

# **Forschungsbericht**

**Nr. 86**

## **Verbesserung der Phosphorverwertung beim Schwein: Ansätze in Zucht und Fütterung**

Projektleitung: Prof. Dr. M. Rodehutschord  
Prof. Dr. E. Pfeffer  
Dr. E. Tholen (Institut für Tierzuchtwissenschaft)  
Prof. Dr. W. Trappmann (Institut für Tierzuchtwissenschaft)

Projektbearbeiter: Dr. M. Hovenjürgen

**Institut für Tierernährung**

**Herausgeber:** Lehr- und Forschungsschwerpunkt „Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“, Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Endenicher Allee 15, 53115 Bonn  
Tel.: 0228 – 73 2297; Fax.: 0228 – 73 1776  
www.usl.uni-bonn.de

Forschungsvorhaben im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen  
Bonn, Juni 2002

ISSN 1610-2460

**Projektleitung:** Prof. Dr. M. Rodehutschord  
Prof. Dr. E. Pfeffer  
Dr. E. Tholen (Institut für Tierzuchtwissenschaft)  
Prof. Dr. W. Trappmann (Institut für Tierzuchtwissenschaft)

**Projektbearbeiter:** Dr. Michael Hovenjürgen

Institut für Tierernährung  
Endenicher Allee 15, 53115 Bonn  
Tel.: 0228 – 73 2292

**Zitiervorschlag:**

HOVENJÜRGEN, M., E. PFEFFER, E. THOLEN UND W. TRAPPMANN (2002): Verbesserung der Phosphorverwertung beim Schwein: Ansätze in Zucht und Fütterung. Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL, 86, 58 Seiten.

**Inhaltsverzeichnis:**

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Vorangegangene Untersuchungen und Fragestellungen .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Eigene Untersuchung .....</b>	<b>6</b>
3.1	<i>Gestaltung und Herstellung der Futtermischungen .....</i>	6
3.2	<i>Analytik.....</i>	9
3.3	<i>Prüfung der Futtermischungen im Bilanzversuch.....</i>	10
3.3.1	Haltung und Fütterung der Tiere.....	10
3.3.2	Datenerfassung, Entnahme und Aufbereitung der Proben.....	11
3.3.3	Berechnung der Verdaulichkeitsquotienten und der Gehalte an umsetzbarer Energie .....	12
3.3.4	Versuchsverlauf.....	13
3.3.5	Ergebnisse und Diskussion.....	14
3.4	<i>Hauptversuch .....</i>	17
3.4.1	Haltung und Fütterung der Tiere.....	17
3.4.2	Datenerfassung und Probengewinnung.....	18
3.4.3	Datenauswertung.....	19
3.4.4	Tiere .....	20
3.4.5	Ergebnisse und Diskussion.....	21
<b>4</b>	<b>Schlussfolgerungen für die Umsetzung in der Praxis .....</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>Tabellenanhang .....</b>	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>56</b>

**Tabellen und Abbildungen:**

Tabelle 1:	Angestrebte Versorgung mit verdaulichem Phosphor (g/MJ ME)	6
Tabelle 2:	Zusammensetzung der Futtermischungen und kalkulierte Gehalte	7
Tabelle 3:	Mittlere Analysenergebnisse der eingesetzten Futtermischungen an Trockensubstanz, Rohprotein, Phosphor, Calcium und Titandioxid (g/kg T)	8
Tabelle 4:	Verdaulichkeit der Rohnährstoffe, Nettoabsorption des Phosphors sowie Gehalt an ME für die beiden Futtermischungen ( $\xi \pm s$ ; n=5 Tiere je Mischung)	14
Tabelle 5:	Anzahl eingesetzter Tiere nach Herkunft und Vätern im 1. Durchgang	20
Tabelle 6:	Anzahl eingesetzter Tiere nach Herkunft und Vätern im 2. Durchgang	20
Tabelle 7:	Mittelwert ( $\xi$ ) und Standardabweichung (s) von Merkmalen der Mastleistung und des Schlachtkörpers für die beiden Durchgänge	22
Tabelle 8:	Anhand der Einzeltierergebnisse für Mastdauer und Futtermittelfressen kalkulierte Versorgung mit vP in den beiden Fütterungsabschnitten ( $\xi \pm s$ )	23
Tabelle 9:	Kotproben aller Tiere getrennt nach Durchgängen: Lebendgewicht zum Sammeltermin, Verdaulichkeit der organischen Substanz und Nettoabsorption des Phosphors ( $\xi \pm s$ )	28
Tabelle 10:	Ergebnisse der statistischen Auswertungen (p-Werte)	32
Tabelle 11:	Geschätzte Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (SE) für die Nettoabsorption des Phosphors der Rassen/Herkünfte (1.Durchgang)	34
Tabelle 12:	Geschätzte Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (SE) für die Nettoabsorption des Phosphors der Rassen/Herkünfte (Piétrain-Kreuzungstiere)	34
Tabelle 13:	Geschätzte Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (SE) für die P- Nettoabsorption der einzelnen Sammeltermine nach Futtercharge/Saison	35
Tabelle 14:	Geschätzte Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (SE) für die Nettoabsorption des Phosphors nach Zeitpunkt der Kotsammlung	36
Abbildung 1:	realisierte Versorgung mit vP im Vergleich zur Empfehlung	24

**Tabellen im Anhang:**

Tabelle A 1: Inhaltsstoffe der Sondermischungen des Mineralfutters laut Hersteller (Höveler, Langenfeld)	40
Tabelle A 2: Gehalte an Weender Rohnährstoffen, Phosphor, Calcium und Titandioxid in den im Bilanzversuch geprüften Chargen der Futtermischungen	41
Tabelle A 3: Zugeteilte Futtermengen im Bilanzversuch	41
Tabelle A 4: Bilanzversuch – Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe, Nettoabsorption des Phosphors und Wiederfindung des Titandioxids bei den Einzeltieren (%)	42
Tabelle A 5: Bilanzversuch - Aufnahme, Ausscheidung, Retention des Phosphors	42
Tabelle A 6: Mittelwert ( $\xi$ ) und Standardabweichung (s) von Merkmalen der Mastleistung und des Schlachtkörpers nach Rasse/Herkunft ( $\xi \pm s$ )	43
Tabelle A 7: Verdaulichkeitsdaten der Einzeltiere (1. Durchgang)	44
Tabelle A 8: Verdaulichkeitsdaten der Einzeltiere (2. Durchgang)	48
Tabelle A 9: Abstammung der Tiere (1. Durchgang)	52
Tabelle A 10: Abstammung der Tiere (2. Durchgang)	54

**Abkürzungsverzeichnis:**

Neben den Abkürzungen für Einheiten des internationalen Einheitensystems und den Symbolen für chemische Elemente wurden folgende Abkürzungen verwendet:

BFS	Bakteriell fermentierbare Substanz
CVB	Central Veevoederbureau
DE	Deutsches Edelschwein
DL	Deutsche Landrasse
Du	Duroc
FOM	Fat O'Meater
GfE	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
LM	Lebendmasse
LMZ	Lebendmassezunahme
ME	umsetzbare Energie
NfE	Stickstofffreie Extraktstoffe
NRC	National Research Council
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
Pi	Piétrain
s	Standardabweichung
SE	Standardfehler
T	Trockenmasse
vP	verdaulicher Phosphor
VQ	Verdaulichkeitsquotient
$\xi$	Mittelwert
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XL	Rohprotein

## 1 Einleitung

Die Einhaltung innerbetrieblicher Nährstoffbilanzen kristallisiert sich zunehmend als eines der bedeutenden Ziele einer ressourcenschonenden Landwirtschaft heraus. In diesem Zusammenhang kommt dem Element Phosphor (P) in Regionen mit hoher Viehdichte große Bedeutung zu, da der Zukauf von Futtermitteln immer einen Import von P in den Betrieb darstellt. In den Niederlanden wurde bereits früh die Notwendigkeit einer differenzierten Betrachtung des Phosphors beim Schwein auf Basis der Verdaulichkeit erkannt (JONGBLOED 1987).

Im März 1997 hat der Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie ein neues Bewertungssystem für die P-Versorgung von Schweinen vorgestellt (GfE 1997). Die entscheidende Neuerung, die mit diesem System einherging, war die differenzierte Bewertung der P-Quellen hinsichtlich ihrer Verwertbarkeit für das Schwein auf der Stufe der Verdaulichkeit. An der Entwicklung dieser differenzierten Bewertung waren u.a. mehrere Arbeiten des Bonner Instituts für Tierernährung beteiligt. Die grundlegenden Arbeiten zu Mastschweinen und Ferkeln sind im Rahmen der Forschungsberichte des Lehr- und Forschungsschwerpunktes „Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“ erschienen (Heft 19 und 59).

Zunächst stand die Entwicklung einer methodischen Vorgehensweise im Vordergrund, die eine standardisierte, vergleichbare Messung der Verdaulichkeit des P zum Ziel hatte (DÜNGELHOEF und PFEFFER 1994). Im Anschluss hieran wurde für unterschiedliche Futtermitteltypen die Methode angewandt und hiermit ein Grundstock an Daten zur P-Verdaulichkeit von Futtermitteln beim Schwein gelegt (RODEHUTSCORD et al. 1994). Bei pflanzlichen Futtermitteln wurde speziell untersucht, welche Auswirkungen der Zusatz des Enzyms Phytase auf die P-Verdaulichkeit hat (RODEHUTSCORD et al. 1996, 1997). Es konnte weiterhin nachgewiesen werden, dass am Mastschwein festgestellte P-Verdaulichkeiten auf das Aufzuchtferkel übertragen werden können (KRAUSE et al. 1998). Darüber hinaus wurden Untersuchungen zu den unvermeidlichen P-Verlusten sowie zur intermediären Verwertung des verdaulichen P (RODEHUTSCORD et al. 1998) angestellt. Außerdem konnten Aussagen zu Regulationsmechanismen bei steigender P-Versorgung gemacht werden (RODEHUTSCORD et al. 1999a).

Aus den bisher durchgeführten P-Verdaulichkeitsmessungen an Mastschweinen ergibt sich für die P-Verdaulichkeit organischer P-Quellen ein Variationskoeffizient von bis zu 26 %. Im Mittel von 64 Rationen, die in Bonn auf ihre P-Verdaulichkeit untersucht wurden, ergibt sich für die Verdaulichkeit des Phosphors ein Variationskoeffizient von 12 %. Im Gegensatz dazu weist die Verdaulichkeit der organischen Substanz nur einen Variationskoeffizienten um 1 % auf.

Dies demonstriert eine sehr große Variation in der P-Verdaulichkeit zwischen einzelnen Tieren. Sowohl die genetische Fundierung des Merkmals P-Verdaulichkeit als auch die Beziehungen dieses Merkmals zu anderen ökonomisch bedeutsamen Merkmalen der Mastleistung und der Schlachtkörperqualität sind derzeit unbekannt.

Diese möglichen tierbedingten Einflüsse auf die P-Verdaulichkeit wurden in der vorliegenden Untersuchung näher betrachtet. In einem Versuch wurden Tieren verschiedener Rassen und Herkünfte und gleichzeitig Nachkommengruppen verschiedener Väter hinsichtlich ihrer P-Verdaulichkeit geprüft.



## 2 Vorangegangene Untersuchungen und Fragestellungen

Die Verdaulichkeit des Phosphors aus Einzelkomponenten und Mischfuttermitteln unterliegt offensichtlich einer hohen Varianz. Diese Beobachtung wurde sowohl in den zurückliegenden Arbeiten aus Bonn (DÜNGELHOEF et al. 1994, KRAUSE et al. 1997, RODEHUTSCORD et al. 1994, 1996, 1997) als auch von anderen Arbeitsgruppen (EECKHOUT und DE PAPE 1992, PALLAUF et al. 1992, BERK und SCHULZ 1993) wiederholt gemacht.

Die Bonner Untersuchungen wurden immer nach der Anlage als lateinisches Quadrat mit 4 bzw. 6 Tieren durchgeführt. Diese Anlage wird von der GfE (1994) als wesentlicher Bestandteil der Methodik zur Bestimmung des verdaulichen Phosphors angesehen. Im Mittel von 70 Rationen, die in dieser Form auf ihre Phosphor-Verdaulichkeit untersucht wurden, ergibt sich für die Verdaulichkeit des Phosphors ein Variationskoeffizient von 12 %. Vor allem bei organischen P-Quellen ist der Variationsquotient für die Verdaulichkeit des Phosphors hoch (z.B. Gerste 24%, Sojaextraktionsschrot 18 %, Ackerbohnen 44%).

Im Gegensatz zu den hohen Variationskoeffizienten für die Verdaulichkeit des Phosphors bei organischen P-Quellen weist die Verdaulichkeit der organischen Substanz regelmäßig einen Variationskoeffizienten von lediglich um 1% auf. Die Gründe für diese Unterschiede sind nicht bekannt.

Es kann ausgeschlossen werden, dass dabei die Methodik der Verdaulichkeitsbestimmung einen Einfluss hat. Bei den zurückliegenden Messungen zur Verdaulichkeit wurden nicht nur der Phosphor betrachtet, sondern auch andere Nährstoffe.

Aus identischem Probenmaterial wurde sowohl die Verdaulichkeit des Phosphors als auch die Verdaulichkeit der organischen Substanz ermittelt. In allen Untersuchungen ergab sich das gleiche Bild mit einem niedrigen Variationskoeffizienten für die Verdaulichkeit der organischen Substanz und einem hohen für die Verdaulichkeit des Phosphors. Dies zeigten bereits RODEHUTSCORD et al. (1994).

Sollte die Methodik der Erfassung der Futteraufnahme oder der Quantifizierung der Kotscheidung unzureichend sein, wären diese Unterschiede hinsichtlich des Variationskoeffizienten und die geringe Varianz in der Verdaulichkeit der organischen Substanz nicht zu erreichen. Die geringe Varianz in der Verdaulichkeit der organischen Substanz wurde in den oben beschriebenen Versuchen oft als Indikator für die Vollständigkeit der Kotsammlungen benutzt.

EECKHOUT und DE PAPE (1992) untersuchten den Einfluss zugelegter Phytase auf die P-Verdaulichkeit einer Mais-Soja-Ration in 2 Gruppen an je 6 Tieren. Sie fanden Streuungen der P-Verdaulichkeit zwischen den Tieren, die wesentlich größer waren als die Streuungen der gleichzeitig bestimmten Verdaulichkeit der organischen Substanz. Der Variationskoeffizient für die P-Verdaulichkeit lag bei 14 % bzw. 15 %, während die Verdaulichkeit der organischen Substanz nur um 1 % streute.

PALLAUF et al. (1992) untersuchten ebenfalls die Wirkung einer Phytase auf die P-Verdaulichkeit einer Mais-Soja-Ration an 4 Gruppen zu je 8 Ferkeln. Neben der Steigerung der Verdaulichkeit des Phosphors durch die Phytasezulage fanden auch sie einen Variationskoeffizienten für die P-Verdaulichkeit von 20 % bei der Ration mit einer Phytasezulage von 500 U/kg und von 28% bzw. 42% bei der Kontrollration ohne Phytasezulage.

BERK und SCHULZ (1993) untersuchten im Differenzversuch an 5-6 Tieren je Futter verschiedene Einzelfuttermittel auf die P-Verdaulichkeit. Sie fanden ebenfalls bei den organischen P-Quellen die höchsten Variationskoeffizienten für die P-Verdaulichkeit (Ackerbohnen: 31 %, Sojaextraktionsschrot 20%, Weizen 17%).

Die Bestimmung der Verdaulichkeit des Phosphors ist mit einigen besonderen Ansprüchen an die Methodik verbunden, die sie von üblichen Verdaulichkeitsbestimmungen, z.B. für organische Roh Nährstoffe, unterscheidet. Die bedeutendste Anforderung liegt darin, dass in Bestimmungen zur Verdaulichkeit des Phosphors nach GfE (1994) die Konzentration von verdaulichem Phosphor im Futter einen Wert von 2,0 g/kg T nicht überschreiten sollte.

Dies liegt darin begründet, dass mit einer über diesen Grenzwert hinausgehenden P-Versorgung Regulationsmechanismen des Tieres einsetzen, die zu einer vermehrten Ausscheidung von Phosphor mit dem Kot und damit zu einer verminderten Verdaulichkeit führen, wie RODEHUTSCORD et al. (1999) darstellten.

Dieser Effekt ist auszuschließen, wenn mit der Verdaulichkeit eine Kapazität von Futtermitteln erfasst und die Vergleichbarkeit von Futtermitteln sichergestellt sein soll. Tierindividuell verschiedene Anpassung an eine überschüssige P-Versorgung scheidet daher als Erklärungsansatz für den hohen Variationskoeffizienten ebenfalls aus.

Als ein möglicher Grund für die großen tierindividuellen Unterschiede in der P-Verdaulichkeit erscheinen genetische Einflussfaktoren. Die Ausscheidung von Phosphor mit dem Kot (und damit die Nettoabsorption des Phosphors) hängen von zwei Größen ab: dem nicht absorbiertem Futter-P und den sogenannten unvermeidlichen Verlusten an P, Ausscheidungen also, die immer auftreten, unabhängig von der Höhe der Versorgung mit P.

SCHRÖDER et al. (1996) geben eine Übersicht zu Mechanismen der intestinalen Phosphor-Absorption. Die Absorption von Phosphor erfolgt demnach hauptsächlich unter Beteiligung von aktiven Transportmechanismen. Da eine Abhängigkeit der Phosphorabsorption von Transportproteinen in der Membran gegeben ist, ist eine Beeinflussung durch die Genetik der Tiere vorstellbar.

Die unvermeidlichen P-Verluste sind zumindest teilweise auf endogene Sekretion von Phosphaten und organischen P-Verbindungen zurückzuführen. Auch hier ist eine genetische Beeinflussung denkbar.

Dem Merkmal P-Verwertung wurde bislang seitens der Züchtung keine Aufmerksamkeit gewidmet. Bei der wichtigsten Leistungsprüfform in der Schweineherdbuchzucht, der stationären Geschwister/Nachkommenprüfung, wird nach ZDS (1997) pauschal ein P-Gehalt des Prüffutters von 5,5 g/kg gefordert. Mit der ebenfalls vorgeschriebenen Zusammensetzung des Futters ergibt sich ein Gehalt an verdaulichem Phosphor von ca. 3,5 g/kg.

Dem gegenüber sieht die derzeitige Empfehlung der GfE bei einem entsprechenden Futter einen Gehalt an vP von 2,8 g/kg vor. Die leistungsgeprüften Schweine sind demnach deutlich mit verdaulichem Phosphor übertversorgt. Selbst bei Tieren mit einer schlechten Phosphorverwertung sind Leistungsdepressionen daher nicht zu erwarten.

Bei einer angepassten, reduzierten P-Versorgung in der Produktion könnten Tiere mit einer besseren P-Verwertung nicht nur bezüglich umweltrelevanter P-Ausscheidungen, sondern auch in anderen ökonomisch wichtigen Merkmalen der Fleischleistung überlegen sein. MERKS (1988) und THOLEN et al. (1998) fanden in ihren Untersuchungen deutliche Rangunterschiede zwischen Eberzuchtwerten, die mit Informationen aus der Stationsprüfung oder der Produktionsumwelt geschätzt wurden. Insbesondere die genetischen Beziehungen zwischen den Merkmalen der Mastleistung, die in verschiedenen Prüfumwelten erfasst wurden, waren davon betroffen.

Als mögliche Erklärungen dieser Genotyp x Umwelt - Interaktionen wurden Unterschiede in der Fütterung und Haltung herangezogen. Da Informationen über Fütterungs- und Haltungsbedingungen der feldgeprüften Tiere nicht vorlagen, war eine getrennte Betrachtung möglicher Einflüsse allerdings nicht möglich. In der Literatur finden sich keine Untersuchungen zur P-Verdaulichkeit mit größeren Tierzahlen, die eine Aussage über Ursachen der Streuung der P-Verdaulichkeit ermöglichen könnten.

### 3 Eigene Untersuchung

In Kapitel 2 wurde die hohe Varianz der Phosphorverdaulichkeit zwischen einzelnen Tieren erläutert, die bei Verdaulichkeitsstudien mit einheitlichem Futter immer wieder auftraten. Diese ließen sich nicht auf methodische Fehler zurückführen.

In dem hier zu beschreibenden Versuch sollten genetische Einflussfaktoren als mögliche Ursache für die großen tierindividuellen Unterschiede in der Phosphorverdaulichkeit geprüft werden. Hierzu wurde bei ca. 340 Tieren unterschiedlicher Herkunft in 3 Mastabschnitten die Phosphorverdaulichkeit der Einzeltiere geprüft.

Die Ermittlung der P-Verdaulichkeit erfolgte über die Markermethode. Die Tiere befanden sich in Einzelhaltung und wurden alle mit demselben Futter gefüttert. Im Versuch wurden Tiere aus 6 Rassen bzw. Herkünften verwendet. Es wurden Vollgeschwistergruppen zu je 3-4 Tieren von einer begrenzten Anzahl Väter eingesetzt.

#### 3.1 Gestaltung und Herstellung der Futtermischungen

Für die Messung der Verdaulichkeit des Phosphors gilt nach GfE (1994) die Forderung, dass eine suboptimale P-Versorgung einzustellen ist. Die Komponenten der Mischungen wurde in Anlehnung an RODEHUTSCORD und JÜNGST (1998) so ausgewählt, dass während der kompletten Mast eine Versorgung mit vP in Höhe von 75% der Empfehlung möglich war. Die Mast sollte in zwei Abschnitte bis 60 kg LM und ab 60 kg LM durchgeführt werden.

Es wurde Körnermais eingesetzt, damit eine Versorgung in Höhe von lediglich 75% der Empfehlungen auch zum Ende der Mast überhaupt erreicht werden konnte. Die Versorgung mit Energie, essentiellen Aminosäuren, Spurenelementen und Vitaminen war entsprechend den Empfehlungen der GfE (1987) und des NRC (1998) in den beiden Mastabschnitten sichergestellt.

Die angestrebten Gehalte an verd. P orientierten sich an der Zielgröße 75% der aktuellen Empfehlung zum vP nach GfE (1997). Die aktuellen Empfehlungen zum vP und die gewählten Zielgrößen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

**Tabelle 1: Angestrebte Versorgung mit verdaulichem Phosphor (g/MJ ME)**

	Lebendmasseabschnitt	
	bis ca. 60 kg LM	ab 60 kg LM
Empfehlung nach GfE (1997)	0,20	0,16
angestrebte Versorgung im Versuch (75 % der Empfehlung)	<b>0,15</b>	<b>0,12</b>

Die Futtermischungen für die beiden Mastabschnitte sollten sich nur im Gehalt an verd. P (und entsprechend Ca) unterscheiden. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurde der Gehalt an essentiellen Aminosäuren für den zweiten Mastabschnitt nicht gesenkt. Unter Verwendung von kohlensaurem Futterkalk wurde das empfohlene Verhältnis von Ca : vP eingestellt. Zur Ermittlung der Verdaulichkeit über die Markermethode wurde Titandioxid dem Futter als Marker zugesetzt. Die eingesetzten Futtermischungen in ihrer Zusammensetzung und mit den kalkulierten Gehalten an ME, Lysin, vP und Ca sind in Tabelle 2 dargestellt.

**Tabelle 2: Zusammensetzung der Futtermischungen und kalkulierte Gehalte**

	Lebendmasse (kg)	
	30-60	60-110
<i>Anteile (in g/kg):</i>		
Gerste	497	500
Mais	225	225
Sojaextraktionsschrot	240	240
Sojaöl	10	10
Vormischung <sup>1</sup>	25	25
Kohlensaurer Futterkalk	1,5	-
Monocalciumphosphat	1,5	-
<i>Kalkulierte Gehalte:</i>		
ME (MJ/kg)	12,8	12,9
Lysin (g/MJ ME)	0,75	0,75
Rohprotein (g/kg T)	203	203
Phosphor (g/kg T)	5,10	4,70
Calcium (g/kg T)	5,50	4,70
<b>VP <sup>2</sup> (g/MJ ME)</b>	<b>0,15</b>	<b>0,12</b>

<sup>1</sup> Die Vormischung enthält 4% Lysin; 1 % Methionin; 12 % Calcium; 4% TiO<sub>2</sub> (aus technischen Gründen ab 08/1999: 20 g/kg (im Austausch +5g/kg Gerste) mit 5% Lysin; 1,25% Methionin; 15% Calcium; 5% TiO<sub>2</sub>)

<sup>2</sup> Kalkuliert mit VQ-P : Gerste 45%; Mais 18%; Soja 33%; MCP 91%

Die Futtermischungen wurden in Chargen zu 1.000 kg (Mischung I: teilweise auch 500 kg) auf dem Versuchsgut Frankenforst gemischt und pelletiert. Die Vormischung wurde mit der vorgesehenen Menge Titandioxid versetzt und im Verhältnis 1:1 mit gemahlener Gerste in einem 50 kg Trommelmischer im Institut für Tierernährung gemischt.

Für die Mischung bis 60 kg LM wurden zusätzlich die vorgesehenen Mengen an kohlen saurem Futterkalk und MCP zugegeben. Die vom Hersteller deklarierten Gehalte der Vormischung finden sich in Tabelle A 1.

Zur Kontrolle der gleichmäßigen Verteilung des Markers in der Mischung wurden zu Anfang des Versuches von einer Mischung während des Pelletiervorganges 7 Proben in gleichmäßigen Zeitabständen gewonnen und auf den Gehalt an Titandioxid analysiert. Von einer weiteren Mischung wurden 4 Proben auf den Gehalt an Titandioxid analysiert. Die mittleren analysierten Gehalte an Titandioxid lagen bei 1,10 g/kg T mit einer Streuung von  $\pm 0,03$  g/kg T bzw.  $\pm 0,02$  g/kg T. Diese Mischgenauigkeit genügte den Anforderungen. Daher wurde im folgenden von jeder Mischung nur noch eine repräsentative Probe gewonnen.

Im ersten Durchgang von Mai 1998 bis März 1999 wurden 42 Futterchargen eingesetzt. Im zweiten Durchgang von Juli 1999 bis April 2000 wurden 40 Futterchargen eingesetzt.

Eine Übersicht über die mittleren analysierten Gehalte der Futtermischungen an Trockensubstanz, Rohprotein, Phosphor, Calcium und dem Marker Titandioxid ist in Tabelle 3 angegeben.

**Tabelle 3: Mittlere Analyseergebnisse der eingesetzten Futtermischungen an Trockensubstanz, Rohprotein, Phosphor, Calcium und Titandioxid (g/kg T)**

Durchgang	Mischung I (bis ca. 60 kg LM)		Mischung II (ab ca. 60 kg LM)	
	1 (n=15)	2 (n=27)	1 (n=14)	2 (n=26)
<i>Gehalte an: ( <math>\bar{x} \pm s</math> )</i>				
Trockensubstanz	867 $\pm 10$	869 $\pm 9$	871 $\pm 9$	864 $\pm 6$
Rohprotein	201 $\pm 7$	205 $\pm 5$	209 $\pm 9$	204 $\pm 5$
Phosphor	5,05 $\pm 0,12$	5,23 $\pm 0,15$	4,71 $\pm 0,14$	4,73 $\pm 0,24$
Calcium	5,91 $\pm 0,32$	5,95 $\pm 0,37$	4,98 $\pm 0,29$	4,90 $\pm 0,27$
Titandioxid	1,06 $\pm 0,06$	1,03 $\pm 0,08$	1,12* $\pm 0,03$	1,01 $\pm 0,05$

\* in der zweiten Hälfte des Durchganges wurde die Titankonzentration aus technischen Gründen reduziert (danach: 0,93 g/kg T  $\pm$  0,04 g/kg T)

### 3.2 Analytik

Die Gehalte der Proben an Trockenmasse, Gesamtfett (nach HCl-Aufschluß – Firma Tecator, Typ soxtec system, 1047 Hydrolyzing Unit), Rohfaser (Firma Tecator, System Fibertec I) und Rohasche wurden nach den Analysenvorschriften von NAUMANN UND BASSLER (1976) durchgeführt. Die Bestimmung des Gehaltes an Rohprotein erfolgte über die Stickstoffbestimmung nach Dumas (N\*6,25; – Firma Leco, Typ FP-328). Die Mineralstoffbestimmung in Futter-, Kot- und Harnproben erfolgte aus Aschelösungen, die nach folgendem Schema erstellt wurden:

Von den Futter- bzw. Kotproben wurde eine Substanzmenge, die einer T-Menge von 2-5g entsprach, in einen Porzellantiegel eingewogen. Nach der T-Bestimmung wurden die Proben unter langsamer Erhöhung der Temperatur vorverascht und anschließend mindestens acht Stunden bei 550 °C im Muffelofen verascht.

Von den Harnproben wurde vor der Veraschung eine Menge von 25 bis 30 g in einem Sandbad bei 80 – 100 °C bis zur Trockene eingedampft. Die erhaltenen Aschen wurden zweimal mit 5 ml verdünnter HCl (1:1) übergossen und im Sandbad eingedampft. Nach Zugabe von weiteren 5 ml verdünnter HCl wurden die Aschelösungen quantitativ in Messkolben filtriert, die Filter wurden anschließend heiß säurefrei gespült.

Nach Erkalten wurden die Messkolben bis zur Eichmarke aufgefüllt. Aus den so erhaltenen Aschelösungen wurden nach Erstellung der erforderlichen Verdünnungen die Elemente Phosphor und Calcium bestimmt.

Die P-Bestimmung wurde nach NAUMANN und BASSLER (1976) mit der dort beschriebenen Vanadat-Molybdat-Methode an einem Spektralphotometer der Firma Beckmann (DU-62) bei einer Wellenlänge von 435 nm durchgeführt. Die Messlösungen wurden vor Zugabe der Vanadat-Molybdat-Reagenz mit 2,5 ml verd. HNO<sub>3</sub>-Lösung angesäuert und erhitzt.

Die Ca-Bestimmung erfolgte mit einem Atom-Absorptions-Spektralphotometer der Firma Perkin-Elmer (1100 B). Zur Messung von Ca wurden der verdünnten Aschelösung 5 ml einer fünfprozentigen Strontiumchloridlösung zugegeben, um Ionisationsstörungen zu vermeiden.

Das als Marker eingesetzte Titandioxid wurde nach der von BRANDT und ALLAM (1987) vorgestellten Methode analysiert. Hierzu wurden Kjeldahlaufschlüsse des Frischkotes quantitativ in Messkolben überführt, nach dem Abkühlen aufgefüllt und durch Schwarzbandfilter in Plastikflaschen filtriert.

Die Bestimmung des Titandioxides erfolgte in der schwefelsauren Lösung über die Bildung eines Farbkomplexes mit Wasserstoffperoxid. Die Messung erfolgte in einem Spektralphotometer der Firma Beckmann (DU-62) bei einer Wellenlänge von 405 nm gegen Wasser.

Die Eigenfärbung der verdünnten Aufschlüsse bei einer Wellenlänge von 405 nm wurde bei der Berechnung der Gehalte an Titandioxid berücksichtigt. Als Standardlösungen wurden verdünnte Kjeldahlaufschlüsse des dem Futter zugesetzten Titandioxides verwendet. Die Bestimmung des Gehaltes an Titandioxid im Futter erfolgte nach vorheriger Veraschung bei 550°C.

### **3.3 Prüfung der Futtermischungen im Bilanzversuch**

Beide weiter oben beschriebenen Futtermischungen (I: bis 60kg LM; II: ab 60 kg LM) wurden im Bilanzversuch geprüft. Ziel dieses Versuchs war die Bestimmung der Verdaulichkeit der Rohnährstoffe und des Phosphors und des Gehaltes an umsetzbarer Energie in den Versuchsfuttermischungen. Weiterhin sollte der eingesetzte Marker hinsichtlich der Wiederfindungsrate geprüft werden.

#### **3.3.1 Haltung und Fütterung der Tiere**

Von der Anlieferung bis zum Ende des Versuches wurden die Tiere in einem Stall des Instituts für Tierernährung in Bonn gehalten. Zunächst erfolgte die Haltung der Tiere auf Flatdecks. Die Versorgung mit Futter war über Automaten gegeben, Wasser stand über Tränkenippel zur Verfügung. Die Haltung der Tiere auf Flatdecks erfolgte zur Anpassung der Tiere an das Versuchsfutter und das Stallklima. Nach der Anfütterungsphase wurden die Tiere gewogen und zufällig auf die Stoffwechsellkäfige verteilt. Nach einer weiteren Eingewöhnungszeit von zwei Tagen begann der eigentliche Versuch.

Die im Versuch verwendeten Stoffwechsellkäfige waren aus Edelstahl gefertigt. Die Seitenwände waren so verstellbar, dass die Käfigbreite der Tiergröße individuell angepasst werden konnte. Löcher in den Seitenwänden, durch welche runde Stäbe über und hinter den Tieren in beliebiger Anordnung fixiert werden konnten, dienten dazu, ein Umdrehen der Tiere in den Käfigen zu verhindern. Die vorderen 25 cm des Käfigbodens waren plan geschlossen, anschließend waren runde Stäbe im Abstand von ca. 4 mm aneinander gereiht, so dass der Harn in die darunter liegende Harnwanne und von dort in einen Kunststoffkanister ablaufen konnte. Die Kotwanne befand sich unter den letzten 4 bis 5 Stäben und dahinter. Durch Einlegen von zusätzlichen Stäben konnte der Boden entsprechend dem Wachstum der Tiere verlängert werden.



Zu dem an der Vorderseite befindlichen Futtertrog hatten die Tiere nur nach Öffnung des Frontgitters Zugang.

Ein Tier hatte einen Stoffwechselkäfig, der sich wie folgt von den anderen unterschied:

- Boden aus gummiummanteltem Gitterrost und gummiummantelten Stäben
- Fixierung der Tiere nach oben und hinten über in Höhe, Breite und Länge verstellbare Bügel

Je Tier und Versuchsperiode wurde die Futtermenge je Mahlzeit in Kunststofftüten abgewogen. Die Futtermenge war so bemessen, dass eine vollständige Aufnahme durch die Schweine erreicht wurde und gleichzeitig ein energetisches Ernährungsniveau gewährleistet war, das etwa dem 2 bis 2,5-fachem Erhaltungsbedarf der Tiere entsprach. Die Futtermenge wurde innerhalb einer Periode konstant gehalten und für die folgende Periode neu angepasst.

Die Fütterung der Tiere erfolgte zweimal täglich um 7.00 Uhr und um 15.30 Uhr. Das Futter wurde im Trog mit deionisiertem Wasser angeteigt. Die zugegebene Wassermenge richtete sich nach der Konsistenz des jeweiligen Futters.

Nachdem die Tiere das Futter weitgehend aufgenommen hatten, wurden die Futterreste mit einem Plastikschaaber zusammengesoben und den Tieren verabreicht. Anschließend wurde den Tieren Wasser für mindestens 30 Minuten zur freien Aufnahme angeboten.

### **3.3.2 Datenerfassung, Entnahme und Aufbereitung der Proben**

Zur Erstellung der Futtermischungen und der Nährstoff- und Mineralstoffbilanzen wurden folgende Proben gezogen:

- von jeder Futtermischung eine Sammelprobe
- von jedem Schwein eine Harn- und eine Kotsammelprobe je Sammelperiode

#### Futterproben

Von den fertigen Futtermischungen wurde beim Abwiegen eine repräsentative Probe genommen und zur Analyse in einer Zentrifugalmühle der Firma Retsch mit einem Sieb der Lochweite von 1,0 mm gemahlen.

Die Trockenmassebestimmung der Futtermischungen erfolgte unmittelbar nach dem Mahlen, für die weiteren Analysen wurden die Proben in verschließbaren Kunststoffbehältern aufbewahrt.

### Kotproben

Aufgrund der Konstruktion der Stoffwechsellkäfige war gewährleistet, dass Kot und Harn vollständig und getrennt aufgefangen werden konnten. Die Entnahme des Kotes erfolgte während der morgendlichen Fütterung der Tiere, wobei an den Bodenstangen anhaftende Kotreste mit einem Spachtel abgekratzt wurden.

Nach dem Sammeln wurde die angefallene Tagesmenge an Kot gewogen und in verschließbaren Eimern tiefgefroren. Am Ende einer Sammelperiode erfolgte nach dem Auftauen eine Homogenisierung des Kotes mittels einer Bohrmaschine mit Rühraufsatz und eine anschließende Trockenmassebestimmung.

Ein Teil der homogenisierten Sammelprobe wurde gefriergetrocknet und daraufhin wie die Futterproben vermahlen. Die Aufbewahrung bis zur Analyse erfolgte in verschließbaren Kunststoffbehältern.

### Harnproben

Der Harn wurde in Kunststoffkanistern unterhalb des Stoffwechselstandes aufgefangen und die täglich abgesetzte Harnmenge wurde erfasst. Zur Vermeidung von gasförmigen N-Verlusten wurden nach jeder Entnahme und vor der ersten Sammlung 200 ml einer 10%igen HCl-Lösung als Vorlage in die Kanister gefüllt.

Ein aliquoter Teil des aufgefangenen Harns wurde zur Erstellung einer Sammelprobe entnommen und in Plastikflaschen bis zur Analyse tiefgefroren aufbewahrt.

### **3.3.3 Berechnung der Verdaulichkeitsquotienten und der Gehalte an umsetzbarer Energie**

Die Verdaulichkeit von Weender Roh Nährstoffen und die Nettoabsorption von Mineralstoffen in den Futtermischungen wurde nach folgender Formel berechnet:

$$\text{Verdaulichkeit [VQ] (\%)} = ((I - F) \cdot I^{-1}) \cdot 100$$

dabei sind

I = mit dem Futter aufgenommene Menge (g/Tag)

F = im Kot ausgeschiedene Menge (g/Tag)

### Berechnung des Gehaltes an umsetzbarer Energie (ME)

Der Gehalt an ME wurde aus den verdaulichen Rohnährstoffen (in g/kg T) nach den Vorgaben der GfE (1987) mit folgender Formel berechnet:

$$\begin{aligned}
 \text{ME (MJ/kg T)} &= 0,0210 \cdot \text{verdauliches Rohprotein} \\
 &+ 0,0374 \cdot \text{verdauliches Rohfett} \\
 &+ 0,0144 \cdot \text{verdauliche Rohfaser} \\
 &+ 0,0171 \cdot \text{verdauliche N-freie Extraktstoffe} \\
 &- 0,0014 \cdot \text{Zucker}^{1)} \\
 &- 0,0068 \cdot (\text{BFS} - 100)^{2)}
 \end{aligned}$$

<sup>1)</sup> keine Berücksichtigung bei Zuckergehalten von < 80 g/kg T

<sup>2)</sup> BFS = verdauliche Rohfaser + verdauliche N-freie Extraktstoffe – Stärke – Zucker.

Die Korrektur erfolgt bei BFS > 100 nur für den 100 g/kg T überschreitenden Gehalt.

#### **3.3.4 Versuchsverlauf**

Da die Futtermischungen für Mastschweine bestimmt waren, wurde der Bilanzversuch mit fünf Börgen einer Dreirassenkreuzung des Versuchsgutes Frankenforst durchgeführt. Die Lebendmasse betrug zum Zeitpunkt der Anlieferung im Mittel 25 kg, so dass ein ausreichend langer Zeitraum zur Verfügung stand, um die Tiere an die Versuchsbedingungen zu gewöhnen.

Nach der Anlieferung erfolgte die langsame Umstellung auf Mischung I. 10 Tage nach Umstellung auf Mischung I erfolgte die Einstallung in die Stoffwechsellkäfige. Nach weiteren 2 Tagen begann die erste Versuchs-Periode mit Futtermischung I.

Die Dauer der beiden Versuchs-Perioden betrug jeweils 14 Tage mit quantitativer Sammlung von Kot und Harn während der letzten 7 Tage. Innerhalb der beiden Perioden wurde die tägliche Futtermenge konstant gehalten. Zu Beginn der zweiten Periode wurde die Futtermenge gesteigert. Während der gesamten Versuchsdauer war eine vollständige Futteraufnahme der Tiere gewährleistet.

Es wurde jeweils eine Charge je Futtermischung eingesetzt. Die jeweilige Futtermischung wurde als alleiniges Futter eingesetzt. Die analysierten Gehalte der beiden eingesetzten Chargen an Weender Rohnährstoffen, Phosphor, Calcium und Titandioxid finden sich in Tabelle A 2. Die zugeteilten Futtermengen finden sich in Tabelle A 3.

### 3.3.5 Ergebnisse und Diskussion

Die in diesem Versuch eingesetzten Börgе wiesen bei Versuchsbeginn ein Gewicht von 29,5 kg ( $\pm 1,5$  kg) auf. Während der Verdaulichkeitsbestimmung realisierten die Tiere mittlere tägliche Tageszunahmen von 668 g ( $\pm 39$  g). Die Lebendmasse der Tiere zu Versuchsende betrug 48,2 kg ( $\pm 1,8$  kg).

Tabelle 4 zeigt die Mittelwerte der Verdaulichkeitsquotienten der 4 eingesetzten Rationen. In Tabelle A 4 sind die Einzeltiererergebnisse der Verdaulichkeitsquotienten aufgeführt.

Die Analysen der eingesetzten Futterchargen bestätigten die in Abschnitt 3.1 kalkulierten Gehalte an Rohnährstoffen und Phosphor. Die Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe lagen auf hohem Niveau. Unter Einbeziehung der ermittelten Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe konnte, wie in 3.3.3 beschrieben, der Gehalt an umsetzbarer Energie berechnet werden. Der aus den Verdaulichkeiten resultierende Gehalt an umsetzbarer Energie lag mit 15,8 bis 16,0 MJ ME/kg T höher als kalkuliert.

**Tabelle 4: Verdaulichkeit der Rohnährstoffe, Nettoabsorption des Phosphors sowie Gehalt an ME für die beiden Futtermischungen ( $\bar{x} \pm s$ ; n=5 Tiere je Mischung)**

	Mischung I (bis 60 kg LM)	Mischung II (ab 60 kg LM)
Verdaulichkeit (%) für:		
Organische Substanz	89,0 $\pm$ 0,6	89,8 $\pm$ 0,8
Rohprotein	87,0 $\pm$ 0,7	89,1 $\pm$ 1,3
Rohfett	80,2 $\pm$ 1,7	82,6 $\pm$ 1,4
Rohfaser	50,3 $\pm$ 4,4	50,3 $\pm$ 5,2
N-freie Extraktstoffe	92,7 $\pm$ 0,3	93,0 $\pm$ 0,5
Nettoabsorption des Phosphors (%)	44,5 $\pm$ 2,4	41,8 $\pm$ 2,5
umsetzbare Energie (MJ/kg T)	15,8 $\pm$ 0,1	16,0 $\pm$ 0,1
Wiederfindung Titandioxid (%)	92 $\pm$ 6	88 $\pm$ 7

Die von der GfE (1994) empfohlene Methode sieht zur Bestimmung des verdaulichen Phosphors das Differenzverfahren vor. Im vorliegenden Versuch wurde die Verdaulichkeit der Futtermischungen jedoch direkt ermittelt. Die unvermeidlichen P-Ausscheidungen im Kot werden hierbei nicht berücksichtigt und führen damit zu einer Unterschätzung der P-Verdaulichkeit der eingesetzten Futtermischung. RODEHUTSCORD et al. (1998) leiteten für die unvermeidlichen P-Verluste über den Kot einen Wert von 7 mg/kg Lebendmasse ab.

Unterstellt man diesen Wert für die in der eigenen Untersuchung eingesetzten Tiere, so ergeben sich unvermeidliche P-Ausscheidungen über den Kot von 250 bzw. 305 mg/d. Diese müssen bei der Kalkulation des verdauten Phosphors berücksichtigt werden.

Aus der gemessenen Nettoabsorption des Phosphors resultiert, unter Berücksichtigung der unvermeidlichen P-Ausscheidungen über den Kot, ein Gehalt an verdaulichem Phosphor (vP) in den Rationen von 2,44 g/kg T bzw. 2,16 g/kg T.

Bezogen auf den Gehalt an umsetzbarer Energie ergibt sich ein Gehalt an vP von 0,15 g/MJ ME bzw. 0,13 g/MJ ME. Auch diese Ergebnisse bestätigen die Kalkulationen aus Abschnitt 3.1 für Mischung I, für Mischung II wird der kalkulierte Wert leicht überschritten.

Die Daten zur Aufnahme, Ausscheidung, Retention und den unvermeidlichen Verlusten an Phosphor für die Einzeltiere sind in Tabelle A 5 dokumentiert. Die täglichen Ausscheidungen von Phosphor über den Harn lagen im Mittel der Tiere bei 11 mg ( $\pm 2$ mg) bzw. 13 mg ( $\pm 1$ mg).

Unter Ansatz des mittleren täglichen Lebendmassezuwachses von 668 g/d ergeben sich Phosphor-Gehalte von 3,4 g/kg LMZ bzw. 3,2 g/kg LMZ. Nach RODEHUTSCORD et al. (1999) kann somit von einer suboptimalen P-Versorgung der Tiere ausgegangen werden.

Da im Hauptversuch eine vollständige Kot-Sammlung aufgrund der Tierzahl unmöglich war, wurde dem Futter ein Marker zugesetzt. KOTB und LUCKEY (1972) geben eine ausführliche Übersicht zur Eignung von verschiedenen Markern für Verdaulichkeitsstudien.

Ein idealer Marker sollte demnach:

- vollständig wieder ausgeschieden werden
- keinerlei Einfluss auf die Verdauung haben
- und exakt zu bestimmen sein.

Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass Titandioxid ein potentieller Marker für Verdaulichkeitsstudien dieser Art ist, aber noch weiterer Forschungsbedarf besteht.

JAGGER et al. (1992) untersuchten die Eignung von  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  und  $\text{TiO}_2$  als Marker für Verdaulichkeitsbestimmungen beim Schwein in jeweils zwei Konzentrationen. Der geeignetste Marker ist nach ihrer Meinung  $\text{TiO}_2$  in einer Konzentration von 1g/kg. Sie fanden eine Wiederfindungsrate für das Titandioxid von 98,3 %. KRAWIELITZKI et al. (1987) prüften ebenfalls die Eignung von  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  und  $\text{TiO}_2$  als Marker bei der Ratte und fanden für das Titandioxid Wiederfindungsraten von 99,7 % ( $\pm 3,3$  %).

In der eigenen Untersuchung lag die Wiederfindungsrate des Titandioxids bei 90 % ( $\pm 6$ %) und damit deutlich unter den in der Literatur gefundenen Werten.

Die nicht vollständige Wiederfindungsrate (*Mittelwert*: 90%) führt zu einem *systematischen Fehler* der mittels Marker berechneten Verdaulichkeitsquotienten. Für eine vergleichende Untersuchung zwischen verschiedenen Tieren, wie es das Ziel der vorliegenden Arbeit ist, hat dies jedoch nur untergeordnete Bedeutung, da sich dieser Fehler bei *allen* Tieren auswirkt. Von Bedeutung ist dieser Fehler nur bei Aussagen über die absolute Höhe der Verdaulichkeitsquotienten aus der Verdaulichkeitsbestimmung mittels Marker.

In Untersuchungen zur Bestimmung der Phosphorverdaulichkeit von Einzelkomponenten, wie sie von der GfE (1994) beschrieben werden, ist dieser mögliche Fehler bei der Planung zu berücksichtigen, da hier Informationen zur absoluten Höhe der P-Verdaulichkeit einzelner Komponenten gewonnen werden sollen. Für Bestimmungen dieser Art ist die Sammelmethode oder ein Marker mit (nahezu) vollständiger Wiederfindungsrate unabdingbar.

Die *Streuung* der Marker-Wiederfindung ( $\pm 6$ %) führt zu einem *zufälligen Fehler* der bestimmten Verdaulichkeiten. Dieser Fehler ist bei allen aus einer Kotprobe bestimmten Verdaulichkeiten zwar nicht gleich groß aber gleich gerichtet und führt zu *zufälligen* Unterschieden der Verdaulichkeit eines Nährstoffs zwischen verschiedenen Kotsammlungen bzw. Tieren.

In der vorliegenden Arbeit sollte neben der Nettoabsorption des Phosphors auch die Verdaulichkeit der organischen Substanz erfasst werden. Der zufällige Fehler des Markers findet sich daher sowohl bei der mit Marker bestimmten Verdaulichkeit der organischen Substanz als auch bei der mit Marker bestimmten Nettoabsorption des Phosphors. Es ist zu erwarten, dass die geringe Variation in der Verdaulichkeit der organischen Substanz (nach Sammelmethode) durch die Streuung der Marker-Wiederfindung vergrößert wird.

Da sich der zufällige Fehler des Markers innerhalb der einzelnen Kotprobe bei der (mit Marker bestimmten) Verdaulichkeit der organischen Substanz und der (mit Marker bestimmten) Nettoabsorption des P gleichgerichtet auswirkt, ist es sinnvoll, die Verdaulichkeit der organischen Substanz bei einer Betrachtung der Nettoabsorption des P (aus derselben Kotprobe) als indirektes Maß für den Fehler der Markermethode mit einzubeziehen.

Auch WALZ und PALLAUF (1993) untersuchten die Eignung eines Markers zur Verdaulichkeits-Messung beim Schwein. Sie untersuchten  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  in einer Konzentration von 1 g/kg in Mais-Soja-Rationen, die sie an 3 x 7 Ferkel fütterten. Sie führten eine komplette Sammlung des Kotes über 9 Tage durch und bestimmten hierdurch die Wiederfindungsrate/Exkretionsrate des  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Im Mittel fanden sie 74 bis 82 % des über das Futter zugeführten  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  im Kot wieder, wobei auch in ihren Versuchen die Streuung mit 7 bis 12 % hoch war.

Sie folgern, dass die Markermethode die „kritische Aufmerksamkeit des jeweiligen Versuchsanstellers“ verdient.

### **3.4 Hauptversuch**

#### **3.4.1 Haltung und Fütterung der Tiere**

Die Haltung der Tiere erfolgte in einem Stall der Leistungsprüfungsanstalt auf dem Versuchsgut Frankenforst der Universität Bonn. Die Tiere wurden einzeln in Buchten auf Teilspaltenboden gehalten, im Rahmen der Stationsprüfung beim Schwein werden diese Buchten mit zwei Vollgeschwistern belegt. Im Bereich des Spaltenbodens war eine gegenseitige Kontaktaufnahme der Tiere durch die Gitterabtrennung möglich, im vorderen Bereich der Futtertröge waren die Wände zwischen den Einzelbuchten geschlossen, um eine gegenseitige Beeinflussung beim Fressen zu vermeiden. Die Wasserversorgung erfolgte über Selbsttränken.

Die Fütterung der Tiere erfolgte über Futterautomaten, an denen die Tiere jederzeit freien Zugang zu Futter hatten. Direkt nach der Einstallung erfolgte eine Entwurmung der Tiere. Als erstes Futter erhielten die Tiere 10 kg eines Fütterungsarzneimittels nach Verschreibung durch den zuständigen Tierarzt. Das Fütterungsarzneimittel entsprach dem LPA-Prüfungsfutter nach ZDS (1997) mit Zusatz des Wirkstoffs Tiamulin (Produktname: Tiamutin). Nach einer Woche wurden die Automaten geleert und mit Versuchsfuttermischung I befüllt.

Die weitere Befüllung der Automaten erfolgte nach Bedarf in Portionen zu je 10 kg, so dass die Tiere jederzeit Zugang zu Futter hatten. Bei der Futterumstellung auf Mischung II wurden die Automaten zuvor entleert.

Die Tiere wurden in einem Schlachthof in Hamm-Uentrop geschlachtet. 24 h vor der Schlachtung wurden die Futterautomaten zur Nüchterung der Tiere verschlossen.

### **3.4.2 Datenerfassung und Probengewinnung**

Die Tiere wurden bei Einnistung und dann wöchentlich einzeln gewogen. Anhand der Einzeltiergewichte erfolgte die Festsetzung der Sammelperioden, die Futterumstellung und die Schlachtung der Tiere. Die Schlachtung der Tiere erfolgte so, dass ein „Schlachtgewicht, warm“ (ZDS 1997) von 85 kg erreicht werden konnte. Die Versuchsperiode zur Erfassung der Mastleistungsdaten erstreckte sich auf den Lebendmassebereich 30-105 kg. Die Daten zur Mastleistung, zum Schlachtkörperwert und zur Fleischbeschaffenheit wurden nach den Richtlinien für die Stationsprüfung beim Schwein nach ZDS (1997) erfasst.

Von den verwendeten Futterkomponenten und von den hergestellten Futtermischungen wurde je Charge eine repräsentative Probe gewonnen und auf Weender Rohnährstoffe, Calcium und Phosphor und Titandioxid analysiert.

Die nach Bedarf eingefüllten Futtermengen wurden mit Menge und Datum erfasst (Portionsgröße 10 kg). Die Futterautomaten wurden bei der wöchentlichen Wägung der Tiere zur Erfassung der Futteraufnahme zu folgenden Terminen gewogen:

- Vor Einnistung (Leergewicht)
- Bei Futterumstellung auf Mischung I (mit anschließender Entleerung)
- Bei Futterumstellung auf Mischung II (mit anschließender Entleerung)
- Ab 95 kg LM wöchentlich bis zur Schlachtung

Aus den wöchentlich ermittelten Lebendgewichten wurden durch Interpolation der Beginn und das Ende des standardisierten Lebendmasseabschnittes (30-105 kg LM) berechnet. Auch die Futtermengen wurden durch Interpolation der erfassten Futtermengen auf diesen Abschnitt standardisiert.



Aus den oben erwähnten Daten lassen sich folgende Futtermengen für das Einzeltier berechnen:

- Futtermittelverbrauch Mischung I (30 kg LM bis Umstellung auf Mischung II)
- Futtermittelverbrauch Mischung II (Umstellung auf Mischung II bis 105 kg LM)

Durch Addition erhält man den Gesamtfuttermittelverbrauch im Prüfungsabschnitt 30–105 kg LM. Die Verdaulichkeitsbestimmung wurde bei den Einzeltieren aus Kotsammelproben vorgenommen, die nach folgendem Schema gewonnen wurden:

Zu drei Terminen innerhalb der Mastperiode wurde an fünf aufeinanderfolgenden Tagen von jedem Einzeltier stichprobenartig Kot vom Boden gesammelt und bei  $-18^{\circ}\text{C}$  gelagert, am letzten Tag wurde die Sammelprobe jedes Einzeltieres aufgetaut und homogenisiert. Die Lagerung bis zur Analyse erfolgte bei  $-18^{\circ}\text{C}$ . Vor der ersten Einzelsammlung und nach jeder Einzelsammlung erfolgte eine Reinigung der Bucht, um Kot- und eventuelle Futterreste zu beseitigen und Verunreinigungen der Einzel-Kotproben zu vermeiden.

Die erste Sammelperiode erfolgte zwei Wochen nach Futterumstellung auf die Versuchsmischung I (ca. 35-40 kg LM), die zweite Sammelperiode zwei Wochen nach Umstellung auf Mischung II (ca. 65 kg LM) und die dritte Sammelperiode eine Woche nach Erreichen von 84 kg LM.

### 3.4.3 Datenauswertung

Da der Kot nur stichprobenartig gesammelt wurde, ist zur Berechnung der Verdaulichkeiten die Einbeziehung eines Markers erforderlich. Hierzu müssen, neben den Konzentrationen des jeweiligen Nährstoffs in Futter und Kot, die Konzentrationen des Markers im Futter und in der jeweiligen Kotprobe bekannt sein. Die Verdaulichkeit der organischen Substanz und die Nettoabsorption des Phosphors und des Calciums werden dann nach folgender Formel berechnet (Konzentrationen in g/kg T):

$$VQ (\%) = 100 - 100 \cdot \frac{\text{Konzentration des Markers im Futter} \cdot \text{Konzentration des Nährstoffs im Kot}}{\text{Konzentration des Markers im Kot} \cdot \text{Konzentration des Nährstoffs im Futter}}$$

Diese Berechnungen wurden für jedes Einzeltier und jede Kotsammelprobe durchgeführt. Für jede Kotprobe liegen die Analysen für T, XA, Ca, P und Titandioxid (als Marker) vor.

Die Berechnung der Verdaulichkeiten erfolgte unter Einbeziehung der Analysedaten der jeweils im Zeitraum vor der Probengewinnung vom jeweiligen Schwein gefressenen Futtercharge.

Die Auswertung der gesamten Daten erfolgte mit dem Statistiksoftwarepaket SAS für Windows, Version 6.12 (SAS 1996) auf einem PC. Zunächst wurde eine Prüfung des Datenmaterials auf Normalverteilung durchgeführt. Die Daten waren annähernd normalverteilt.

Die Identifikation der Tiere erfolgte über die eintätowierte Nummer der Mutter und die laufende Ferkelnummer. Acht Nachkommen der Sauen 57093 und 57094 wiesen keine Ferkelnummern auf, hier wurden direkt bei der Einstellung Ferkelnummern zugeordnet. Die Tiere des ersten Durchganges wurden zusätzlich mit Ohrmarken gekennzeichnet.

#### 3.4.4 Tiere

Im ersten Durchgang von Mai 1998 bis März 1999 wurden 166 Tiere aus fünf Herkünften, Nachkommen von 18 Vätern eingesetzt. Im zweiten Durchgang von Juli 1999 bis April 2000 wurden 168 Tiere aus zwei Herkünften und von 6 Vätern eingesetzt. Eine Übersicht über die eingesetzten Tiere ist Tabelle 5 und Tabelle 6 zu entnehmen.

**Tabelle 5: Anzahl eingesetzter Tiere nach Herkünften und Vätern im 1. Durchgang**

	DE x DL	DL	Du x Pi	Pi	Pi x DL	Gesamt
Tiere	11	40	9	66	40	166
Väter	1	1	1	9	6	18
Wurfgruppen	3	10	3	18	10	44

**Tabelle 6: Anzahl eingesetzter Tiere nach Herkünften und Vätern im 2. Durchgang**

Rasse \ Vater	Carlos	Conny	Prinz	Ramon	Robert	Willi	Gesamt:
Pi x DL	–	32	16	36	–	16	100
Pi x (DE x DL)	12	32	12	–	4	8	68
Gesamt:	12	64	28	36	4	24	168

Die Tiere der Rasse/Herkunft Piétrain und Duroc x Piétrain stammten aus der Produktion rheinischer Zuchtbetriebe. Alle übrigen Tiere stammten aus dem Bestand des Versuchsgutes Frankenforst. Aufgrund der Verfügbarkeit der Tiere auf dem Versuchsgut konnte keine weitere Sortierung der Tiere zur Einstallung erfolgen. Dies erklärt die ungleichmäßige Väterverteilung.

Die Tiere wurden als Vollgeschwistergruppen zu je 3-4 Tieren pro Wurf mit überwiegender Geschlechterverteilung von 1:1 in den Versuch aufgenommen.

Die Beschickung des Versuchsstalles erfolgte in den beiden Durchgängen kontinuierlich.

### **3.4.5 Ergebnisse und Diskussion**

#### Leistungsniveau

In Tabelle 7 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen ausgesuchter Merkmale der Mastleistung und der Schlachtkörpermerkmale für beide Durchgänge aufgeführt, um das Leistungsniveau der geprüften Tiere darzustellen. Die Mittelwerte dieser Merkmale nach Rasse/Herkunft finden sich in Tabelle A 6.

Von 155 Tieren (Durchgang 1) bzw. 158 Tieren (Durchgang 2) lagen Schlachtdaten vor. Die Tier-Ausfälle waren nicht höher als im LPA-Durchschnitt. Insgesamt lag die Leistung der Tiere auf einem hohen Niveau. Auch in diesem Versuch war kein negativer Einfluss der reduzierten Phosphorversorgung auf die Mastleistung zu erkennen.

Die höhere Streuung in den Merkmalen Fleischanteil und Fleischqualität bei den Tieren des ersten Durchganges resultierte aus dem breiten Spektrum der eingesetzten Tiere im ersten Durchgang.

**Tabelle 7: Mittelwert ( $\xi$ ) und Standardabweichung (s) von Merkmalen der Mastleistung und des Schlachtkörpers für die beiden Durchgänge**

Merkmal		Durchgang 1		Durchgang 2	
		$\xi$	s	$\xi$	s
Einstallgewicht	kg	24,4	3,9	22,8	2,8
Ausstallgewicht	kg	107,9	5,6	110,1	2,6
Tägliche Zunahme	g / Tag	794	96	815	98
Futter / Zuwachs		2,85	0,32	2,81	0,38
Ausschlachtung	%	76,6	2,2	77,1	1,6
Fleischanteil (FOM)	%	56,7	4,1	58,1	2,5
Fleischanteil (Formel*)	%	59,5	3,4	60,7	2,2
Seitenspeck	cm	2,5	0,9	2,9	0,8
Fettfläche	cm <sup>2</sup>	15,7	4,2	15,2	2,8
Fleisch:Fett	1 :	0,34	0,13	0,29	0,07
Bauchpunkte		5,9	1,9	5,6	1,9
LF <sub>1</sub> Kotelett		5,2	2,4	4,8	0,7
pH <sub>1</sub> Kotelett		6,31	0,40	6,34	0,27
LF <sub>24</sub> Kotelett		4,5	2,6	3,37	1,29
pH <sub>24</sub> Kotelett		5,58	0,09	5,54	0,08
pH <sub>24</sub> Schinken		5,72	0,15	5,69	0,16

\* Fleischanteil nach Bonner Formel (JÜNGST und THOLEN 1995)

#### Versorgung der Tiere mit verdaulichem Phosphor

Im Prüfungsabschnitt (30-105 kg LM) erhielten die Tiere zu Beginn Futtermischung I und wurden bei 56,0 kg LM ( $\pm 2,7$  kg) auf Futtermischung II umgestellt. Der Gehalt der Futtermischungen an verdaulichem Phosphor wurde bei der Planung anhand von Tabellenwerten für die Einzelkomponenten berechnet.

Bei einer Charge je Mischung wurde im Bilanzversuch der Gehalt der Futtermischungen an verdaulichem Phosphor und umsetzbarer Energie bestimmt. Die Beschreibung dieses Versuches findet sich in Abschnitt 3.3. Die dort berechneten Gehalte an verdaulichem Phosphor stimmten mit den Kalkulationen überein (2,44 bzw. 2,16 g/kg T).

Anhand der verbrauchten Futtermengen konnte für jedes Tier unter Ansatz der im Bilanzversuch bestimmten Gehalte an vP die Versorgung für die beiden Fütterungsabschnitte kalkuliert werden.

Aus den wöchentlichen Wägungen konnte der Lebendmassezuwachs und die mittlere Lebendmasse in den beiden Abschnitten ermittelt werden. Als mittlere Werte für die unvermeidlichen Phosphorverluste wurden 7 mg/kg LM und Tag über den Kot und 0,4 mg/kg LM und Tag über den Harn nach RODEHUTSCORD et al. (1998) angesetzt. Über diese Werte konnten die unvermeidlichen P-Verluste für die beiden Fütterungsabschnitte abgeschätzt werden.

Aus der Differenz der Versorgung mit vP und den unvermeidlichen P-Verlusten ergab sich die Menge vP, die für die Deckung des Nettobedarfes an P für Ansatz zur Verfügung stand. Unter der Annahme einer vollständigen Verwertung des vP ließ sich der P-Ansatz berechnen. Die oben beschriebene Berechnung findet sich in Tabelle 8.

Für den realisierten Lebendmassezuwachs ergab sich somit ein maximaler Gehalt an P im Zuwachs von 4,8 g/kg im Durchschnitt aller Tiere.

Dieser Wert ist sicherlich nur eine Abschätzung, liegt aber im Bereich der von der GfE angenommenen Gehalte an Phosphor im Zuwachs von 5,0 bzw. 4,5 g/kg LMZ je nach Gewichtsabschnitt.

**Tabelle 8: Anhand der Einzeltielergebnisse für Mastdauer und Futtermittelfverbrauch kalkulierte Versorgung mit vP in den beiden Fütterungsabschnitten ( $\xi \pm s$ )**

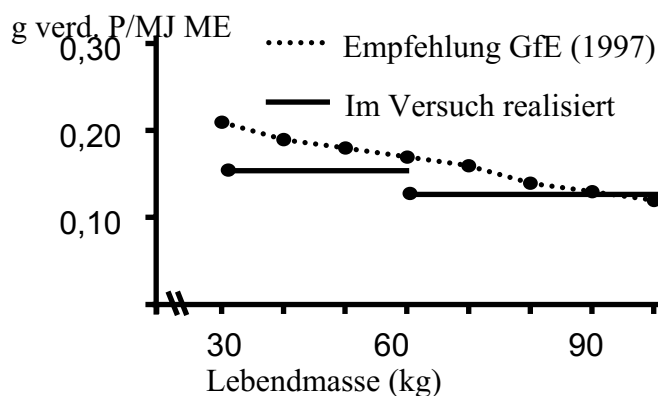
	Abschnitt I (Futter I)	Abschnitt II (Mischung II)
Dauer (Tage)	38 $\pm$ 7	57 $\pm$ 8
Futtermittelfverbrauch (kg)	64 $\pm$ 14	144 $\pm$ 20
Versorgung mit verdaulichem Phosphor (g) <sup>1</sup>	136 $\pm$ 30	271 $\pm$ 38
– Unvermeidliche P-Verluste (g) <sup>2</sup>	12 $\pm$ 2	34 $\pm$ 5
= zur Verfügung für P-Ansatz (g)	124 $\pm$ 28	238 $\pm$ 36
Phosphor im Ansatz (g/kg LMZ) (kalkuliert)	4,8 $\pm$ 0,7	4,8 $\pm$ 0,7

<sup>1</sup> berechnet mit den Gehalten an vP aus 3.3: 2,44 g/kg T bzw. 2,16 g/kg T (Futter I bzw. II)

<sup>2</sup> nach RODEHUTSCORD et al. (1998): 7 mg/kg LM und Tag über Kot und 0,4 mg/kg LM und Tag über Harn

Es ist unwahrscheinlich, dass bei einer solchen P-Versorgung bereits regulative P-Ausscheidungen über den Kot eingesetzt hatten. Nach RODEHUTSCORD et al. (1999) setzen diese erst bei einer den Bedarf überschreitenden P-Versorgung ein. Die erfassten P-Nettoabsorptionen der Einzeltiere konnten deshalb unter den gegebenen Umständen als Maß für die Verdauungskapazität des Einzeltieres an Phosphor betrachtet werden. Zu beachten war, dass in den erfassten P-Ausscheidungen neben dem nicht absorbierten Futter-Phosphor die unvermeidlichen P-Verluste enthalten waren und auch nicht abgetrennt werden konnten. Die Phosphor-Ausscheidungen über den Harn sind bei suboptimaler Versorgung mit P (wie in der vorliegenden Untersuchung) vernachlässigbar gering, unter diesen Bedingungen kann weiterhin die Verwertung des verdauten Phosphors als vollständig angesehen werden (RODEHUTSCORD et al. 1999a).

Aufgrund der praktischen Gegebenheiten des Versuchsgutes konnten nur 2 verschiedene Futtermischungen (d.h. 2 Mastabschnitte) eingeplant werden. Der Bedarf der Mastschweine an vP geht in Relation zur umsetzbaren Energie im Laufe der Mast zurück. Dies hatte zur Folge, dass die zu Anfang des jeweiligen Mastabschnitts eingestellte Versorgung an vP in Höhe von 75 % der Empfehlung sich zum Ende der Mastabschnitte der Empfehlung annäherte (Abbildung 1).



**Abbildung 1: realisierte Versorgung mit vP im Vergleich zur Empfehlung**

Da die Tiere bis ca. 90 kg LM suboptimal mit Phosphor versorgt waren, konnte davon ausgegangen werden, dass bei Versorgung auf Höhe der Empfehlung zum Ende der Mast zuerst das bis dahin vorhandene P-Defizit aufgefüllt werden musste.

Eine Regulation der Tiere aufgrund einer Überversorgung mit Phosphor war daher auch zum Ende der Mast nicht zu erwarten.

Es sei noch hervorgehoben, dass die niedrige vP-Versorgung nur unter Hinzunahme von Körnermais möglich war. Mit den derzeit in der Schweinemast üblicherweise verwendeten Komponenten war eine derart niedrige Versorgung mit vP kaum zu realisieren.

#### Fehlerbetrachtung

Bei Verdaulichkeitsbestimmungen nach der Sammelmethode ist es wichtig, neben der vollständigen Erfassung der aufgenommenen Futtermengen, auch den ausgeschiedenen Kot vollständig zu erfassen. Aus den vollständig erfassten Faeces kann dann nach Homogenisieren eine repräsentative Probe zur Analyse gewonnen werden. Da in der vorliegenden Untersuchung eine vollständige Erfassung des Kotes unmöglich war, wurde die Markermethode zur Bestimmung der Verdaulichkeiten verwendet. Bei dieser Methode ist keine vollständige Sammlung des Kotes notwendig, es muss jedoch sichergestellt sein, dass die erfasste Kotprobe repräsentativ für die insgesamt ausgeschiedenen Faeces ist. Bedeutung hat dies vor allem bei, vom Umfang her, kleinen Kot-Stichproben.

Zur Abschätzung des erfassten Anteils des Kotes kann eine Überschlagsrechnung dienen:

Die von den Tieren durchschnittlich aufgenommene tägliche Futtermenge lag im ersten Abschnitt (bis ca. 60 kg LM) bei ca. 1,7 kg, im zweiten Abschnitt (ab ca. 60 kg) bei ca. 2,6 kg.

Die Verdaulichkeit der Trockenmasse der Versuchsfutter lag bei ca. 88 %. Über die Trockenmasse im Futter (870 g/kg) und die Trockenmasse im Kot (ca. 270 g/kg) kann dann eine grobe Abschätzung der mittleren ausgeschiedenen Kotmenge erfolgen. Dies führt zu einer geschätzten Kotmenge in 5 Tagen Sammelperiode von 3-3,5 kg für den ersten Abschnitt und 5 kg für den zweiten Abschnitt.

Im Durchschnitt wurde von jedem Tier eine Kotmenge von 1,3 kg bis 1,4 kg erfasst, dies entspricht ungefähr 30 % der oben kalkulierten Ausscheidungen. Dieser Anteil ist für die Anwendung der Markermethode ausreichend.

Je kleiner die Stichprobe ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass man keine repräsentative Probe erhält. Da jedoch aus derselben Probe die Verdaulichkeit der organischen Substanz und die Nettoabsorption des Phosphors berechnet wurden, findet sich der zufällige Fehler der Stichprobe bei beiden berechneten Werten.

Verunreinigungen des Kotes eines Einzeltieres durch Futter oder Kot anderer Tiere können das Ergebnis der Verdaulichkeitsbestimmung verfälschen. Verunreinigungen des Kotes durch Futter wurden vermieden, da die Tiere überwiegend im hinteren Teil der Einzelbucht ihren Kot absetzten und der Futterautomat auf der anderen Seite der Bucht angebracht war. Kot anderer Tiere könnte durch die Gitterstäbe der Zwischenwände hindurch abgesetzt werden. Dies wurde bei der Kotsammlung berücksichtigt und nicht zweifelsfrei einem Tier zuzuordnende Defäkationen wurden verworfen.

Bei der Kotsammlung wurde gleichzeitig festgehalten, welche Charge des Futters das Tier vor der Sammlung gefressen hatte, so dass die spätere Berechnung der Verdaulichkeiten mit den analysierten Gehalten der entsprechenden Futtercharge durchgeführt werden konnte. Variationen der Inhaltsstoffe zwischen Chargen konnten somit berücksichtigt werden.

Da der gesamte Versuch über einen längeren Zeitraum durchgeführt wurde, konnten die Komponenten der Futtermischungen nicht aus jeweils einer Charge stammen. Insgesamt wurden je zwei Chargen Mais und Gerste und vier Chargen Sojaextraktionsschrot eingesetzt. Der Einsatz der Chargen erfolgte zeitlich hintereinander, die Zuordnung der Kotproben zu den Futterchargen und damit auch den Komponentenchargen ist gegeben.

Es scheint denkbar, dass Unterschiede in der P-Verdaulichkeit der in der eigenen Untersuchung eingesetzten Chargen von Gerste, Mais und Sojaextraktionsschrot die P-Nettoabsorption beeinflusst haben könnten.

Da die P-Verdaulichkeit dieser Chargen variieren konnte, musste dies in der statistischen Auswertung berücksichtigt werden. Aufgrund der zeitlichen Abfolge war eine Trennung der Einflüsse der Chargen der Einzelkomponenten, des Durchgangs und der Saison nicht möglich. Es erfolgte eine Zuordnung der einzelnen Kotproben zu Klassen, die nach der jeweils eingesetzten Sojacharge gebildet wurden. Neben dem Einfluss der Sojacharge waren in diesem Faktor auch die Einflüsse der Mais- und Gerstechargen, des Durchgangs und eventuell der Saison enthalten.

#### Nettoabsorption des Phosphor

Über die Analysen der zu drei Terminen bei jedem Tier gewonnen Kotproben und die zugehörigen Futteranalysen ließen sich für jeden Sammeltermin bei jedem Tier eine Verdaulichkeit der organischen Substanz und Nettoabsorptionen von Phosphor und Calcium berechnen. Diese Verdaulichkeiten für die Einzeltiere sind im Anhang (Tabelle A 7 und Tabelle A 8) dokumentiert. Die Eltern der Tiere sind in Tabelle A 9 und 10 dokumentiert.



Im ersten Durchgang lagen nicht von allen Tieren Daten für den ersten Kotsammeltermin vor, da zu Anfang Probleme mit den Futtermischungen auftraten. Es war zuerst geplant, die Vormischung des Mineralfutters direkt beim Hersteller mit der erforderlichen Menge Titandioxid zu versetzen. Die spätere Analyse zeigte jedoch, dass die gesamte Vormischung nur ca. 10 % der erforderlichen Menge an Titandioxid enthielt. Da die Kontrollanalyse zeitlich nicht vor Beginn des Futtereinsatzes erfolgen konnte, enthielten die ersten Futtermischungen nicht genügend Markersubstanz, um eine ordnungsgemäße Berechnung der Verdaulichkeiten durchführen zu können.

Aus diesem Grund wurden Kotproben des ersten Sammeltermins erst ab dem Zeitpunkt ausgewertet, an dem einwandfrei nur noch Versuchsfutter mit genügend zugesetztem Marker eingesetzt wurde. Für den ersten Durchgang lagen deshalb für den ersten Kotsammeltermin nur 75 Kotproben vor.

Offensichtlich erkrankte Tiere wurden veterinärmedizinisch behandelt. Von diesen Tieren wurde im Zeitraum der Behandlung keine Kotprobe gewonnen.

Tabelle 9 zeigt Mittelwerte der erfassten Verdaulichkeiten der organischen Substanz und der Nettoabsorptionen des Phosphors. Die Kotsammlungen konnten bei relativ einheitlichen Lebendmassen der Tiere durchgeführt werden und lagen in den geplanten Lebendmasseabschnitten.

Die Verdaulichkeit der organischen Substanz lag in beiden Durchgängen im Mittel bei 84 % bis 86%. Die Nettoabsorption des Phosphors liegt mit im Mittel 33 % bis 37 % im Bereich der für diese Rationen kalkuliert wurde.

Der Variationskoeffizient für die Nettoabsorption des Phosphors lag bei 17-20 %. Dies entspricht der in der Literatur beschriebenen Streuung der Phosphorverdaulichkeit verschiedener organischer P-Quellen. Der Variationskoeffizient der Verdaulichkeit der organischen Substanz lag bei ca. 2 % und damit höher als in früheren Studien, die auf der Sammelmethode beruhten (siehe auch Kapitel 2).

**Tabelle 9: Kotproben aller Tiere getrennt nach Durchgängen:  
Lebendgewicht zum Sammeltermin, Verdaulichkeit der organischen  
Substanz und Nettoabsorption des Phosphors ( $\xi \pm s$ )**

	1. Sammlung	2. Sammlung	3. Sammlung
<u>1. Durchgang</u>	n=75	n=160	n=154
Lebendgewicht (kg)	39,7 $\pm$ 5,4	67,2 $\pm$ 4,6	93,1 $\pm$ 4,8
Verdaulichkeitsquotient (%) der organischen Substanz	83,8 $\pm$ 1,8	85,1 $\pm$ 1,8	86,1 $\pm$ 1,7
Nettoabsorption Phosphor (%)	33,0 $\pm$ 6,1	35,3 $\pm$ 7,0	35,9 $\pm$ 6,4
<u>2. Durchgang</u>	n=162	n=157	n=160
Lebendgewicht (kg)	37,2 $\pm$ 4,8	68,1 $\pm$ 3,3	93,3 $\pm$ 3,6
Verdaulichkeitsquotient (%) der organischen Substanz	84,3 $\pm$ 1,8	85,1 $\pm$ 1,8	86,4 $\pm$ 1,6
Nettoabsorption Phosphor (%)	36,5 $\pm$ 6,4	35,3 $\pm$ 5,9	35,1 $\pm$ 6,4

Die erhöhte Varianz der Verdaulichkeit der organischen Substanz kann zwei mögliche Ursachen haben:

- Die Verdaulichkeiten wurden mit der Markermethode berechnet. Die nachgewiesene Streuung in der Markerwiederfindung zwischen verschiedenen Tieren (siehe 3.3.5) könnte zu Unterschieden in den berechneten Verdaulichkeiten der organischen Substanz zwischen den Tieren geführt haben und so rein rechnerisch zu einer Erhöhung des Variationskoeffizienten der Verdaulichkeit der organischen Substanz beigetragen haben.

- Die Kotsammlung erfolgte stichprobenartig. Auch dies könnte zur Erhöhung des Variationskoeffizienten der Verdaulichkeit der organischen Substanz beigetragen haben (wie bereits im Rahmen der Fehlerbetrachtung erläutert).

Beides wirkte sich auch auf die Streuung der Nettoabsorption des Phosphor aus, da die Verdaulichkeit der organischen Substanz und die Nettoabsorption des P aus einer Kotprobe unter Anrechnung derselben Titankonzentration erfolgten.

### Zusammenhang zwischen Verdaulichkeit der organischen Substanz und P-Nettoabsorption

Mittels Korrelationsanalyse wurde der Zusammenhang zwischen der aus einer Probe bestimmten Verdaulichkeit der organischen Substanz und der P-Nettoabsorption geprüft.

Der Korrelationskoeffizient  $r$  (nach Pearson) als Maß für den linearen Zusammenhang zwischen der Verdaulichkeit der organischen Substanz und der aus derselben Probe bestimmten Nettoabsorption des Phosphors lag zwischen 0,53 und 0,45 für die einzelnen Sammeltermine.

Dieser positive Zusammenhang zwischen verschiedenen aus einer Kotprobe bestimmten Verdaulichkeiten und die gegenüber früheren Untersuchungen erhöhte Streuung der Verdaulichkeit der organischen Substanz lassen folgende Vermutung zu:

Die Einzelkotproben beinhalten einen zufälligen Fehler, der sich sowohl auf die Verdaulichkeit der organischen Substanz als auch auf die P-Nettoabsorption ausgewirkt hat. Denkbar ist dies durch die Streuung der Titanwiederfindung zwischen den Tieren oder aber durch den zufälligen Fehler der stichprobenartigen Kotprobennahme (siehe oben).

Beides ließ sich bei Auswertungen zur P-Nettoabsorption berücksichtigen, indem die Verdaulichkeit der organischen Substanz als Kovariable in die statistischen Modelle aufgenommen wurde.

### Zusammenhang zwischen den in verschiedenen Mastabschnitten erfassten P-Nettoabsorptionen der Einzeltiere

Ein dem Einzeltier zuzuordnender Einfluss auf die P-Nettoabsorption müsste sich zu verschiedenen Zeitpunkten und auch bei mehrmaliger Messung am selben Tier bestätigen lassen. Im vorliegenden Versuch wurde an den Einzeltieren in drei verschiedenen Mastabschnitten die P-Nettoabsorption bestimmt.

Der Zusammenhang zwischen diesen Nettoabsorptionen war beim Einzeltier, gemessen an den Korrelationskoeffizienten  $r$  (nach Pearson) zwischen jeweils zwei am selben Tier bestimmten Nettoabsorptionsraten, gering.

Für die ersten beiden Mastabschnitte der Einzeltiere ergab sich kein linearer Zusammenhang der P-Nettoabsorptionen. Für Abschnitt 1 und 3 ergab sich  $r = -0,19$ , für Abschnitt 2 und 3  $r = 0,29$ . Insgesamt ergab sich nur ein sehr geringer Zusammenhang zwischen in verschiedenen Mastabschnitten bestimmten P-Nettoabsorptionen.

Zwischen den beiden ersten Abschnitten erfolgte ein Futterwechsel. Die in diesen beiden Abschnitten bestimmten Nettoabsorptionen sind somit nicht direkt vergleichbar. Der einzige Unterschied zwischen diesen beiden Futtermischungen besteht allerdings nur in der Zulage von Monocalciumphosphat (MCP) .

MCP ist allgemein hoch verdaulich und die P-Verdaulichkeit wies nur eine geringe Streuung auf (RODEHUTSCORD et al. 1994), so dass auf das Tier zurückzuführende Einflüsse auf die P-Nettoabsorption sich bei beiden Mischungen finden müssten.

Die im zweiten und dritten Abschnitt bestimmten P-Nettoabsorptionen stammen von gleichen Futtermischungen, so dass Futtereffekte auf die P-Verdaulichkeit auszuschließen waren. Eine Überversorgung der Schweine mit vP zum Ende der Mast hätte zu regulativen Ausscheidungen und damit zu reduzierten P-Verdaulichkeiten führen müssen.

#### Zusammenhang zwischen P-Nettoabsorption und Merkmalen der Mastleistung und der Schlachtkörperqualität

Mittels Korrelationsanalyse wurde der phänotypische Zusammenhang zwischen der Nettoabsorption des Phosphors und den erfassten Merkmalen der Mastleistung und der Schlachtkörperqualität geprüft.

Unter Einbeziehung aller erfassten Tiere ergaben sich keine signifikant von Null verschiedenen Korrelationskoeffizienten (nach Pearson) zwischen den einzelnen P-Nettoabsorptionen und den erfassten Merkmalen der Mastleistung und der Schlachtkörperqualität. Dies bestätigte sich auch bei getrennter Betrachtung der einzelnen Rassen.

Offensichtlich steht die erfasste Kapazität der Tiere hinsichtlich der P-Nettoabsorption nicht im Verhältnis zu wirtschaftlich bedeutsamen Merkmalen der Mastleistung und der Schlachtkörperqualität. Die Versorgung mit verdaulichem Phosphor scheint nicht als begrenzender Faktor auf die Mastleistung gewirkt zu haben. Auch die kalkulierten P-Gehalte im Ansatz deuten dies an.

Auch RODEHUTSCORD und JÜNGST (1998) fanden keinen Einfluss auf die Mastleistung und die Schlachtkörperqualität bei einer Versorgung mit verdaulichem Phosphor in Höhe von 75 % der Empfehlung. In diesen Untersuchungen wurden ähnliche Futtermischungen wie in der eigenen Untersuchung verwendet. Als Vergleich wurde jeweils eine Kontrollgruppe auf Höhe der aktuellen Empfehlung versorgt. Die Mischungen der beiden Gruppen unterschieden sich nur durch eine Zulage von Monocalciumphosphat und Futterkalk.

### Einflüsse auf die Nettoabsorption des Phosphors

Im ersten Durchgang des Versuches wurden Tiere aus 5 Rassen bzw. Herkünften eingesetzt, nur bei der Rasse Piétrain und der Kreuzungsherkunft Pi x DL wurden Nachkommen mehrerer Väter im Versuch eingesetzt, ein Einfluss des Vaters wurde deshalb für den ersten Durchgang nicht geprüft. Die Auswertungen konzentrierten sich hier auf mögliche Effekte der Rasse bzw. Herkunft.

Im zweiten Durchgang wurden nur Kreuzungstiere der Herkunft Pi x DL bzw. Pi x (DE x DL) eingesetzt. Die Tiere des zweiten Durchganges stammten von 6 Vätern. Bei den Auswertungen wurden zu dieser Gruppe noch die 40 Kreuzungstiere Pi x DL des ersten Durchganges hinzugenommen. Insgesamt wurden damit 204 Piétrain-Kreuzungstiere von 8 Vätern ausgewertet. In diesem Teil der Untersuchungen konzentrierte sich die Auswertung zusätzlich auf mögliche Vatoreinflüsse.

Die Auswertung erfolgte getrennt für die Tiere des ersten Durchganges und die Piétrain-Kreuzungstiere mit der Prozedur „mixed“ des Statistikprogrammpaketes SAS Version 6.12 SAS (1996).

Die zu den verschiedenen Zeitpunkten am selben Tier bestimmten Nettoabsorptionen des Phosphors konnten als wiederholte Messungen eines Merkmals betrachtet werden. Für die ermittelten P-Nettoabsorptionen wurde daher folgendes gemischtes statistisches Modell gewählt:

$$y_{ijklmn} = \mu + R_i + G_j + S_k + Z_l + (v_m) + t_n + (R*Z)_{im} + (\beta * OS_{ijklmn}) + \varepsilon_{ijklmn}$$

- y = P-Nettoabsorption  
 $\mu$  = Mittel der Tiere  
 R = fixer Effekt der Rasse bzw. Herkunft  
 G = fixer Effekt des Geschlechts  
 S = fixer Effekt der Sojacharge und Saison  
 Z = fixer Effekt des Zeitpunktes der Sammlung  
 v = zufälliger Effekt des Vaters (nur für die Piétrain-Kreuzungstiere)  
 t = zufälliger Effekt des Einzeltieres  
 OS = Kovariable Verdaulichkeit der organischen Substanz  
 ( $\beta$  = unbekannter Regressionsparameter für OS)  
 $\varepsilon$  = zufälliger Restfehler

Das Modell beinhaltet die fixen Effekte Rasse/Herkunft, Geschlecht, Sojacharge/Saison und Zeitpunkt der Sammlung. Als zufälliger Effekt wurde das Einzeltier in das Modell aufgenommen. Der Effekt des Vaters wurde nur für die Auswertungen der Piétrainkreuzungstiere als zufälliger Effekt in das Modell aufgenommen.

Effekte der eingesetzten Komponentenchargen und eventuelle Saisoneneffekte ließen sich, wie bereits bei der Fehlerbetrachtung ausgeführt, nicht eindeutig trennen. Anhand der eingesetzten 4 Sojachargen erfolgte eine Zuordnung der bestimmten P-Nettoabsorptionen zu einer von 4 Futterchargen/Saison-Klassen, die als fixer Effekt in das Modell aufgenommen wurden. Je Durchgang wurden so zwei Klassen gebildet.

Als zweifache Wechselwirkung wurde nur Rasse\*Zeitpunkt berücksichtigt. Alle weiteren Wechselwirkungen wurden aufgrund des unbalancierten Datenmaterials nicht betrachtet.

Wie bereits weiter oben beschrieben, ergab sich ein Zusammenhang zwischen der Verdaulichkeit der organischen Substanz und der Nettoabsorption, der vermutlich Resultat der angewendeten Markermethode war. Berücksichtigt wurde dieser Zusammenhang im statistischen Modell durch Aufnahme der aus derselben Kotprobe bestimmten Verdaulichkeit der organischen Substanz als Kovariable.

Die fixen Effekte wurden mittels F-Test auf Signifikanz geprüft. Bei zufälligen Effekten wurde der Likelihood-Ratio-Test angewendet.

Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse der statistischen Auswertungen, aufgeführt sind die Irrtumswahrscheinlichkeiten (p-Werte) der aufgeführten Faktoren/Kovariable getrennt nach den Tieren des ersten Durchganges und den Piétrainkreuzungstieren.

**Tabelle 10: Ergebnisse der statistischen Auswertungen (p-Werte)**

Nettoabsorption des Phosphors	Fixe Effekte				Kovariable	Interaktion
	Rasse	Geschlecht	Soja/Saison	Zeitpunkt	OS	Zeitpunkt *Rasse
Durchgang 1 (160 Tiere)	≤0,001	0,42	≤0,001	≤0,001	≤0,001	0,29
Pi-Kreuzungen (204 Tiere)	0,02	0,40	≤0,001	≤0,001	≤0,001	0,83

Der zufällige Effekt des Tieres war bei beiden Auswertungen nicht signifikant. Der zufällige Effekt des Vaters bei der Auswertung der Piétrainkreuzungstiere war ebenfalls nicht signifikant.

Die Varianz des Merkmals „Nettoabsorption des Phosphors“ ließ sich aufteilen in die Komponenten „innerhalb Individuum“ (zwischen Wiederholungen am gleichen Individuum) und „zwischen Individuen“. Aus dem Verhältnis der Varianzkomponenten ließ sich die Wiederholbarkeit berechnen. Für die Tiere des ersten Durchganges ergab sich eine Wiederholbarkeit von 0,21. Bei den Piétrain-Kreuzungstieren errechnete sich eine Wiederholbarkeit von 0,10. Diese Werte sind als gering anzusehen.

Die Wiederholbarkeit ist als Obergrenze des Grades der genetischen Determination und damit auch der Heritabilität anzusehen, diese sind somit ebenfalls als gering einzustufen.

Sowohl bei der Auswertung der Tiere des ersten Durchganges als auch bei Betrachtung der Piétrainkreuzungstiere ergaben sich als signifikante Effekte Rasse/Herkunft, Soja/Saison und Zeitpunkt der Kotsammlung. Hierauf wird später gesondert eingegangen.

Die Signifikanz der Kovariablen „Verdaulichkeit der organischen Substanz“ für die jeweilige P-Nettoabsorption bestätigte die Vermutungen hinsichtlich möglicher Einflüsse der Markeremethode. Der mögliche Einfluss der Markerwiederfindung bzw. des zufälligen Fehlers der Stichprobe ist bei absoluten Aussagen über mittels Marker ermittelte Verdaulichkeiten zu berücksichtigen.

Der Faktor Geschlecht und die Interaktion der Faktoren Rasse und Zeitpunkt waren ebenfalls nicht signifikant.

Mit der Least Squares-Methode konnten Mittelwerte für die einzelnen Merkmalsstufen geschätzt werden (LS-Means), diese sind in den folgenden Tabellen aufgeführt. Da die Interaktion zwischen Rasse/Herkunft und Zeitpunkt nicht signifikant war, erfolgt die Darstellung der geschätzten Mittelwerte jeweils getrennt für die signifikanten Effekte Rasse/Herkunft, Futtercharge und Zeitpunkt.

**Tabelle 11: Geschätzte Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (SE) für die Nettoabsorption des Phosphors der Rassen/Herkünfte (1.Durchgang)**

Rasse/Herkunft:	DE x DL		DL		Du x Pi		Pi		Pi x DL	
	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE
P-Nettoabsorption	41,1	1,0	38,7	0,6	34,8	1,2	35,3	0,5	37,8	0,8

**Tabelle 12: Geschätzte Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (SE) für die Nettoabsorption des Phosphors der Rassen/Herkünfte (Piétrain-Kreuzungstiere)**

Herkunft:	Pi x DL		Pi x (DE x DL)	
	LSM	SE	LSM	SE
P-Nettoabsorption	34,7	0,5	36,0	0,6

Die Herkünfte DE x DL und DL fallen durch ihre höheren P-Nettoabsorptionen von 41% bzw. 39% auf, wohingegen die Herkünfte Du x Pi und Pi mit 35% geringere P-Nettoabsorptionen aufweisen. Die Herkunft Pi x DL liegt mit 38% dazwischen (Tabelle 11).

Interaktionen zwischen Rasse/Herkunft und Zeitpunkt der Sammlung waren nicht signifikant. Daher kann davon ausgegangen werden, dass die Rangierung der Herkünfte im Merkmal P-Nettoabsorption für alle drei Zeitpunkte der Kotsammlung gleich ist.

Da auch die Piétraintiere keinerlei Mangelerscheinungen/Leistungsdepressionen zeigten und auch die Zahl der Ausfälle nicht höher als im Durchschnitt der Stationsprüfung lag, hat die geringere P-Nettoabsorption dieser Tiere keinerlei Auswirkungen auf die Praxis. Offensichtlich ist in den Empfehlungen der GfE (1997) genügend Sicherheit eingebaut.

Die Unterschiede zwischen verschiedenen Herkünften deuten auf mögliche genetisch bedingte Zusammenhänge hin. Genetisch bedingte Unterschiede in der P-Nettoabsorption verschiedener Tiere müssten sich vor allem bei Betrachtung von Nachkommengruppen einzelner Väter finden lassen, dies war Ziel vor allem des zweiten Durchgangs. Ein Einfluss des Vaters auf die P-Nettoabsorption war jedoch bei den Pietrainkreuzungen nicht zu sichern.



Vermuten ließ sich dies bereits aufgrund der nur geringen Wiederholbarkeit der Bestimmung der P-Nettoabsorption bei den Einzeltieren. Die Wiederholbarkeit ist gleichzeitig als obere Grenze der möglichen genetischen Determination anzusehen.

Bei Betrachtung der Piétrain-Kreuzungstiere ergeben sich P-Nettoabsorptionen von 35 bzw. 36% je nach Herkunft (Tabelle 12). Der Unterschied zwischen den beiden Herkünften ist signifikant, aber aufgrund der Größenordnung eher zu vernachlässigen.

GUIXIN et al. (1995) geben eine Übersicht zu Unterschieden in der Verdauungskapazität zwischen Schweinerassen mit größeren genetischen Unterschieden. Sie zeigen Unterschiede vor allem der Rohfaserverdaulichkeit auf, die durch die verschiedene Morphologie des Dickdarms verursacht werden. Bei den übrigen Nährstoffen waren die Unterschiede in der Verdaulichkeit meist nicht zu sichern. Zur Verdaulichkeit von Mineralstoffen geben sie allerdings keine Informationen.

**Tabelle 13: Geschätzte Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (SE) für die P-Nettoabsorption der einzelnen Sammeltermine nach Futtercharge/Saison**

Futtercharge/Saison	1. Charge		2. Charge		3. Charge		4. Charge	
	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE
Durchgang 1 (160 Tiere)	34,1	0,4	41,0	0,6	—		—	
Piétrainkreuzungen (204 Tiere)	34,8	0,8	—		33,7	0,6	37,5	0,6

— jeweilige Futtercharge nicht eingesetzt

Die Zusammensetzung der Futter wurde im gesamten Versuch konstant gehalten, es wurden jedoch zeitlich hintereinander 4 Chargen Sojaextraktionsschrot, von Mais und Gerste je 2 Chargen, eingesetzt. Statistisch war dieser Futterchargeneffekt von einem denkbaren Saisoneffekt nicht zu trennen, da die Chargen zeitlich hintereinander eingesetzt wurden.

Bei der Auswertung zeigte sich ein großer Einfluss der Futtercharge auf die P-Nettoabsorption (Tabelle 13). Besonders im ersten Durchgang viel eine Charge durch eine um 7 Prozentpunkte höhere P-Nettoabsorption auf (34 % vs. 41%). Die Futterchargen des ersten Durchganges unterschieden sich nur in der Sojacharge, Mais und Gerste des ersten Durchganges stammten jeweils aus einer Charge.

Im zweiten Durchgang wurden zwei weitere Futterchargen eingesetzt. Da für die Auswertungen der Piétrainkreuzungen zusätzlich auch Tiere des ersten Durchganges einbezogen wurden, mussten in diesen Auswertungen Futterchargen berücksichtigt werden. Hier waren die Unterschiede zwischen den Chargen jedoch geringer. Es ergaben sich geschätzte Mittelwerte der P-Nettoabsorption von 34% bis 38%.

Ein Einfluss der Charge z.B. des Sojaextraktionsschrotes auf die P-Nettoabsorption ist durchaus denkbar. Zum Einfluss von Sorte/Düngung etc. auf die P-Verdaulichkeit pflanzlicher P-Quellen ist derzeit wenig bekannt. FAUST (1996) ermittelte für drei Weizensorten P-Verdaulichkeiten von 61% bis 74%. Ursachen für diese Unterschiede in der P-Verdaulichkeit konnten jedoch nicht genannt werden.

**Tabelle 14: Geschätzte Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (SE) für die Nettoabsorption des Phosphors nach Zeitpunkt der Kotsammlung**

Zeitpunkt	1. Sammlung		2. Sammlung		3. Sammlung	
	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE
Durchgang 1 (160 Tiere)	39,0	0,8	37,9	0,5	35,7	0,5
Piétrainkreuzungen (204 Tiere)	38,9	0,6	35,1	0,5	32,0	0,6

Bei den Kotsammlungen kamen unterschiedliche Futtermischungen zum Einsatz. Zum Zeitpunkt der 1. Sammlung wurde bei allen Tieren Mischung I eingesetzt, bei der 2. und 3. Sammlung Futtermischung II. Der einzige Unterschied zwischen diesen beiden Futtermischungen besteht allerdings nur in der Zulage von Monocalciumphosphat (MCP). MCP ist allgemein hoch verdaulich und die P-Verdaulichkeit wies nur eine geringe Streuung auf (RODEHUTSCORD et al. 1994). Dies führte zu einer zu erwartenden höheren P-Verdaulichkeit für Futtermischung I, die auch im Bilanzversuch (vergleiche 3.3.5) bestätigt wurde. Die höheren geschätzten Mittelwerte (Tabelle 14) für die erste Sammlung sind entsprechend zu erklären.

Wie bereits beschrieben, kann in den ermittelten P-Ausscheidungen keine Trennung nach unverdaulichem und endogenem Phosphor erfolgen. Unter der Annahme einer suboptimalen P-Versorgung sind die endogenen P-Ausscheidungen als unvermeidlich anzusehen. Nach RODEHUTSCORD et al. (1998) sind diese unvermeidlichen P-Verluste über den Kot abhängig vom Lebendgewicht der Schweine und mit 7 mg/kg LM und Tag anzusetzen.

Da die Kotsammlungen in unterschiedlichen Lebendmasseabschnitten erfolgten, finden sich in den P-Ausscheidungen unterschiedliche Anteile an Phosphor aus diesem unvermeidlichem Verlust. Für die mittleren Lebendmassen der 2. und 3. Sammlung (68 kg bzw. 93 kg) errechnet sich ein unvermeidlicher P-Verlust über den Kot von im Mittel 0,48 g/d bzw. 0,65 g/d.

Unter Annahme eines Futtermittelsverzehrs von 2,3 kg T/d errechnet sich mit den geschätzten Mittelwerten der P-Nettoabsorption für die 2. und 3. Sammlung der Piétrain-Kreuzungstiere eine mittlere tägliche P-Ausscheidung über den Kot von 7,0 g bei 35% und 7,3 g bei 32% Nettoabsorption. Diese Differenz ließe sich nur ungefähr zur Hälfte durch die höheren unvermeidlichen P-Verluste bei höherer Lebendmasse erklären.

Zum Ende der Mast war eine bedarfsdeckende Versorgung mit verdaulichem Phosphor über das Futter möglich, wie sich aus den Kalkulationen zur Versorgung mit vP ergibt. Regulativ bedingte P-Ausscheidungen sind daher als zweiter möglicher Grund für die geringeren P-Nettoabsorptionen der 3. Sammlung zu nennen.

Interaktionen zwischen der Rasse/Herkunft und dem Zeitpunkt der Kotsammlung waren nicht signifikant. Daher kann der Rückgang der Verdaulichkeit von der 1. bis zur 3. Sammlung auf alle Herkünfte übertragen werden. Es ist davon auszugehen das bei höherer Lebendmasse höhere P-Ausscheidungen aufgrund der unvermeidlichen P-Verluste bei allen Rassen auftreten. In welchem Umfang regulative P-Ausscheidungen bei den einzelnen Herkünften beteiligt sind, kann nicht eindeutig geklärt werden.

#### **4 Schlussfolgerungen für die Umsetzung in der Praxis**

Die vergangenen Untersuchungen zur P-Verdaulichkeit einzelner Futtermittel zeigten eine große Varianz der P-Verdaulichkeit zwischen den Tieren bei identischem Futter. Ursachen für diese Varianz wurden beim Tier vermutet.

Die Hypothese einer möglichen züchterischen Bearbeitung wurde im zweiten Teil der Arbeit geprüft. Zwischen einzelnen Herkünften ergaben sich signifikante Unterschiede in der P-Nettoabsorption, die aber keinen Zusammenhang zu Merkmalen der Mastleistung oder der Schlachtkörperqualität zeigten. Offensichtlich ist in den neuen Empfehlungen zum vP ausreichend Sicherheit eingebaut, so dass auch bei geringeren P-Nettoabsorptionen einiger Herkünfte noch keine Mangelerscheinungen auftreten. Aus den Unterschieden in der P-Nettoabsorption zwischen den einzelnen Herkünften lässt sich ein genetischer Einfluss vermuten.

Ein erblicher Einfluss des Vaters konnte in der eigenen Untersuchung nicht nachgewiesen werden. Die züchterische Bearbeitung des Merkmals Phosphorverdaulichkeit ist somit wenig erfolgversprechend.

Weitere Arbeiten zur Ergänzung der bestehenden Tabellen zur P-Verdaulichkeit einzelner Futtermittel müssen durch Anwendung der standardisierten Methode des Bilanzversuches nach GfE (1994) erfolgen.

Im Zuge dieser Arbeiten könnten dann mögliche Einflüsse auf die P-Verdaulichkeit einzelner Futtermittelchargen betrachtet werden, denkbar sind hier Sorte, Düngung o.ä..

## 5 Zusammenfassung

Im Sinne der Einhaltung innerbetrieblicher Nährstoffbilanzen kommt dem Element Phosphor in Regionen mit hohen Viehdichten große Bedeutung zu. Erklärtes Ziel ist hier die Reduktion der P-Importe über den Zukauf von Futtermitteln. Ansatzpunkte können hierbei sowohl auf der Seite des Futter als auch auf der Seite des Tieres liegen, im Sinne einer ressourcenschonenden Landwirtschaft gehören also beide genannten Aspekte zusammen.

Im zweiten Teil der vorliegenden Arbeit wurde die P-Nettoabsorption bei 334 Tieren verschiedener Rassen bzw. Herkünfte, Nachkommen verschiedener Väter geprüft, um Rückschlüsse auf eventuelle erbliche Einflüsse auf die P-Verdaulichkeit zu erlauben. Die Tiere wurden in Einzelhaltung in einer zweiphasigen Mast im Abschnitt von 30-105 kg LM gemästet. Als Futter wurden Gerste/Mais/Sojaextraktionsschrot-Rationen eingesetzt, die Gehalte an verdaulichem Phosphor aufwiesen, die 75% der aktuellen Empfehlung zum verdaulichen Phosphor entsprachen.

In drei Gewichtsabschnitten wurde über eine Kotsammlung mittels Markermethode die Nettoabsorption des Phosphors bestimmt. Es zeigten sich keine Zusammenhänge der P-Nettoabsorptionen zu Merkmalen der Mastleistung und der Schlachtkörperqualität.

Die festgestellten P-Nettoabsorptionen wurden signifikant durch die Rasse/Kreuzung beeinflusst, auffallend waren die höheren P-Nettoabsorptionen der Tiere der Herkunft DE x DL und DL. Ein Einfluss des Vaters auf die P-Nettoabsorption konnte nicht nachgewiesen werden. Da auch die Wiederholbarkeit der Bestimmung der P-Nettoabsorption beim Einzeltier nur gering war, ergeben sich keine Hinweise auf eine mögliche züchterische Bearbeitung des Merkmals „P-Nettoabsorption“.

Die eingesetzten Futterchargen unterschieden sich teilweise deutlich hinsichtlich ihrer P-Nettoabsorption, dies bedarf in Zukunft weiterer Untersuchungen. Der Einsatz eines Markers für Verdaulichkeitsbestimmungen sollte sorgfältig abgewogen werden.

Die Varianz der P-Nettoabsorption ist eher durch das Futter als durch tierbedingte Effekte erklärbar.

## 6 Tabellenanhang

**Tabelle A 1: Inhaltsstoffe der Sondermischungen des Mineralfutters  
laut Hersteller (Höveler, Langenfeld)**

Mischungsteil		Mischung A (25 g/kg)	Mischung B (20 g/kg)
	(je kg)		
Lysin	g	40	50
Methionin	g	10	13
Calcium	g	120	150
Phosphor	g	1	1
Natrium	g	73	89
Magnesium	g	20	30
Eisen	mg	5.000	6.250
Kupfer	mg	1.200	1.495
Zink	mg	6.000	7.500
Mangan	mg	3.300	4.125
Kobalt	mg	24	30
Jod	mg	36	45
Selen	mg	16	20
Vit. A	i.E.	800.000	1.000.000
Vit. D <sub>3</sub>	i.E.	80.000	100.000
Vit. E	mg	2.500	3.125
Vit. B <sub>1</sub>	mg	96	120
Vit. B <sub>2</sub>	mg	144	180
Vit. B <sub>6</sub>	mg	120	150
Vit. B <sub>12</sub>	mg	1,2	1,5
Niacin	mg	750	938
Pantothensäure	mg	325	406
Vitamin C	mg	1.200	1.500
Vit. K <sub>3</sub>	mg	96	120
Biotin	mg	6	7,5
Cholinchlorid	mg	10.000	12.500

Mischung A: V98

Mischung B: V99

**Tabelle A 2: Gehalte an Weender Rohnährstoffen, Phosphor, Calcium und Titandioxid in den im Bilanzversuch geprüften Chargen der Futtermischungen**

	Futtermischung I (bis 60 kg LM)	Futtermischung II (ab 60 kg LM)
<i>Gehalte an: (g/kg T)</i>		
Trockensubstanz (g/kg)	880	871
Rohasche	51	49
Rohprotein	194	198
Rohfett	44	46
Rohfaser	44	41
Phosphor	4,93	4,52
Calcium	5,89	5,25
Titandioxid	1,10	1,10

**Tabelle A 3: Zugeteilte Futtermengen im Bilanzversuch**

	Adam	August	Anton	Alfred	Aaron
Futtermischung I					
Zugeteilte Futtermenge (g/d)	1200	1200	1200	1100	1200
Futtermischung II					
Zugeteilte Futtermenge (g/d)	1300	1300	1300	1300	1300

**Tabelle A 4: Bilanzversuch – Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe, Nettoabsorption des Phosphors und Wiederfindung des Titandioxids bei den Einzeltieren (%)**

	Adam	August	Anton	Alfred	Aaron
	Futtermischung I				
VQ OS	89,5	88,7	89,7	88,3	88,9
VQ XP	87,2	86,8	88,1	86,6	86,2
VQ XL	80,3	77,9	82,5	79,6	80,7
VQ XF	55,7	49,6	52,5	43,7	50,0
VQ NfE	92,9	92,5	93,0	92,3	92,7
Nettoabs. P	46,2	44,0	47,2	40,9	44,5
Wiederf. TiO <sub>2</sub>	89,7	93,1	84,5	100,9	93,1
	Futtermischung II				
VQ OS	90,2	90,3	90,5	88,4	89,8
VQ XP	88,8	90,0	90,0	87,0	89,6
VQ XL	83,0	80,8	83,6	81,5	83,9
VQ XF	54,6	52,6	53,6	41,8	48,8
VQ NfE	93,3	93,4	93,4	92,2	92,8
Nettoabs. P	43,6	43,1	42,6	37,3	42,2
Wiederf. TiO <sub>2</sub>	80,0	84,0	88,0	97,6	90,4

**Tabelle A 5: Bilanzversuch - Aufnahme, Ausscheidung, Retention des Phosphors**

	Adam	August	Anton	Alfred	Aaron
	Futtermischung I				
P-Aufnahme (g/d)	5,21	5,21	5,21	4,77	5,21
P im Kot (g/d)	2,80	2,92	2,75	2,82	2,89
unv. Verl.Kot* (mg/d)	0,252	0,235	0,253	0,241	0,262
P im Harn (mg/d)	10	12	11	10	14
P-Retention (g/d)	2,40	2,28	2,44	1,94	2,30
	Futtermischung II				
P-Aufnahme (g/d)	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12
P im Kot (g/d)	2,89	2,91	2,94	3,21	2,96
unv. Verl.Kot* (mg/d)	0,312	0,292	0,310	0,292	0,318
P im Harn (mg/d)	12	14	14	12	14
P-Retention (g/d)	2,22	2,19	2,17	1,90	2,14

\* unvermeidliche P-Verluste über den Kot nach RODEHUTSCORD et al. (1998):

7 mg je kg LM und Tag



**Tabelle A 6: Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) von Merkmalen der Mastleistung und des Schlachtkörpers nach Rasse/Herkunft ( $\bar{x} \pm s$ )**

	DE x DL n=11	DL n=39	Du x Pi n=9	Pi n=58	Pi x DL n=135	Pi x F1 n=61
Einstallgewicht (kg)	24,4 $\pm 2,9$	22,9 $\pm 3,5$	25,6 $\pm 2,4$	25,3 $\pm 4,8$	22,9 $\pm 3,0$	23,4 $\pm 2,6$
Ausstallgewicht (kg)	109 $\pm 2,5$	111 $\pm 7,1$	108 $\pm 3,8$	105 $\pm 4,1$	110 $\pm 3,5$	110 $\pm 2,5$
Tägliche Zunahme (g)	844 $\pm 68$	808 $\pm 87$	846 $\pm 52$	751 $\pm 99$	804 $\pm 99$	842 $\pm 85$
Futter / Zuwachs	2,85 $\pm 0,20$	3,05 $\pm 0,30$	2,74 $\pm 0,34$	2,81 $\pm 0,35$	2,79 $\pm 0,35$	2,80 $\pm 0,36$
Ausschlachtung (%)	74,8 $\pm 2,1$	75,5 $\pm 1,9$	76,1 $\pm 2,4$	77,7 $\pm 1,9$	77,0 $\pm 1,7$	77,0 $\pm 1,7$
Fleischanteil (FOM) (%)	54,4 $\pm 2,7$	52,9 $\pm 3,1$	57,9 $\pm 2,3$	59,7 $\pm 3,3$	57,9 $\pm 2,8$	57,8 $\pm 2,3$
Fleischanteil (Formel*) (%)	58,0 $\pm 2,1$	55,9 $\pm 1,8$	60,5 $\pm 2,0$	62,3 $\pm 2,7$	60,4 $\pm 2,4$	60,5 $\pm 1,9$
Seitenspeck (cm)	2,1 $\pm 0,5$	2,9 $\pm 1,0$	2,5 $\pm 0,4$	2,1 $\pm 0,9$	2,8 $\pm 0,8$	2,9 $\pm 0,8$
Fettfläche (cm)	16,0 $\pm 2,2$	19,8 $\pm 3,3$	13,6 $\pm 2,0$	12,7 $\pm 3,1$	15,6 $\pm 3,0$	15,3 $\pm 2,9$
Fleisch:Fett (1: )	0,37 $\pm 0,08$	0,48 $\pm 0,10$	0,28 $\pm 0,06$	0,24 $\pm 0,08$	0,30 $\pm 0,08$	0,30 $\pm 0,06$
Bauchpunkte	6,6 $\pm 1,6$	4,5 $\pm 1,6$	7,0 $\pm 1,0$	6,8 $\pm 1,9$	5,7 $\pm 1,8$	5,3 $\pm 2,0$
LF <sub>1</sub> Kotelett	4,6 $\pm 0,6$	4,2 $\pm 0,5$	4,7 $\pm 0,7$	6,5 $\pm 3,4$	4,7 $\pm 0,8$	4,9 $\pm 0,8$
pH <sub>1</sub> Kotelett	6,55 $\pm 0,11$	6,59 $\pm 0,17$	6,37 $\pm 0,19$	6,02 $\pm 0,45$	6,37 $\pm 0,25$	6,29 $\pm 0,29$
LF <sub>24</sub> Kotelett	2,9 $\pm 0,5$	2,6 $\pm 0,7$	4,1 $\pm 1,3$	6,2 $\pm 3,1$	3,5 $\pm 1,5$	3,6 $\pm 1,2$
PH <sub>24</sub> Kotelett	5,57 $\pm 0,07$	5,60 $\pm 0,10$	5,60 $\pm 0,08$	5,56 $\pm 0,09$	5,55 $\pm 0,08$	5,56 $\pm 0,10$
PH <sub>24</sub> Schinken	5,72 $\pm 0,08$	5,72 $\pm 0,16$	5,78 $\pm 0,16$	5,72 $\pm 0,17$	5,69 $\pm 0,14$	5,71 $\pm 0,18$

**Tabelle A 7: Verdaulichkeitsdaten der Einzeltiere (1. Durchgang)**

Tier-ID	Verdaulichkeiten (OS) und Nettoabsorption (P/Ca) in %								
	1. Sammlung			2. Sammlung			3. Sammlung		
	OS	P	Ca	OS	P	Ca	OS	P	Ca
52/60	,	,	,	,	,	,	,	,	,
52/62	,	,	,	85,2	37,9	43,9	83,9	21,2	39,2
52/69	,	,	,	83,6	36,6	46,3	86,0	35,8	49,3
52/70	,	,	,	84,5	29,2	48,3	85,9	35,8	58,6
56/58	,	,	,	83,6	31,9	47,3	83,5	36,2	33,7
56/59	,	,	,	85,7	36,2	42,8	87,2	34,0	36,5
56/61	,	,	,	86,4	34,3	45,1	87,0	30,4	49,1
56/64	,	,	,	82,6	29,8	26,6	83,2	32,0	33,8
59/47	,	,	,	84,8	34,2	53,4	86,6	26,9	51,6
59/50	,	,	,	85,7	32,8	51,6	84,5	19,1	43,0
59/52	,	,	,	80,1	20,4	33,7	85,0	32,0	41,9
59/56	,	,	,	83,4	26,9	40,9	85,5	29,0	30,9
61/49	,	,	,	87,1	37,3	56,7	87,5	39,4	53,2
61/52	,	,	,	85,1	42,2	49,0	86,8	39,9	45,3
61/55	,	,	,	86,0	39,3	42,8	86,9	35,4	42,4
61/56	,	,	,	85,7	33,8	38,2	83,5	24,3	35,2
62/54	,	,	,	81,9	13,7	24,8	86,9	34,5	35,7
62/56	,	,	,	82,7	26,3	38,3	85,1	25,6	32,8
62/59	,	,	,	,	,	,	,	,	,
62/62	,	,	,	84,9	32,6	39,1	86,1	32,4	40,4
81/49	,	,	,	84,5	30,6	33,7	85,3	30,6	44,1
81/50	,	,	,	83,3	30,8	31,2	86,4	34,6	52,7
81/53	,	,	,	85,2	32,5	21,9	85,5	29,2	37,1
81/54	,	,	,	85,5	31,5	38,0	87,2	31,3	49,4
86/41	,	,	,	82,7	37,9	25,8	82,6	31,9	30,3
86/44	,	,	,	85,1	30,9	40,9	86,2	35,4	52,5
86/46	,	,	,	82,3	29,7	29,4	84,6	41,5	38,5
86/47	,	,	,	82,1	23,5	19,5	83,1	20,8	19,3
88/62	83,7	35,2	35,2	87,3	42,6	47,4	85,9	37,8	47,2
88/64	83,5	35,3	37,7	85,6	40,5	47,1	85,6	39,1	38,9
88/71	84,2	41,2	42,3	83,4	32,3	34,0	86,7	32,0	33,5
88/73	84,7	36,0	45,3	84,7	31,1	41,9	85,6	33,8	35,2
89/51	79,8	23,8	18,2	82,9	31,6	35,0	85,2	44,1	50,2
89/52	81,7	19,6	21,8	83,9	32,5	41,3	84,3	38,7	42,6
89/55	,	,	,	83,5	36,0	36,1	86,1	37,4	36,2
89/58	,	,	,	82,2	33,9	37,6	84,3	42,9	44,6
91/54	82,7	35,7	43,2	88,7	45,7	57,8	,	,	,
91/58	80,9	33,5	34,7	85,3	39,6	49,7	87,1	42,8	52,0
91/61	83,7	41,5	43,4	86,5	46,5	47,2	,	,	,
91/62	82,0	41,3	41,7	84,8	45,5	44,4	85,1	43,2	46,3

Fehlende Werte sind durch ' gekennzeichnet

**Tabelle A 7: Verdaulichkeitsdaten der Einzeltiere (1. Durchgang) (Fortsetzung)**

Tier-ID	Verdaulichkeiten (OS) und Nettoabsorption (P/Ca) in %								
	1. Sammlung			2. Sammlung			3. Sammlung		
	OS	P	Ca	OS	P	Ca	OS	P	Ca
99/44	82,9	22,1	35,4	86,3	45,3	61,0	88,1	45,6	65,9
99/45	83,0	31,7	32,6	86,8	47,1	56,7	86,1	45,4	54,3
99/51	82,6	35,7	39,8	83,7	45,9	56,2	88,2	47,0	59,4
99/52	84,4	31,7	38,5	85,2	48,0	52,1	86,9	44,4	59,3
106/35	,	,	,	87,8	36,9	50,1	87,2	36,2	56,9
106/38	,	,	,	87,1	37,8	53,5	87,4	36,9	56,4
106/40	,	,	,	85,6	35,1	46,4	86,7	35,9	39,6
106/43	,	,	,	86,7	31,0	49,4	87,5	35,5	42,0
106/49	82,9	35,6	33,9	86,1	43,2	53,1	,	,	,
106/51	82,7	32,3	36,8	86,5	42,0	47,9	85,9	38,0	39,4
106/55	84,2	35,6	32,0	82,8	42,3	45,8	81,0	20,8	13,7
106/57	86,3	35,3	51,8	87,9	45,3	60,1	86,2	31,2	32,5
107/53	,	,	,	83,9	47,4	55,5	83,4	31,8	34,6
107/58	82,5	33,6	27,7	84,5	39,8	45,2	88,0	45,9	49,8
107/60	83,3	39,6	33,4	85,1	49,0	50,4	84,5	36,5	33,3
107/63	,	,	,	82,3	40,0	51,4	84,3	28,6	32,9
118/44	82,8	38,1	39,7	83,1	37,7	44,0	84,4	45,1	54,5
118/46	79,0	25,1	26,2	80,8	39,2	41,4	81,8	43,0	52,6
118/49	83,1	38,3	41,4	84,1	46,5	47,9	84,8	43,1	47,9
120/50	83,3	31,4	35,9	85,5	41,1	45,4	86,6	43,8	55,1
120/51	80,5	32,8	30,7	87,4	48,8	51,2	87,0	45,8	52,6
120/53	82,2	34,9	35,9	85,0	46,8	49,3	86,4	47,3	51,4
120/54	83,7	32,7	42,8	85,1	49,3	56,3	86,1	43,6	52,3
143/13	83,7	27,9	25,5	81,6	13,0	2,2	86,1	35,8	90,9
143/15	84,2	32,5	37,6	84,7	32,3	34,4	85,9	35,4	38,0
143/16	81,6	37,8	32,4	80,8	30,7	28,9	84,8	35,8	36,9
143/17	83,9	35,7	36,9	85,1	31,4	34,4	86,1	35,3	34,7
145/13	80,8	37,1	39,0	86,0	41,9	46,0	84,5	36,9	40,0
145/16	83,7	37,2	41,6	85,3	38,4	41,7	85,7	39,3	43,8
145/20	80,4	36,0	34,2	86,0	37,9	43,0	87,3	38,8	38,2
145/26	81,8	33,7	36,5	84,6	37,0	36,5	85,1	35,2	33,7
152/9	85,4	38,5	50,6	86,4	38,8	48,1	,	,	,
152/13	85,2	34,8	43,1	85,8	35,7	47,2	86,4	32,2	41,9
152/17	84,4	36,1	39,5	85,1	36,4	29,1	,	,	,
152/18	84,8	39,0	42,6	85,7	37,4	43,7	86,1	40,7	44,5
156/1	,	,	,	87,7	40,0	46,6	88,2	41,4	54,9
156/2	,	,	,	85,6	32,6	36,4	88,6	38,2	52,3
156/6	,	,	,	84,2	26,3	24,6	88,4	38,8	46,7
156/7	,	,	,	85,9	26,2	38,4	87,8	35,7	44,7
157/1	,	,	,	85,9	38,6	45,3	87,6	37,7	47,3
157/2	,	,	,	86,1	35,8	46,1	87,5	28,8	40,2
157/4	,	,	,	85,0	42,6	44,4	84,6	34,7	43,1
157/8	,	,	,	85,6	34,0	51,2	84,9	32,4	43,5

**Tabelle A 7: Verdaulichkeitsdaten der Einzeltiere (1. Durchgang) (Fortsetzung)**

Tier-ID	Verdaulichkeiten (OS) und Nettoabsorption (P/Ca) in %								
	1. Sammlung			2. Sammlung			3. Sammlung		
	OS	P	Ca	OS	P	Ca	OS	P	Ca
158/1	,	,	,	83,7	19,6	35,1	86,4	32,5	30,6
158/2	,	,	,	83,8	31,8	43,3	86,5	37,8	43,2
158/5	,	,	,	83,5	34,2	47,9	83,6	31,3	37,8
158/7	,	,	,	83,4	33,3	49,0	84,7	30,6	35,7
996/89	,	,	,	86,1	34,3	49,8	86,9	31,4	52,6
996/91	,	,	,	85,2	40,3	54,7	83,0	20,1	44,1
996/93	,	,	,	80,0	22,1	37,9	85,2	25,2	42,6
996/96	,	,	,	83,9	32,5	48,8	84,8	34,2	49,5
56661/64	,	,	,	83,9	28,8	35,5	85,7	31,6	42,2
56661/65	,	,	,	84,9	33,5	44,9	83,4	24,2	40,2
56661/67	,	,	,	84,9	32,1	46,2	84,8	25,6	39,0
56689/52	,	,	,	84,8	31,6	47,5	88,1	33,8	52,9
56689/53	,	,	,	84,5	20,4	29,8	86,8	32,4	55,8
56689/54	,	,	,	84,6	26,6	35,8	88,0	35,4	56,4
56689/65	,	,	,	87,8	46,0	57,6	86,8	41,9	55,1
56689/67	84,2	21,9	25,8	86,7	33,2	42,4	87,3	36,1	51,4
56689/69	83,9	28,7	33,4	86,7	31,7	44,6	83,4	26,9	44,9
56800/34	,	,	,	85,5	36,2	52,7	86,9	34,0	54,0
56800/35	,	,	,	87,2	37,6	51,8	,	,	,
56800/40	,	,	,	82,9	30,2	44,4	81,8	21,0	40,4
56800/43	,	,	,	84,8	27,5	43,0	87,4	36,7	54,0
56831/42	,	,	,	85,9	36,6	47,7	87,5	39,6	60,2
56831/43	,	,	,	85,8	32,8	45,0	87,1	34,4	50,0
56831/50	,	,	,	85,7	37,3	44,4	87,1	34,6	47,6
56831/51	,	,	,	82,7	27,9	25,2	86,0	31,1	45,1
56884/51	87,0	39,9	41,6	86,5	34,0	37,7	89,0	45,7	59,1
56884/52	84,2	35,7	24,2	86,9	39,1	46,8	89,3	45,5	57,7
56884/53	86,5	37,4	34,8	87,4	41,1	43,5	88,6	48,0	49,6
56884/54	85,2	36,3	31,9	86,1	42,3	54,1	85,1	43,1	56,4
56915/41	83,9	30,8	37,1	85,0	30,1	38,6	85,5	43,3	53,5
56915/42	86,5	30,3	41,6	84,1	27,3	38,8	87,6	42,0	56,1
56915/50	84,0	29,3	29,8	85,3	34,5	39,0	87,0	43,9	52,6
56915/51	83,3	32,7	38,3	87,1	45,1	58,6	86,6	46,0	59,0
57003/25	,	,	,	84,1	34,6	42,6	87,6	28,9	51,7
57003/26	,	,	,	86,4	32,5	46,7	,	,	,
57003/28	,	,	,	83,2	21,8	28,0	87,5	30,1	51,9
57003/32	,	,	,	83,3	29,3	37,6	85,7	34,4	50,1
57019/21	87,6	36,0	42,8	,	,	,	88,0	39,8	53,5
57019/22	85,8	36,8	48,2	86,4	41,7	54,7	86,6	40,1	53,2
57019/24	88,2	38,1	51,0	88,9	41,3	58,1	88,0	36,5	50,3
57019/25	87,1	37,3	44,9	89,2	42,6	56,9	89,9	42,6	57,4

**Tabelle A 7: Verdaulichkeitsdaten der Einzeltiere (1. Durchgang) (Fortsetzung)**

Tier-ID	Verdaulichkeiten (OS) und Nettoabsorption (P/Ca) in %								
	1. Sammlung			2. Sammlung			3. Sammlung		
	OS	P	Ca	OS	P	Ca	OS	P	Ca
57041/20	83,9	31,3	43,0	86,9	43,9	56,7	86,2	45,4	56,6
57041/21	83,7	27,7	38,2	89,0	47,9	61,8	87,6	40,3	53,3
57041/26	83,1	20,7	38,1	86,2	38,6	51,3	86,8	46,8	53,5
57041/27	83,8	29,0	37,6	85,8	39,5	52,9	85,4	30,2	44,9
57049/14	,	,	,	87,2	35,6	48,6	88,4	31,8	49,5
57049/15	,	,	,	86,4	37,1	49,3	88,1	38,4	58,4
57049/19	,	,	,	84,4	33,9	39,5	86,1	26,7	33,1
57049/20	,	,	,	86,7	33,2	45,6	86,8	26,2	44,0
57067/14	,	,	,	86,0	27,0	43,8	87,6	33,8	53,2
57067/17	,	,	,	82,5	28,3	33,0	84,3	29,1	53,6
57067/20	,	,	,	85,8	32,0	46,5	86,6	34,2	46,9
57067/22	,	,	,	,	,	,	,	,	,
57092/14	,	,	,	83,1	31,4	41,9	86,1	34,5	51,5
57092/15	,	,	,	84,1	30,0	36,3	84,7	37,6	51,8
57092/17	,	,	,	81,6	32,7	39,8	86,8	36,3	48,1
57092/21	83,1	25,8	26,9	81,0	26,6	22,4	85,8	36,6	45,5
57092/23	82,6	20,1	20,5	85,5	32,7	34,4	86,0	31,4	46,3
57092/25	83,8	29,1	33,1	85,7	28,5	34,3	83,2	32,4	45,1
57093/148	,	,	,	83,4	28,2	27,4	84,3	27,2	30,4
57093/156	85,3	22,7	29,6	86,0	26,6	31,0	87,9	40,8	48,2
57093/157	86,4	26,4	28,4	82,8	34,3	32,0	87,5	41,0	49,4
57093/158	84,4	23,4	25,7	86,7	34,6	39,7	87,7	41,8	47,1
57093/159	85,9	17,7	16,7	85,3	27,5	35,6	89,0	38,9	47,6
57094/7	,	,	,	84,6	35,1	47,3	84,1	31,7	39,1
57094/8	,	,	,	,	,	,	,	,	,
57094/9	,	,	,	84,5	33,3	53,3	86,8	34,9	58,1
57094/11	,	,	,	86,4	31,2	51,7	88,1	35,4	54,7
57094/153	82,3	24,7	28,4	84,6	31,5	37,4	84,6	43,0	52,4
57094/154	83,2	31,2	29,8	85,6	35,4	39,2	86,1	44,0	51,9
57094/155	82,4	24,9	32,1	86,1	37,9	45,8	85,0	39,8	53,2
57138/1	,	,	,	86,5	34,1	49,0	88,6	31,7	49,0
57138/3	,	,	,	,	,	,	,	,	,
57138/6	,	,	,	85,1	35,6	41,9	87,2	35,5	51,2
57138/8	,	,	,	84,6	27,6	31,0	86,2	34,7	49,1
57142/13	84,7	38,0	30,1	85,8	42,7	47,7	84,8	40,9	50,1
57142/14	83,9	36,4	32,0	87,2	39,0	51,3	88,2	43,0	53,6
57142/15	87,2	41,0	41,3	87,2	47,3	54,6	85,3	37,8	52,4
57142/16	85,5	34,9	27,0	86,3	48,4	57,3	87,8	41,5	50,6
57220/1	85,9	43,4	42,4	86,3	41,2	40,1	87,3	40,1	54,4
57220/2	86,6	35,4	43,9	87,8	46,5	57,6	88,0	44,4	58,7
57220/6	85,0	42,5	44,4	86,8	40,2	40,5	82,5	38,7	44,9
57220/7	81,7	40,1	38,3	83,2	25,1	24,6	82,8	27,6	42,2

**Tabelle A 8: Verdaulichkeitsdaten der Einzeltiere (2. Durchgang)**

Tier-ID	Verdaulichkeiten (OS) und Nettoabsorption (P/Ca) in %								
	1. Sammlung			2. Sammlung			3. Sammlung		
	OS	P	Ca	OS	P	Ca	OS	P	Ca
11/113	85,5	38,5	49,0	87,1	40,2	50,2	88,1	47,2	59,7
11/115	86,0	42,8	54,6	87,9	40,2	55,9	88,3	40,8	64,9
11/118	84,9	39,8	57,6	86,4	35,7	54,0	87,7	40,7	57,0
11/119	87,0	43,3	59,1	86,0	32,8	41,3	89,2	50,8	61,9
57/4	86,2	42,5	54,2	85,9	18,2	51,1	86,5	33,5	53,3
57/6	86,4	41,8	48,9	86,2	27,8	54,4	86,3	33,1	59,8
57/10	83,5	37,4	48,2	86,9	24,0	53,3	86,0	27,2	34,2
57/14	79,3	31,6	37,7	83,6	35,6	38,4	81,0	35,7	39,9
57/87	83,7	34,1	45,0	87,4	38,5	58,2	87,9	31,1	57,6
57/88	84,6	37,5	51,2	86,3	36,3	55,5	83,3	6,8	40,6
57/93	84,8	37,9	52,5	85,8	26,8	45,4	87,4	31,3	50,8
57/96	80,2	26,0	34,8	87,1	37,3	52,5	87,2	34,1	43,0
95/90	85,4	36,0	51,2	86,4	31,5	49,7	87,5	30,8	50,5
95/92	85,7	42,1	61,2	84,8	34,5	48,7	86,7	39,9	53,6
95/96	84,3	43,6	60,5	85,2	39,6	53,0	86,3	40,9	52,6
95/103	84,6	47,2	56,3	85,1	36,2	38,8	88,3	36,8	62,3
104/62	,	,	,	85,6	36,7	46,7	85,5	37,2	39,0
104/63	84,9	29,9	41,5	87,8	38,0	54,2	87,4	31,3	55,7
104/68	82,2	22,2	32,6	85,2	38,9	55,0	86,3	30,4	49,9
104/69	83,7	35,1	35,4	87,1	36,4	50,0	90,7	51,0	58,9
112/74	83,3	38,1	58,4	82,2	27,4	40,2	86,9	38,7	48,6
112/75	81,3	44,3	54,1	85,4	35,5	49,2	86,4	38,4	40,2
112/80	83,1	32,7	52,0	83,8	21,5	45,1	85,1	40,2	52,3
112/83	83,9	29,0	46,1	84,0	28,9	43,4	85,3	35,7	44,9
114/90	85,5	36,5	47,8	85,9	34,2	45,1	88,3	35,4	46,5
114/95	85,2	32,9	48,4	85,7	39,5	49,3	87,4	36,4	40,5
114/97	83,8	42,1	48,0	83,6	36,8	39,4	84,2	36,5	23,7
114/100	84,8	36,8	39,9	83,4	34,0	32,2	84,0	45,1	34,7
118/62	85,1	29,0	45,0	83,7	33,0	39,2	88,1	40,7	49,2
118/66	84,3	27,0	37,5	87,5	36,3	56,0	87,8	43,1	44,9
118/70	86,5	33,6	46,5	86,1	27,2	41,1	88,2	44,7	51,7
118/72	86,2	34,5	50,9	86,3	34,1	33,7	86,7	40,8	47,0
127/65	82,9	37,4	51,3	85,2	40,1	56,5	85,1	35,8	51,7
127/67	81,1	34,6	47,6	80,8	37,4	44,8	86,1	40,8	42,5
127/73	85,3	37,2	48,5	83,0	38,9	46,3	83,9	31,4	50,1
127/75	84,1	36,8	45,3	84,1	29,7	36,5	84,4	38,0	41,4
140/38	86,0	43,5	43,9	86,8	30,8	47,0	86,7	30,0	42,8
140/40	85,6	39,3	39,7	86,8	35,3	44,9	86,7	29,9	48,1
140/44	86,3	44,7	50,5	86,9	34,6	48,9	,	,	,
140/46	86,4	43,7	53,4	,	,	,	84,5	25,8	40,1

**Tabelle A 8: Verdaulichkeitsdaten der Einzeltiere (2. Durchgang) (Fortsetzung)**

Tier-ID	Verdaulichkeiten (OS) und Nettoabsorption (P/Ca) in %								
	1. Sammlung			2. Sammlung			3. Sammlung		
	OS	P	Ca	OS	P	Ca	OS	P	Ca
141/42	83,3	39,4	53,8	84,8	39,8	55,7	85,2	37,2	54,6
141/44	85,9	34,1	50,1	85,9	37,9	57,9	86,2	26,7	52,3
141/45	83,3	34,3	44,8	83,9	29,3	42,0	85,7	39,2	49,7
141/46	84,4	26,1	46,8	82,9	15,6	43,4	84,9	37,0	51,8
151/37	84,6	35,0	37,8	82,4	42,0	46,6	85,2	30,7	48,4
151/38	86,0	41,4	51,4	85,2	43,6	49,7	87,7	40,1	51,7
151/40	,	,	,	,	,	,	,	,	,
151/41	86,6	45,5	49,4	82,7	36,1	39,0	85,3	26,3	52,1
152/37	86,2	36,1	36,8	86,9	40,4	52,4	87,8	41,1	51,5
152/38	84,2	35,3	36,9	87,2	41,9	45,9	85,7	31,6	30,2
152/40	84,8	35,3	44,0	83,1	26,5	26,2	87,6	36,9	42,7
152/41	82,0	31,9	39,1	84,2	36,0	47,6	85,7	38,2	40,2
156/35	84,1	26,3	27,8	85,9	42,4	53,9	87,1	41,7	49,9
156/39	81,4	35,1	45,8	86,2	39,5	50,6	87,2	41,4	48,8
156/42	83,5	36,3	50,8	81,3	28,1	40,1	87,6	43,4	56,3
156/43	83,4	33,0	21,1	86,2	45,0	51,4	86,4	37,9	54,2
157/39	85,1	32,5	43,1	87,6	41,8	52,7	87,6	35,2	49,8
157/40	85,2	34,6	44,7	85,6	33,7	51,3	87,2	36,4	57,1
157/42	83,2	31,0	27,4	84,3	19,9	25,0	84,9	30,3	31,0
157/44	83,7	31,2	39,6	87,4	36,4	52,9	87,3	26,4	52,6
161/27	87,0	41,9	59,2	88,3	41,6	55,5	88,3	35,3	54,0
161/30	82,2	39,6	51,8	83,4	40,6	47,8	82,8	33,6	44,7
161/37	84,9	37,8	54,5	82,4	32,9	42,9	84,6	26,5	37,2
161/38	83,4	36,3	44,7	82,6	33,9	42,3	84,1	35,3	47,5
162/26	87,4	38,0	51,6	87,0	37,8	53,4	89,2	40,2	51,6
162/30	86,7	42,9	46,4	85,9	33,4	34,1	87,2	37,0	29,6
162/33	85,0	37,1	44,4	84,8	38,0	40,8	87,4	32,9	31,2
162/34	85,9	38,3	53,9	85,6	39,5	55,4	85,7	41,2	43,7
165/41	84,0	32,8	46,8	85,8	30,6	42,3	86,4	33,6	33,6
165/43	83,0	31,2	48,1	85,2	32,3	49,9	87,8	35,9	48,6
165/46	82,3	38,5	49,3	85,3	33,1	41,2	85,5	34,1	47,9
165/49	82,4	33,9	49,4	84,0	29,7	47,4	86,6	40,1	53,0
179/10	85,5	42,1	58,4	86,5	41,8	54,4	87,5	31,6	47,4
179/12	87,2	44,3	60,0	86,2	30,1	52,4	86,9	28,6	45,4
179/17	86,2	42,3	52,3	,	,	,	,	,	,
179/18	85,3	34,7	47,8	86,8	38,3	50,2	87,6	33,8	48,2
183/8	86,1	42,0	63,5	85,9	31,5	49,1	86,3	34,7	56,0
183/10	86,0	42,8	60,5	85,7	33,6	49,0	86,3	31,5	49,3
183/11	85,5	40,8	56,0	85,2	36,3	38,3	87,0	35,8	45,9
183/16	84,5	43,5	67,0	86,7	39,3	53,9	86,5	38,0	49,4
184/14	81,7	25,9	61,7	86,0	39,1	49,6	83,4	28,8	49,2
184/15	83,9	32,6	50,8	84,7	42,0	50,7	85,1	38,3	37,8

**Tabelle A 8: Verdaulichkeitsdaten der Einzeltiere (2. Durchgang) (Fortsetzung)**

Tier-ID	Verdaulichkeiten (OS) und Nettoabsorption (P/Ca) in %								
	1. Sammlung			2. Sammlung			3. Sammlung		
	OS	P	Ca	OS	P	Ca	OS	P	Ca
184/20	85,4	36,4	49,5	,	,	,	,	,	,
184/26	84,7	35,3	62,4	84,1	43,3	55,9	86,2	34,3	56,1
188/18	85,3	40,5	47,8	86,1	34,4	42,6	87,9	36,4	48,3
188/23	85,9	43,5	44,8	86,6	42,2	55,9	,	,	,
188/26	86,6	42,9	58,2	85,6	33,5	54,2	86,0	32,6	55,5
188/30	85,6	49,3	51,4	79,6	18,1	28,6	84,7	21,2	48,0
190/21	85,4	42,6	50,2	87,6	47,3	59,3	87,1	38,2	40,7
190/24	84,0	49,1	50,8	84,5	35,0	53,2	87,5	38,0	58,9
190/27	81,8	29,8	45,7	,	,	,	,	,	,
190/28	84,4	46,6	49,2	85,8	46,3	62,2	88,4	34,7	49,8
192/22	87,1	47,8	59,5	84,5	33,9	46,3	87,2	38,4	57,2
192/24	87,5	49,8	61,4	85,3	28,0	51,0	87,2	33,0	62,1
192/25	87,3	49,3	53,0	85,3	34,7	48,1	86,7	37,0	54,5
192/28	85,5	37,7	45,0	83,6	32,6	39,8	86,2	37,7	52,0
193/20	81,7	28,6	32,0	86,1	32,8	47,2	86,1	24,4	48,3
193/24	85,4	42,5	51,7	85,7	44,0	58,9	88,2	35,3	52,7
193/28	82,1	29,6	48,3	85,5	46,4	61,3	85,6	32,3	41,2
193/30	83,9	36,9	50,9	84,5	33,4	47,3	86,6	37,6	48,7
200/16	85,5	39,2	46,9	84,8	38,7	53,4	87,8	34,3	56,6
200/17	83,2	37,8	39,8	83,2	43,6	46,1	85,9	32,5	33,9
200/18	83,8	34,1	36,8	81,7	33,8	38,4	85,9	30,9	38,5
200/20	84,7	35,7	43,9	84,7	34,0	38,0	79,9	12,8	39,4
201/13	,	,	,	77,9	30,5	34,4	88,4	37,6	55,5
201/14	85,4	28,2	38,8	86,4	45,6	54,2	87,1	36,4	53,7
201/17	83,0	34,9	40,3	85,8	39,1	51,8	86,4	33,3	55,8
201/18	82,1	31,9	36,5	,	,	,	,	,	,
205/2	84,7	34,6	48,9	84,2	35,8	49,0	87,7	45,5	53,0
205/4	83,4	34,9	50,1	84,2	34,8	47,0	86,1	34,9	45,8
205/8	83,8	39,3	54,3	84,9	37,5	51,9	84,2	33,3	47,2
205/10	84,2	37,1	52,1	83,2	36,9	46,8	84,2	41,9	38,5
206/2	83,7	31,1	42,9	85,7	33,8	54,7	88,1	41,8	52,2
206/3	82,6	24,8	40,4	85,8	34,3	48,4	87,6	41,1	53,2
206/4	85,1	33,4	48,8	85,1	26,3	38,5	85,7	32,0	47,6
206/5	85,9	35,6	50,3	86,5	27,9	41,3	89,2	38,0	52,2
207/3	83,5	40,9	62,8	84,9	36,9	60,1	88,2	43,3	62,2
207/4	83,8	31,5	54,9	83,7	33,2	49,3	86,0	37,9	54,6
207/8	83,0	34,9	50,6	85,6	32,3	36,3	86,7	31,6	37,7
207/10	85,4	34,8	55,3	85,9	34,1	55,5	87,6	41,4	55,3
210/4	84,1	30,5	50,3	86,9	35,2	59,7	87,7	33,5	53,3
210/5	,	,	,	84,1	26,8	46,3	88,0	36,7	55,4
210/7	,	,	,	83,3	26,0	45,4	86,4	30,4	52,2
210/8	82,8	34,9	53,2	83,5	29,3	45,9	88,4	45,3	58,5
211/1	80,3	29,7	28,7	86,2	37,6	47,3	87,0	43,0	58,5



**Tabelle A 8: Verdaulichkeitsdaten der Einzeltiere (2. Durchgang) (Fortsetzung)**

Tier-ID	Verdaulichkeiten (OS) und Nettoabsorption (P/Ca) in %								
	1. Sammlung			2. Sammlung			3. Sammlung		
	OS	P	Ca	OS	P	Ca	OS	P	Ca
211/7	81,7	32,6	35,3	86,0	41,5	46,3	86,7	29,1	37,4
211/10	80,5	22,7	28,1	83,1	28,9	26,3	85,4	33,9	40,9
211/12	78,7	21,0	23,9	86,4	37,2	47,8	87,4	41,8	51,5
214/1	82,8	29,8	40,8	86,0	37,8	48,6	87,7	41,7	57,5
214/6	81,1	28,3	35,3	86,3	51,0	58,1	86,0	43,2	59,3
214/8	82,3	27,5	34,4	86,8	34,8	51,4	87,6	37,9	59,0
214/12	82,1	25,6	32,1	86,3	42,9	54,5	87,6	42,2	55,6
220/5	84,6	30,5	32,7	87,5	35,6	46,8	87,7	33,9	55,7
220/6	82,4	26,5	41,8	83,4	42,1	42,5	84,3	41,7	50,8
220/7	80,2	22,6	28,1	84,3	42,9	43,0	85,7	40,6	45,6
220/8	84,5	28,7	38,7	85,6	33,9	43,9	85,1	31,1	29,6
222/1	82,5	28,4	27,6	84,1	35,0	19,4	84,7	31,9	37,2
222/2	83,5	31,8	37,1	86,1	40,7	48,0	86,7	38,2	50,8
222/4	82,6	29,7	36,4	86,8	35,7	44,1	88,2	32,8	55,1
222/7	81,5	33,3	43,6	,	,	,	84,2	16,7	46,9
224/1	79,2	22,3	25,6	84,1	37,6	39,5	85,5	34,8	33,3
224/2	83,4	28,1	43,7	84,9	38,8	50,0	86,9	36,9	50,3
224/7	81,5	29,8	19,4	83,4	35,3	29,7	83,1	41,4	40,8
224/9	82,2	33,6	41,4	83,6	36,8	32,4	83,9	35,8	50,2
225/1	82,6	28,5	38,2	,	,	,	86,5	34,8	46,7
225/4	84,3	36,6	41,5	85,5	33,6	47,5	86,8	35,7	50,9
225/7	82,3	40,8	35,7	84,1	41,7	44,7	85,3	24,8	35,2
225/8	84,6	37,7	45,2	85,0	42,3	48,8	85,2	30,4	32,8
226/1	86,1	43,0	50,8	81,7	23,6	28,5	84,7	28,4	41,7
226/2	85,3	44,0	52,8	83,3	32,6	42,5	85,5	34,7	52,0
226/7	85,0	40,8	48,8	83,9	38,3	36,3	81,5	9,4	34,2
226/8	85,9	48,8	51,8	,	,	,	83,6	31,4	37,1
227/1	86,4	35,4	45,9	87,7	37,0	54,3	88,2	30,5	53,3
227/3	87,3	37,8	46,8	86,2	34,9	39,9	86,4	36,6	45,9
227/6	85,2	39,7	40,0	,	,	,	85,3	30,9	35,6
227/7	84,8	39,0	40,1	84,2	35,7	38,6	84,3	30,6	37,3
228/2	84,5	47,7	50,7	86,6	41,8	42,9	88,1	37,9	52,6
228/4	85,0	45,9	48,0	86,9	25,4	45,7	87,4	35,0	44,9
228/7	,	,	,	,	,	,	,	,	,
228/10	85,7	46,6	45,0	79,7	31,6	24,3	86,2	34,6	37,1
229/2	86,6	38,4	40,2	87,4	38,9	46,8	87,4	35,5	50,5
229/5	85,1	38,4	35,4	80,1	26,1	26,3	86,7	20,6	43,2
229/8	84,2	40,9	50,7	85,6	38,5	51,7	84,8	34,1	41,2
229/9	85,3	42,8	41,6	86,3	29,7	41,5	87,9	41,2	40,5
233/1	85,6	45,8	50,9	86,2	36,3	45,3	87,7	38,5	53,5
233/4	86,3	45,4	55,6	87,6	36,6	48,9	86,8	29,6	43,5
233/5	85,8	44,6	50,6	85,1	29,1	42,4	86,4	33,2	45,0
233/7	86,4	46,3	55,2	85,4	34,5	37,6	86,4	30,1	43,2

**Tabelle A 9: Abstammung der Tiere (1. Durchgang)**

Tier ID*	Rasse	Vater	Tier ID*	Rasse	Vater
52/60	PIxDL	Omar	99/44	DExDL	Samuel
52/62	PIxDL	Omar	99/45	DExDL	Samuel
52/69	PIxDL	Omar	99/51	DExDL	Samuel
52/70	PIxDL	Omar	99/52	DExDL	Samuel
56/58	PIxDL	Omar	106/35	DL	Lonzo
56/59	PIxDL	Omar	106/38	DL	Lonzo
56/61	PIxDL	Omar	106/40	DL	Lonzo
56/64	PIxDL	Omar	106/43	DL	Lonzo
59/47	PIxDL	Max	106/49	DL	Lonzo
59/50	PIxDL	Max	106/51	DL	Lonzo
59/52	PIxDL	Max	106/55	DL	Lonzo
59/56	PIxDL	Max	106/57	DL	Lonzo
61/49	DL	Lonzo	107/53	DL	Lonzo
61/52	DL	Lonzo	107/58	DL	Lonzo
61/55	DL	Lonzo	107/60	DL	Lonzo
61/56	DL	Lonzo	107/63	DL	Lonzo
62/54	DL	Lonzo	118/44	DExDL	Samuel
62/56	DL	Lonzo	118/46	DExDL	Samuel
62/59	DL	Lonzo	118/49	DExDL	Samuel
62/62	DL	Lonzo	120/50	DL	Lonzo
81/49	PIxDL	Robert	120/51	DL	Lonzo
81/50	PIxDL	Robert	120/53	DL	Lonzo
81/53	PIxDL	Robert	120/54	DL	Lonzo
81/54	PIxDL	Robert	143/13	DL	Lonzo
86/41	DL	Lonzo	143/15	DL	Lonzo
86/44	DL	Lonzo	143/16	DL	Lonzo
86/46	DL	Lonzo	143/17	DL	Lonzo
86/47	DL	Lonzo	145/13	DL	Lonzo
88/62	PIxDL	Omar	145/16	DL	Lonzo
88/64	PIxDL	Omar	145/20	DL	Lonzo
88/71	PIxDL	Omar	145/26	DL	Lonzo
88/73	PIxDL	Omar	152/9	PIxDL	Zausel
89/51	DL	Lonzo	152/13	PIxDL	Zausel
89/52	DL	Lonzo	152/17	PIxDL	Zausel
89/55	DL	Lonzo	152/18	PIxDL	Zausel
89/58	DL	Lonzo	156/1	PIxDL	Willi
91/54	DExDL	Samuel	156/2	PIxDL	Willi
91/58	DExDL	Samuel	156/6	PIxDL	Willi
91/61	DExDL	Samuel	156/7	PIxDL	Willi
91/62	DExDL	Samuel	157/1	PIxDL	Willi
			157/2	PIxDL	Willi
			157/4	PIxDL	Willi
			157/8	PIxDL	Willi

\*Tier ID = Nr. der Mutter / Nr. des Ferkels

**Tabelle A 9: Abstammung der Tiere (1. Durchgang) (Fortsetzung)**

Tier ID*	Rasse	Vater	Tier ID*	Rasse	Vater
158/1	PIxDL	Willi	57041/26	PI	Volkward
158/2	PIxDL	Willi	57041/27	PI	Volkward
158/5	PIxDL	Willi	57049/14	PI	Risiko
158/7	PIxDL	Willi	57049/15	PI	Risiko
996/89	PIxDL	Carlos	57049/19	PI	Risiko
996/91	PIxDL	Carlos	57049/20	PI	Risiko
996/93	PIxDL	Carlos	57067/14	PI	Velux
996/96	PIxDL	Carlos	57067/17	PI	Velux
56661/64	DUxPI	Diebel	57067/20	PI	Velux
56661/65	DUxPI	Diebel	57067/22	PI	Velux
56661/67	DUxPI	Diebel	57092/14	PI	Velux
56689/52	PI	Velux	57092/15	PI	Velux
56689/53	PI	Velux	57092/17	PI	Velux
56689/54	PI	Velux	57092/21	DUxPI	Diebel
56689/65	PI	Vestus	57092/23	DUxPI	Diebel
56689/67	PI	Vestus	57092/25	DUxPI	Diebel
56689/69	PI	Vestus	57093/148	PI	Velux
56800/34	PI	Risiko	57093/156	PI	Vuto
56800/35	PI	Risiko	57093/157	PI	Vuto
56800/40	PI	Risiko	57093/158	PI	Vuto
56800/43	PI	Risiko	57093/159	PI	Vuto
56831/42	PI	Flegel	57094/7	PI	Velux
56831/43	PI	Flegel	57094/8	PI	Velux
56831/50	PI	Flegel	57094/9	PI	Velux
56831/51	PI	Flegel	57094/11	PI	Velux
56884/51	PI	Cobold	57094/153	DUxPI	Diebel
56884/52	PI	Cobold	57094/154	DUxPI	Diebel
56884/53	PI	Cobold	57094/155	DUxPI	Diebel
56884/54	PI	Cobold	57138/1	PI	Zaron
56915/41	PI	Volkward	57138/3	PI	Zaron
56915/42	PI	Volkward	57138/6	PI	Zaron
56915/50	PI	Volkward	57138/8	PI	Zaron
56915/51	PI	Volkward	57142/13	PI	Volkward
57003/25	PI	Risiko	57142/14	PI	Volkward
57003/26	PI	Risiko	57142/15	PI	Volkward
57003/28	PI	Risiko	57142/16	PI	Volkward
57003/32	PI	Risiko	57220/1	PI	Volkward
57019/21	PI	Vern	57220/2	PI	Volkward
57019/22	PI	Vern	57220/6	PI	Volkward
57019/24	PI	Vern	57220/7	PI	Volkward
57019/25	PI	Vern			
57041/20	PI	Volkward			
57041/21	PI	Volkward			

\*Tier ID = Nr. der Mutter / Nr. des Ferkels

**Tabelle A 10: Abstammung der Tiere (2. Durchgang)**

Tier ID*	Rasse	Vater	Tier ID*	Rasse	Vater
11/113	PixF1	Prinz	141/45	PixDL	Conny
11/115	PixF1	Prinz	141/46	PixDL	Conny
11/118	PixF1	Prinz	151/37	PixDL	Conny
11/119	PixF1	Prinz	151/38	PixDL	Conny
57/4	PixDL	Prinz	151/40	PixDL	Conny
57/6	PixDL	Prinz	151/41	PixDL	Conny
57/10	PixDL	Prinz	152/37	PixDL	Willi
57/14	PixDL	Prinz	152/38	PixDL	Willi
57/87	PixDL	Conny	152/40	PixDL	Willi
57/88	PixDL	Conny	152/41	PixDL	Willi
57/93	PixDL	Conny	156/35	PixDL	Conny
57/96	PixDL	Conny	156/39	PixDL	Conny
95/90	PixDL	Conny	156/42	PixDL	Conny
95/92	PixDL	Conny	156/43	PixDL	Conny
95/96	PixDL	Conny	157/39	PixDL	Willi
95/103	PixDL	Conny	157/40	PixDL	Willi
104/62	PixDL	Conny	157/42	PixDL	Willi
104/63	PixDL	Conny	157/44	PixDL	Willi
104/68	PixDL	Conny	161/27	PixF1	Carlos
104/69	PixDL	Conny	161/30	PixF1	Carlos
112/74	PixF1	Carlos	161/37	PixF1	Carlos
112/75	PixF1	Carlos	161/38	PixF1	Carlos
112/80	PixF1	Carlos	162/26	PixF1	Willi
112/83	PixF1	Carlos	162/30	PixF1	Willi
114/90	PixDL	Willi	162/33	PixF1	Willi
114/95	PixDL	Willi	162/34	PixF1	Willi
114/97	PixDL	Willi	165/41	PixF1	Conny
114/100	PixDL	Willi	165/43	PixF1	Conny
118/62	PixDL	Willi	165/46	PixF1	Conny
118/66	PixDL	Willi	165/49	PixF1	Conny
118/70	PixDL	Willi	179/10	PixF1	Willi
118/72	PixDL	Willi	179/12	PixF1	Willi
127/65	PixF1	Robert	179/17	PixF1	Willi
127/67	PixF1	Robert	179/18	PixF1	Willi
127/73	PixF1	Robert	183/8	PixF1	Carlos
127/75	PixF1	Robert	183/10	PixF1	Carlos
140/38	PixDL	Prinz	183/11	PixF1	Carlos
140/40	PixDL	Prinz	183/16	PixF1	Carlos
140/44	PixDL	Prinz	184/14	PixF1	Conny
140/46	PixDL	Prinz	184/15	PixF1	Conny
141/42	PixDL	Conny	184/20	PixF1	Conny
141/44	PixDL	Conny	184/26	PixF1	Conny
			188/18	PixF1	Prinz
			188/23	PixF1	Prinz

\*Tier ID = Nr. der Mutter / Nr. des Ferkels

**Tabelle A 10: Abstammung der Tiere (2. Durchgang) (Fortsetzung)**

Tier ID*	Rasse	Vater	Tier ID*	Rasse	Vater
188/26	PixF1	Prinz	214/1	PixF1	Conny
188/30	PixF1	Prinz	214/6	PixF1	Conny
190/21	PixF1	Conny	214/8	PixF1	Conny
190/24	PixF1	Conny	214/12	PixF1	Conny
190/27	PixF1	Conny	220/5	PixF1	Prinz
190/28	PixF1	Conny	220/6	PixF1	Prinz
192/22	PixF1	Conny	220/7	PixF1	Prinz
192/24	PixF1	Conny	220/8	PixF1	Prinz
192/25	PixF1	Conny	222/1	PixDL	Ramon
192/28	PixF1	Conny	222/2	PixDL	Ramon
193/20	PixF1	Conny	222/4	PixDL	Ramon
193/24	PixF1	Conny	222/7	PixDL	Ramon
193/28	PixF1	Conny	224/1	PixDL	Ramon
193/30	PixF1	Conny	224/2	PixDL	Ramon
200/16	PixDL	Prinz	224/7	PixDL	Ramon
200/17	PixDL	Prinz	224/9	PixDL	Ramon
200/18	PixDL	Prinz	225/1	PixDL	Ramon
200/20	PixDL	Prinz	225/4	PixDL	Ramon
201/13	PixDL	Prinz	225/7	PixDL	Ramon
201/14	PixDL	Prinz	225/8	PixDL	Ramon
201/17	PixDL	Prinz	226/1	PixDL	Ramon
201/18	PixDL	Prinz	226/2	PixDL	Ramon
205/2	PixDL	Conny	226/7	PixDL	Ramon
205/4	PixDL	Conny	226/8	PixDL	Ramon
205/8	PixDL	Conny	227/1	PixDL	Ramon
205/10	PixDL	Conny	227/3	PixDL	Ramon
206/2	PixF1	Conny	227/6	PixDL	Ramon
206/3	PixF1	Conny	227/7	PixDL	Ramon
206/4	PixF1	Conny	228/2	PixDL	Ramon
206/5	PixF1	Conny	228/4	PixDL	Ramon
207/3	PixF1	Conny	228/7	PixDL	Ramon
207/4	PixF1	Conny	228/10	PixDL	Ramon
207/8	PixF1	Conny	229/2	PixDL	Ramon
207/10	PixF1	Conny	229/5	PixDL	Ramon
210/4	PixDL	Conny	229/8	PixDL	Ramon
210/5	PixDL	Conny	229/9	PixDL	Ramon
210/7	PixDL	Conny	233/1	PixDL	Ramon
210/8	PixDL	Conny	233/4	PixDL	Ramon
211/1	PixDL	Ramon	233/5	PixDL	Ramon
211/7	PixDL	Ramon	233/7	PixDL	Ramon
211/10	PixDL	Ramon			
211/12	PixDL	Ramon			

\*Tier ID = Nr. der Mutter / Nr. des Ferkels

## 7 Literaturverzeichnis

- BERK, A.; SCHULZ, E. 1993:  
Die Verdaulichkeit des Phosphors aus unterschiedlichen Futtermitteln beim Schwein während der Mast. VDLUFA-Kongreßband , 309-312
- BRANDT, M.; ALLAM, S. M. 1987:  
Analytik von  $TiO_2$  im Darminhalt und Kot nach Kjeldahlaufschluß. Arch. Anim. Nutr. 37, 453-454
- DÜNGELHOEF, M.; PFEFFER, E. 1994:  
Phosphorbewertung beim Schwein. Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes "Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft" 19
- DÜNGELHOEF, M.; RODEHUTSCORD, M.; SPIEKERS, H.; PFEFFER, E. 1994:  
Effects of supplemental microbial phytase on availability of phosphorus contained in maize, wheat and triticale to pigs. Anim. Feed Sci. Technol. 49, 1-10
- EECKHOUT, W.; DE PAPE, M. 1992:  
Meilleur utilization des aliments. Phytase microbienne. Influence d'une phytase microbienne sur la digestibilité apparente du phosphore d'aliments pour porcelets. Revue d'Agriculture 45
- FAUST, M. 1996:  
Untersuchungen zur Verdaulichkeit des Phosphors in Futtermitteln pflanzlicher und tierischer Herkunft beim Schwein. Diss. agr., Universität Bonn
- GfE 1987:  
Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 4. Schweine.; DLG-Verlag: Frankfurt am Main, Germany
- GfE 1994:  
Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie: Die Bestimmung des verdaulichen Phosphors beim Schwein. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 2, 113-119
- GfE 1997:  
Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie: Überarbeitete Empfehlungen zur Versorgung von Schweinen mit Phosphor. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 6, 193-200
- GUIXIN, Q.; VERSTEGEN, M. W. A.; BOSCH, M. W. 1995:  
Variation of digestive capacity between genetically different pig populations: a review. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 73, 233-242
- JAGGER, S.; WISEMAN, J.; COLE, D. J. A.; CRAIGON, J. 1992:  
Evaluation of inert markers for the determination of ileal and faecal apparent digestibility values in the pig. British Journal of Nutrition 68, 729-739
- JÜNGST, H.; THOLEN, E. 1995:  
Die rheinische Fleischleistungsprüfung für Schweine im Jahre 1994; Institut für Tierzuchtwissenschaft der Universität Bonn, Staatliche Leistungsprüfungsanstalt im Versuchsgut Frankenforst
- Kotb, A. R.; Luckey, T. D. 1972:  
Markers in nutrition. Nutr. Abstr. Rev. 42, No. 3, 813-845

- KRAUSE, G.; HOVENJÜRGEN, M.; RODEHUTSCORD, M.; PFEFFER, E. 1997:  
Wirkung mikrobieller Phytase auf die Verdaulichkeit des Phosphors aus Corn-Cob-Mix beim Schwein *109th VDLUFA-Kongress, Leipzig*; VDLUFA-Verlag, Darmstadt, 147-150
- KRAUSE, G.; RODEHUTSCORD, M.; PFEFFER, E. 1998:  
Verdaulichkeit des Phosphors beim Ferkel. Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes "Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft" 59
- KRAWIELITZKI, K.; SCHADEREIT, R.; BORGMANN, E.; EVERS, B. 1987:  
Prüfung von  $^{51}\text{Cr}_2\text{O}_3$  und  $\text{TiO}_2$  als Marker für die Bestimmung von Passagerate und Proteinverdaulichkeit bei Ratten. *Arch. Anim. Nutr.* 37, 1085-1099
- MERKS, J. W. M. 1988:  
Genotype x environmental interactions in pig progeny testing. Ph. D. thesis.; Wageningen Agricultural University: Wageningen
- NAUMANN, C.; BASSLER, R. 1976:  
VDLUFA-Methodenbuch, Vol. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln (Ergänzungen von 1983, 1988, 1993 und 1997 in loser Blattsammlung); VDLUFA-Verlag: Darmstadt
- NRC 1998:  
Nutrient Requirements of Swine: 10th Revised Edition; National Academy Press: Washington, D.C.
- PALLAUF, J.; HÖHLER, D.; RIMBACH, G.; NEUSSER, H. 1992:  
Einfluß einer Zulage an mikrobieller Phytase zu einer Mais-Soja-Diät auf die scheinbare Absorption von Phosphor und Calcium beim Ferkel. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 67, 30-40
- RODEHUTSCORD, M.; FAUST, M.; DÜNGELHOEF, M.; SPIEKERS, H.; PFEFFER, E. 1994:  
Zur Messung der Verdaulichkeit des Phosphors aus mineralischen Phosphor-Trägern sowie aus Mineralfuttern, Eiweißkonzentraten und Alleinfuttern für Schweine. *J. Anim. Phys. Anim. Nutr.* 71, 169-178
- RODEHUTSCORD, M.; FAUST, M.; HOF, C. 1997:  
Digestibility of phosphorus in protein-rich ingredients for pig diets. *Arch. Anim. Nutr.* 50, 201-211
- RODEHUTSCORD, M.; FAUST, M.; LORENZ, H. 1996:  
Digestibility of phosphorus contained in soybean meal, barley, and different varieties of wheat, without and with supplemental phytase fed to pigs and additivity of digestibility in a wheat-soybean-meal diet. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 75, 40-48
- RODEHUTSCORD, M.; FAUST, M.; PFEFFER, E. 1999:  
The course of phosphorus excretion in growing pigs fed continuously increasing phosphorus concentrations after a phosphorus depletion. *Arch. Anim. Nutr.* 52, 323-334
- RODEHUTSCORD, M.; HAVERKAMP, R.; Pfeffer, E. 1998:  
Inevitable losses of phosphorus in pigs, estimated from balance data using diets deficient in phosphorus. *Arch. Anim. Nutr.* 51, 27-38
- RODEHUTSCORD, M.; JÜNGST, H. 1998:  
Verdaulicher Phosphor beim Schwein: brauchen wir Sicherheitszuschläge bei der Rationsberechnung für Mastschweine ? *5. Tagung Schweine- und Geflügelnahrung, 1.-3- Dez. 1998, Wittenberg, Tagungsband*, 36-39

- SCHRÖDER, B.; BREVES, G.; RODEHUTSCORD, M. 1996:  
Mechanisms of intestinal phosphorus absorption and availability of dietary phosphorus in pigs. Dtsch. tierärztl. Wschr. 103, 209-214
- THOLEN, E.; KIRSTGEN, B.; TRAPPMANN, W.; SCHELLANDER, K. 1998:  
Genotyp x enviromental interactions in an German pig breeding herdbook society using crossbred progeny information. Arch. f. Tierzucht 41, 53-63
- WALZ, O. P.; PALLAUF, J. 1993:  
Scheinbare Verdaulichkeit von Futterphosphaten und Brauchbarkeit von Chrom-III-Oxid als Indikator zur Messung der scheinbaren Verdaulichkeit von Phosphor beim Ferkel. Agribiol. Res. 46, 208-217
- ZDS 1997:  
Richtlinie für die Stationsprüfung auf Mastleistung, Schlachtkörperwert und Fleischbeschaffenheit beim Schwein; Ausschuss für Leistungsprüfung und Zuchtwertschätzung beim Schwein des Zentralverbandes der Deutschen Schweineproduktion (ZDS); Bonn