch sack wird erst beim Übergang zur Aufnahme vorwiegend fester Nahrung sichtbar. Es entwickelt sich eine gestielte oder sackförmige, nicht schmerzhaft Umfangsvermehrung, wobei das Allgemeinbefinden ungestört bleibt.

Wohingegen prädisponierend für einen Prolapsus ani Schwäche und Schlaffheit des periproktalen Bindegewebes und fehlerhafte Fütterung gesehen werden. Da im gesamten Versuchszeitraum nur ein Tier von insgesamt 80 Tieren einen Prolapsus ani erlitt, ist davon auszugehen, dass in diesem Fall die Ursache in einer Bindegewebsschwäche zu suchen ist.

Als weitere Ursache für den guten Gesundheitszustand der Tiere können neben der Futterzusammensetzung, die ausgesprochen guten Haltungs- und Hygienebedingungen, welche das Lehr- und Versuchsgut in Oberschleißheim während der Phase der Aufzucht, Mast I und Mast II aufwies, gesehen werden.

## 5.2.2 Mastleistungsparameter

### 5.2.2.1 Futteraufnahme und Futterverwertung

In das betriebseigen hergestellte Ferkelaufzuchtfutter wurden die Seltenen Erden und die phytogenen Zusatzstoffe als Vormischung eingebracht. Die Futterzuteilung erfolgte über Futterautomaten, die per Hand jeden zweiten Tag aufgefüllt wurden. Mit zunehmender Körpergröße kam es in jeder der Versuchsgruppen mindestens einmal dazu, dass zum Teil noch gefüllte Futterautomaten von den Tieren umgeworfen und Futter verschüttet wurde. Aus diesem Grund war eine exakte Ermittlung des Futterverbrauches nicht möglich. Die Tiere wurden während der Aufzucht nicht gewogen.

Für die Fütterungsperiode Mast I und Mast II wurden die Tiere in einen Außenklimastall verbracht. Dort erfolgte die Futterzuteilung über Ohrmarkentransponder. Hier wurden die Futterzusätze für die jeweiligen Versuchsgruppen als Vormischung homogen über einen Wirkstoffdosierer eingebracht. An den Stationen konnten die Tiere das Futter über ein Breinuckelsystem aufnehmen. In der Zeit der Gewöhnung an die Breinuckelfütterung wurde der Computer zunächst auf eine Anlernfunktion gestellt. Dabei erhielten die Tiere viele kleine Portionen, um zum Fressen animiert zu werden. Gerade in dieser Zeit kam es zu erhöhten Futterverlusten durch liegengebliebenes Futter am Fressplatz, das von nachfolgenden Tieren gefressen werden konnte. Dadurch entstand eine Differenz zwischen der tatsächlichen Futteraufnahme und der über das Transpondersystem ermittelten Futtermenge.

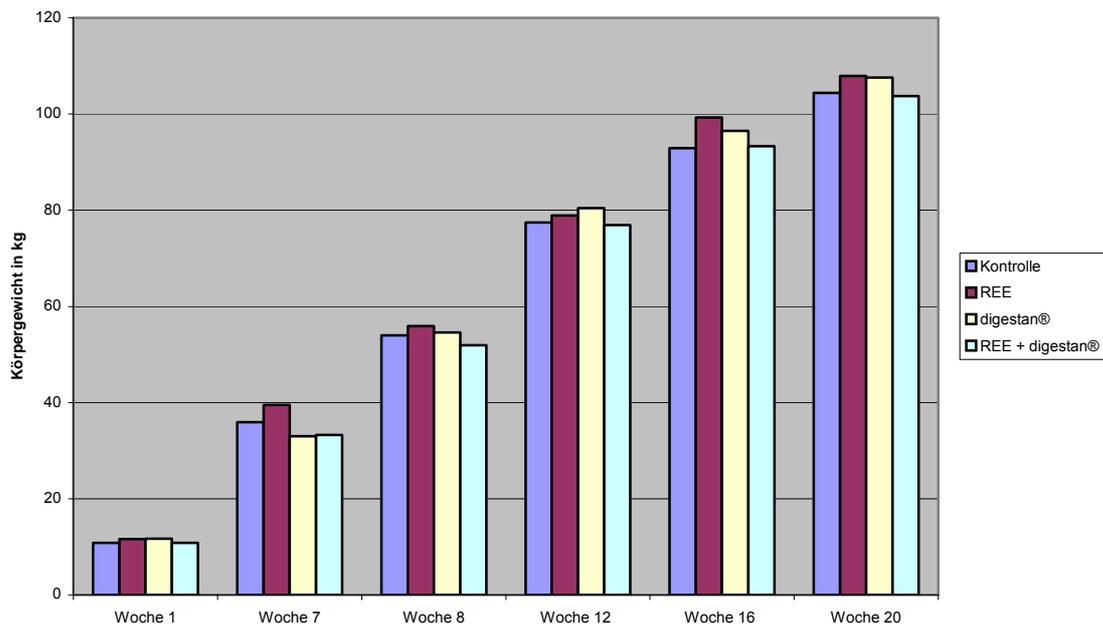
Auf Grund der beschriebenen technischen Probleme bei der Futteraufnahme konnte der Futterverbrauch und somit die Futterverwertung nicht exakt für jedes Tier ermittelt werden. Das System verschaffte zwar einen Gesamtüberblick über die gefressene Futtermenge wie sie als Information für die Tierhaltung vollkommen ausreichend sind, für wissenschaftliche Zwecke können jedoch nur tatsächliche Futterwerte Verwendung finden.

### 5.2.2.2 Gewichtsentwicklung

Die Tiere wurden zu Beginn des Fütterungsversuches und im Abstand von vier Wochen gewogen. Die letzte Wägung fand im Abstand von zwei Wochen statt.

Abbildung 5 veranschaulicht die Gewichtsentwicklung [kg] der männlichen Tiere aller Versuchsgruppen während der gesamten Versuchslaufzeit.

**Abbildung 5: Durchschnittliche Körpergewichte der männlichen Tiere über die gesamte Versuchslaufzeit**



Die Gewichtsentwicklung wurde für männliche und weibliche Tiere getrennt ermittelt. Dabei ist zu erkennen, dass die männlichen Tiere der Seltenen Erden Gruppe während der gesamten Aufzuchtphase im Vergleich aller Versuchsgruppen die höchsten durchschnittlichen Körpergewichte erzielten. Die mittleren täglichen Gewichtszunahmen in [g] der REE Gruppe in den letzten Wochen der Aufzucht lagen signifikant über denen der übrigen Gruppen. Widererwarten zeigte die Gruppe mit digestan® zusammen mit der Kombinationsgruppe aus REE und digestan® geringere Gewichtszunahmen als die REE Gruppe.

In der Literatur wird von möglichen positiven Auswirkungen auf die Futtermittelaufnahme durch aromatisierende Effekte einiger pflanzlicher Zusätze, v.a. von ätherischen Ölen berichtet (PERDOK et al., 2003; WALD, 2003). Durch den Zusatz von Kräuterpräparaten bzw. ätherischen Ölen zum Absetzfutter bei Ferkeln konnte die

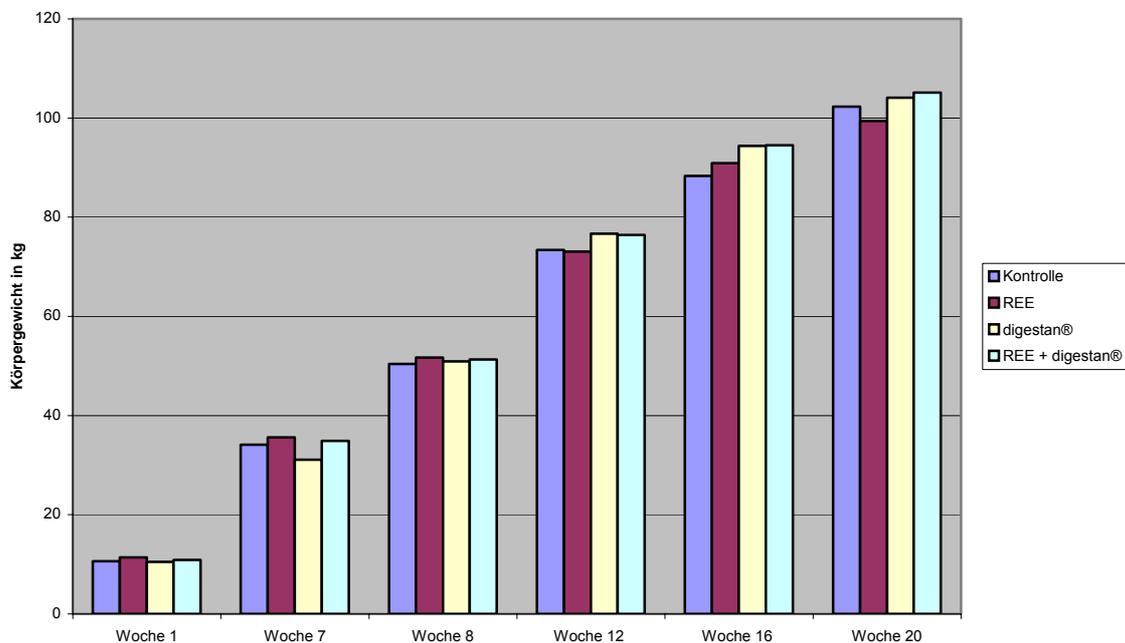
Futteraufnahme in einigen Versuchen signifikant verbessert werden (HAGEMANN, 2002; WETSCHEREK, 2002). Die Tatsache, dass die digestan® und die Kombinationsgruppe aus REE und digestan® die geringsten Gewichtszunahmen während der Aufzucht aufweisen, kann unter anderem daran liegen, dass pflanzliche Additive zum Teil sehr unterschiedlich in ihrer Zusammensetzung und somit auch in ihrer Wirkung sind. Eine weitere Ursache der verringerten Gewichtszunahmen kann auch in der Dosierungshöhe gesehen werden. Diese Überlegung wird auch von der Arbeit von RICHTER et al. (2002) gestützt, die feststellten, dass bei Ferkeln die Futteraufnahme in Abhängigkeit der Dosierungshöhe eines Kräutergemisches auch negativ beeinflusst werden kann. Im Widerspruch dazu ergab die Mehrzahl der Versuchsergebnisse von KLUTH et al. (2002), dass die Futteraufnahme nicht durch pflanzliche Futterzusätze beeinflussbar ist, jedoch der Futteraufwand tendenziell verbessert wurde.

Die Vermutung einer möglichen kumulativen Wirkung von REE und digestan® als Kombination konnte nicht bestätigt werden. RECHT (2004) beobachtete allerdings mit dieser Wirkstoffkombination in einem Fütterungsversuch mit Absatzferkeln eine Verbesserung der Futtermittelverwertung um 4,9 % und eine Erhöhung der Tagesgewichtszunahmen von 9,3 %.

Zu Beginn der Mast I Periode erzielten neben der REE Gruppe auch die Tiere der digestan® Gruppe die höchsten durchschnittlichen Körpergewichte. In der digestan® Gruppe konnte in der letzten Versuchswoche von Mast I die höchsten Gewichte beobachtet werden. Die Werte der täglichen Gewichtszunahmen lagen mit 23,9 % signifikant über denen der REE Gruppe. Während der gesamten Mastperiode zeigten die männlichen Tiere der REE Gruppe, sowie die der digestan® Gruppe die höchsten durchschnittlichen Körpergewichte im Vergleich zur Kontrollgruppe. Die täglichen Gewichtszunahmen der REE Gruppe waren sogar signifikant höher als bei den Tieren der übrigen Gruppen. Eine mögliche Ursache für diesen Wandel könnte zum einen in der Futterumstellung von Aufzuchtfutter auf Mastfutter und zum anderen in der Futterzuteilung gesehen werden. Dem Futter wurden ab der Mastperiode die Futterzusätze direkt über einen Wirkstoffdosierer zugesetzt. Dem Aufzuchtfutter wurden dagegen die Futterzusätze vor dem Pelletieren beigefügt. Beim Pelletieren kann es zu Erwärmungen kommen, so dass eine unbestimmte Menge ätherischer Öle beim Vorgang verloren gehen kann.

Auch während der Mastperiode waren bei den Tieren der Kombinationsgruppe aus REE und digestan® keine kumulativen Effekte auf die Körpergewichtsentwicklung zu erkennen. Sie erreichten im Vergleich zur Kontrollgruppe die geringsten durchschnittlichen Körpergewichte. Abbildung 6 veranschaulicht die Gewichtsentwicklung [kg] der weiblichen Tiere aller Versuchsgruppen während der gesamten Versuchslaufzeit.

**Abbildung 6: Durchschnittliche Körpergewichte der weiblichen Tiere über die gesamte Versuchslaufzeit**



Bei den weiblichen Tieren der REE Gruppe konnten während der gesamten Aufzuchtphase die höchsten durchschnittlichen Körpergewichte im Vergleich aller Versuchsgruppen beobachtet werden. Bemerkenswerterweise war dieser Trend in den Perioden der Mast I und Mast II nicht mehr zu verzeichnen. Am Ende der Versuchszeit wurden in der REE Gruppe die niedrigsten durchschnittlichen Körpergewichte aller Versuchsgruppen beobachtet. Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zu den Beobachtungen, die KESSLER (2004) gemacht hat. Er konnte in einem Versuch mit Mastschweinen, denen 200 mg/kg REE in Citratform verabreicht und die nach Geschlecht getrennt untersucht wurden, während der gesamten Mastperiode eine signifikante Verbesserung der Gewichtszunahmen von

8,8 % sowie eine Steigerung der Futtermittelverwertung um 3,6 % beobachten. Die Wirkung war bei weiblichen im Vergleich zu männlichen, kastrierten Tieren deutlicher.

Bei den Tieren, deren Gruppe digestan® erhielten, konnten in der Mast I Periode die höchsten durchschnittlichen Körpergewichte beobachtet werden. Sie lagen mit 684,5 g ( $\pm 116,1$ g) signifikant und mit 921,4 g ( $\pm 129,4$  g) tendenziell über den täglichen Gewichtszunahmen der anderen Versuchsgruppen. Am Versuchsende verzeichnete die Gruppe mit digestan® zusammen mit der Kombinationsgruppe aus REE und digestan® die höchsten durchschnittlichen Körpergewichte. Dieser wachstumsfördernde Effekt unter der digestan® Supplementierung während der Mastperiode konnte auch bei den männlichen Tieren beobachtet werden.

Die Kombinationsgruppe aus REE und digestan® erreichte während der Mast II die höchsten durchschnittlichen Körpergewichte und war zu Versuchsende die Gruppe mit den höchsten durchschnittlichen Körpergewichten.

Schon zu Beginn der Mast I konnte die Tendenz beobachtet werden, dass die Körpergewichte der Kombinationsgruppe höhere Werte erzielt, als in der Aufzuchtphase.

Zusammenfassend konnte ein Einfluss durch die Supplementierung mit digestan® bei männlichen als auch bei weiblichen Tieren beobachtet werden. Die Verwendung einer Kombination von REE und digestan® erzielte bei den männlichen Tieren die geringsten, dagegen bei den weiblichen Tieren die höchsten durchschnittlichen Körpergewichte. Der Einsatz Seltener Erden bewirkte in diesem Fütterungsversuch bei weiblichen Tieren keine Verbesserung in der Körpergewichtsentwicklung.

### **5.2.3 Schlachtleistungsparameter**

Im Schlachthof der Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht in Grub wurden standardmäßige Parameter zur Bewertung der Schlachtleistung der Schweine ermittelt.

Das Gewicht und die Länge des Schlachtkörpers wurde am noch warmen und ausgenommenen Schlachtkörper sofort, spätestens aber 45 Minuten nach dem Schlachten ermittelt. Dabei konnten bei den mit digestan® gefütterten Tiere die tendenziell höchsten Werte beobachtet werden. Betrachtet man die durchschnittlichen Körpergewichte der männlichen und weiblichen Tiere zusammen,

bestätigt sich auch hier, dass die digestan® Gruppe im Mittel die besten Werte erzielt hat. Daraus leitet sich in der Folge auch eine bessere Schlachtkörperbewertung in Länge und Gewicht ab. Sowohl im Durchschnitt der Körpergewichte, als auch in der Gesamtheit aller fünf untersuchten Parametern, zeigten alle Versuchsgruppen höhere Werte als die Kontrollgruppe.

Da die Tiere nach der letzten Wiegung sofort geschlachtet wurden, konnte der Ausschachtungsgrad anhand des warmen Schlachtgewichtes und dem durchschnittlichen Körpergewicht in [kg] ermittelt werden. Der Ausschachtungsgrad der digestan® sowie REE Gruppe wies einen Wert von 82 %, die Kombinationsgruppe 83 % und die Kontrollgruppe einen Ausschachtungsgrad von 81,5 % auf. Das entspricht einem der Regel entsprechenden Ausschachtungsgrad von 80 %.

Als weiteres Beurteilungskriterium wurde das Verhältnis zwischen Fett und Muskel am Schlachtkörper herangezogen.

Der Hennessy Wert dient der Differenzierung zwischen hellem und dunklem Fleisch, sowie der Erfassung von Fett- und Fleischabgrenzung. Helles Fleisch reflektiert Licht besser als dunkles, wodurch unterschiedliche Reflexionswerte erreicht werden. Wünschenswert sind niedrige Werte, da diese für eine gute Fleischbeschaffenheit, also helles Fleisch, stehen. Die Fett- und Fleischfläche, die einen Hinweis auf den Fleischanteil des Schlachtkörpers gibt, wurde in [cm<sup>2</sup>] angegeben.

Tendenziell schnitt die digestan® Gruppe in fast allen Punkten am besten ab. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede innerhalb dieser Bewertung.

Beim Fleisch-Fettverhältnis erzielte im Verhältnis zu den ermittelten Werten die Kombinationsgruppe aus REE und digestan® die besten Werte.

Zur Untersuchung der Leitfähigkeit und des pH-Wertes wurden Messungen am Kotelett und am Schinken zu verschiedenen Zeitpunkten vorgenommen. Die elektrische Leitfähigkeit 24 (LFK24) Stunden nach dem Schlachten wird zur Erfassung von PSE-Fleisch herangezogen. Liegen die Werte über 10,0 ms/cm kann davon ausgegangen werden, dass es sich um PSE-Fleisch handelt. Im Bereich von 9,1 bis 10,0 besteht ein PSE-Verdacht. Sowohl die Werte der LFK 24 im Kotelett als auch die Werte der LFK 24 im Schinken liegen bei keiner der Versuchsgruppen über 5,07. Somit ist die Fleischbeschaffenheit nach der LFK als sehr gut zu beurteilen.

Die Fleischhelligkeit (Opto-Star-Wert) dient ebenfalls der Differenzierung von hellem und dunklem Fleisch. Fleisch sehr guter Qualität weist einen Wert zwischen 66 bis 80 Punkten auf. Bei Werten von 61 bis 65 Punkten liegt eine normale Fleischbeschaffenheit vor. Der Verdacht auf DFD Fleisch ist bei Werten von 80 bis 85 gegeben und wird bei  $> 85$  bestätigt. Bei der Beurteilung der Schlachtkörper liegt keine der Versuchsgruppen unter 66 Punkten und kann somit als Fleisch sehr guter Qualität eingestuft werden. Normale Fleischbeschaffenheit liegt bei den Schlachtkörpern aus der Kontrollgruppe mit einer Punktzahl von 64 vor.

Bei der Messung des  $\text{pH}_1$ -Wertes lag der durchschnittliche Wert aller Gruppen bei 6,09. Ist der  $\text{pH}_1$ -Wert größer als 6,0 kann die Fleischbeschaffenheit als sehr gut eingestuft werden. Der  $\text{pH}_{24}$ -Wert entspricht mit einem durchschnittlichen pH-Wert aller Gruppen von 5,42 der Norm gemäß den Richtlinien (BLENDL, 1991). Von allen untersuchten Merkmalen hat der pH-Wert die höchste Aussagekraft (LITTMANN und PESCHKE, 1994).

Die ermittelten Werte der verschiedenen Speckmaße wurden mit einem Messschieber an Lende, Rückenmuskel, Schinken und Widerrist des Schlachtkörpers vorgenommen. Dabei erzielte ebenfalls die digestan® Gruppe die höchsten Werte der gesamten Speckmaß Messungen.

Die Qualität des Bauches hat für eine optimale Verwertung des Schweineschlachtkörpers an Bedeutung gewonnen. Magere Bäuche können zu Spitzenpreisen auf dem Fleischmarkt verkauft werden, fette Bäuche werden dagegen verarbeitet. Von PESCHKE et al. (1996) existiert eine Schätzformel zur Bewertung des Schweinebauches sowie eine Bauchpunkt-Bewertungsskala von 1 (mager) bis 9 (fett), welche bei der Beurteilung des Bauches angewendet wurde.

Dabei erreichte die digestan® Gruppe mit 4,42 ( $\pm 1,35$ ) Punkten tendenziell das beste Ergebnis. Im Durchschnitt erzielten alle Gruppen mit 4,08 sehr gute Ergebnisse.

Die Einteilung in Handelsklassen beschreibt den Muskelfleischanteil im Schlachtkörper unmittelbar nach der Schlachtung. Dabei wird das Handelsklassenschema mit den Handelsklassen E, U, R, O, P verwendet. In die Handelsklasse E werden Schlachtkörper mit einem Muskelanteil über 55 %

eingestuft. Schlachtkörper mit einem Muskelfleischanteil von 50 - 55 % werden der Klasse U zugeteilt. Von insgesamt 73 Tieren wurden 55 in die Handelsklasse E und 18 Tiere in U eingestuft.

In der Gesamtheit aller für die Beurteilung des Schlachtkörpers ermittelten Werte erreichten alle Gruppen eine sehr gute Fleischbeschaffenheit. Mit der Einteilung in die beiden besten Handelsklassen erzielten ebenfalls alle Gruppen, bezogen auf den Muskelfleischanteil, eine gute Bewertung.

Durch die Supplementierung von Seltenen Erden und digestan®, sowie deren Kombination, über einen Zeitraum von Aufzucht und Mast wurde die Schlachtqualität nicht negativ beeinflusst. Im Durchschnitt konnten in der digestan® Gruppe die besten Werte in allen Schlachtleistungsparametern verzeichnet werden.

## 6. Zusammenfassung

In China werden seit 40 Jahren Seltene Erden (engl. Rare earth elements, REE) als Leistungsförderer in der Tiermast eingesetzt. In früheren Untersuchungen unserer Arbeitsgruppe wurden auch unter westlichen Haltungs- und Fütterungsbedingungen ergotrope Effekte der Seltenen Erden in verschiedenen Dosierungen auf Schweine, Geflügel, Ratten und Fische geprüft. Die besten Effekte konnten bei Schweinen erzielt werden, so erhöhte sich die Lebendmassezunahme dabei gegenüber der Kontrolle um bis zu 12 %, gleichzeitig verringerte sich der Futteraufwand in der Aufzucht- und Mastphase.

In diesem Zusammenhang wurde im ersten Teil der vorliegenden Arbeit der Einfluss Seltener Erden in Citratform auf die Lebendmassezunahme bei Mastkälbern in einem Feldversuch untersucht. Im zweiten Teil der Arbeit wurden die Wirkungen von Seltenen Erden und phytogenen Zusatzstoffen bei Schweinen überprüft.

In einer ersten Fütterungsstudie mit 312 männlichen Kälbern der Rasse Fleckvieh, aufgeteilt in je 26 Tiere pro Versuchsgruppe, wurde den Tieren ein Gemisch Seltener Erden in einer Dosierung von 200 mg/kg Futter über den Milchaustauscher zugeführt. Dabei konnten keine positiven Effekte auf die tägliche Gewichtszunahme beobachtet werden.

In einem zweiten Fütterungsexperiment wurden 80 Ferkel der Rasse Deutsche Landrasse x Piétrain, gleichmäßig nach Geschlecht und Gewicht auf vier Versuchsgruppen mit je 20 Tieren aufgeteilt und ein Gemisch von Seltenen Erden in einer Konzentration von 300 mg pro kg Futter, phytogene Zusatzstoffe in einer Konzentration von 1000 mg pro kg Futter und eine Kombination aus beiden in gleicher Dosierung über einen Versuchszeitraum von 138 Tagen zugesetzt.

Der Zusatz Seltener Erden bewirkte in diesem Fütterungsversuch bei männlichen Tieren eine um 3,4 % gesteigerte durchschnittliche Körpergewichtszunahme, wobei bei den weiblichen Tieren keine Verbesserung in der Körpergewichtsentwicklung zu beobachten war.

Eine Steigerung des durchschnittlichen Körpergewichts durch die Supplementierung mit phytogenen Zusatzstoffen konnte bei männlichen Tieren um 3,1 % als auch bei weiblichen Tieren um 1,8 % beobachtet werden.

Die Verwendung einer Kombination Seltener Erden und phytogener Zusatzstoffen erzielte bei den männlichen Tieren keine, dagegen bei den weiblichen Tieren eine Steigerung des durchschnittlichen Körpergewichtes um 2,7 %.

Damit konnte gezeigt werden, dass sowohl Seltene Erden, als auch phytogene Zusatzstoffe eine positive Wirkung auf die Gewichtszunahme beim Schwein bewirken können. Ein kumulativer Effekt wurde nicht beobachtet.

---

## 7. Summary

Tatjana Miller

### **Influence of Rare Earth Elements on fattening pigs and calves**

In China rare earth elements (REE) are used as growth promoters in the animal production for almost 40 years.

In recent studies of our group the ergotropic effect of the rare earth elements was tested with pigs, poultry, rats and fish in different dosages also under western feeding conditions.

The best effects could be obtained with pigs. The daily weight gain in relation to control thereby could be increased over up to 12 %. At the same time the feed conversion ratio in the raising and mast phase decreased.

In the first part of this work the influence of rare earth elements as citrate on the daily weight gain was examined in a field trial with fattening calves. In the second part of the work the effects of REE and the phytogenic additive on pigs were examined.

In a first feeding study with 312 male calves of the mark cattle race, divided into groups of 26, a mixture of rare earth elements was supplied to the animals in a concentration of 200 mg/kg daily by milk exchanger. No positive effects could be observed on the daily weight gain.

In a second feeding experiment 80 piglets of the race German land race x Piétrain were evenly divided after sex and weight in four groups of 20 animals, and a mixture of rare earth elements in a concentration of 300 mg/kg, phytogenic additives in a concentration of 1000 mg/kg and a combination of both in same dosage was added during a period of 138 days.

The additive of rare earth elements with male animals caused an average body weight increase by 3,4 %, whereby no improvement in the body weight development was to be observed with the female animals.

An increase of the average body weight in [kg] by the supplementation with phytogenic additives could be observed around 3,1 % with female animals and around 1,8 % with male animals.

The use of a combination of REE and phytogenic additives did not obtain an increase of the average body weight with the male animals, but on the other hand showed an increase with the female animals around 2,7 %.

Thus it could be shown that both, rare earth elements and phytogenic additives, might have a positive effect on the body weight gain. A cumulative effect was not observed.

## 8. Literaturverzeichnis

**Abdalla, A. E. M. (1999)**

Garlic supplementation and lipid oxidation in chicken breast and thigh meat after cooking and storage.

Adv. Food Sci. 21, 100-109.

**Åman, P., Graham, H. (1987)**

Mixed-linked (1-3), (1-4)- $\alpha$ -D-glucans in the cell wall of barley and oats, chemistry and nutrition.

Scand. J. Gastroenterol. 22 (Suppl. 129), 42

**Alert, H.-J. (2001)**

Das volle Aroma.

Sonderdruck: Landwirtschaftsblatt Weser-Ems, 45.

**Arvela, P. (1977)**

Toxicity of Rare-Earths.

Prog. In Pharmacology 2 (3), 69-73

**Bamann, E., Fischler, G. Trapmann, H. und Eberhardt, K.H. (1954)**

Über die biologischen Wirkungen der Salze seltener Erdmetalle, vornehmlich des Lanthans und des Cers, bei intravenöser Zufuhr.

Klinische Wochenschrift, 32, 588 – 590

**Barber, R.S., Braude, R. und Mitchell, K.G. (1955)**

Antibiotic and copper supplements for fattening pigs.

Br. J. Nutr., 9, 378 – 381

**Barret, J.P., Gomez, P., Solano, I., Gonzalez-Dorrego, M. und Crisol, F.J. (1999)**

Epidemiology and mortality of adult burns in Catalonia.

Burns 25, 325-329

**Barry, M.J. und Meehan, B.J. (2000)**

The acute and chronic toxicity of lanthanum to *Daphnia carinata*.  
Chemosphere, 41, 1669 – 1674

**Barsukov, A., Vetoshkin, A. und Vrontsov, E. (1990)**

Macrophage activation by sanquirythrine.  
Planta Medica 56: 696-697

**Bauer, R. (1994)**

Echinacea. Eine Arzneidroge auf dem Weg zum rationalen  
Phytotherapeutikum.  
Deutsche Apotheker Zeitung 134,18-27

**Becci, P. J., Schwartz, H., Barnes, H. H. und Southard, G. L. (1987).**

Short-term toxicity studies of sanguinarine and of two alkaloid extracts of *Sanguinaria canadensis* L.. J. Toxicol.  
Environ. Health 20, 199-208

**Bedfort, M.R. (1993)**

Mode of action of feed enzymes.  
J. Appl. Poultry Res., 2, 85 – 92

**Becker, P.-A. (2003)**

Ist gegen jede Pferdekrankheit ein Kraut gewachsen?  
Reiter und Pferde in Westfalen 12, 52-59

**Bentz,J., Alford, D., Cohen, J. und Düzgünes, N. (1988)**

La-Induced fusion of phosphatidylserine in liposomes. Close approach,  
intermembrane intermediates, and the electrostatic surface potential.  
J. Biophys., 53, 593-607

**Birnbaum, E.R., Gomez, J.E. und Darnall, W. (1970)**

Rare earth metal ions as probes of electrostatic binding sites in proteins.  
J. Am. Chem. Soc. 92, 5287-5288

**Blendl, H. (1991)**

Schweinemast

Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 1988

**Blume, R. (2001)**

Das Vorkommen der Lanthanoide.

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

**Bodinet C., I. Willigmann und N. Beuscher (1993)**

Host resistance increasing activity of root extracts from Echinacea species.

Planta Med. 59, A672-A673

**Böhme, H., Fleckenstein, J., HU, Z.Y. und Schnug, E. (2002a)**

Bilanzversuche zum Einsatz von Seltenen Erden in der Schweinemast.

114. VDLUFA-Kongress in Leipzig, 16.-20. September 2002, Manuskript zum Vortrag

**Böhme, H., Fleckenstein, J. und Schnug, E. (2002b)**

Einfluss von Seltenen Erden auf die Verdaulichkeit beim Schwein.

Jahresbericht 2002 der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, 59-60

**Borger, C. (2003)**

Alternative Methoden in der Schweinemast: Untersuchungen zum leistungssteigernden Potential Seltener Erden und zur Jodanreicherung im Gewebe durch die Verfütterung von Meeresalgen.

München, Tierärztliche Fakultät der LMU, Dissertation

**Braude, R. (1967)**

Copper as a stimulant in pig feeding.

World Rev. Anim. Prod., 3, 69 – 82

**Breuer, H. (2000)**

Anorganische Chemie

DTV-Atlas

**Brown, P.H., Rathjen, A.H., Graham, R.D. und Tribe, D.E. (1990)**

Rare earth elements in biological systems.

In: Gschneider, JR. K.A., Eyring, L. (Hrsg.): Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths Vol. 13, Amsterdam: Elsevier, 423-452

**Bulman, R.A. (2003)**

Metabolism and Toxicity of the Lanthanides.

Met. Ions Biol. Syst., 40, 683-708

**Burnett, G.S. (1966)**

Studies of viscosity as the probable factor in the improvement of certain barleys for chickens by enzyme supplementation.

British Poultry Sc., 7, 55 – 75

**Campen, van D. (1970)**

Competition between copper and zinc during absorption.

In: Mills, C.F., Trace element metabolism in animals, 287 – 298

**Cassidy, J. und Eva, J.K. (1958)**

The variations in the concentrations of copper and iron within and between the lobes of pig's liver.

Proc.Nutr.Soc., 17, XXX

**Cassone, A. und Garaci, E. (1974)**

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

Experientia, 30, 1230 - 1232

**Chang, J., Zhu, W., Zhang, L., Xiong, J., Zhang, J. und Hu, Z. (1998)**

Study of environmental effects of rare earth elements.

2<sup>nd</sup> International Symposium on Trace Elements and Food Chain, 15.-17.11.1998, Wuhuan, China, 24

**Cochran, K.W., Doull, J., Mezur, M. und Du Bois, K.P. (1950)**

Acute Toxicity of Zirconium, Columbium, Strontium, Lanthanum, Caesium, Tantalum and Yttrium.

Arch. Indust. Hyg. Occ. Med., 1, 637

**Cole, D.J.A., Beal, R.M. und Luscombe, J.R. (1968)**

The effect in performance and bacterial flora of lactic acid, propionic acid, calcium propionate and calcium acrylate in the drinking water of weaned pigs.

Vet. Rec., 83, 459 - 463

**Cotton, F.A. und Wilkinson, G. (1966)**

Advanced inorganic chemistry.

Interscience Publishers, Wiley & Sons (Hrsg.)

**Cowan, M.M. (1999)**

Plant products as antimicrobial agents.

Clin. Microbiol. Rev. 12 (4), 564-582.

**Dachler, M. und Pelzmann, H. (1999)**

Arznei- und Gewürzpflanzen: Anbau, Ernte, Aufbereitung.

2. Auflage, Österreichischer Agrarverlag, Wien.

**Dai, Y., Li, J., Li, Y., Yu, I., Dai, G., Hu, A., Yuan, L. und Wen, Z. (2002)**

Effects of rare earth compounds on growth and apoptosis of leukemic cell lines.

In Vitro Cell Dev. Biol. Anim., 38, 373 – 375

**Damment, S.J.P., Webster, I. und Shen, V. (2002)**

Bone mineralisation defect with high doses of phosphate binders in uraemic rats – an artefact of phosphate depletion?

Poster, 39. congress of the European Renal Association – European Dialysis & Transplantation Association (ERA-EDTA), Copenhagen, Denmark, 14.-17. Juli 2002

**Dedl, H. und Elssenwenger, T. (2000)**

Phytogene Futterzusätze ins Futter?  
Krafftutter 11, 478-480

**Deveci, M. Eski, M. Sengezer, M. und Kisa, U. (2000)**

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

**Dorantes, L., Fernandez, E. und Hernandez-Sanchez, H. (2002)**

Antimicrobial activity of capsicum extracts against some pathogenic bacteria.  
Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Pepper Conference, Tamaulipas, Mexico,  
10.-12.November 2002.

**Dorman, H. J. D., Deans, S. G. (2000)**

Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils.  
J. App. Microbiol. 88, 308-316.

**Dostál, J. und Slavík, J. (2002)**

Some aspects of the chemistry of quaternary  
benzo[c]phenanthridine alkaloids.  
In: Studies in Natural Products Chemistry (Atta-ur-  
Rahman ed) 27, 155-184.

**Durbin, P.W., Williams, M.H., Gee, M., Newman, R.H. und Hamilton, J.G. (1956)**

Metabolism of the Lanthanons in the Rat.  
Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 91, 78-85

**Eckel, B., Kirchgessner, M., Roth, F.X. und Eidelsburger, U. (1992b)**

Zum Einfluss von Ameisensäure auf die Konzentrationen an Ammoniak und  
biogenen Aminen im Gastrointestinaltrakt.  
J. Physiol. Anim. Nutr. 67, 198-205.

**Ehrstrom, M., Eriksson, G. Israelachuli, J. und Ehrenberg, A. (1973)**

The effects of some cations and anions on spin labeled cytoplasmic membranes of *Bacillus subtilis*.

Biochem. Biophys. Res. Commun., 55, 396 - 402

**Eisele, N. (2003)**

Untersuchungen zum Einsatz Seltener Erden als Leistungsförderer beim Schwein.

München, Tierärztliche Fakultät der LMU, Dissertation

**Engelhardt v., W. und Breves, G. (2000)**

Lehrbuch der Physiologie der Haustiere.

Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart

**Erlbacher, K. (2004)**

Schriftliche Mitteilung vom 15. April 2004

**Evans, C.H. (1990)**

Biochemistry of the Lanthanides.

Plenum Press, New York and London, 1990

**Fengler, A.I., Marquardt, R.R. (1988)**

Water-soluble pentosans from rye. II. Effects on rate of dialysis and on the retention of nutrients by the chick.

Cereal Chem. 65, 298-302

**Fischer, G. und Krug, E. (1984)**

Heilkrug und Arzneipflanzen.

7. Auflage, Haug Verlag, Heidelberg.

**Forth, W., D. Henschler und W. Rummel (1987)**

Pharmakologie und Toxikologie.

5. Auflage, Wissenschaftsverlag, S. 712

**Franz, C. (2003)**

Funktionelle Pflanzenstoffe in der Tierernährung und der Veterinärmedizin.  
Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen 8: 111-116.

**Franz, G. und Alban, S. (1999)**

Kohlenhydrate.

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

Pharmakognosie – Phytopharmazie.

6. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

**Freitag, M., Hensche, H.-U., Schulte-Sienbeck, H. und Reichelt, B. (1999)**

Biologische Effekte konventioneller und alternativer Leistungsförderer.

Krafffutter, 2, 49 – 57

**Friedmann, M. et al (2002)**

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, R. (1989)**

Probiotics in man and animals.

J. Appl. Bact., 66, 365 – 378

**Gebert, S., Stahel, F., Messikommer, R. und Wenk, C. (1999)**

Rhubarb als Alternative zu antimikrobiellen Leistungsförderern (AML) im Ferkel- und Broilerfutter.

In: Gesunde Nutztiere Umdenken in der Tierernährung ? (Sutter, F., Kreuzer, M., Wenk, C., eds.) Schriftenreihe aus dem Institut für Nutztierwissenschaften, Ernährung-Produkte-Umwelt, ETH-Zürich, 19. 165-166.

**Gedek, B. (1993)**

Probiotika als Bioregulatoren.

4. Symposium „Vitamin und weitere Zusatzstoffe bei Mensch und Tier“ am 30.9. – 1.10.1993 in Jena/Thüringen, 253 - 262

**Gedek, B. (1981)**

Zur Wirkung von Kupfer im Tierfutter als Selektor antibiotikaresistenter E.-coli-Keime beim Schwein.

Tierärztl. Umschau, 36, 6 – 21

**Geier, U. und Oster, A. (2001)**

Kräutern – Eine Alternative zu antibiotischen Leistungsförderern.

Landesanstalt für Schweinezucht Forchheim, Fachinformation Schweinemast

**Gerhardt, U. (1994)**

Gewürze in der Lebensmittelindustrie: Eigenschaften – Technologie – Verwendung.

2. Auflage, Behr, Hamburg.

**Giannenas, I., Florou-Paneri, P., Papazahariadou, M., Christaki, E., Botsoglou, N. A. und Spais, A. B. (2003).**

Effect of dietary supplementation with Oregano essential oil on performance of broilers after experimental infection with Eimeria tenella.

Arch. Anim. Nutr. 57 (2), 99-106.

**Gibson, G.R. und Roberfroid, M.B. (1995)**

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

J. Nutr., 125, 1401 – 1412

**Gößling, A. (2001)**

Wirkungen eines Oreganoöl-Zusatzes als Futteradditiv auf die Darmflora von Absetzferkeln.

Hannover, Tierärztliche Hochschule, Dissertation

**Gollnisch, K., Wald, C. und Berk, A. (2001)**

Effect of various essential oils on the performance of piglets.

Proc. Soc. Nutr. Physiol. 10, 155

**Gollnisch, K. et al (2001a)**

Einsatz von Kräutern und ätherischen Ölen in der Tierernährung.  
XXXVI. Vortragstagung der Deutschen Gesellschaft für Qualitätsforschung  
(Pflanzliche Nahrungsmittel) e.V., Jena, 249-258.

**Gollnisch, K. et al (2001b)**

Einsatz unterschiedlicher ätherischer Öle in der Ferkelaufzucht.  
XXXVI. Vortragstagung der Deutschen Gesellschaft für Qualitätsforschung  
(Pflanzliche Nahrungsmittel) e.V., Jena, 259-262.

**Gollnisch, K. (2002)**

Nutzung von Pflanzen und Pflanzenextrakten zur Förderung der Mastleistung  
beim Schwein.  
Praktischer Tierarzt 83: 12, 1072-1077.

**Greber (1997)**

Salvia officinalis L. als Futteradditiv in der Schweinemast.  
Wien, Veterinärmed. Univ., Dissertation

**Greife, H.A. und Berschauer, F. (1988)**

Leistungsförderer in der Tierproduktion: Stand und Perspektiven  
Übers. Tierernährg., 16, 1, 27-77, 368 ref.

**Grela, E.R., Krusniska, R. und Matras, J. (1998)**

Efficacy of diets with antibiotic and herb mixture additives in feeding of growing pigs.  
J. Anim. Feed Sci. 7 (1), 171-175

**Gschneidner, K.A. (1978)**

Handbook on the Physics and chemistry of rare earths  
Eyring, L.R., Gschneidner, K.A. (Hrsg.)  
Amsterdam, North Holland Publ. Co., 1978

**Günther, K.D. und A. Adiaro (1992)**

Zum Einsatz ätherischer Öle in der Nutztierernährung.  
Die Mühle und Mischfüttertechnik 129, 472 – 477  
Zit. Nach A. Greber (1997)

**Günther, K.D. und Bossow, H. (1998)**

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. 15<sup>th</sup> IVPS Congress, Birmingham, 223.

**Guidi, G. (1930)**

Contributo alla farmacologia delle terre rare; il neodimio.  
Arch. Int. Pharmacodyn. Ther., 37, 305-348

**Haberer, B., Schulze, E. (1998)**

Zum Einfluss NSP-hydrolysierender Enzyme in der Schweinefütterung.  
Übers. Tierernährg. 26, 25-64

**Hänsel, R. et al (1999)**

Pharmakognosie – Phytopharmazie.  
6. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

**Hänsel, R. et al (1999a)**

Phytochemische Grundlagen  
In: Hänsel, R. ; O. Sticher: E.Steinegger:  
Pharmakognosie – Phytopharmazie.  
6. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

**Hänsel, R. et al (1999b)**

Alkaloide  
In: Hänsel, R. ; O. Sticher: E.Steinegger:  
Pharmakognosie – Phytopharmazie.  
6. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

**Hänsel, R. und Spieß, E. (1999)**

Allgemeines über pflanzliche Arzneimittel.

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

Pharmakognosie – Phytopharmazie.

6. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

**Hagemann, L. (2002)**

Untersuchung der Wirksamkeit von ätherischen Ölen als standardisierter

Rationsanteil auf die Wachstumsleistung und Schlachtkörperqualität beim Schwein.

In: Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung  
20./21.03.2002, Tagungsband, 91. 999.

**Haley, T.J. (1985)**

Toxicity of Rare Earths

In: Xu, G., Xiao, J. (Hrsg.): New frontiers in rare earth science and applications,  
Proceeding of the international conference on rare earth development and  
applications

**Halle, I., Fleckenstein, J., Hu, Z.Y., Flachowsky, G. und Schnug, E. (2002)**

Untersuchungen zum Einfluss von Seltenen Erden auf das Wachstum und die  
Schlachteistung von Broilern.

114. VDLUFA-Kongress in Leipzig, 16.-20. September 2002, Manuskript zum Vortrag

**Hamilton, J.G. (1949)**

The metabolism of the radioactive elements created by nuclear fission.

New. Engl. J. Med., 240, 863-870

**He, R. und Xia, Z. (1998)**

Effect of rare earth compound added to diet on performance of growing-finishing  
pigs.

Second International Symposium on Trace Elements and Food Chain, Wuhan  
China, 12.-15.11.1998

**He, M.L. ; Wang, Y.Z.; Chen, M.L. und Rambeck, W.A. (2003)**

Effect of dietary rare earth elements on growth performance and blood parameters of rats.

J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr., 87, 1-7

**Headon, D. et al (1991)**

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

The Feed Compounder 2, 32-34.

**Henderson, P. (1984)**

The Rare Earth Geochemistry.

Elsevier, Amsterdam, 1984

**Hober, R. und Spaeth, R.A. (1914)**

Über den Einfluss Seltener Erden auf die Kontraktilität des Muskels.

Arch. Ges. Physiol., 159, 433 – 453

**Holden, P.J. et al (1998a)**

Botanicals for pigs – Garlic.

ISU Swine Research Report, 19-22.

**Holden, P.J. et al (1998b)**

Botanicals for pigs – Peppermint.

ISU Swine Research Report, 31-33.

**Holm, G. und Herbst, V. (1987)**

Botanik und Drogenkunde.

Deutscher Apotheker Verlag, Stuttgart.

**Holmsen, H., Whaun, J. und Day, H.J. (1971)**

Inhibition by lanthanum ions of ADP-induced platelet aggregation.

Experientia, 27, 451 - 453

**Hong, W.M., Duan, X.B., Gan, Z.S., Hu, C.P., Zheng, W. und Qu, H.J. (1996)**

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

**Hoppenbrock, K.H. (1998)**

Der natürliche Verdauungsförderer Sangrovit - eine Alternative zu antibiotischen Wachstumsförderern?

Landw. Wochenbl. Westf.-Lippe 1, 28-29

**Hu, Z., Wang, J., Yang, Y. und Ma, Y. (1999)**

Effect of REE on the nutrients digestibility for growing pigs.

Feed World 11 (1), 29-31

**Hutcheson, D.P., Gray, D.H., Venugopal, B. und Luckey, T.D. (1975a)**

Safety of heavy metals as nutritional markers.

Environ. Qual. Saf. Suppl., 1, 74-80

**Hutcheson, D.P., Gray, D.H., Venugopal, B. und Luckey, T.D. (1975b)**

Studies of nutritional safety of some heavy metals in mice.

J. Nutr., 105, 670-675

**Iben, B. (2000)**

Salbei, ein phytotherapeutisches Multitalent.

Großtierpraxis 6, 16 - 21

**Jamroz, D., Wertelecki, T., Wiliczkiwicz, A. und Bodarski, R. (2002).**

Influence of plant extract on the functions of the chickens intestinal tract.

In: 7. Tagung Schweine- und Geflügelernährung

(Rodehutschord, M. ed.), 26.-28. November, Martin-Luther-Universität

Halle-Wittenberg, 75-77.

**Jänicke, C. et al (2003)**

Handbuch Phytotherapie.

Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart.

**Ji, Y. (1985)**

Toxicological study on safety evaluation of rare earth elements used in agriculture.

In: Xu, G., Xiao, J. (Hrsg.): New frontiers in rare earth science and application; Proceedings of the international conference on rare earth development and application

**Jeroch, H. (1991)**

Enzyme in der Geflügelernährung.

Vitamine und weitere Zusatzstoffe bei Mensch und Tier

3. Symposium, 26.-27.9.1991, Stadtroda bei Jena/Thüringen

**Jeroch, H. (1993)**

Zur Wirksamkeit von Nicht-Stärke-Polysaccharide spaltenden Enzyme in der Geflügelernährung.

Vitamine und weitere Zusatzstoffe bei Mensch und Tier

4. Symposium, 30.9./1.10.1993, Jena/Thüringen

**Jones, G. (2001)**

Leistungsstarke Tiere und Verbraucherschutz stehen nicht im Widerspruch.

Kraftfutter/Feed Magazine 12, 468-473.

**Jones, R. R., Harkrader, R. J. und Southard, G. L. (1986)**

The effect of pH on sanguinarine iminium ion form.

J. Nat. Prod. 49 (6), 1109-1111.

**Jost, M. (1996)**

Einsatz von Knoblauchpulver im Ferkelaufzuchtfutter.

Agrarforschung 3: 479-481.

**Jugl-Chizzola, M. et al (2003)**

Funktionelle Pflanzenstoffe : Möglichkeiten ihres Einsatzes in der Nutztierhaltung.  
Ländlicher Raum 1:1-8

**Kähkönen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Rauha, J.-P., Pihlaja, K., Kujala, T. S. und Heinonen, M. (1999)**

Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds.  
J. Agr. Food Chem. 47, 3954-3962.

**Kamel, C. (2000)**

A novel look at a classic approach of plant extracts.  
Feed Mix (Special), 19-21.

**Kamphues, J. (1999)**

Leistungsförderer – vier blieben übrig.  
Teil I Krafffutter, 7, 267 – 270  
Teil II Krafffutter, 9, 312 – 321

**Kamphues, J. (1999)**

Leistungsförderer – der Status Quo aus Sicht der Tierernährung.  
Übers. Tierernährg., 27, 1 – 28

**Kessler, J. (2004)**

Lanthanoide – Wachstumsförderer mit Zukunft?  
In: Schweinehaltung, 04.255,  
Sursee / Oberkirch 22.-23. Juni 2004

**Killeen, G. (1996)**

The benefits of feed supplementation with schidigera extracts and their mechanisms.  
The Feed Compounder, 9: 28-30

**Kirchgessner, M. (1997)**

Mineral- und Wirkstoffe

In: Kirchgessner, M. (Hrsg.): Tierernährung, 10. Auflage,  
Verlags Union Agrar, 142-207

**Kirchgessner, M. und Roth, F.X. (1988)**

Ergotrope Effekte durch organische Säuren in der Ferkelaufzucht und  
Schweinemast.

Übers. Tierernährg., 16, 93 – 108

**Kivanc, M., Akgül, A. und Dogan, A. (1991)**

Inhibitory and stimulatory effects of cumin, oregano and their essential oils on growth  
and acid productions of *Lactobacillus plantarum* and *Leuconostoc mesenteroides*.

Int. J. Food Microbiolog. 13. 81-86

**Kivanc, M. und Kunduhoglu, B. (1997)**

Antimicrobial activity of fresh plant juice on the growth of bacteria and yeasts.

Journal of Qafqaz University, 1: 27-34.

**Kluth, H., Schulz, E., Halle, I. und Rodehutschord, M. (2002)**

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

In: 7. Tagung Schweine- und Geflügelernährung (Rodehutschord, M. ed.), 26.-28.  
November, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 66-74.

**Kluth, H. et al (2003)**

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

Lohmann Information 2, 1-6.

**Knebel (2004)**

Untersuchungen zum Einfluss Seltener Erd-Citrate auf Leistungsparameter beim  
Schwein und die ruminale Fermentation im künstlichen Pansen (RUSITEC).

München, Tierärztliche Fakultät der LMU, Dissertation

**Kramsch, D.M. und Chan, C.T. (1978)**

The effect of agents interfering with soft tissue calcification and cell proliferation on calcific fibrous-fatty plaques in rabbits.

Circ. Res., 42, 562-571

**Kramsch, D.M., Aspen, A.J. und Apstein, C.S. (1980)**

Suppression of experimental atherosclerosis by the Ca<sup>2+</sup>-antagonist lanthanum.

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

**Kroker, R. (1997)**

Desinfektionsmittel

In: W. Löscher, F.R. Ungemach, und R. Kroker (Hrsg.):

Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren

3. Aufl., Parey Buchverlag Berlin, S. 207 - 210

**Kubeczka, K.-H. (1982)**

Qualitätsbeurteilung arzneilich verwendeter ätherischer Öle.

Deutsche Apotheker Zeitung 122 (45), 2309-2316.

**Lang, E. (2004)**

Einfluss einer Echinacea-Fütterung auf Immunstatus und Verhalten bei Ferkeln in den ersten Lebenswochen.

Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München

**Lauderdale, J.W. (1983)**

Use of MGAR (melengestrol acetate) in animal production. Anabolics in Animal production – Public health aspects, analytical methods and regulation.

OIE Symposium, Paris Eds.E. Meissonnier, J. Mitchel-Vignerorn, 193-212

**Lee, S. E., Hwang, H. J., Ha, J.-S., Jeong, H.-S., Kim, J. H. (2003)**

Screening of medical plant extracts for antioxidant activity.

Life Sci. 73, 167-179.

**Lila, Z.A. et al (2003)**

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

Journal of Dairy Science 86: 3330-3336.

**Lis-Balchin, M., Deans, S. G. (1997)**

Bioactivity of selected plant essential oils against *Listeria monocytogenes*.

J. Appl. Microbiol. 82, 759-762.

**Littmann, E. und Peschke, W. (1994)**

Fleischbeschaffenheitsprüfung bei Schweinen: Welches Messverfahren ist das beste?

DGS, 49, 19-21

**Liu, J., Wang, E., Zhou, Y. And Hu, C. (1998)**

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

Yao Xue Xue Bao, 33, 544 547 (Chinese)

**Löscher, W. (2003)**

Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren

6. Auflage, Parey Buchverlag

**Lüdke, H. und Schöne, F. (1991)**

Untersuchungen zum Einsatz von Säuren im Mischfutter für Absetzferkel.

Vitamine und weitere Zusatzstoffe bei Mensch und Tier

3. Symposium, 26.-27.9.1991, Stadtroda bei Jena/Thüringen, 349 - 352

**Lu., K.W., Yang, W.Z. (1996)**

Effects of Rare Earth Elements on availability of energy and amino acids in broilers.

Acta. Agriculture Shanghai (Chinese), 12, 78 - 82

**Manners, M.J. (1976)**

The development of digestive function in the pig.

Proc. Nutr. Soc., 35, 49 – 55

**Manzanilla, G., Martin, M., Baucells, F., Perez, J. F., Kamel, C., Gasa, J. (2002)**

Effect of plant extracts and formic acid on the performance and gut microflora of early-weaned piglets.

J. Anim. Sci. 80 (1), 394.

**Mayer, H. und Kröger, H. (1973)**

Kupferfütterung beim Schwein.

Übers. Tierernährung, 1, 9 – 44

**Mellor, S. (2001)**

Natural appetisers from plants.

Feed Mix 9 (1), 29-31.

**Min, B.R. , Attwood, G.T. , Barry, T.N. und McNabb, W.C. (2002)**

The effect of condensed tannins from Lotus corniculatus on growth and proteolytic activity of rumen bacteria.

Journal of Animal Science 80 (Suppl. 1): 399.

**Min, B.R. und Hart, S.P. (2003)**

Tannins for suppression of internal parasites.

Journal of Animal Science 81 (E. Suppl. 2): 102-109.

**Mines, G.R. (1910)**

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

J. Physiol.,40, 327 –345

**Möller, T. (2001)**

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

Dissertation, Tierärztliche Hochschule, Hannover.

**Molan A.L. , Attwood, G.T.; Min, B.R. und McNabb W.C. (2001)**

The effect of condensed tannins from *Lotus pedunculatus* and *Lotus corniculatus* on the growth of proteolytic rumen bacteria in vitro and their possible mode of action.

Canadian Journal of Microbiology 47: 626-633.

**Moore, P.R., Evenson, T.D., Luckey, E.McCoy, Elvehjem, C.A. und Hart, E.B. (1946)**

Use of sulfasuxidine, streptothricin and streptomycin in nutritional studies with the chick.

J. Biol. Chem., 165, 437 – 441

**Muir, L.A., Wien, S., Duquette, P.F., E.L. und Cordes, E.H. (1983)**

Effects of exogenous growth hormone and diethylstilbestrol on growth and carcass composition of growing lambs.

J. Anim. Sci., 56, 1315-1323

**Muroma, A. (1958)**

Studies on the bactericidal action of salts of certain rare earth metals.

Ann. Med. Exp. Biol. Fenn., 36 (Suppl. 6), 1 – 54

**Mutschler, E. (1986)**

Arzneimittelwirkungen.

5. Aufl., Wiss. Verlagss. Stuttgart, S. 573

**Nakumara, Y., Tsumura-Hasegawa, Y., Tonogai, Y., Kanamoto, M., Tsuboi, N., Murakami, K., Ikebe, K. und Ito, Y. (1991)**

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

Eisei Kagaku, 37, 479-506

**Nelson, T.S., Shieh, R.R., Wodzinski, R.J. und Ware, J.H. (1971)**

Effect of supplemental phytase on the utilization of phytate phosphorus by chicks.

J. Nutr. 101, 1289-1294

**Ning, J.B. und Xiao, S.L. (1989)**

Effects of rare earth elements application on day lily.

Chinese Rare Earth 10 (5), 52-54

**Osthold, F. (2002)**

Einsatz phytogener Futterzusatzstoffe in der Pferdefütterung.

Diplomarbeit, Fachhochschule Osnabrück.

**Pang, X., Li, D. und Peng, A. (2002)**

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

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

**Partanen, K. und Mroz, Z. (1999)**

Organic acids for performance enhancement in pig diets.

Nutr. Res. Rev. 12 (1), 117-145

**Perdok, H., Langhout, P. und van Vugt, P. (2003)**

Stimulating appetite.

Feed Mix 11, 10-13.

**Peschke, W., Dobrowolski, A., Littmann, E. und Rahbauer, P. (1996)**

Bauchqualität am Schlachtband bestimmen.

Schweinezucht und Schweinemast (SUS) Nr. 5/96, S.38-39

**Petersen, U. (2003)**

Was bringt die neue Futterzusatzstoff-Verordnung?

Lohmann Information 4: 21-28.

**Przybilla, P. und Weiß, J. (1998)**

Die Mastleistung "natürlich" verbessern.

DGS Magazin Woche 40, 52-57.

**Rambeck, W.A., Brehm, H. W. und Kollmer, W.E. (1991)**

Der Einfluss erhöhter Kupferzulagen zum Futter auf die Rückstandsbildung von Cadmium beim Schwein.

Z. Ernährungswiss., 30, 298 – 306

**Rambeck, W.A., He, M.L., Chang, J., Arnold, R., Henkelmann, R. und Süss, A. (1999)**

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, Jena/Thüringen, 311-317

**Recht, J. (2005)**

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

München, Tierärztliche Fakultät der LMU, Dissertation

**Renard, B. (2005)**

Seltene Erden als Leistungsförderer in der Fischzucht, Untersuchungen an Regenbogenforellen und Karpfen.

München, Tierärztliche Fakultät der LMU, Dissertation

**Richter, G., Bargholz, J., Leiterer, M. und Lüdke, H. (2002)**

Prüfung von Futterzusätzen bei Ferkeln und Mastschweinen.

Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda 2002, 92-95.

**Richter, A. und Löscher, W. (1999)**

Phytotherapeutika.

In: Löscher, W.; F.R. Ungemach; R. Kroker:

Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren.

6. Auflage, Parey Buchverlag, Berlin.

**Riedel-Caspari, G. (1988)**

Unentbehrlich aber problematisch.

Krafftutter 11: 603 - 605

**Roth, H. (1997)**

Tiergesundheit fördern – mit Leistungsförderern und Bioregulatoren.

Krafftutter, 4, 154 – 159

**Saller et al. (1995)**

Saller,R.; J. Reichling; D. Hellenbrecht:

Phytotherapie – klinische, pharmakologische und pharmazeutische Grundlagen.

Haug Verlag, Heidelberg

**Schmeller, T., Latz-Bruning, B., Wink, M. (1997)**

Biochemical activities of berberine, palmatine and sanguinarine mediating chemical defence against microorganisms and herbivores.

Phytochemistry 44, 257-266.

**Schmid, C.O. (1994)**

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

Dissertation, Tierärztliche Hochschule, Hannover.

**Schuhmacher, A., Hofmann, M, Boldt, E. und Gropp, J.M. (2002)**

Kräuter als alternative Leistungsförderer beim Ferkel.

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

**Schuhmacher, A. und Gropp, J.M. (2004)**

Gewürze und Kräuterinhaltsstoffe als Alternative Leistungsförderer im Futter für Mastschweine.

Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda 2004, 123-125

**Schuller, S., Borger, C., He, M.L., Henkelmann, R., Jadamus, A., Simon, O. und Rambeck, W.A. (2002)**

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

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

**Schulze Temming, T. (2002)**

Situationsanalyse zur Bedeutung phytogener Futterzusatzstoffe in der Schweineernährung.

Diplomarbeit, Fachhochschule Osnabrück.

**Scipioni, R.G., Zaghini, G. und Biavati, A. (1978)**

Acidified diets in early weaning piglets.

Zootecn. Nutr. Anim., 4, 201 – 218

**Sedmak, J.J., MacDonald, H.S. und Kushnaryov, V.M. (1986)**

Lanthanide ion enhancement of interferon binding to cells.

Biochem. Biophys. Res. Commum., 137, 480 – 485

**Seskeviciene, J., Martinavicius, V., Rimkevicius, S. und Jeroch, H. (2003)**

Einfluss von phytoenen Futterzusatzstoffen auf die Mast- und Schlachtleistung von Schweinen.

Veterinarija ir Zootechnika. T.23 (45): 96-98.

**Shen Q., Zhang, J. And Wang, C. (1991)**

Application of Rare Earth Elements on animal production.  
Feed Industry, 12, 21 – 22 (Chinese)

**Smith, T.C., Mikiten, T.M. und Levinson, C. (1972)**

The effect of multivalent cations on the membrane potential of the Ehrlich ascites tumor cell.

J. Cell. Physiol., 79, 117 – 126

**Stein, M. (1999)**

Oregano: hochwirksam und mehr als nur ein Pizzagewürz.

Veröffentlichung zu Tiergesundheit, <http://www.agrar.de/drms/oregano.htm>

**Steinegger, E. und Hänsel, R. (1988)**

Pharmakognosie – Phytopharmazie.

4. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

**Sticher, O. (1999a)**

Ätherische Öle und Drogen, die ätherische Öle enthalten.

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

Pharmakognosie – Phytopharmazie.

6. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

**Sticher, O. (1999b)**

Phenolische Verbindungen.

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

Pharmakognosie – Phytopharmazie.

6. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

**Süphke, E. (2002)**

Wachsende Bedeutung von Futterzusätzen.

Krafffutter 7-8: 281-283.

**Sun, J., Zhao, H. und Wang, Y. (1994)**

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

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

**Swann, M.M. (Chairman) (1969)**

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

London, Her Majesty's Stationary Office

**Syha, K. (2005)**

Einfluss von Lanthan auf das Wachstum von Buschbohne im Gefäßversuch  
Bachelorarbeit, Technische Universität München, Institut für Agrikulturchemie

**Tedesco, D. (2001)**

The potentiality of herbs and plant extracts as feed additives in livestock production. *Zootecnica e Nutrizione Animale*27, 111-133.

**Teuscher, E. (1997)**

Biogene Arzneimittel.

5. Auflage, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart.

**Thomlinson, J.R. und Lawrence, T.L.J. (1981)**

Dietary manipulation of gastric H in the prophylaxis of enteric disease in weaned pigs: some field observations.

Vet. Rec., 109, 120 - 122

**Tiaden, S. (1999)**

Einfluss von Enteroguard auf die Mast- und Schlachtleistung von Schweinen.

Diplomarbeit, Fachhochschule Osnabrück.

**Tschirner, K. et al (2004)**

Untersuchungen zur Wirksamkeit und zum Nachweis des pflanzlichen Alkaloids Sanguinarin beim Schwein.

Kiel, Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät  
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Dissertation

**Turner, J.L. et al. (2001)**

Review : Alternatives to conventional antimicrobials in swine diets.

The Professional Animal Scientist 17: 217-226.

**Vahjen, W. und Simon, O. (1997)**

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

6. Symposium „Vitamine und Zusatzstoffe in der Ernährung von Mensch und Tier“

24.-25. September 1997 in Jena

**Van der Peet-Schwering, C.M.C. und Swinkels, J.W.G.M. (2000)**

Enteroguard as an alternative feed additive to antibiotics in weanling pig diets.

J. Anim. Sci. 78 (1), 184

**Vincke, E. und Oelkers, H. A. (1937)**

Zur Pharmakologie der Seltenen Erden: Wirkung auf die Blutgerinnung.

Arch. Exp. Pathol., 187, 594-603

**Wagner, H. und Wiesenauer, M. (1995)**

Phytotherapie: Phytopharmaka und pflanzliche Homöopathika

Gustav Fischer Verlag, Stuttgart

**Wald, C. (2002)**

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

Dissertation, Martin-Luther-Universität, Halle-Witteberg

**Wald, C. (2003)**

Gewürze und Co. – eine Übersicht.  
Lohmann Information 3, 1–5

**Wald, C., Kluth, H. und Rodehutsord, M. (2001)**

Effects of different essential oils on the growth performance of piglets.  
Proc. Soc. Nut. Physiol. 10, 156

**Wald, C., Kluth, H. und Rodehutsord, M. (2002)**

Oregano in den Schweinetrog.  
DLZ Magazin 1, 116-118

**Wallace, R.J., Arthaud, L. und Newbold, C.J. (1994)**

Influence of *Yucca schidigera* on ruminal ammonia concentration and ruminal microorganisms.  
Applied and Environmental Microbiology 60, 1762-1767

**Wan, Q., Tian, J., Peng, H., Zhang, X., Lee, D., Woo, C., Ryu, J. und Park, C. (1998)**

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. – 15.11.1998, Wuhan, China, 25

**Wang, L.X., Xu. Z. und Wu, X.Y. (1985)**

Effects of rare earth elements on photosynthesis of fixing-nitrogen alga.  
J. Chin. Rare Earth Soc. 3 (3), 72-75

**Wanner, M. (1999)**

Antimikrobielle Leistungsförderer – Rückblick und Alternativen.  
Schweiz. Arch. Tierheilkd., 141, 93 – 97

**Watanabe, T. (1963)**

Infective heredity of multiple drug resistance in bacteria.  
Bacteriol. Rev., 27, 87 – 115

**Watzl, B. (2001)**

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

**Watzl, B. (2002)**

Sulfide  
Ernährungs-Umschau 49, 493-496.

**Watzl, B. und Rechkemmer, G. (2001)**

Flavonoide  
Ernährungs-Umschau 48, 498-502

**Watzl, B. et al (2002)**

Anthocyane  
Ernährungs-Umschau 49, 148-150.

**Weiss, G.B. und Goodman, F.R. (1969)**

Effects of lanthanum on contraction, calcium distribution and  $Ca^{2+}$  movements in intestinal smooth muscle.  
J. Pharmacol. Exp. Ther., 169, 46-55

**Weber, M., Stenzel, P. und Grimmer, A. (2002)**

Erste Untersuchungsergebnisse zur Wirkung eines Futterzusatzstoffes auf Basis ätherischer Öle auf die Wachstumsleistung von Schweinen.  
In: Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung 20./21.03.2002, Tagungsband, 156-159.

**Wenk, C. (2002)**

Herbs, spices and botanicals: 'Old fashioned' or the new feed additives for tomorrow's feed formulations? Concepts for their successful use.  
In: Biotechnology in the Feed Industry (Lyons, T. P., Jacques, K. A., eds.), 79-97.

**Wenk, C. (2004)**

Schweinehaltung 2004 Kurs Nr.: 04.255,  
Sursee/Oberkirch, 22/23. Juni 2004

**Westendarp, H. (2001)**

Kräuter in den Schweinetrog?  
Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe Nr. 20, S. 30-32 März 2003

**Westendarp, H. (2002)**

Zimt und Knoblauch ins Mastfutter mischen.  
Schweinezucht und Schweinemast (SUS), 5, 33

**Westendarp, H. (2003)**

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.

**Wetscherek, W. (2002).**

Einsatz von Fresta F bzw. Formic Stabil 65 in der Ferkelaufzucht.  
In: 7. Tagung Schweine- und Geflügelernährung (Rodehutschord, M. ed.), 26.-28.  
November, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 159-161.

**Wheeler, G.E., Wilson, D. und Agrawala, S.K. (1999)**

Effect of herbal animal feed supplement "Livol" on growth of pigs.  
Indian J. Anim. Health 38 (1), 47-50

**Wurm, M. (1951)**

The effect of lanthanum on growth and metabolism of *Streptococcus faecalis* R.  
J. Biol. Chem., 192, 707 - 714

**Xia, Z. und He, R. (1997)**

A review of applying REE in agriculture production.

Chinese, unpublished

**Xiao, B., Ji, Y. und Cui, M. (1997)**

Effects of lanthanum and cerium on malignant proliferation and expression of tumor-related gene.

Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi, 31, 228-30 (Chinese)

**Xie, J., Xia, Z. und Wang, Z. (1995)**

Studies on the effects of Rare earth compound added to diets of Guanxi Broiler Chickens.

Chinese, unpublished

**Xu, Z., Wang, M. und Chen, L. (1999)**

Growth response of pigs fed supplemental lanthanum and approach of mechanism.

J. Chinese Rare Earth Society 17, 53-59

**Xu, Z.R., Hu, C.H., Xia, M.S., Zhan, X.A. und Wang, M.Q. (2003)**

Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers.

Poult. Sci. 82 (6), 1030-1036

**Zhao, G.C. (1997)**

Effect of added rare-earth on wool production of Angora rabbits.

Journal of Economic Animal, 1,25 – 27 (Chinese)

## 10. Danksagung

Allen vorweg möchte ich mich ganz herzlich bei Herrn Prof. W. A. Rambeck für die Überlassung des Themas und für die hervorragende Betreuung bedanken.

Ein herzlicher Dank geht an Herrn Dr. Ulrich Wehr, der mir immer mit guten Ratschlägen und Denkanstößen zur Seite stand.

Bedanken möchte ich mich auch bei Frau Dr. Britta Dobenecker für die tatkräftige und prompte Unterstützung.

Ein besonderer Dank gilt Frau Stadler, Adrian, Kim und Gabi, ohne die ich nie mit dem Wiegen der Schweine fertig geworden wäre, vor allem bei den kalten Temperaturen.

Ebenfalls möchte ich mich bei Herrn Dr. Süß bedanken, der den Kälbersuch am Ödhof überhaupt erst ermöglicht hat.

Ein lieber Dank geht an die Familie Süß für die Mithilfe und Ermöglichung der Versuchsdurchführung an ihrem Betrieb.

Herrn Dr. Scholz und seinen Mitarbeitern vom Lehr- und Versuchsgut in Oberschleißheim möchte ich für die freundliche Unterstützung und Bereitstellung der Schweine danken.

Bei meinen Eltern möchte ich mich für die liebevolle Betreuung meines Sohnes Luca bedanken.

Meinem lieben Ralph, der mir immer mit Rat und Tat zur Seite stand und mich liebevoll und geduldig unterstützt hat, möchte ich einen ganz besonderen Dank aussprechen.

Ein großes Dankeschön auch an meinen süßen Sohn Luca, der mich stets aufmuntern und ablenken konnte.

---

## 11. Lebenslauf

*Name:* Tatjana Miller

*Geburtsdatum:* 05.12.1970

*Geburtsort:* München

*Eltern:* Renate Miller, geb. Fahrner  
Georg Miller

*Geschwister:* Peter Miller  
Sascha Miller

*Kind:* Luca Miller, geb. 22.11.2003

*Schulbildung:* 1977-1981 Grundschule „An der Lerchenauerstrasse“ in München  
1981-1983 Volksschule „An der Lerchenauerstrasse“ in München  
1983-1988 Balthasar-Neumann Realschule München  
Abschluss: Mittlere Reife  
1988-1990 Gisela-Gymnasium  
1990-1992 Rupprecht-Gymnasiums München  
Abschluss: allgemeine Hochschulreife  
1992-1993 Mitarbeit im elterlichen Betrieb  
1993-1995 Ausbildung zur Tierarzhelferin bei Fr. Dr. Bartenschlager, München  
Abgeschlossene Berufsausbildung

*Oktober 1995:* Aufnahme des Studiums der Tiermedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München

*Staatsexamen:* 17. April 2003

*Approbation:* 21. Mai 2003

*Mai 2004-*

*Oktober 2005:* Anfertigung der vorliegenden Doktorarbeit am Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Tierernährung der Ludwig-Maximilians-Universität München, Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik unter Prof. Dr. W.A. Rambeck