



Ganzjährige Freilandhaltung von Mastschweinen als Fruchtfolglied in der Ökologischen Landwirtschaft

- SCHLUSSBERICHT -

Erstellt von:

Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften
Fachgebiet Tierernährung und Tiergesundheit

Nordbahnhofstraße 1a, D-37213 Witzenhausen

Tel.: +49 5542 98-1710

E-Mail: sundrum@wiz.uni-kassel.de

Internet: <http://www.uni-kassel.de/fb11/tierreg/index.html>

Gefördert vom Bundesministerium für
Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

Dieses Dokument ist über <http://forschung.oekolandbau.de> verfügbar.



Bundesprogramm Ökologischer Landbau

Schlussbericht: Projekt 02OE449

Ganzjährige Freilandhaltung von Mastschweinen als ein Fruchtfolgeglied im Ökologischen Landbau

Projektleitung: Prof. Dr. med. vet. A. Sundrum

Projektbearbeitung: Antje Farke (M.Sc.)

in Zusammenarbeit mit

Dr. Michael Brandt

FG Bodenkunde

FB Ökologische Agrarwissenschaft

Universität Kassel

Nordbahnhofstraße 1a

D-37213 Witzenhausen

Dr. Friedrich Weißmann

Institut für Ökologischen Landbau

Trenthorst 32

D-23847 Westerau

Dieses Dokument ist in der Wissenschaftsplattform des Zentralen Internetportals "Ökologischer Landbau" archiviert und kann unter <http://www.orgprints.org/5233> heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zum Programm zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie von Maßnahmen zum Technologie- und Wissenstransfer im öko-logischen Landbau	4
1.1	Planung und Ablauf des Projekts	5
1.2	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	7
1.2.1	Tierleistung	7
1.2.2	Tiergesundheit	8
1.2.2.1	Organveränderungen und Endoparasiten	8
1.2.2.2	Salmonellen	10
1.2.3	Futterpflanzen	11
1.2.3.1	Stoppelrübe	11
1.2.3.2	Weidelgras	12
1.2.3.3	Topinambur	12
1.2.4	Freilandhaltung und Boden	14
2	Material und Methoden	15
2.1	Standort	15
2.2	Böden	16
2.3	Klima	18
2.4	Flächenausstattung und -design	19
2.4.1	Auslaufflächen mit stationären Versorgungseinrichtungen	19
2.4.2	Auslaufflächen mit versetzten Versorgungseinrichtungen	21
2.5	Versuchstiere	21
2.6	Fütterung und Tränke	22
2.7	Methoden zur Erfassung der Tierleistung	22
2.7.1	Produktionsdaten	22
2.7.2	Schlachtdaten	23
2.7.3	IMF als Parameter der Fleischqualität	23
2.8	Methoden zur Erfassung der Tiergesundheit	25
2.8.1	Schlachtkörper- und Organbefunde	25
2.8.2	Kotproben	26
2.8.3	Blutproben	26
2.9	Methoden zur Erfassung des Futterangebotes	27
2.10	Bodenchemische Untersuchungen	27
2.10.1	Probenahme Boden	27
2.10.2	Analytik N_{min} im Boden	27
2.10.3	Analytik pflanzenverfügbares P und K im Boden	27
2.10.4	Analytik pH-Wert im Boden	28
2.11	Bodenphysikalische Untersuchungen	28
2.11.1	Beziehung zwischen Wassergehalt und Wasserspannung	28
2.11.2	Porengrößenverteilung	28
2.11.3	Gesättigte Wasserleitfähigkeit	28
2.12	Nährstoffbilanzierungen	29
2.13	Methode der ökonomischen Berechnung	30
2.14	Statistische Auswertung	30
3	Ergebnisse und Diskussion	31
3.1	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	31
3.1.1	Tierleistung	31
3.1.1.1	Produktionsdaten	31
3.1.1.2	Schlachtdaten	42
3.1.2	Tiergesundheit	56

3.1.2.1	Abgangsursachen.....	56
3.1.2.2	Kotproben	56
3.1.2.3	Blutproben	57
3.1.2.4	Schlachtkörper- und Organbefunde.....	57
3.1.3	Das Futterangebot.....	60
3.1.3.1	Die Konzentratfuttermittel	60
3.1.3.2	Futterpflanze Stoppelrübe	60
3.1.3.3	Futterpflanze Weidelgras.....	61
3.1.3.4	Futterpflanze Topinambur.....	64
3.2	Nährstoffbilanzen.....	66
3.2.1	Gesamtnährstoffeinträge	66
3.2.2	Nährstoffverteilungen.....	72
3.2.3	Stickstoffverteilung.....	73
3.2.4	Phosphat- und Kaliumverteilung.....	79
3.3	Bodenstruktur	82
3.3.1	Porenraumverteilung	82
3.3.2	Gesättigte Wasserleitfähigkeit	84
3.4	Integration der Freilandhaltung von Mastschweinen in die Fruchtfolge.....	85
3.4.1	Ökonomie	88
4	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen	91
5	Zusammenfassung	92
6	Kurzfassung	94
7	Abstract	95
8	Abkürzungsverzeichnis	96
9	Tabellenverzeichnis.....	97
10	Abbildungsverzeichnis	99
11	Literaturverzeichnis.....	100

1 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zum Programm zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie von Maßnahmen zum Technologie- und Wissenstransfer im ökologischen Landbau

Ziel des interdisziplinären Forschungsprojektes war es, wesentliche Voraussetzungen für die Etablierung einer ganzjährigen Freilandhaltung von Mastschweinen zu prüfen, in dem die Auswirkungen der Haltung von Schweinen unterschiedlicher genetischer Herkünfte auf verschiedenen Futterflächen im Hinblick auf Nährstoffaustrag, Futternutzung, Tiergesundheit, Schlachtkörperqualitäten und Produktionskosten untersucht wurden. Darüber hinaus sollte das Fruchtfolgeglied Freilandmastschweine im Hinblick auf ökonomische und nährstoffrelevante Kenngrößen mit den Auswirkungen eines Anbaujahres Klee gras verglichen werden.

Es wurden Ergebnisse zu den Möglichkeiten und Begrenzungen der Ausweitung der Ökologischen Schweinehaltung durch die Freilandhaltung erwartet. Ziel war die Identifizierung von Hemmnissen, die der Umsetzung des Verfahrens entgegenstehen sowie die Erarbeitung von Lösungsstrategien und praktischen Handlungsanweisungen für Betriebe, die das Betriebsverfahren einführen wollen.

Wissenschaftliche und/oder technische Arbeitsziele des Vorhabens

Bislang liegen keine wissenschaftlich gesicherten Kenntnisse über die Freilandhaltung von Mastschweinen vor. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, vor einer Umsetzung dieser Haltungsform in die Praxis potentielle Hindernisse, die dieser maßgeblich entgegenstehen könnten, zu prüfen. Folgende wichtige Fragestellungen standen im Vordergrund:

- Bestehen Unterschiede bei genetischen Herkünften in der Eignung für die Freilandhaltung?
- Welche Auswirkungen sind auf die Tiergesundheit und Tierschutzaspekte zu erwarten?
- Welche Auswirkungen sind auf die Variation der Schlachtkörperqualitäten zu erwarten?
- Auf welche Weise können die Futterkosten niedrig gehalten werden?
- Inwieweit kann die Gefahr überhöhter Nährstoffausträge über Exkrememente gebannt werden?
- Welche Wertschöpfung kann unter Berücksichtigung der Opportunitätskosten aus gesamtbetriebswirtschaftlicher Sicht erwirtschaftet werden?

1.1 Planung und Ablauf des Projekts

Für die Versuchsdurchführung wurde im Oktober 2002 erstmals eine Freilandanlage für Mastschweine auf Flächen der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen, dem Lehr- und Versuchsbetrieb der Universität Kassel, etabliert und in die Fruchtfolge des Betriebes integriert. Die Anlage wurde vom zuständigen Amtsveterinär genehmigt.

Versuchsdesign

Innerhalb der Gesamtdauer des Projektes lassen sich zwei Versuchsdurchgänge unterscheiden. Der erste Versuchsdurchgang „Winter/Frühjahr 2002/03“ (W02) startete Mitte Oktober 2002 und endete Anfang Mai 2003. Der zweite Versuchsdurchgang „Sommer/Herbst 2003“ (S03) schloss sich daran an und dauerte bis zum Ende des Jahres 2003.

In jedem Durchgang wurden drei Varianten geprüft, wobei die erste Variante (1K110R110) (Mitte Oktober bis Dezember 2002) des ersten Versuchsdurchganges W02 als Testvariante zu werten ist. Verschiedene Umstände, u.a. die verzögerte Mittelzuweisung, erforderten die Verwendung schwerer Schweine aus einem Stallhaltungssystem, welche sich gewichtsmäßig bereits im Bereich der Endmastphase befanden. Diese Tiere haben somit nicht die komplette Mastphase unter Freilandbedingungen durchlaufen und bleiben im Folgenden bei der Betrachtung von Tierleistung und -gesundheit unberücksichtigt. Produktionsdaten bezüglich dieser Tiergruppe lassen sich dem Zwischenbericht zum Projekt 02OE449 entnehmen. 1K110R110 wird in dem vorliegenden Endbericht bei den bodenkundlichen Untersuchungen mit ausgewertet.

Innerhalb jeder Versuchsvariante wurden zwei Versuchsgruppen (=unterschiedliche genetische Herkünfte) getestet. Es wurde eine zweiphasige Mast praktiziert. Während der Anfangsmast wurde ein proteinreicheres Konzentratfuttermittel zugefüttert als in der Endmastphase. Mit dem Beginn der Endmast erfolgte ein Flächenwechsel. Die Mastphasen dauerten in den verschiedenen Varianten zwischen 8 und 13 Wochen.

Es wurden verschiedene Futterpflanzen bzw. Flächen genutzt: Stoppelrübe *Brassica rapa rapifera* (R), Weidelgras (W), Topinambur *Helianthus tuberosus* (T) und Getreidestoppeln (S).

Vermarktet wurden die Schweine über die Firma tegut©, die Schlachtung erfolgte an 13 verschiedenen Terminen auf dem Schlachthof Fulda, wobei 5 Termine dem Versuchsdurchgang W02 und 8 dem 2. Durchgang S03 zuzuordnen sind.

Zur Klärung der dem Versuch zugrunde liegenden Fragestellungen wurden Bodenuntersuchungen durchgeführt, Kot- und Blutproben analysiert, ebenso Proben vom Futterflächenaufwuchs und den angebotenen Konzentratfuttermitteln. Darüber hinaus wurden Daten zur Tierleistung und ökonomische Kenngrößen erfasst und ausgewertet.

Eine Übersicht über die einzelnen Versuchsvarianten bzw. Versuchsgruppen gibt Tabelle 1.2. Hier finden sich Angaben zur der Genetik der Tiere, zu den Futterpflanzen der einzelnen

Mastphasen und ihrem jeweiligen Zustand, zur Konzentratfüttergabe (KF-Gabe entsprechend der GfE-Empfehlungen für 750 g Tageszunahme und Stallhaltung) und zur Dauer jeder Mastphase. Dem vorangestellt ist in Tabelle 1.1 eine Erklärung der Abkürzungen der Versuchsgruppen:

Tabelle 1.1 Abkürzungen der Versuchsgruppen

2R110W110(a)	Variante 2 Stoppelrübe (R) + 110 % KF in der Anfangsmast Weidelgras (W) + 110 % KF in der Endmast (Hampshire x Pietrain) x (Duroc x Deutsche Landrasse) als Genetik (a)
2R110W110(b)	Variante 2 Stoppelrübe (R) + 110 % KF in der Anfangsmast Weidelgras (W) + 110 % KF in der Endmast Pietrain x (Deutsches Edelschwein x Deutsche Landrasse) als Genetik (b)
3W110W110(a)	Variante 3 Weidelgras (W) + 110 % KF in der Anfangsmast Weidelgras (W) + 110 % KF in der Endmast (Hampshire x Pietrain) x (Duroc x Deutsche Landrasse) als Genetik (a)
3W110W110(b)	Variante 3 Weidelgras (W) + 110 % KF in der Anfangsmast Weidelgras (W) + 110 % KF in der Endmast Pietrain x (Deutsches Edelschwein x Deutsche Landrasse) als Genetik (b)
4W100T80(a)	Variante 4 Weidelgras (W) + 100 % KF in der Anfangsmast Topinambur (T) + 80 % KF in der Endmast (Hampshire x Pietrain) x (Duroc x Deutsche Landrasse) als Genetik (a)
4W100T80(c)	Variante 4 Weidelgras (W) + 100 % KF in der Anfangsmast Topinambur (T) + 80 % KF in der Endmast Pietrain x (Duroc x Deutsche Landrasse) als Genetik (c)
5S100R100(a)	Variante 5 Stoppeln (S) + 100 % KF in der Anfangsmast Stoppelrübe (R) + 100 % KF in der Endmast (Hampshire x Pietrain) x (Duroc x Deutsche Landrasse) als Genetik (a)
5S100R100(c)	Variante 5 Stoppeln (S) + 100 % KF in der Anfangsmast Stoppelrübe (R) + 100 % KF in der Endmast Pietrain x (Duroc x Deutsche Landrasse) als Genetik (c)
6W100T80(a)	Variante 6 Weidelgras (W) + 100 % KF in der Anfangsmast Topinambur (T) + 80 % KF in der Endmast (Hampshire x Pietrain) x (Duroc x Deutsche Landrasse) als Genetik (a)
6W100T80(c)	Variante 6 Weidelgras (W) + 100 % KF in der Anfangsmast Topinambur (T) + 80 % KF in der Endmast Pietrain x (Duroc x Deutsche Landrasse) als Genetik (c)

Tabelle 1.2 Versuchsvarianten

Durchgang	W02		S03		
Variante	2	3	4	5	6
Versuchsgruppen	2R110W110(a) 2R110W110(b)	3W110W110(a) 3W110W110(b)	4W100T80(a) 4W100T80(c)	S100R100(a) S100R100(c)	W100T80(a) W100T80(c)
Anfangsmast (AM)					
Zustand des Bewuchses	Stoppelrübe - erfroren	Weidelgras – Winterstadium	Weidelgras - Wachstum	Stoppeln	Weidelgras – vertrocknet
KF-Gabe	110 %	110 %	100 %	100 %	100 %
Dauer	9 Wochen (49.-05.KW)	9 Wochen (49.-05.KW)	7 Wochen (22.-28.KW)	9 Wochen (32.-40.KW)	8 Wochen (32.-39.KW)
Endmast (EM)					
Zustand des Bewuchses	Weidelgras – Winterstadium	Weidelgras – Winterstadium	Topinambur – oberirdischer Aufwuchs	Stoppelrübe – sehr spätes Auflaufen	Topinambur – oberirdischer Aufwuchs und Knollen
KF-Gabe	110 %	110 %	80 %	100 %	80 %
Maximale Dauer	13 Wochen (06.-18.KW)	13 Wochen (06.-18.KW)	11 Wochen (29.-40.KW)	10 Wochen (41.-51.KW)	11 Wochen (40.-51.KW)
a = (Hampshire x Pietrain) x (Duroc x Deutsche Landrasse) b = Pietrain x (Deutsches Edelschwein x Deutsche Landrasse) c = Pietrain x (Duroc x Deutsche Landrasse) KF-Gabe = Konzentratfüttergabe entsprechend GfE-Empfehlung für 750 g Tageszunahme					

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

1.2.1 Tierleistung

Es sind einige wenige vergleichende Untersuchungen zwischen Mastschweinen aus Stall- und Freilandhaltung bekannt, die Auskunft über die Produktionsleistung von Freilandmastschweinen geben.

Eine Untersuchung aus Schweden ergab für die Freilandschweine verglichen mit den Stallschweinen zwischen 60 und 160 g höhere tägliche Zunahmen (OHL, 1952). Die Erfahrungen von STOLL (1994) zeigten, dass Weidemastschweine Tageszunahmen von 750 bis 800 g erreichen können. Mit 729 g Zunahme pro Tag lagen die im Freiland gemästeten Schweine aus dem Versuch von SCHNEIDER (1996) auf einem ähnlichen Leistungsniveau. Die zugehörige Vergleichsgruppe im Stall erreichte dagegen lediglich 679 g Tageszunahme. BREMERMAN (2001) ermittelte in ihrer vergleichenden Untersuchung für die ausschließlich im Freiland gehaltenen Schweine Tageszunahmen über die gesamte Mast von 844 g. Die durchgehend im Stall gehaltenen Tiere erreichten demgegenüber nur 788 g mittlere Zunahme.

Wichtige Kenngrößen der Schlachtkörperqualität sind Muskelfleischanteil (MfA) und Verfettung bzw. Rückenspeckdicke. Einige Autoren konnten bezüglich des MfA keine

Unterschiede zwischen Schweinen aus Freiland- bzw. Stallhaltung feststellen (VAN DER WAL, 1993; HAIDN, 1999).

DURST und WILLEKE (1994) beschrieben für Freilandmastschweine einen um 1 bis 2 % geringeren MfA-Wert. Sie begründeten dies u.a. mit einer stärkeren Ausbildung der Fettschicht zur Wärmeisolierung im Winter. PFEILER (1999) führte Daten aus dänischen Freilandbetrieben an: hier lagen die Muskelfleischanteile im Durchschnitt zwischen 51,3 und 56,4 % und damit deutlich unter dem Ergebnis der 25 % besten Stallbetriebe mit 59,8 % MfA.

Nach BREMERMAN (2001) wurde ein deutlich höherer Anteil der über Aufzucht und Mast im Stall gehaltenen Schweine mit MfA >55 % in Handelsklasse E eingestuft (32,3 %). Einen MfA >55 % hatten demgegenüber nur 10,7 % der Schweine aus durchgehender Freilandhaltung.

Eine höhere Rückenspeckdicke bei den Freilandtieren im Vergleich zu den Stalltieren ermittelten ENGLER (1994) und WEBER (1996). In einer anderen Untersuchung von ADGE (1990) zeichneten sich jedoch die Schlachtkörper der extensiv gehaltenen Schweine gegenüber der Stall-Kontrollgruppe durch einen geringeren Fettgehalt aus.

Während der vergangenen zwei Jahrzehnte hat, ausgelöst durch eine gestiegene Nachfrage nach magerem Fleisch, in der Schweineproduktion verschiedener europäischer Länder eine Veränderung bezüglich der Anteile Fett und Fleisch der Mastschweine stattgefunden. So wurde die Rückenspeckdicke um mehr als 50% reduziert und gleichzeitig konnte der Anteil an Muskelfleisch entsprechend erhöht werden (ANDRESEN, 2000). Mit der Erhöhung der Fleischfülle, nimmt die Gefahr des Auftretens von Fleischbeschaffenheitsmängeln zu (HARR, 1989; LENGERKEN, 1990).

Nach Aussage von CLAUS (1996) wird der Genusswert von Fleisch maßgeblich durch die Parameter Zartheit, Saftigkeit und Aroma bestimmt. Für alle drei Kriterien spielt der intramuskuläre Fettgehalt (IMF) eine ausschlaggebende Rolle. Erst das fein verteilte Fett im Muskel, das in höheren Gehalten als Marmorierung erkennbar wird, lässt eine geschmackliche Unterscheidung zwischen Tierarten zu (KALLWEIT und BAULAIN, 1995). Der für den Genusswert optimale IMF-Gehalt liegt zwischen 2,5 bis 3%, gemessen im *Musculus longissimus dorsi*, der Muskelpartie des tierischen Organismus, in welcher der IMF-Gehalt seinen niedrigsten Wert aufweist (BEJERHOLM und Barton-GADE; 1986; SCHWÖRER 1986; FERNANDEZ et al., 1999). Im Fleisch moderner Schlachtschweine findet sich ein durchschnittlichen IMF-Gehalt von ca. 1% auf (DOEDT, 1997).

1.2.2 Tiergesundheit

1.2.2.1 Organveränderungen und Endoparasiten

Die häufigsten nachgewiesenen Organveränderungen bei Schlachtschweinen sind Schäden am Respirationstrakt, die auf Lungen-, Brustfell- und Herzbeutelentzündungen zurückzuführen sind (STRAW et al., 1989; ELBERS, 1991; TIELEN, 1991; BOYD et al., 1993). Angaben über die Häufigkeit von Lungenveränderungen reichen von 0,7% (ELBERS et al.,

1992) bis zu 80% (WOLF, 1986). Weltweit sollen nach Aussage von GUERRERO (1990) mehr als 50% aller Schlachtschweine von pneumonischen Veränderungen befallen sein.

Weitere häufig anzutreffende pathologisch-anatomische Veränderungen betreffen die Leber. Durch Spulwurmbefall hervorgerufene Veränderung der Leber können dabei auch Auswirkungen auf die Lungengesundheit haben. Bezüglich der Schädigung können zwei Stadien des Befalls unterschieden werden: der Befall durch Wanderlarven und das Vorkommen erwachsener Würmer im Darm.

Wanderlarven können nach Durchdringen der Darmwand über Leber und Herz in die Lunge gelangen und anschließend in den Darm zurückkehren. Infolge dieser Aktivitäten treten Leberschwellungen und auch Leberblutungen, sowie Störungen der Stoffwechsellistung auf.

Bei der Organbefundung am Schlachtband wird die Leber stark befallener Schweine bei Vorhandensein einer Vielzahl sogenannter Milchflecken (Milk Spots), durch die Wanderung der Spulwurm-Larven durch die Leber entstanden, verworfen. BAUMGARTNER et al. (2001) fanden bei Untersuchungen in ökologisch bewirtschafteten Schweinemastbetrieben in Österreich 49,4 % der Lebern mit Milkspots verändert. Eine Untersuchung konventionell erzeugter Schlachtschweine stellte bei 45,7 % der Lebern einen Milkspot-Vorkommen fest (WISCOTT, 1998). HANSSON et al. (1998) führten in Schweden eine Vergleichsstudie von ökologisch und konventionell gemästeten Schlachtschweinen durch und fanden dabei nur 4,1 % der „ökologischen“ Lebern verändert, im Gegensatz zu 5,6 % der „konventionellen“ Lebern. Eine Schweizer Untersuchung an 85 Freilandmastschweinen stellte an 62 % der Lebern weiße punktförmige Gewebsveränderungen (Milkspots) fest, bei 20 % der Lebern wurden 4 oder mehr Melkspots gezählt (KUNZ, 2001).

Im Lungengewebe von mit Spulwürmern infizierten Schweinen ergeben sich nach dem Durchbohren der Larven von der Blut- zur Luftseite punktförmige Blutungen. In dem so geschädigten Lungengewebe können sich leicht bakteriell bedingte Infektionen manifestieren. Ein sehr enger Zusammenhang besteht zwischen parasitär bedingten Lungenveränderungen und dem Entstehen der Enzootischen Pneumonie, die bei Spulwurmbefall mit erheblichen Komplikationen abläuft.

Der Zusammenhang zwischen einem vermehrten Auftreten geschädigter Lebern und einer höheren Lungenbefundrate wurde von verschiedenen Autoren bestätigt (TIELEN, 1974; BÄCKSTRÖM et al., 1975; FLESJA und ULVESAETER, 1980).

Das zweite Stadium des Spulwurmbefalles ist durch das Auftreten erwachsener Würmer im Dünndarm gekennzeichnet: die erwachsenen Spulwurmweibchen legen täglich bis über 1 Million dickschalige und daher extrem widerstandsfähige Eier. Je nach Wurmmzahl können sich die auftretenden Schäden in Form von Darmkatarrh und Entwicklungsstörungen mit unbefriedigenden Gewichtszunahmen, bis hin zum wurmbedingten Darmverschluss mit tödlichem Ende für das Wirtstier darstellen.

Leberveränderungen infolge eines Spulwurmbefalls führen nach Meinung einiger Autoren (LINDQUIST, 1974; TIELEN et al., 1978; ADAM, 1993) zur Depression der Wachstumsleistung. So ermittelte ADAM (1993) an Schweinen mit Spulwurmbefall eine Verringerung der

Tageszunahmen um 21 g. Wiesen die Tiere zusätzlich eine Atemwegserkrankung auf, so war die tägliche Zunahme noch um weitere 40 g gemindert.

1.2.2.2 Salmonellen

Salmonellen sind Bakterien, die mit über 3000 verschiedenen Serotypen weltweit verbreitet sind. Für die Schweinefleischerzeugung ist der Salmonellentyp *Salmonella typhimurium* sehr bedeutsam. Dieser Serotyp ist nicht speziell an das Schwein adaptiert und stellt, wie auch andere zoonotische Salmonellen wie *S.Agona*, *S.Heidelberg* und *S.Infantis*, eine Infektionsgefahr für den Menschen dar. Diese Salmonellen kommen in den Rachenmandeln, im Darm und in den Darmlymphknoten infizierter Schweine vor und können während des Schlachtprozesses das Muskelfleisch kontaminieren (BLAHA, 2003). Nach Aussage des Autors gehen 20 bis 30 % der durch tierische Lebensmittel verursachten Salmonellosen des Menschen auf Schweinefleisch und Schweinefleischprodukte zurück.

PIRRON (2001) fand bei fast jedem 3. der insgesamt etwa 400 untersuchten Betriebe serologisch positive Befunde, d.h. Salmonellen-Antikörper. Die in früheren Jahren (1996-1998) gemeinsam vom damaligen BMLEF, dem BMG und dem BgVV durchgeführten Untersuchungen an ausgewählten Schlachthöfen Deutschlands zur Abschätzung des Salmonellenbefallsgrades der Mastschweinebestände ergaben für etwa 30 bis 60 % der schlachtschweineliefernden Bestände einen positiven Befund. Gleichzeitig wurde festgestellt, dass ca. 5 bis 10 % der zur Schlachtung angelieferten Schweine positiv waren (BLAHA, 2003). Im Zeitraum von 1999-2001 war nach einer Auswertung von EHLERS (2002) (zitiert von KOCH, 2002) an Schlachthöfen eine Zunahme der positiven Schweinefleischaftproben von 6,0 % auf über 8 Prozent festzustellen.

Salmonella choleraesuis und *Salmonella typhisuis* hingegen sind schweinespezifische Erreger und können massive Erkrankungen bis hin zum seuchenhaften Verlauf verursachen. Bei der latenten Infektion, wie sie heute hauptsächlich auftritt, werden keine klinischen Symptome beobachtet. Es kommt aber immer wieder zu Ausscheidung der Salmonellen-Erreger, insbesondere in Stresssituationen.

Salmonellen sind sehr widerstandsfähig und können sich in einem recht weiten Temperaturbereich (10-47 °C) vermehren. Sie werden durch Sonnenlicht, gebräuchliche Desinfektionsmittel und große Hitze (70 °C) innerhalb von Minuten abgetötet, können aber im getrocknetem oder gefrorenen Zustand auf den verschiedensten Substraten bis zu mehreren Monaten überleben (Tabelle 1.3) (Koch, 2002).

Tabelle 1.3 Überlebensdauer von Salmonellen (nach KOCH, 2002)

Medium	Zeitdauer
Insekten	16 Tage
Kot	1 Jahr
Getrockneter Kot	2,5 Jahre
Feuchte Erde	1 Jahr
Getrocknete Erde	1,4 Jahre

1.2.3 Futterpflanzen

1.2.3.1 Stoppelrübe

Die Stoppelrübe (*Brassica rapa var. rapa*), auch bekannt unter den Namen Wasserrübe oder Herbstrübe, gehört zu den Kreuziferen. Heutzutage wird sie nur noch selten als Schweinefuttermittel eingesetzt; früher jedoch wurden Stoppelrüben mit Blatt an Schweine, Schafe und Rinder verfüttert (BECKER und NEHRING, 1969).

Die Herbstzwischenfrucht zeichnet sich nach BERENDONK (2001) durch niedrige Saatgutkosten sowie sehr hohe und sichere Erträge aus. Wie Erfahrungen von KINDLER et al. (2000) zeigen, kann diese erfolgreich in der Milchviehfütterung eingesetzt werden. Die Autoren charakterisieren Stoppelrüben als „Kühlimapflanzen“ mit einem Ertragspotential von 55-70 dt TM / ha. Die Züchtung hat inzwischen neue Sorten hervorgebracht, die eine höhere Frostbeständigkeit bis -10°C zeigen sowie ein winterfestes Blatt entwickeln. Die Rübe wächst nicht in der Erde, sondern an der Bodenoberfläche. Im Anbau ist die Stoppelrübe wenig anspruchsvoll, ein Direktsaatverfahren ist gut möglich. Als optimalen Saatzeitpunkt geben KINDLER et al. (2000), je nach Höhenlage, die Zeit zwischen 1. und 15. August an.

Die Zusammensetzung des Stoppelrübenblattes wurde von BECKER und NEHRING (1969) beschrieben. Die DLG Futterwerttabelle (1991) gibt Auskunft über den Trockenmassegehalt und die Rohnährstoffzusammensetzung der Stoppelrübe mit bzw. ohne Blätter (Tabelle 1.4). Angaben zu Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe für Schweine finden sich hier allerdings nicht. Nach BURGSTALLER (1991) haben Stoppelrüben einen Trockensubstanzgehalt von ca. 8 %, bei einem Gehalt an organischer Substanz von 7,1 % und 86 % Verdaulichkeit der organischen Substanz.

Tabelle 1.4 Trockenmasse (TM) und Zusammensetzung von Stoppelrübe (*Brassica rapa var. rapa*)

	nach DLG-Futterwerttabelle (1991)		nach BECKER und NEHRING (1969)
	[g/kg]		[%]
	Rübe mit Blättern	Rübe ohne Blätter	Stoppelrübenblatt
Anzahl Proben (n)	219	180	-----
TM in Frischmasse (FM)	100	90	9,0
Rohasche (XA)	180	133	2,2
Organische Masse (OM)	820	867	
Rohprotein	199	142	1,8
Rohfett	22	14	0,3
Rohfaser	140	120	1,0
N-freie Extraktstoffe (NfE)	459	591	3,7
Stärke	0	0	-----
Zucker	184	353	-----

1.2.3.2 Weidelgras

Frisches Weidelgras als Futtermittel für Mastschweine war bislang nicht Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Grundsätzlich finden sich in der wissenschaftlichen Literatur wenig Hinweise auf die Nutzung von Grünaufwuchs durch Schweine.

Im Versuch von STERN und ANDRESEN (2003) kamen Klee grasflächen zum Einsatz. Wachsende Schweine weideten für die Dauer von 6 Wochen auf Klee grasflächen und wurden zusätzlich mit Konzentratfütter (KF) versorgt. Die Autoren stellten fest, dass die Reduktion des KF-Angebotes um 20 % (gemessen an der Energiemenge) eine Erhöhung der Nährstoffaufnahme über Grünmasse um ca. 5 % zur Folge hatte. CARLSON et al. (1999) führten im Stall einen Fütterungsversuch mit wachsenden Schweinen durch und ermittelten dabei, dass die Tiere über das *ad libitum*-Angebot an frischem Klee gras ca. 19 % ihrer täglichen Trockenmassemenge aufnahmen.

1.2.3.3 Topinambur

Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) ist im englischsprachigen Raum als Jerusalem Artichoke bekannt und gehört zur Familie der Sonnenblumen. Ursprünglich ist Topinambur in Nordamerika beheimatet, Anfang des 17. Jahrhunderts kam sie nach Europa.

Für Anbau und Ernte von *Helianthus tuberosus* ist die Kartoffellege- und -erntetechnik einsetzbar. Pflanzungen sind im November und im März möglich. STOLZENBURG (2001) gibt für das Legen der Saatkollen in Dammkultur einen Reihenabstand von 75 cm und eine Pflanztiefe von 5-7 cm an.

SCHWEIGER (1995) bescheinigt der Topinamburpflanze Anspruchslosigkeit bei vergleichsweise hoher Leistung. So sind nach seiner Angabe Knollenerträge von 45 bis 65 dt je ha möglich, bei TM-Gehalten von ca. 20 %. Der Masseertrag bei einer Krauternte im Herbst kann zwischen 10 und 20 dt / ha betragen.

Es sind heute viele verschiedene Sorten der Kulturpflanze bekannt. Sie unterscheiden sich u.a. in der Blattform und -farbe, in der Größe, Gestalt und Farbe der Knollen und im Blühzeitpunkt. In einem Sortenversuch im Jahr 1994/95 konnten zudem gravierende Unterschiede zwischen den Sorten hinsichtlich ihrer Inhaltsstoffe festgestellt werden: der Anteil freier Glucose differierte um den Faktor 2-3, der Gehalt an Saccharose lag im Bereich von 7 bis 20 % und die Inulin-Konzentration belief sich von <40 % bis >60 % (SCHWEIGER, 1995).

Von Topinamburpflanzen können das Kraut, also der oberirdische Aufwuchs, und auch die in der Erde sitzenden süßlich schmeckenden Knollen genutzt werden. Die Pflanzen können Wuchshöhen von 2 bis 4 m erreichen. Das Sprosswachstum ist erst mit Beginn der Blüte abgeschlossen (FEUERLE und SCHUBERT, 1993). In der Biologie der Pflanze hat der Stengel die Funktion eines Kohlenhydrat (KH)-Zwischenspeichers, die bis zu 40 % der TM als KH vorübergehend einlagern können.

Die Blätter enthalten mehr als 28 % Rohprotein in der Trockenmasse (TM). Sie schmecken ebenfalls süß und werden daher trotz ihrer Rauigkeit von den Tieren gern gefressen. Der Gehalt an N-freien Extraktstoffen (NfE) im Stengel kann mehr als 60 % in der TM betragen. Wird das Kraut der Pflanzen Ende Juni / Anfang Juli abgeerntet, so treiben die Pflanzen neu aus und liefern später einen oder zwei weitere Schnitte (BECKER und NEHRING, 1969).

Die Knollen der Topinamburpflanzen werden nach Erreichen einer bestimmten Temperatursumme ausgebildet (FEUERLE und SCHUBERT, 1993). Das Besondere an der Pflanze ist ihre hohe Frosthärte: im Boden bleiben die Knollen bei Temperaturen bis -30°C unverändert und sehr gut lagerfähig. Sobald die Knollen das Erdreich jedoch verlassen haben, setzen Inhaltsstoffveränderungen ein. BECKER und NEHRING (1969) beschreiben die mittlere Zusammensetzung von Topinamburknollen wie in Tabelle 1.3a beschrieben. Die Rohnährstoffe der Knollen gemäß DLG-Futterwerttabelle (1991) und anderer Autoren sind in Tabelle 1.5 aufgeführt.

Charakteristischer Inhaltsstoff der Topinamburknollen ist der Fruchtzucker Inulin. Reife Knollen enthalten 5-10 % dieses Zuckers, der aus Fructosefuranose-Molekülen zusammengesetzt ist (BECKER und NEHRING, 1969). Ebenfalls in den Knollen enthalten sind die Inulin-spaltenden Inulasen. Nach Aussage von BECKER und NEHRING (1969) können die in den Knollen enthaltenen Kohlenhydratverbindungen von allen Tierarten gut verwertet werden. Die Verdaulichkeit der organischen Substanz durch das Schwein liegt je nach Sorte zwischen 86 und 89 % (FRIESECKE, 1984).

Tabelle 1.5 Mittlere Zusammensetzung [% i.T.] von Topinambur-Knolle (*Helianthus tuberosus*)

	nach BECKER und NEHRING (1969)	nach DLG-Futterwerttabelle (1991)	nach JOST (1991)
	[%]	[g/kg]	[%]
Anzahl Proben (n)	-----	33	-----
TM in Frischmasse (FM)	22,0	220	16,0 – 24,0
Rohasche (XA)	1,0		7,9
Rohprotein	1,8	92	9,7
Rohfett	0,2	8	0,7
Rohfaser	1,0	41	4,8
Stärke	-----	724	-----
Zucker	-----	-----	-----
N-freie Extraktstoffe (NfE)	16,0	800	-----
Organische Masse (OM)	-----	941	-----

Über Futteraufnahmemengen von Topinamburkraut und -knollen liegen bislang kaum wissenschaftliche Erhebungen vor. Praxiserfahrungen aus den 50er Jahren berichten von 10-15 kg Knollen als eine Tagesration für Sauen. Mastschweine sollen etwa so viel kg Topinamburknollen fressen, wie sie Monate alt sind, d.h. die Futteraufnahme liegt zwischen 3 und 7 kg (zitiert in KÜPPERS-SONNENBERG, 1962/68). BAT (1993) stellten fest, dass bei jungen Tieren (bis 40 kg LM) die Aufnahme von Knollen ungenügend ist, aber der Verzehr später, ab etwa 50 kg LM, zunimmt.

Im Rahmen einer Untersuchung von LY et al. (1994) wurden frische Topinamburknollen an 25 kg schwere Ferkel verfüttert. Dabei betrug die mittlere tägliche Futteraufnahme 3,6 kg, dies entsprach etwa 1,1 kg TM.

1.2.4 Freilandhaltung und Boden

Aus Sicht der Umweltverträglichkeit handelt es sich bei der Freilandhaltung von Mastschweinen (und auch der Sauenhaltung) um eine intensive Produktionsform, bei der mit der Fütterung von Konzentratfutter im hohen Maß Nährstoffe in die Freilandfläche eingetragen werden. Daher können mit der Freilandhaltung von Mastschweinen ökologische Risiken verbunden sein, wenn das Management nicht an diese angepasst handelt. So zeigen erste wissenschaftliche Forschungsprojekte mögliche Risiken der Freilandhaltung von Schweinen auf, die zu Umweltbelastungen führen. Hierzu zählen zu hohe Besatzdichten, punktuelle Einträge und Nährstoffanreicherungen im Boden (Ingold & Kunz, 1997); (Daub & Ross, 1996); (Lehmann & Seliger, 1995)). Hohe Nährstoffanreicherungen, sowohl flächenhaft wie auch punktuell, können an Standorten mit hohem Nitratverlagerungspotential zu Belastungen des Grundwassers führen, wenn Folgekulturen die Nährstoffe nicht aufnehmen können. Kleinräumig können oberflächennah bodenphysikalische Belastungen durch Trittverdichtungen und Wühlen entstehen (Brandt et al., 1995a).

Die Nährstofffrachten werden durch Verordnungen (Dünge-VO) (BML, 1996) und die Richtlinien der Anbauverbände (BIOLAND, 2000) sowie durch die EG-Öko-Verordnung (EWG) 2092/91 (EU-Öko-VO, 2003) begrenzt. (Brandt et al., 1995b) und (Ingold & Kunz, 1997) fordern eine in die Fruchtfolge integrierte Freilandhaltung von Schweinen um Nährstoffanreicherungen und Einträge ins Grundwasser zu vermeiden. Im Ökologischen Landbau nehmen in der Fruchtfolge Klee gras und Leguminosen eine Schlüsselrolle ein. Hinsichtlich der Umweltverträglichkeit ist bei der Beweidung von Klee gras durch Mastschweine zu bedenken, dass durch die N-fixierenden Leguminosen bereits ein hoher Stickstoffgehalt im Boden vorliegt, der durch die Ausscheidungen der Tiere zusätzlich erhöht wird. Deshalb wird es maßgeblich von der Wahl der Nachfrucht in der Fruchtfolge abhängen, inwieweit der Stickstoff für den Pflanzenaufwuchs nutzbar ist und entsprechende Nährstoffausträge vermieden werden können.

2 Material und Methoden

2.1 Standort

Die Hessische Staatsdomäne Frankenhausen, das Lehr-, Versuchs- und Transferzentrum für Ökologische Landwirtschaft und Nachhaltige Regionalentwicklung des Fachbereichs Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel ist etwa 10 km nördlich von Kassel gelegen. Das Untersuchungsgebiet liegt nach der naturräumlichen Gliederung in der Landschaftseinheit der Hofgeismarer Röt Senke, die sich in Süd-Nord-Richtung von Kassel bis Trendelburg erstreckt (KLINK, 1969). Die Senke, in der auch Frankenhausen liegt, besteht aus weichen Tonsteinen (Schieferton, Mergel) des oberen Buntsandsteins (Röt) (LINSTOW et al., 1928), die z. T. mit Löss wechselnder Mächtigkeit überlagert sind.

Detaillierte und aktualisierte Informationen sind auf der Homepage der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen <http://www.wiz.uni-kassel.de/dfh/index.html> zu finden.



Abbildung 2.1 *Lage der Versuchsfelder zur Freilandhaltung von Mastschweinen im Ökologischen Landbau auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen.*

Die Versuchsflächen für das Projekt Freilandhaltung für Mastschweine im ÖL befinden sich nördlich der Wirtschaftsgebäude auf den lössbedeckten Schlägen „Hasenloch“ und „Kleines Feld“, sowie im Süden der Domäne auf dem Schlag „Brand“ bei dem sich um Rötflächen mit schwacher Lössauflage handelt (Abbildung 2.1). Seit Übernahme des Betriebs durch die Universität Kassel im Jahre 1998 werden die Flächen nach den Richtlinien des Ökologischen Landbaus bewirtschaftet.

2.2 Böden

Auf den Betriebsflächen dominieren auf dem Löss die Bodentypen Parabraunerden, Pseudogley-Parabraunerden und Kolluvisole und auf dem Röt die Bodentypen Braunerden und Pelosole (BRANDT, 2000). Der vorherrschende Bodentyp auf den Versuchsschlägen ist eine Parabraunerde.

Zur Beschreibung der Versuchsfläche wurden Bodenprofile aufgedigelt und nach der bodenkundlichen Kartieranleitung (AG BODEN, 1994) aufgenommen.



Abbildung 2.2 *Bodenprofil, Parabraunerde.*

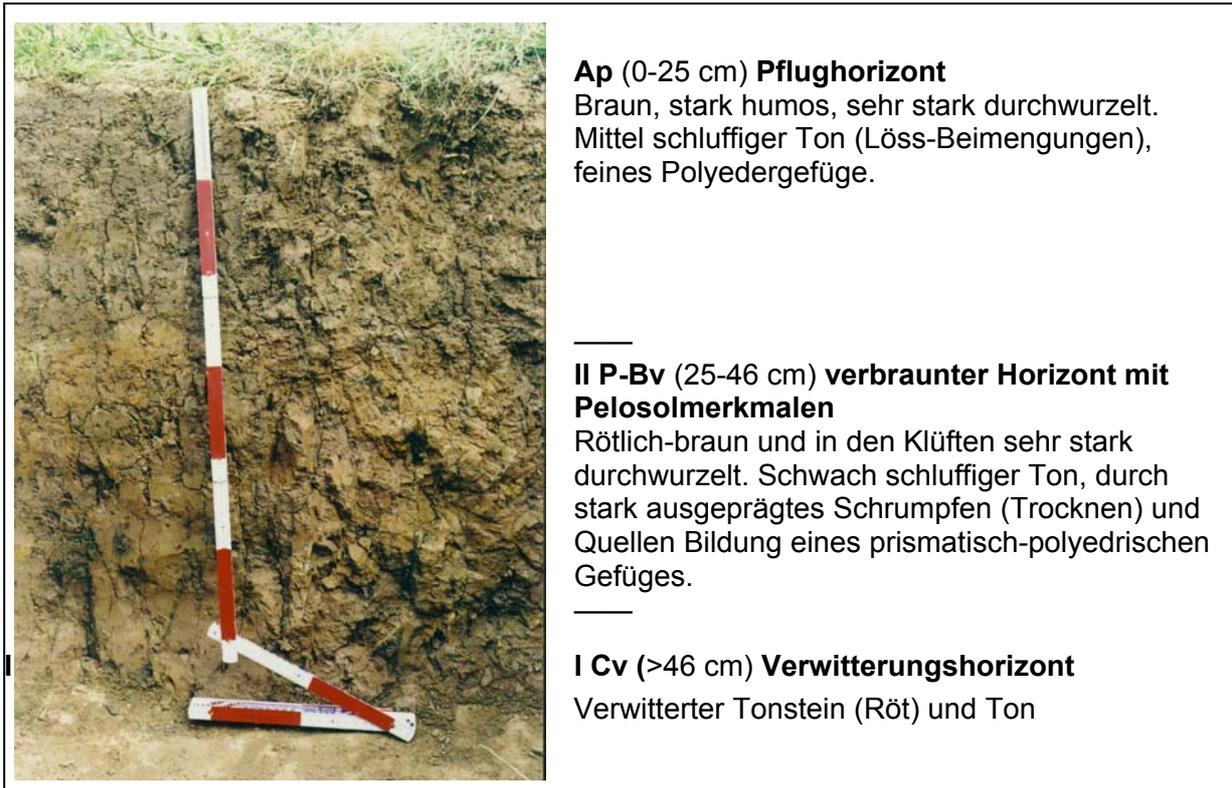


Abbildung 2.3 Bodenprofil, Pelosol-Braunerde.

Die wichtigsten Bodenparameter zur Charakterisierung der Versuchsfelder sind in Tabelle 2.1 wiedergegeben.

Tabelle 2.1 Durchschnittliche Bodenkenndaten der Versuchsfelder „Hasenloch“ und „Brand“. Mittelwerte aus der Rasterkartierung Brandt et al. (2001).

Parameter	„Hasenloch“	„Brand“
Bodentyp	Parabraunerde, Kolluvisol	Braunerde
Bodenart	Ut4	Tu4
Sand	2,6 %	4,8 %
Schluff	80,15 %	66,3 %
Ton	17,25 %	28,9 %
pH-Wert	6,8	6,9
Humus	2,1 %	2,7 %
C/N	8,7	9,8
P ₂ O ₅ (CAL)	14 mg 100g ⁻¹	25 mg 100g ⁻¹
K ₂ O (CAL)	17 mg 100g ⁻¹	21 mg 100g ⁻¹
Mg (CaCl ₂)	9 mg 100g ⁻¹	13 mg 100g ⁻¹

2.3 Klima

Im 30-jährigen Mittel beträgt in Kassel-West die durchschnittliche Niederschlagsmenge 699 mm und die Jahresdurchschnittstemperatur 8,5 °C. Auf der Domäne wurde eine eigene Klimastation installiert, die zukünftig kontinuierliche Wetterdaten erfassen wird. Für den Versuchszeitraum waren die monatlichen Niederschlagsmengen und Temperaturen des nahe gelegenen Flughafens Kassel Calden (ca. 5 km) verfügbar und sind in Abbildung 2.4 dargestellt.

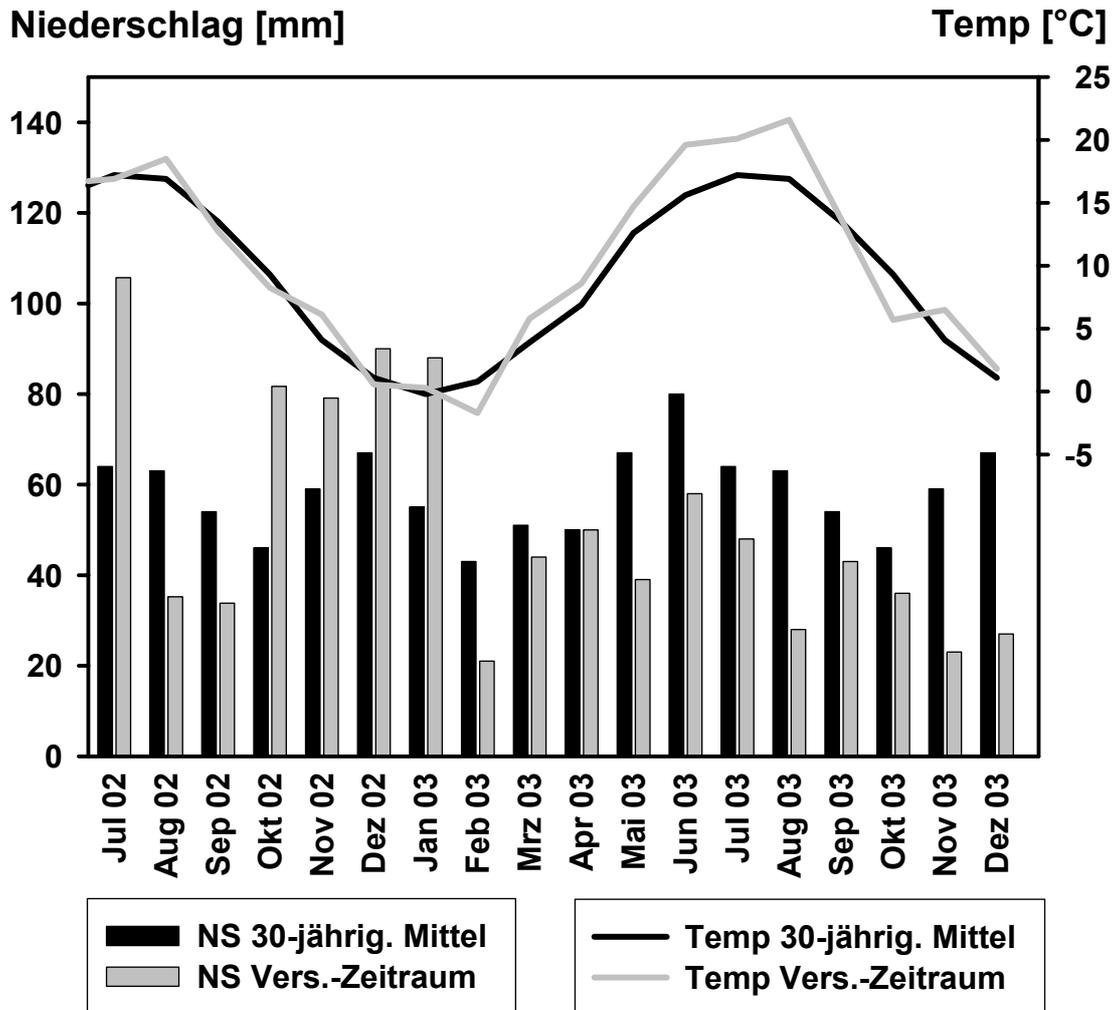


Abbildung 2.4 Niederschlagsverteilung, durchschnittliche Temperaturen im Versuchszeitraum in Kassel-Calden (ANONYM, 2003) und im 30-jährigen Mittel (Kassel-West).

In der Summe betrug die Niederschlagsmenge 703 mm für das Jahr 2002 und 505 mm für das Jahr 2003. Das Jahr 2002 wies eine durchschnittliche Niederschlagsmenge mit einem Maximum in den Monaten Okt. 2002 bis Jan. 2003 auf. Der Winter 2002/03 war somit extrem nass. Die Jahresdurchschnittstemperatur entsprach 2002 dem langjährigen Mittel während sie in 2003 mit 9,7 °C über dem langjährigen Mittel lag. 2003 war ein Versuchsjahr mit ausgeprägt trockenen und warmen Sommermonaten (Abbildung 2.4).

2.4 Flächenausstattung und -design

Die Flächen verfügten über eine doppelte Einzäunung, bestehend aus einem Außenzaun mit sieben stromführenden Litzen sowie einem ebenfalls stromführenden Innenzaun. Ein etwa 2,5 m breiter Versorgungsweg befand sich zwischen beiden Zäunen. Die Abtrennung der einzelnen Versuchsgruppen voneinander wurde durch einen Innenzaun realisiert. Das Areal einer jeden Versuchsgruppe war mit einer nichtisolierten Hütte (13,5 m² Grundfläche), einem Wassertrog bzw. Wassertank, zwei Längströgen für die Konzentratfüttergabe, sowie im Sommer mit einer Suhle und einem Schattendach ausgestattet.

Die Größe der genutzten Flächen wurde auf die Tierzahl und die Nutzungsdauer abgestimmt, bzw. auf den nach BIOLAND-Richtlinien (2002) maximal erlaubten Nährstoffeintrag. Die Richtlinien legen eine jährliche Nährstofffracht von 112 kg N pro ha bzw. 43 kg P pro ha zugrunde und schreiben für Mastschweine eine Besatzstärke von 10 Tieren ha⁻¹ a⁻¹ vor. Hieraus ergibt sich für ein Mastschwein ein täglicher Flächenanspruch von mindestens 2,74 m². Der Flächenbedarf einer Versuchsgruppe von 20 Mastschweinen und einer Mastphasendauer von 9 Wochen betrug somit 3452 m².

Auf Grundlage des berechneten Flächenbedarfs wurde im Geo-Informationssystem (GIS) vor dem Hintergrund der zur Verfügung stehenden Schlaggeometrie und der Zufahrt das Flächendesign entworfen. Dieses wurde mittels DGPS (Differentielles Global-Positioning-System) auf die zu nutzenden Flächen übertragen. Die Versorgungseinrichtungen wie Hütten, Futter- und Wassertröge, Sonnenschutz und Suhle wurden anschließend vom Versuchstechniker nach arbeitswirtschaftlichen und versuchstechnischen Gesichtspunkten installiert, mit DGPS vermessen und im GIS dokumentiert. Gegebenenfalls wurden am Ende der Mastperiode Geilstellen ebenfalls mit DGPS vermessen und im GIS dokumentiert. Bei der Anordnung der Versorgungseinrichtungen wurden zwei Verfahren verglichen: das Verfahren mit stationären Versuchseinrichtungen mit dem Verfahren mit versetzten Versorgungseinrichtungen.

2.4.1 Auslaufflächen mit stationären Versorgungseinrichtungen

Dieses Verfahren kennzeichnet das Verfahren mit dem geringsten Input an Arbeitszeit, da die Versorgungseinrichtungen während des gesamten Zeitraums nicht versetzt wurden. Die Versorgungseinrichtungen wurden so installiert, dass zwischen ihnen die größtmögliche Distanz bestand, damit die Schweine angehalten waren, sich viel zu bewegen und um eine Konzentrierung der Aufenthalte im Voraus zu vermeiden.

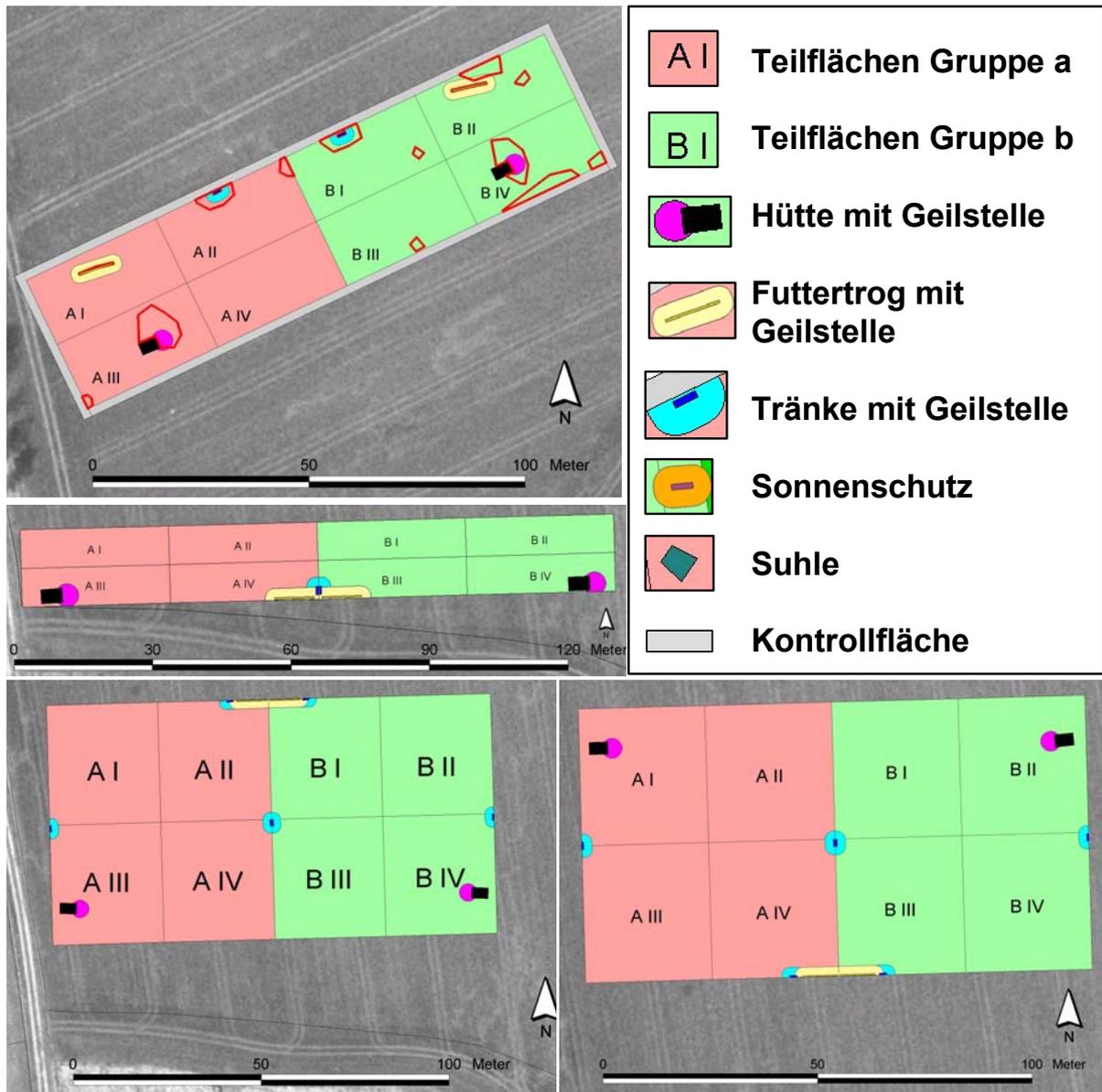


Abbildung 2.5 *Designs der Freilandflächen für Mastscheine (2003) mit nicht versetzten Versorgungseinrichtungen. Von links oben nach rechts unten: Var.1a Endmast (EM), Var.1b EM, Var. 2 Anfangsmast (AM), Var.2 EM, Var.3 AM, Var.3 EM.*

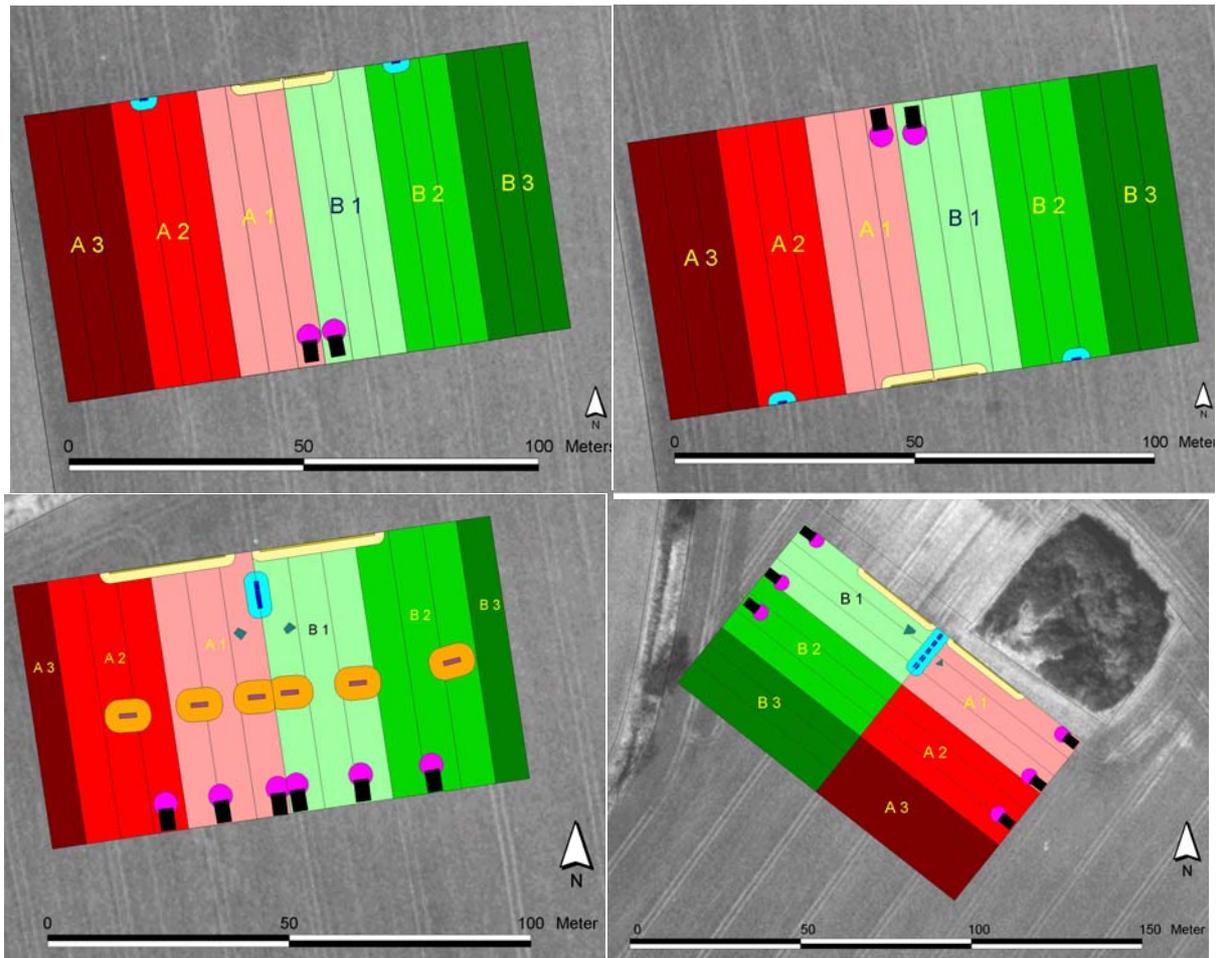


Abbildung 2.6 Designs der Freilandflächen für Mastscheine (2003) mit versetzten Versorgungseinrichtungen. Von links oben nach rechts unten: Var.4 Anfangsmast (AM), Var.4 Endmast (EM), Var. 5 AM, Var.5 EM, Var.6 AM, Var.6 EM.

2.4.2 Auslaufflächen mit versetzten Versorgungseinrichtungen

Bei diesem Verfahren wurde das Feldfutter (Feldfrucht) portioniert zugeteilt. Ähnlich der Portionsweidewirtschaft wurde hier wöchentlich der Elektrozaun versetzt, um den Tieren frisches Futter zur Nahrungsaufnahme anzubieten und gleichzeitig die Attraktivität der Auslauffläche und damit die Aufenthaltszeit auf der Auslauffläche zu erhöhen. Im dreiwöchigen Turnus wurden zusätzlich die Versorgungseinrichtungen Hütte, Sonnenschutz, Futtertrog und Tränke umgesetzt. Dadurch sollten die Zeiträume, in denen es zu Belastungen im kleinräumigen Umkreis der Versorgungseinrichtungen kam, verringert werden.

2.5 Versuchstiere

Als Versuchstiere kamen Kastraten und weibliche Schweine verschiedener genetischer Herkunft zum Einsatz (Tabelle 2.2). Eine Versuchsgruppe umfasste 20 Tiere, angestrebt war ein Geschlechterverhältnis von 1:1 innerhalb einer Gruppe.

Tabelle 2.2 Genetische Herkunft der Versuchstiere

Code	Vaterseite	Mutterseite
a	Hampshire x Pietrain	Duroc x Deutsche Landrasse
b	Pietrain	Deutsches Edelschwein x Deutsche Landrasse
c	Pietrain	Duroc x Deutsche Landrasse

2.6 Fütterung und Tränke

Es wurde eine zweiphasige Mast praktiziert. Die Phase der Anfangsmast umfasste den Gewichtsabschnitt 30 bis 70 kg Lebendmasse (LM) und die Endmast die Phase von 70 kg LM bis zum Erreichen des angestrebten Mastendgewichtes von 120 kg LM.

Den Tieren wurde pelletiertes Alleinfuttermittel zugefüttert, in der Anfangsmast das Konzentratfutter „Öko-Standard“ mit einem Energiegehalt von 12,7 MJ metabolisierbarer Energie (ME) und 15,4 % Rohprotein (XP). In der Phase der Endmast wurde den Tieren ein Endmastfutter mit 12,9 MJ ME und 14,2 % XP angeboten. Die Futterzuteilung pro Tier und Tag orientierte sich an der, von der Gesellschaft für Ernährung (GfE) (1987) empfohlenen Zuteilung (= 100%) für 750 g Tageszunahme bei Zugrundelegung des Lebendmasse-Gruppenmittels. In Abhängigkeit von der Jahreszeit und vom Futterpflanzenangebot auf der Fläche wurden Zuschläge gegeben (GfE-Empfehlung+10% = 110%) oder Abschläge erteilt (GfE-Empfehlung - 20% = 80%). Die Futtermenge wurde wöchentlich an die Entwicklung der Tiere angepasst.

Die Konzentratfutturvorgabe erfolgte einmal pro Tag. Das Tier-Fressplatz-Verhältnis betrug 1:1 bei einer Fressplatzbreite von 40 cm. Die Wasserversorgung wurde in der frostfreien Zeit über mit Schwimmer ausgestattete Wassertröge, die über Schläuche von einem Wasserfass gespeist wurden, sichergestellt. Während der Frostperiode befand sich in jeder Hütte ein Wassertank mit einem nutzbaren Wasservolumen von ca. 800 Litern. Diese Tanks waren mit je zwei Tränkenippeln ausgestattet und wurden nach Bedarf aufgefüllt.

2.7 Methoden zur Erfassung der Tierleistung

2.7.1 Produktionsdaten

Zur Ermittlung von Produktionsdaten wurden die Gewichte der Schweine tierindividuell erfasst. Wiegenungen erfolgten zu Beginn jeder Mastphase und am Mastende (zumeist am Vortag der Schlachtung). Zusätzlich wurden pro Mastphase zwei oder drei Zwischenwiegenungen im Abstand von etwa zwei Wochen durchgeführt. Auf Basis der Tiergewichte wurden anschließend die Tagszunahmen (TZ [g]) errechnet. Ebenfalls rechnerisch wurde der Produktionswert Futteraufwand pro kg Zuwachs ermittelt (vgl. Kapitel 2.6).

Wegen einer kurzzeitigen Nichtakzeptanz der elektrischen Einzäunung durch die Schweine, wurden die Tiere der Versuchsvarianten 4 und 6 im August 2003 für 10 Tage im Stall gehalten. Die verabreichten Futtermengen wurden auch während dieser Zeit erfasst.

2.7.2 Schlachtdaten

Informationen zur Schlachtleistung wurden den Schlachtabrechnungen entnommen (Tabelle 2.3). Am Schlachtband fand zuvor eine tierindividuelle Erkennung der Schlachtschweine statt.

Tabelle 2.3 Parameter der Schlachtleistung

Parameter	Bemerkung
Schlachtgewicht (SG) [kg]	Gewicht der Schlachtkörperhälften, warm
Muskelfleischanteil (MfA) [%]	Errechnet unter Verwendung von SM und FM
Handelsklasse (HKL)	Definiert durch MfA: $\geq 55\%$ MfA (E); 50-55% MfA (U); 45-50% MfA (R); 40-45% (O); $\leq 40\%$ (P)
Speckmaß (SM) [mm]	Ermittelt durch Zweipunkteverfahren, FOM- oder AutoFOM-Klassifizierung
Fleischmaß (FM) [mm]	Ermittelt durch Zweipunkteverfahren, FOM- oder AutoFOM-Klassifizierung
pH ₁ -Rückenmuskel (pH)	pH-Wert 45 min nach der Schlachtung

Der Muskelfleischanteil (MfA) [%] im Schlachtkörper ist ein Indikator für die Schlachtkörperqualität. Durch das Handelklassengesetz vom 5.12.1986 wird geregelt, wie der MfA festzustellen ist. In die Formel zur Berechnung des Muskelfleischanteils fließen als Variablen das Speckmaß (SM) [mm] und das Fleischmaß (FM) [mm] ein. Bei der FOM-Klassifizierung (FOM = Fat-O-Meater) wird die Messung von SM und FM mittels Einstichsonde zwischen der dritt- und zweitletzten Rippe der linken Schlachtkörperhälfte vorgenommen. Durch den MfA werden die Handelklassen E, U, R, O und P definiert.

Der pH₁-Wert, gemessen im Rückenmuskel ca. 45 min nach der Schlachtung, kann zur Charakterisierung der Fleischbeschaffenheit herangezogen werden. Es bestehen die in Tabelle 2.4 dargestellten Zusammenhänge.

Tabelle 2.4 pH₁-Wert (Rückenmuskel) und Fleischbeschaffenheit (BLT)

Fleischbeschaffenheit	pH ₁ -Wert (Rückenmuskel)
Sehr gut	> 6,00
Gut	5,81 – 6,00
Befriedigend	5,61 – 5,80
Mangelhaft	< 5,60

2.7.3 IMF als Parameter der Fleischqualität

Um Aussagen über die Fleischqualität treffen zu können, wurde der intramuskuläre Fettgehalt (IMF) im Rückenmuskel (*Musculus longissimus dorsi*) ermittelt. Die Probenahme aus der Schlachthälfte erfolgte etwa eine Stunde nach dem Schlachtprozeß. Dazu wurde an der 13./14. Rippe ein gerader Schnitt im rechten Winkel zur Längsachse, von der Schwarte

hin zum Kotelettknochen geführt. Nach dem Schnitt wurde der Knochen eingesägt, um das Kotelett mit Schwarte und Knochen zum Hals hin entnehmen zu können. Unmittelbar nach der Entnahme wurden die Koteletts luftdicht in Plastiktüten verschlossen und für den Transport ins Labor in Kühlboxen verbracht. Die Lagerung der Proben bis zum Tag der Analyse erfolgte bei -20°C in Tiefgefriertruhen.

Die Analyse der Fleischproben wurde mit der NIRS-Methode im Labor des Fachbereiches Tierernährung und Tiergesundheit der Universität Kassel durchgeführt.

2.8 Methoden zur Erfassung der Tiergesundheit

2.8.1 Schlachtkörper- und Organbefunde

Die makroskopische Bewertung der Befunde an Schlachtkörper und Organen war in den Schlachtablauf integriert und wurde anhand eines ausgearbeiteten Befunderfassungsbogens standardisiert (Tabelle 2.5).

Tabelle 2.5 Befunderfassung an Schlachtkörper und Organen

	Art der Veränderungen
Schlachtkörperveränderungen	
Brustfellentzündung ^{a)}	Geringgradig (> 5-Mark-Stück-groß), mittelgradig (5-Mark-Stück- bis handflächengroß), hochgradig (> handflächengroß),
Bauchfellentzündung	Geringgradig, mittelgradig, hochgradig
Hautveränderungen	Ja, Nein
Abszesse	Ja, Nein
Gelenkveränderungen	Ja, Nein
Nierenveränderungen	Ja, Nein
Organveränderungen	
Leberparasiten	Ja, Nein
Leberentzündungen	Ja, Nein
Leber ausputzen ^{a)} (= Milkspots geringgradig)	Ja, Nein
Leber verwerfen ^{a)} (= Milkspots hochgradig)	Ja, Nein
Lungenveränderung ^{a)}	Geringgradig (<10 % Ausdehnung), mittelgradig (10-30 % Ausdehnung), hochgradig (>30 % Ausdehnung)
Herzbeutelentzündungen	Ja, Nein
Darmparasiten	Ja, Nein
TBC	Ja, Nein
Verwachsungen	Ja, Nein
sonstiges	Ja, Nein
a) Charakterisierung der Veränderung nach BLAHA (1993)	

2.8.2 Kotproben

Kotproben von 5-10 Tieren pro Ferkelpartie wurden jeweils vor Versuchsbeginn und unmittelbar vor der Schlachtung gesammelt. Die Proben wurden entweder rektal entnommen oder direkt nach beobachtetem Absetzen in die dafür vorgesehenen Behältnisse verbracht. Die Proben wurden bei Raumtemperatur gelagert und innerhalb der nächsten 24 h im Labor der Universität Kassel, FG Tierernährung und Tiergesundheit, untersucht.

Die Prüfmethode ist angelehnt an die SOP (Standard Operation Procedure) für das Kombinierte Sedimentations- und Flotationsverfahren des Staatlichen Untersuchungsamtes Hessen. Die Auswertung erfolgte mikroskopisch gemäß der Methodenbeschreibung von BOCH UND SUPPERER (1992) durch mikroskopische Untersuchung. Ausgewertet wurden Parasiteneier der Gattungen bzw. Arten: *Ascaris suum*, *Trichuris suis* und Magen-Darm-Strongyliden (MDS) sowie Oozysten der Kokzidien.

Die Einteilung der Ausscheidungsintensität von Parasiteneiern in die Klassen „vereinzelt“ (+), „mäßig“ (++) oder „zahlreich“ (+++) erfolgte unter Berücksichtigung der jeweiligen nachgewiesenen Parasitenart oder -gattung. Die Klassen der Ausscheidungsintensitäten werden wie folgt beschrieben:

- „vereinzelt“ <10 Eier (*Ascaris suum*, MDS) bzw. <50 Oozysten (Kokzidien),
- „mäßig“ 10-50 Eier (*Ascaris suum*, MDS); 50-100 Oozysten (Kokzidien),
- „zahlreich“ >50 Eier (*Ascaris suum*, MDS) > 100 Oozysten (Kokzidien).

Das Auszählen jeder einzelnen Probe wurde meanderförmig in neun Zügen vorgenommen.

2.8.3 Blutproben

Die Blutproben wurden mit speziellen Blutentnahmesystemen (Monovette®, Fa. Sarstedt) zur Serumgewinnung entnommen. Die Blutentnahme vor Versuchsbeginn erfolgte aus der *Vena jugularis* der Ferkel. Am Schlachtband wurden beim Entbluten der Schweine die Röhrchen direkt unter der Einstichstelle (*Arteria carotis communis*) angesetzt und das abfließende Blut aufgefangen. Die Behältnisse wurden gekennzeichnet und nach Vergabe einer Schlachtnummer den einzelnen Tieren zugeordnet.

Die gewonnenen Blutproben wurden noch am selben Tag bei 3500 rdm zentrifugiert. Das so gewonnene Serum wurde abpipettiert und sofort tiefgefroren, je Blutprobe 3 Serumproben a 1 ml. Nach Beendigung eines Versuchsdurchganges wurden alle Proben in spezielle Kühlboxen verpackt und an das Labor Bioscreen, Münster verschickt. Hier erfolgte die Analyse der Proben auf Salmonellen-Antikörper mittels eines ELISA-Verfahrens.

Aus technischen Gründen wurden von Schweinen der Versuchsvariante 4W100T80 nur eine Endbeprobung vorgenommen (je Herkunft 10 Proben). Von den Tieren der Versuchsvarianten 5 und 6 wurden stichprobenartig Blutproben vor Versuchsbeginn (10 Proben / Herkunft) und am Schlachtband (11 Proben / Herkunft) entnommen.

2.9 Methoden zur Erfassung des Futterangebotes

Sowohl von den einzelnen Kraftfutter-Chargen als auch von den verfügbaren Pflanzenaufwüchsen von Stoppelrübe (*Brassica rapa rapifera*) (R), Weidelgras (W) und Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) (T) wurden Proben gezogen und analysiert. Ermittelt wurden die Roh Nährstoffzusammensetzung mittels Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) bzw. Weender Analyse. Der Energiegehalt wurde mittels Schätzgleichungen kalkuliert.

Zur Berechnung der umsetzbaren Energie (ME) kam für die Konzentratfuttermittel die Mischfutterformel nach § 14 Abs.2 der Futtermittelverordnung (GRÜNE BROSCHÜRE, 1999) zur Anwendung. Die ME-Gehalte der Weidelgrasproben wurden auf Basis der verdaulichen Roh Nährstoffe errechnet (Tabelle 2.5), welche der DLG-FUTTERWERTTABELLE (1991) entnommen sind.

2.10 Bodenchemische Untersuchungen

2.10.1 Probenahme Boden

Die Probenahme für die N_{\min} -Untersuchungen erfolgte in drei Tiefenabschnitten von je 30 cm bis in 90 cm Tiefe. Die Probenahme wurde in allen Varianten je nach Bodenverhältnissen mit dreiteiligen Göttinger Probenahmesets oder mit dreiteiligen Pürckhauer-Bohrstöcken durchgeführt. In den Zeiten extremer Trockenheit war teilweise nur eine Beprobungstiefe bis 60 cm Tiefe möglich. Pro Probenahme und Tiefe wurden von jeder Teilfläche 6 Einzelproben genommen und zu einer Mischprobe vereinigt. Alle Proben wurden direkt nach der Probenahme gekühlt und anschließend bis zur Aufarbeitung bei 5 °C gelagert. Die Aufarbeitung der Proben erfolgte am Folgetag der Probenahme.

Die pflanzenverfügbaren Phosphat- und Kaliumgehalte im Boden wurden einmal zu Beginn und einmal gegen Ende der Beweidungsperiode jeder Versuchsgruppe aus luftgetrockneten Rückstellproben des Tiefenabschnitts 0-30 cm der N_{\min} -Probenahme gemessen.

2.10.2 Analytik N_{\min} im Boden

Die Bestimmung des N_{\min} -Gehaltes erfolgte aus den gekühlten, feldfeuchten Proben nach der LUFA-Methode 6.1.4.1 (HOFFMANN, 1991). Der NO_3 -N-Gehalt der $CaCl_2$ -Extrakte wurde spektralphotometrisch bei 210 nm aus der Differenz der Extinktionen direkt und nach Reduktion des Nitrats ermittelt. Die N_{\min} -Gehalte wurden anschließend auf die beprobten Horizonte unter Beachtung der Lagerungsdichten umgerechnet und auf $mg\ NO_3-N\ kg^{-1}\ TM$ Boden TM Boden bezogen.

2.10.3 Analytik pflanzenverfügbares P und K im Boden

Die Messung der pflanzenverfügbaren Kalium- und Phosphatgehalte erfolgte nach der LUFA-Methode 6.2.1.1 (VDLUFA, 1991). Die Extraktion von P und K wurde mit auf pH 4,1 gepufferter CAL-Lösung durchgeführt. Die Nährstoffgehalte wurden anschließend auf $mg\ kg^{-1}\ TM$ Boden umgerechnet.

2.10.4 Analytik pH-Wert im Boden

Die Messung des pH-Wertes erfolgte in 0,01 M CaCl₂ im Verhältnis Boden zu Lösung 1:2,5 (Hoffmann, 1991).

2.11 Bodenphysikalische Untersuchungen

2.11.1 Beziehung zwischen Wassergehalt und Wasserspannung

Die Beziehung zwischen dem Wassergehalt des Bodens und der Wasserspannung wird als Wassergehalts-Wasserspannungs-Charakteristik oder auch als pF-Charakteristik bezeichnet.

Sie wird nach der Drucktopfmethode von RICHARDS und FIREMAN (1943), KLUTE (1986) und HARTGE und HORN (1989) ermittelt. Die Proben werden zunächst aufgesättigt und im Anschluss bis 10 cm Wassersäule (WS) (pF 1,0) im Unterdruckverfahren und ab 63 cm WS (pF 1,8) im Drucktopf stufenweise entwässert.

Für jeden untersuchten Bearbeitungshorizont und jede Tiefe wurden vertikal jeweils 6 Stechzylinderproben mit einem Volumen von 100 cm³ entnommen.

2.11.2 Porengrößenverteilung

Die Porengrößenverteilung charakterisiert im hohen Maße den Wasser- und Lufthaushalt des Bodens. Sie wird aus der pF-Charakteristik berechnet, wobei die Einteilung der Porenklassen (Tabelle 2.6) in Anlehnung an HARTGE und HORN (1991) und BRANDT (1997) erfolgt.

Tabelle 2.6 Porenklassen, Äquivalentdurchmesser der Poren und pF-Stufen

—— Porenklasse ——		Porendurchmesser [µm]	pF
weite Grobporen	wGP	> 300	< 1,0
mittlere Grobporen	mGP	300 – 50	1,0 – 1,8
enge Grobporen	eGP	50 – 10	1,8 – 2,5
weite Mittelporen	wMP	10 – 3	2,5 – 3,0
enge Mittelporen	eMP	3 – 0,2	3,0 – 4,2
Feinporen	FP	< 0,2	> 4,2

2.11.3 Gesättigte Wasserleitfähigkeit

Die gesättigte Wasserleitfähigkeit wurde an Stechzylinderringen mit einem Volumen von 250 cm³ mit einem Haubenpermeameter nach HARTGE (1966) verändert nach ROTH (1992) gemessen. Die Proben wurden in einer Wanne über 24 Stunden aufgesättigt und anschließend in natürlicher Fließrichtung gemessen. Um Zerstörungen an den Proben zu vermeiden wurden mit geringeren Drücken von ca. 4 cm Wassersäule gearbeitet.

Die Stechzylinderproben wurden stets am Vortag der Messung entnommen um Austrocknungen und eine damit verbundene Schrumpfung und Rissbildung der Proben zu vermeiden. Die Entnahme der Stechzylinder erfolgte stets zwischen den Kulturpflanzen in

vertikaler Richtung durch vorsichtiges Eindrücken der Ringe in den Boden, um Beschädigungen der Bodenoberfläche zu vermeiden. Es wurden mindestens 6 und maximal 12 Wiederholungen genommen.

Die Berechnung der gesättigten Wasserleitfähigkeit (kf) [cm d⁻¹] erfolgt nach der Darcy-Gleichung:

$$k_f = \frac{Q \cdot l \cdot 86400}{F \cdot h \cdot t} \text{ [cm d}^{-1}\text{]} \quad (1)$$

Q = perkolierte Wassermenge [cm³], l = Fließstrecke [cm],
86400 = Umrechnungsfaktor (s → d), F = Fließquerschnitt [cm²], h = Druckhöhe [cm] und
t = Messzeit [s]

2.12 Nährstoffbilanzierungen

Während des Versuchs wurden täglich die angebotenen Konzentratfutttermengen erfasst. Das Lebendgewicht der Mastschweine wurde durch Wiegen ermittelt. Abschließend wurde das Lebendgewicht vor der Schlachtung bestimmt.

Die Gesamtnährstoffgehalte (N, P und K) des Futters und des Tierkörpers wurden analytisch bestimmt oder den Richtwerten der LK Weser-Ems entnommen (Tabelle 2.7).

Tabelle 2.7 Richtwerte für die Nährstoffgehalte an N, P und K in Futtermitteln und im Tierkörper (Quelle: Hammer-Weis, 2003)

	Stickstoff (N)	Phosphor (P)	Kalium (K)
	[%]	[%]	[%]
Variante 1, Futter Endmast	2,15 ¹⁾	0,60 ²⁾	0,85 ²⁾
Varianten 2 bis 6, Futter Anfangsmast	2,15 ¹⁾	0,60 ²⁾	0,85 ²⁾
Varianten 2 bis 6, Futter Endmast	1,97 ¹⁾	0,60 ²⁾	0,85 ²⁾
Tierkörper von Mastschweinen	2,56 ²⁾	0,51 ²⁾	0,20 ²⁾
Tierkörper von Mastschweinen	2,72 ³⁾	0,60 ³⁾	0,20 ³⁾
¹⁾ Werte berechnet aus Analysenergebnissen ²⁾ Nährstoffvergleich auf Hoftorbasis - §5 Düngeverordnung – Richtwerte für Nährstoffgehalte (Landwirtschaftskammern Weser-Ems und Hannover 2003, Tabellenanhang S. 4, 9 und 14) www.Lwk-we.de/pdf/Richtwerte-Hoftor-DL.pdf ³⁾ Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, TLL (1997)			

Aus diesen Grunddaten wurde für den Versuchszeitraum jeder Versuchsgruppe folgende Nährstofffrachten (Menge x Nährstoffkonzentration) berechnet:

- Futtermittel (I)
- Lebendmassezuwachs Mastschweine (II)

Die Differenz aus I – II ergibt die berechneten Nährstofffrachten, die über Kot, Harn und Futterverluste auf der Versuchsfläche verblieben sind und als Nährstoffinput definiert wurde.

Das Produkt aus Anzahl Mastschweine und Versuchsdauer [d] wurde als Mastschweintag (MST) definiert. Abschließend wurde der Nährstoffinput auf die Summe der MST bezogen um den täglichen Nährstoffinput pro MST zu berechnen.

2.13 Methode der ökonomischen Berechnung

Für die ökonomische Betrachtung des Produktionsverfahrens „Freilandschweinemast“ wurde zum Einen eine Modellkalkulation der Deckungsbeitrages / Mastschwein erstellt. Zum zweiten wurden modellhaft die Investitionskosten kalkuliert, welche für die Erstellung einer Schweinemast-Freilandanlage mit 140 Mastplätzen notwendig sind.

2.14 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgt mit Hilfe des PC-Programmes SPSS für Windows Version 10.0. Die erhobenen Daten werden überwiegend deskriptiv dargestellt. Unter Anwendung des t-Tests für paarige Stichproben wurde für Tierleistungsdaten ein Vergleich innerhalb Varianten (Vergleich der genetischen Herkünfte) und / oder innerhalb Versuchsgruppen als Geschlechtervergleich vorgenommen. Dabei wird mit folgenden Signifikanzgrenzen gearbeitet: $p < 0,05$ (*); $p < 0,01$ (**) bzw. $p < 0,005$ (***) und $p > 0,05$ (n.s. = nicht signifikant).

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

Die Ergebnisse werden im Folgenden einzeln für die Bereiche Tierleistung und –gesundheit, Futterangebot, Bodenkunde und Ökonomie dargestellt und diskutiert.

3.1.1 Tierleistung

3.1.1.1 Produktionsdaten

Versuchsgruppen 1R110W110(a) und 2R110W110(b)

Zu Versuchbeginn waren die genetischen Herkünfte der Versuchsvariante 2R110W110 (Stoppelrübe + 110 % KF in der Anfangsmast und Weidelgras + 110 % KF in der Endmastphase) im Durchgang W02 im Mittel der Gruppen unterschiedlich schwer ($p < 0,05$).

Die Tageszunahmen waren über die gesamte Mastperiode mit 778 g von Gruppe 2R110W110(a) (Genetik: (Ha x Pi) x (Du x DL)) und 699 g von Gruppe 2R110W110(b) (Genetik: Pi x (DE x DL)) signifikant verschieden. Im Merkmal Tageszunahmen über die Endmast erbrachte die Gruppe 2R110W110(a) mit 829 g ebenfalls eine signifikant höhere Leistung als Gruppe 2R110W110(b) mit 730 g ($p < 0,01$). Dagegen wurde in den Tageszunahmen während der Anfangsmastphase kein signifikanter Unterschied der Gruppen festgestellt (Tabelle 3.1a).

Tabelle 3.1a Produktionsdaten (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 2R110W110(a) und 2R110W110(b)

	Versuchsgruppe	Anzahl n	Mittelwert	Standardabweichung	Signifikanz
Gewicht zu Versuchsbeginn (03.12.02) [kg]	2R110W110(a)	20	30,8	6,4	*
	2R110W110(b)	20	33,9	1,8	
Tageszunahme über die Anfangsmast (62 Tage) [g]	2R110W110(a)	20	721	130	n.s.
	2R110W110(b)	19	662	130	
Gewicht zu Beginn der Endmast (04.02.03) [kg]	2R110W110(a)	20	76,2	13,9	n.s.
	2R110W110(b)	19	75,6	8,9	
Tageszunahme über die Endmast [g]	2R110W110(a)	20	829	101	**
	2R110W110(b)	19	730	106	
Tageszunahme über die gesamte Mast [g]	2R110W110(a)	20	778	87	***
	2R110W110(b)	19	699	96	
Mastendgewicht [kg]	2R110W110(a)	20	124,3	6,7	*
	2R110W110(b)	19	118,8	6,9	

Quelle: eigene Berechnungen

Im Vergleich der Geschlechter innerhalb der genetischen Gruppen konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden (Tabelle 3.1b).

Tabelle 3.1b Produktionsdaten (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 2R110W110(a) und 2R110W110(b)

	Versuchs- gruppe	Geschlecht	Anzahl n	Mittelwert	Standard- abweichung	Signi- fikanz
Gewicht zu Versuchsbeginn (03.12.02) [kg]	2R110W110(a)	Börge	10	30,7	7,8	n.s.
		Sauen	10	30,8	5,2	
	2R110W110(b)	Börge	10	34,6	1,6	n.s.
		Sauen	9	33,3	2,0	
Tageszunahme über die Anfangsmast (62 Tage) [g]	2R110W110(a)	Börge	10	717	131	n.s.
		Sauen	10	725	136	
	2R110W110(b)	Börge	10	645	105	n.s.
		Sauen	9	681	158	
Gewicht zu Beginn der Endmast (04.02.03) [kg]	2R110W110(a)	Börge	10	75,9	15,2	n.s.
		Sauen	10	76,4	13,2	
	2R110W110(b)	Börge	10	75,2	7,0	n.s.
		Sauen	9	76,1	11,1	
Tageszunahme über die Endmast [g]	2R110W110(a)	Börge	10	839	93	n.s.
		Sauen	10	819	113	
	2R110W110(b)	Börge	10	742	114	n.s.
		Sauen	9	716	103	
Tageszunahme über die gesamte Mast [g]	2R110W110(a)	Börge	10	782	88	n.s.
		Sauen	10	773	91	
	2R110W110(b)	Börge	10	696	77	n.s.
		Sauen	9	702	118	
Mastendgewicht [kg]	2R110W110(a)	Börge	10	127,2	6,9	*
		Sauen	10	121,3	5,4	
	2R110W110(b)	Börge	10	118,5	7,7	n.s.
		Sauen	9	119,0	6,3	

Quelle: eigene Berechnungen

Versuchsgruppen 3W110W110(a) und 3W110W110(b)

Die genetischen Gruppen der Versuchsvariante 3W110W110 (Weidelgras + 110 % KF in beiden Mastphasen) des Durchganges W02 waren im Mittel nicht signifikant verschieden bezüglich der Gewichte zu Versuchsbeginn und zu Beginn der Endmast sowie im Merkmal Tageszunahme über die Endmast. Jedoch wurden für 3W110W110(a) (Genetik: (Ha x Pi) x (Du x DL) mit 725 g versus 661 g signifikant ($p < 0,05$) höhere Tageszunahmen über die Anfangsmast und mit 768 g versus 694 g) höhere Tageszunahmen über die gesamte Mast ermittelt als für die Versuchsgruppe 3W110W110(b) (Genetik: Pi x (DE x DL) (Tabelle 3.2a).

Tabelle 3.2a Produktionsdaten (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 3W110W110(a) und 3W110W110(b)

	Versuchsgruppe	Anzahl n	Mittelwert	Standardabweichung	Signifikanz
Gewicht zu Versuchsbeginn (03.12.02) [kg]	3W110W110(a)	20	33,6	8,0	n.s.
	3W110W110(b)	20	32,8	3,9	
Tageszunahme über die Anfangsmast (62 Tage) [g]	3W110W110(a)	20	752	102	*
	3W110W110(b)	19	661	116	
Gewicht zu Beginn der Endmast (04.02.03) [kg]	3W110W110(a)	20	81,2	13,4	n.s.
	3W110W110(b)	19	74,6	9,2	
Tageszunahme über die Endmast [g]	3W110W110(a)	18	784	97	n.s.
	3W110W110(b)	19	721	105	
Tageszunahme über die gesamte Mast [g]	3W110W110(a)	18	768	81	*
	3W110W110(b)	18	694	94	
Mastendgewicht [kg]	3W110W110(a)	18	121,6	4,7	n.s.
	3W110W110(b)	18	119,7	6,7	

Quelle: eigene Berechnungen

Innerhalb der Versuchsgruppe 3W110W110(b) zeigten die Böрге mit 739 g Tageszunahme über die gesamte Mast eine höhere Leistung als die Sauen mit 657 g ($p < 0,05$). Für alle anderen getesteten Produktionsdaten konnten im Vergleich der Geschlechter keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Tabelle 3.2b).

Tabelle 3.2b Produktionsdaten (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 3W110W110(a) und 3W110W110(b)

	Versuchsgruppe	Geschlecht	Anzahl n	Mittelwert	Standardabweichung	Signifikanz
Gewicht zu Versuchsbeginn (03.12.02) [kg]	3W110W110(a)	Böрге	10	31,8	8,4	n.s.
		Sauen	10	35,4	7,6	
	3W110W110(b)	Böрге	9	32,6	5,3	n.s.
		Sauen	11	33,0	2,5	
Tageszunahme über die Anfangsmast (62 Tage) [g]	3W110W110(a)	Böрге	9	758	87	n.s.
		Sauen	10	746	119	
	3W110W110(b)	Böрге	9	694	131	n.s.
		Sauen	10	630	99	
Gewicht zu Beginn der Endmast (04.02.03) [kg]	3W110W110(a)	Böрге	9	79,8	13,3	n.s.
		Sauen	10	82,4	14,1	
	3W110W110(b)	Böрге	9	76,3	10,7	n.s.
		Sauen	10	73,0	7,8	
Tageszunahme über die Endmast [g]	3W110W110(a)	Böрге	9	785	100	n.s.
		Sauen	9	784	100	
	3W110W110(b)	Böрге	8	770	66	n.s.
		Sauen	10	681	115	
Tageszunahme über die gesamte Mast [g]	3W110W110(a)	Böрге	9	772	84	n.s.
		Sauen	9	764	84	
	3W110W110(b)	Böрге	8	739	77	*
		Sauen	10	657	94	
Mastendgewicht [kg]	3W110W110(a)	Böрге	9	121,6	5,5	n.s.
		Sauen	9	121,6	4,0	
	3W110W110(b)	Böрге	8	120,8	5,9	n.s.
		Sauen	10	118,8	7,5	

Quelle: eigene Berechnungen

Versuchsgruppen 4W100T80(a) und 4W100T80(c)

Die Gruppenmittel von 4W100T80(a) (Weidelgras + 100 % KF in der Anfangsmast und Topinambur + 80 % in der Endmast; Genetik: (Ha x Pi) x (Du x DL)) und 4W100T80(c) (Weidelgras + 100 % KF in der Anfangsmast und Topinambur + 80 % in der Endmast; Genetik: (Pi) x (Du x DL)) waren im Merkmal Gewicht zu Versuchsbeginn nicht signifikant unterschiedlich. Jedoch zeigten die Tiere der Gruppe 4W100T80(c) im Mittel signifikant ($p < 0,01$) höhere Tageszunahmen über die Phase der Anfangsmast mit 753 g und ein höheres ($p < 0,05$) mittleres Gewicht zu Beginn der Endmast mit 73,3 kg. Die Tiere der Gruppe 4W100T80(a) erreichten eine mittlere Tageszunahme von 668 g während der Anfangsmast. In den anderen Produktionsdaten unterschieden sich die genetischen Herkünfte nicht signifikant voneinander (Tabelle 3.3a).

Tabelle 3.3a Produktionsdaten (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 4W100T80(a) und 4W100T80(c)

	Versuchsgruppe	Anzahl n	Mittelwert	Standardabweichung	Signifikanz
Gewicht zu Versuchsbeginn (03.12.02) [kg]	4W100T80(a)	20	35,0	3,3	n.s.
	4W100T80(c)	20	36,7	5,5	
Tageszunahme über die Anfangsmast (62 Tage) [g]	4W100T80(a)	20	668	72	**
	4W100T80(c)	19	753	112	
Gewicht zu Beginn der Endmast (04.02.03) [kg]	4W100T80(a)	20	67,8	5,7	*
	4W100T80(c)	19	73,3	9,1	
Tageszunahme über die Endmast [g]	4W100T80(a)	16	742	48	n.s.
	4W100T80(c)	18	754	65	
Tageszunahme über die gesamte Mast [g]	4W100T80(a)	16	713	36	n.s.
	4W100T80(c)	18	750	68	
Mastendgewicht [kg]	4W100T80(a)	16	118,9	4,2	n.s.
	4W100T80(c)	18	120,6	4,9	

Quelle: eigene Berechnungen

Für die Versuchsvarianten 4W100T80 des Versuchsdurchganges S03 zeigten sich signifikante Unterschiede im Vergleich der Geschlechter innerhalb der Versuchgruppen nur für die Versuchsgruppe 4W100T80(c) und nur bezüglich der Merkmale Tageszunahmen während der Anfangsmast und Tageszunahmen über die gesamte Mast. Während der ersten Mastphase erreichten die Börgen mit 802 g / Tag deutlich höhere Zunahmen als die Sauen ($p < 0,05$). Auch über die gesamte Mast gerechnet zeigten die Börgen mit 782 g Masttageszunahme höhere Leistungen als die weiblichen Tiere der Gruppe mit 717 g mittlerer täglicher Zunahme ($p < 0,05$) (Tabelle 3.3b).

Tabelle 3.3b Produktionsdaten (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 4W100T80(a) und 4W100T80(c)

	Versuchsgruppe	Geschlecht	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung	Signifikanz
Gewicht zu Versuchsbeginn (27.05.03) [kg]	4W100T80(a)	Böрге	10	35,1	4,2	n.s.
		Sauen	10	35,0	2,4	
	4W100T80(c)	Böрге	10	35,5	5,7	n.s.
		Sauen	10	37,9	5,4	
Tageszunahme über die Anfangsmast (48 Tage) [g]	4W100T80(a)	Böрге	10	688	85	n.s.
		Sauen	10	649	56	
	4W100T80(c)	Böрге	10	802	110	*
		Sauen	9	699	93	
Gewicht zu Beginn der Endmast (15.07.03) [kg]	4W100T80(a)	Böрге	10	68,8	7,2	n.s.
		Sauen	10	66,8	3,8	
	4W100T80(c)	Böрге	10	74,9	9,7	n.s.
		Sauen	9	71,5	8,7	
Tageszunahme über die Endmast [g]	4W100T80(a)	Böрге	6	748	47	n.s.
		Sauen	10	739	51	
	4W100T80(c)	Böрге	9	781	54	n.s.
		Sauen	9	728	67	
Tageszunahme über die gesamte Mast [g]	4W100T80(a)	Böрге	6	732	27	n.s.
		Sauen	10	702	37	
	4W100T80(c)	Böрге	9	782	70	*
		Sauen	9	717	50	
Mastendgewicht [kg]	4W100T80(a)	Böрге	6	120,1	3,3	n.s.
		Sauen	10	118,2	4,7	
	4W100T80(c)	Böрге	9	121,1	5,2	n.s.
		Sauen	9	120,0	4,9	

Quelle: eigene Berechnungen

Versuchsgruppen 5S100R100(a) und 5S100R100(c)

Für die genetischen Herkünfte der Versuchsvariante 5S100R100 (Stoppelrübe + 100 % KF in der Anfangsmast und Topinambur + 80 % KF in der Endmast) im Versuchsdurchgang S03 ergab sich für keinen der geprüften Produktionsparameter ein signifikanter Unterschied (Tabelle 3.4a).

Tabelle 3.4a Produktionsdaten (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 5S100R100(a) und 5S100R100(c)

	Versuchs- gruppe	Anzahl n	Mittelwert	Standard- abweichung	Signi- fikanz
Gewicht zu Versuchsbeginn (06.08.03) [kg]	5S100R100(a)	19	31,3	4,6	n.s.
	5S100R100(c)	20	34,1	7,8	
Tageszunahme über die Anfangsmast (61 Tage) [g]	5S100R100(a)	19	651	96	n.s.
	5S100R100(c)	20	696	85	
Gewicht zu Beginn der Endmast (07.10.03) [kg]	5S100R100(a)	19	72,3	9,6	n.s.
	5S100R100(c)	20	77,9	11,8	
Tageszunahme über die Endmast [g]	5S100R100(a)	19	798	95	n.s.
	5S100R100(c)	18	751	131	
Tageszunahme über die gesamte Mast [g]	5S100R100(a)	19	721	72	n.s.
	5S100R100(c)	18	725	77	
Mastendgewicht [kg]	5S100R100(a)	19	116,9	4,2	n.s.
	5S100R100(c)	18	117,7	4,3	

Quelle: eigene Berechnungen

Zwischen den Geschlechtern innerhalb der Versuchsgruppe 5S100R100(a) traten bezüglich der getesteten Produktionsparameter keine signifikanten Unterschiede auf.

Innerhalb der Gruppe 5S100R100(c) jedoch war die mittlere Tageszunahme der Böрге während der Anfangsmast mit 740 g höchst signifikant ($p < 0,005$) verschieden von 630 g als dem Mittel der täglichen Zunahmen der Sauen während des gleichen Mastabschnittes. (Tabelle 3.4b).

Tabelle 3.4b Produktionsdaten (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 5S100R100(a) und 5S100R100(c)

	Versuchsgruppe	Geschlecht	Anzahl n	Mittelwert	Standardabweichung	Signifikanz
Gewicht zu Versuchsbeginn (06.08.03) [kg]	5S100R100(a)	Böрге	8	31,2	4,2	n.s.
		Sauen	11	31,4	5,0	
	5S100R100(c)	Böрге	12	36,1	7,6	n.s.
		Sauen	8	31,1	7,7	
Tageszunahme über die Anfangsmast (61 Tage) [g]	5S100R100(a)	Böрге	8	693	93	n.s.
		Sauen	11	620	90	
	5S100R100(c)	Böрге	12	740	77	***
		Sauen	8	630	43	
Gewicht zu Beginn der Endmast (07.10.03) [kg]	5S100R100(a)	Böрге	8	74,8	9,3	n.s.
		Sauen	11	70,4	9,8	
	5S100R100(c)	Böрге	12	82,7	11,0	*
		Sauen	8	70,7	9,5	
Tageszunahme über die Endmast [g]	5S100R100(a)	Böрге	8	797	60	n.s.
		Sauen	11	798	117	
	5S100R100(c)	Böрге	12	760	153	n.s.
		Sauen	6	734	76	
Tageszunahme über die gesamte Mast [g]	5S100R100(a)	Böрге	8	742	66	n.s.
		Sauen	11	706	75	
	5S100R100(c)	Böрге	12	749	81	n.s.
		Sauen	6	677	40	
Mastendgewicht [kg]	5S100R100(a)	Böрге	8	117,0	2,5	n.s.
		Sauen	11	116,8	5,2	
	5S100R100(c)	Böрге	12	118,2	2,9	n.s.
		Sauen	6	116,8	6,5	

Quelle: eigene Berechnungen

Versuchsgruppen 6W100T80(a) und 6W100T80(c)

Für die Versuchsgruppen der Variante 6W100T80 (Weidelgras + 100 % KF in der Anfangsmast und Topinambur + 80 % KF in der Endmast) des Durchganges S03 ergab der Vergleich lediglich im Merkmal Tageszunahmen während der Anfangsmast einen signifikanten Unterschied der genetischen Herkünfte. Im Mittel zeigten die Tiere der Gruppe 6W100T80(c) (Genetik: Pi x (Du x DL) mit 811 g / Tag höhere Zunahmen im ersten Mastabschnitt als die Tiere der Gruppe 6W100T80(a) (Genetik: (Ha x Pi) x (Du x DL) mit 749 g täglichen Zunahmen (Tabelle 3.5a).

Tabelle 3.5a Produktionsdaten (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 6W100T80(a) und 6W100T80(c)

	Versuchsgruppe	Anzahl n	Mittelwert	Standardabweichung	Signifikanz
Gewicht zu Versuchsbeginn (06.08.03) [kg]	6W100T80(a)	17	31,8	4,3	n.s.
	6W100T80(c)	19	33,7	5,7	
Tageszunahme über die Anfangsmast (54 Tage) [g]	6W100T80(a)	17	749	75	*
	6W100T80(c)	19	811	85	
Gewicht zu Beginn der Endmast (30.09.03) [kg]	6W100T80(a)	17	73,7	7,1	n.s.
	6W100T80(c)	19	79,1	9,0	
Tageszunahme über die Endmast [g]	6W100T80(a)	17	773	77	n.s.
	6W100T80(c)	17	729	99	
Tageszunahme über die gesamte Mast [g]	6W100T80(a)	17	760	50	n.s.
	6W100T80(c)	17	770	75	
Mastendgewicht [kg]	6W100T80(a)	17	117,0	2,8	n.s.
	6W100T80(c)	17	117,5	4,7	

Quelle: eigene Berechnungen

Beim Vergleich zwischen den Geschlechtern der Versuchsgruppe 6W100T80(a) konnte für keinen der getesteten Produktionsparameter ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Innerhalb der Gruppe 6W100T80(c) jedoch zeigte sich bezüglich der mittleren Tageszunahmen über die Endmast ein höchst signifikanter Unterschied zwischen Börgen und Sauen. Die weiblichen Tiere zeigten im letzten Mastabschnitt im Mittel deutlich höhere Zunahmen (812 g) als die Börgen (674 g) (Tabelle 3.3b).

Tabelle 3.5b Produktionsdaten (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 6W100T80(a) und 6W100T80(c)

	Versuchsgruppe	Geschlecht	Anzahl n	Mittelwert	Standardabweichung	Signifikanz
Gewicht zu Versuchsbeginn (06.08.03) [kg]	6W100T80(a)	Börgen	6	32,3	4,6	n.s.
		Sauen	11	31,5	4,4	
	6W100T80(c)	Börgen	11	35,0	5,9	n.s.
		Sauen	8	32,0	5,3	
Tageszunahme über die Anfangsmast (54 Tage) [g]	6W100T80(a)	Börgen	6	767	115	n.s.
		Sauen	11	739	45	
	6W100T80(c)	Börgen	11	832	84	n.s.
		Sauen	8	782	83	
Gewicht zu Beginn der Endmast (30.09.03) [kg]	6W100T80(a)	Börgen	6	75,3	9,6	n.s.
		Sauen	11	72,9	5,6	
	6W100T80(c)	Börgen	11	81,6	8,9	n.s.
		Sauen	8	75,8	8,5	
Tageszunahme über die Endmast [g]	6W100T80(a)	Börgen	6	739	89	n.s.
		Sauen	11	791	67	
	6W100T80(c)	Börgen	11	674	56	***
		Sauen	6	812	103	
Tageszunahme über die gesamte Mast [g]	6W100T80(a)	Börgen	6	754	68	n.s.
		Sauen	11	764	41	
	6W100T80(c)	Börgen	11	745	68	n.s.
		Sauen	6	816	69	
Mastendgewicht [kg]	6W100T80(a)	Börgen	6	117,3	2,1	n.s.
		Sauen	11	116,9	3,2	
	6W100T80(c)	Börgen	11	117,3	5,5	n.s.
		Sauen	6	117,8	3,3	

Quelle: eigene Berechnungen

Über alle genetischen Gruppen und Versuchsvarianten erbrachten die Schweine gute Tageszunahmen von ca. 700 bis 780 g über die gesamte Mast. Sie bestätigen damit das von SCHNEIDER (1996) und STOLL (1994) mit ca. 730 bis 800 g Tageszunahme aufgezeigte Leistungspotential von Freilandschweinen. Sie liegen jedoch etwas unterhalb der 844 g TZ aus dem Versuch mit Freilandschweinen von BREMERMAN (2001). Die Autorin hat dabei keine Unterscheidung der Tiere nach Geschlecht vorgenommen.

Die genetische Kombination Pi x (DE x DL) zeigte sich mit etwa 700 g TZ über die gesamte Mast im Vergleich zur Herkunft (Ha x Pi) x (Du x DL) mit etwa 780 g (2R110W110) bzw. 770 g TZ (3W110W110) unabhängig von der Versuchsvariante generell weniger leistungsfähig. Zwei mögliche Ursachen für diese Leistungsverschiedenheit sind denkbar. Zum Einen hatten die genannten genetischen Herkünfte unterschiedliche Aufzuchtssysteme durchlaufen. Die Tiere der Pi x (DE x DL) kamen aus einer konventionellen Stallaufzucht und wurden im Versuchsgeschehen erstmals mit Klimareizen und Freilandbedingungen konfrontiert. Die anderen Tiere wurden bereits unter Außenhaltungsbedingungen aufgezogen. Für sie stellte die Freilandhaltung unter Versuchsbedingungen keine große Veränderung der Haltungsumwelt dar. Zum Anderen könnte sich der Rasseanteil des Duroc in der Vierrassenkombination (a) günstig auswirken. Duroc ist als eine sehr robuste Rasse mit gutem Futteraufnahmevermögen und sehr guten Fundamenten bekannt.

Ein entsprechender Genanteil könnte für die Tiere unter Freilandbedingungen und insbesondere bei witterungsbedingt ungünstigen Bodenbedingungen vorteilhaft sein.

Im Vergleich der Herkünfte (Ha x Pi) x (Du x DL) und Pi x (Du x DL) zeigte sich bezüglich der Produktionsleistung über alle Varianten und Mastphasen ein uneinheitliches Bild. Lediglich in den Anfangsmastphasen der Varianten 4W100T80 und 6W100T80 wurden mit höheren Tageszunahmen der Genetik Pi x (Du x DL) (753 g vs. 668 g bzw. 811 g vs. 749 g), signifikante Unterschiede deutlich. In den Endmastabschnitten der Varianten 5S100R100 und 6W100T80 findet sich, allerdings ohne Signifikanzen, eine umgekehrte Situation (751 g vs. 798 g bzw. 723 g vs. 773 g TZ).

Die genetischen Gruppen (Ha x Pi) x (Du x DL) und Pi x (Du x DL) äußerten somit unter den beschriebenen Versuchsbedingungen vergleichbare Leistungen. Dieser Umstand lässt vermuten, dass die Wahl der Genetik des zur Erstellung der Endprodukte eingesetzten Ebers, d.h. ob reinrassiger Pietrain (Pi) oder Kreuzungseber (Ha x Pi), unter den Bedingungen des untersuchten Freilandhaltungssystems wenig Einfluss auf die Leistungsfähigkeit dieser Mastschweine hatte.

Auffällig ist, dass der Vergleich der Geschlechter innerhalb der genetischen Herkunft (Ha x Pi) x (Du x DL) für keine der geprüften Varianten einen signifikanten Unterschied bezüglich der Produktionsleistung hervorbrachte. Anders verhielten sich die Tiere der Genetik Pi x (Du x DL). Die für verschiedene Mastabschnitte ermittelten Unterschiede zwischen den Geschlechtern waren bis auf eine Ausnahme durch eine deutlich höhere Leistung der Börgen begründet. Die Betrachtung der Produktionsdaten der Tiere der genetischen Kombination Pi x (Du x DL) lässt erkennen, dass die Börgen dieser Herkunft unter den Versuchsbedingungen der Freilandanlage zu z.T. deutlich höheren Tageszunahmen befähigt sind, als die zugehörigen weiblichen Mastschweine.

3.1.1.2 Schlachtdaten

Versuchsgruppen 2R110W110(a) und 2R110W110(b)

Die genetischen Herkünfte der Variante 2R110W110 (Stoppelrübe + 110 % KF in der Anfangsmast und Weidelgras + 110 % KF in der Endmast) des Versuchsdurchganges W02 erreichten im Mittel Muskelfleischanteile von 55,6 % (2R110W110(a) Genetik: (Ha x Pi x (DU x DL)) bzw. 54,4 % (2R110W110(b) Genetik: Pi x (DE x DL)). Sie unterschieden sich in diesem Merkmal nicht signifikant voneinander. Im Merkmal Speckmaß hingegen zeigten die Schlachtkörper der Tiere von Gruppe 2R110W110(a) mit 15,6 mm einen deutlich geringeren Wert als die der Gruppe 2R110W110(b) mit 17,7 mm ($p < 0,05$) (Tabelle 3.6a).

Tabelle 3.6a Schlachtdaten (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 2R110W110(a) und 2R110W110(b)

	Versuchs- gruppe	Anzahl n	Mittelwert	Standard- abweichung	Signi- fikanz
Schlachtgewicht (SG) [kg]	2R110W110(a)	20	94,3	4,8	n.s.
	2R110W110(b)	18	93,4	4,2	
Muskelfleischanteil (MfA) [%]	2R110W110(a)	20	55,6	3,0	n.s.
	2R110W110(b)	18	54,4	2,6	
Speckmaß (SM) [mm]	2R110W110(a)	20	15,6	3,2	*
	2R110W110(b)	18	17,7	3,0	
Fleischmaß (FM) [mm]	2R110W110(a)	20	55,4	6,9	n.s.
	2R110W110(b)	18	56,4	4,3	
pH1	2R110W110(a)	20	6,2	0,2	n.s.
	2R110W110(b)	19	6,2	0,1	

Quelle: eigene Berechnungen

Der Vergleich der Geschlechter innerhalb von Versuchsgruppe 2R110W110(a) zeigt, dass die weiblichen Tiere im Merkmal Muskelfleischanteil mit 56,3 % einen deutlich höheren Wert aufwiesen, als die Böрге mit 52,4 % ($p < 0,005$). Auch bezüglich des Speckmaßes konnten für beide genetische Herkünfte signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern ermittelt werden. Die Böрге erreichten höhere Werte in diesem Merkmal: 17,4 mm als Mittel der Böрге Gruppe 2R110W110(a) bei $p < 0,01$ und 20,0 mm im Mittel der Böрге Gruppe 2R110W110(b) bei $p < 0,005$ (Tabelle 3.6b).

Tabelle 3.6b Schlachtdaten (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 2R110W110(a) und 2R110W110(b)

	Versuchsgruppe	Geschlecht	Anzahl n	Mittelwert	Standardabweichung	Signifikanz
Schlachtgewicht (SG) [kg]	2R110W110(a)	Böрге	10	96,8	4,4	*
		Sauen	10	91,9	4,0	
	2R110W110(b)	Böрге	9	94,5	1,9	n.s.
		Sauen	9	92,2	5,6	
Muskelfleischanteil (MfA) [%]	2R110W110(a)	Böрге	10	54,3	3,2	n.s.
		Sauen	10	56,9	2,2	
	2R110W110(b)	Böрге	9	52,4	2,0	***
		Sauen	9	56,3	1,3	
Speckmaß (SM) [mm]	2R110W110(a)	Böрге	10	17,4	3,0	**
		Sauen	10	13,8	2,3	
	2R110W110(b)	Böрге	9	20,0	2,3	***
		Sauen	9	15,4	1,3	
Fleischmaß (FM) [mm]	2R110W110(a)	Böрге	10	55,2	6,0	n.s.
		Sauen	10	55,6	8,1	
	2R110W110(b)	Böрге	9	56,2	3,8	n.s.
		Sauen	9	56,6	4,9	
pH1	2R110W110(a)	Böрге	10	6,2	0,2	n.s.
		Sauen	10	6,1	0,1	
	2R110W110(b)	Böрге	9	6,3	0,1	n.s.
		Sauen	9	6,2	0,1	

Quelle: eigene Berechnungen

Versuchsgruppen 3W110W110(a) und 3W110W110(b)

Die Versuchsgruppen 3W110W110(a) (Weidelgras + 110 % KF in beiden Mastphasen, Genetik: (Ha x Pi) x (Du x DL) und 3W110W110(b) (Weidelgras + 110 % KF in beiden Mastphasen, Genetik: Pi x (DE x DL) zeigten nur im Merkmal Speckmaß signifikante Unterschiede ($p < 0,05$): Schlachtkörper von Tieren der Gruppe 3W110W110(a) erreichten mit 15,2 mm ein geringeres Speckmaß als die Tiere von 3W110W110(b) mit 17,1 mm. Bezüglich der anderen getesteten Schlachtparameter konnten keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Herkünften ermittelt werden.

Tabelle 3.7a Schlachtdaten (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 3W110W110(a) und 3W110W110(b)

	Versuchs- gruppe	Anzahl n	Mittelwert	Standard- abweichung	Signi- fikanz
Schlachtgewicht (SG) [kg]	3W110W110(a)	18	92,4	3,4	n.s.
	3W110W110(b)	18	94,0	5,3	
Muskelfleischanteil (MfA) [%]	3W110W110(a)	18	56,0	1,9	n.s.
	3W110W110(b)	18	54,9	2,7	
Speckmaß (SM) [mm]	3W110W110(a)	18	15,2	2,2	*
	3W110W110(b)	18	17,1	2,8	
Fleischmaß (FM) [mm]	3W110W110(a)	18	54,3	4,5	n.s
	3W110W110(b)	18	56,5	4,4	
pH1	3W110W110(a)	18	6,3	0,1	n.s.
	3W110W110(b)	18	6,2	0,1	

Quelle: eigene Berechnungen

Innerhalb der Versuchsgruppe 3W110W110(b) konnten zwischen den Geschlechtern keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden. Für 3W110W110(a) hingegen ergaben sich bezüglich zweier Merkmale Unterschiede zwischen Börgen und Sauen. Die Böрге dieser Gruppe erreichten mit 54,9 % einen deutlich geringeren Muskelfleischanteil im Schlachtkörper als die weiblichen Tiere mit 57,1 % ($p < 0,01$). Im Merkmal Speckmaß zeigte sich sogar ein höchst signifikanter Unterschied zwischen den Börgen (16,6 mm) und den Sauen (13,8 mm) bei $p < 0,005$ (Tabelle 3.7b).

Tabelle 3.7b Schlachtdaten (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 3W110W110(a) und 3W110W110(b)

	Versuchs- gruppe	Geschlecht	Anzahl n	Mittelwert	Standard- abweichung	Signi- fikanz
Schlachtgewicht (SG) [kg]	3W110W110(a)	Böрге	9	92,8	3,8	n.s.
		Sauen	9	92,0	3,1	
	3W110W110(b)	Böрге	8	94,6	4,6	n.s.
		Sauen	10	93,6	6,0	
Muskelfleischanteil (MfA) [%]	3W110W110(a)	Böрге	9	54,9	1,6	**
		Sauen	9	57,1	1,5	
	3W110W110(b)	Böрге	8	53,7	1,7	n.s.
		Sauen	10	55,8	3,1	
Speckmaß (SM) [mm]	3W110W110(a)	Böрге	9	16,6	1,7	***
		Sauen	9	13,8	1,7	
	3W110W110(b)	Böрге	8	18,4	2,0	n.s.
		Sauen	10	16,0	3,1	
Fleischmaß (FM) [mm]	3W110W110(a)	Böрге	9	54,5	2,9	n.s.
		Sauen	9	54,0	5,9	
	3W110W110(b)	Böрге	8	56,1	4,0	n.s.
		Sauen	10	56,9	4,9	
pH1	3W110W110(a)	Böрге	9	6,3	0,1	n.s.
		Sauen	9	6,3	0,1	
	3W110W110(b)	Böрге	8	6,3	0,1	n.s.
		Sauen	10	6,2	0,2	

Quelle: eigene Berechnungen

Versuchsgruppen 4W100T80(a) und 4W100T80(c)

Für keinen der getesteten Parameter ließ ein Vergleich der genetischen Herkunft der Versuchsvariante 4W100T80 (Weidelgras + 100 % KF in der Anfangsmast und Topinambur + 80 % KF in der Endmast) des Durchganges S03 einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen erkennen.

Tabelle 3.8a Schlachtdaten (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 4W100T80(a) und 4W100T80(c)

	Versuchs- gruppe	Anzahl n	Mittelwert	Standard- abweichung	Signi- fikanz
Schlachtgewicht (SG) [kg]	4W100T80(a)	15	88,8	2,6	n.s.
	4W100T80(c)	18	90,9	4,1	
Muskelfleischanteil (MfA) [%]	4W100T80(a)	15	54,2	2,6	n.s.
	4W100T80(c)	18	54,9	3,4	
Speckmaß (SM) [mm]	4W100T80(a)	15	16,5	3,0	n.s.
	4W100T80(c)	18	16,2	3,5	
Fleischmaß (FM) [mm]	4W100T80(a)	15	50,0	4,9	n.s.
	4W100T80(c)	18	52,7	4,9	
pH1	4W100T80(a)	15	6,3	0,1	n.s.
	4W100T80(c)	18	6,3	0,1	

Quelle: eigene Berechnungen

Der Vergleich zwischen den Geschlechtern innerhalb der Versuchsgruppen 4W100T80(a) (Genetik: (Ha x Pi) x (Du x DL) bzw. 4W100T80(c) (Genetik: Pi x (DU x DL) zeigte nur für die Gruppe 4W100T80(a) signifikante Unterschiede. Die Sauen dieser Versuchsgruppe erreichten im Mittel mit 55,1 % höhere Muskelfleischanteil als die Kastraten der gleichen Gruppe mit nur 52,3 % ($p < 0,05$). Im Merkmal Fleischmaß waren die Schlachtkörper der Sauen sogar höchst signifikant verschieden von denen der Böрге: 52,6 mm bzw. 44,7 mm ($p < 0,005$) (Tabelle 3.8b).

Tabelle 3.8b Schlachtdaten (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 4W100T80(a) und 4W100T80(c)

	Versuchs- gruppe	Geschlecht	Anzahl n	Mittelwert	Standard- abweichung	Signi- fikanz
Schlachtgewicht (SG) [kg]	4W100T80(a)	Böрге	5	89,2	1,8	n.s.
		Sauen	10	88,6	2,9	
	4W100T80(c)	Böрге	9	91,0	4,0	n.s.
		Sauen	9	90,8	4,5	
Muskelfleischanteil (MfA) [%]	4W100T80(a)	Böрге	5	52,3	3,2	*
		Sauen	10	55,1	1,7	
	4W100T80(c)	Böрге	9	53,4	3,4	n.s.
		Sauen	9	56,5	2,8	
Speckmaß (SM) [mm]	4W100T80(a)	Böрге	5	17,6	4,1	n.s.
		Sauen	10	15,9	2,3	
	4W100T80(c)	Böрге	9	17,7	3,4	n.s.
		Sauen	9	14,7	3,1	
Fleischmaß (FM) [mm]	4W100T80(a)	Böрге	5	44,7	3,5	***
		Sauen	10	52,6	2,9	
	4W100T80(c)	Böрге	9	50,9	3,4	n.s.
		Sauen	9	54,5	5,6	
pH1	4W100T80(a)	Böрге	5	6,3	0,1	n.s.
		Sauen	10	6,3	0,1	
	4W100T80(c)	Böрге	9	6,3	0,1	n.s.
		Sauen	9	6,3	0,1	

Quelle: eigene Berechnungen

Versuchsgruppen 5S100R100(a) und 5S100R100(c)

Die von den Tieren der Versuchsvariante 5S100R100 (Stoppelflächen + 100 % KF in der Anfangsmast und Stoppelrüben + 100 % KF in der Endmast) des Durchganges S03 erreichten MfA-Werte betragen im Mittel der Gruppen 55,9 % (5S100R100(a) Genetik: (Ha x Pi) x (Du x DL)) bzw. 55,2 % (5S100R100(c) Genetik: Pi x (Du x DL)) und unterschieden sich damit nicht signifikant voneinander. Auch für andere getestete Parameter der Schlachtleistung ergab der Vergleich der Versuchsgruppen 5S100R100(a) und 5S100R100(c) keinen signifikanten Unterschied.

Tabelle 3.9a Schlachtdaten (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 5S100R100(a) und 5S100R100(c)

	Versuchs- gruppe	Anzahl n	Mittelwert	Standard- abweichung	Signi- fikanz
Schlachtgewicht (SG) [kg]	5S100R100(a)	16	89,8	2,5	n.s.
	5S100R100(c)	14	89,9	3,6	
Muskelfleischanteil (MfA) [%]	5S100R100(a)	16	55,9	2,7	n.s.
	5S100R100(c)	14	55,2	1,8	
Speckmaß (SM) [mm]	5S100R100(a)	16	15,6	3,2	n.s.
	5S100R100(c)	14	16,3	2,0	
Fleischmaß (FM) [mm]	5S100R100(a)	16	55,2	5,0	n.s.
	5S100R100(c)	14	54,4	3,7	
pH1	5S100R100(a)	16	6,2	0,1	n.s.
	5S100R100(c)	14	6,2	0,1	

Quelle: eigene Berechnungen

Für beide Versuchsgruppen ermittelte der Vergleich der Geschlechter innerhalb der Gruppen signifikante Unterschiede bezüglich der Parameter Muskelfleischanteil (MfA) und Speckmaß. In beiden Versuchsgruppen erzielten die Sauen höhere MfA-Werte und die Böрге höhere Speckmaße. Die höchste Signifikanz ergab sich für den Parameter MfA der Gruppe 5S100R100(c): Sauen mit 57,5 % und Böрге mit 54,4 % ($p < 0,005$). Die Sauen-Schlachtkörper der Gruppe 5S100R100(a) erreichten 57,3 % MfA und die der Böрге 54,0 % ($p < 0,01$).

Tabelle 3.9b Schlachtdaten (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 5S100R100(a) und 5S100R100(c)

	Versuchsgruppe	Geschlecht	Anzahl n	Mittelwert	Standardabweichung	Signifikanz
Schlachtgewicht (SG) [kg]	5S100R100(a)	Böрге	7	89,3	2,3	n.s.
		Sauen	9	90,1	2,2	
	5S100R100(c)	Böрге	11	89,9	3,8	n.s.
		Sauen	3	90,1	3,4	
Muskelfleischanteil (MfA) [%]	5S100R100(a)	Böрге	7	54,0	2,3	**
		Sauen	9	57,3	2,0	
	5S100R100(c)	Böрге	11	54,4	1,4	***
		Sauen	3	57,5	0,9	
Speckmaß (SM) [mm]	5S100R100(a)	Böрге	7	17,3	3,2	*
		Sauen	9	14,3	2,6	
	5S100R100(c)	Böрге	11	16,9	1,6	*
		Sauen	3	14,0	1,5	
Fleischmaß (FM) [mm]	5S100R100(a)	Böрге	7	52,7	5,5	n.s.
		Sauen	9	57,1	3,9	
	5S100R100(c)	Böрге	11	53,8	3,7	*
		Sauen	3	56,7	3,2	
pH1	5S100R100(a)	Böрге	7	6,2	0,2	n.s.
		Sauen	9	6,2	0,1	
	5S100R100(c)	Böрге	11	6,2	0,1	n.s.
		Sauen	3	6,3	0,1	

Quelle: eigene Berechnungen

Versuchsgruppen 6W100T80(a) und 6W100T80(c)

Beim Vergleich der Versuchsgruppen der Variante 6W100T80 (Weidelgras + 100 % KF in der Anfangsmast und Topinambur + 80 % KF in der Endmast) des Versuchsdurchganges S03 konnte für keinen der getesteten Parameter ein signifikanter Unterschied zwischen den genetischen Herkünften ermittelt werden.

Tabelle 3.10a Schlachtdaten (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 6W100T80(a) und 6W100T80(c)

	Versuchs- gruppe	Anzahl n	Mittelwert	Standard- abweichung	Signi- fikanz
Schlachtgewicht (SG) [kg]	6W100T80(a)	17	89,3	3,9	n.s.
	6W100T80(c)	15	90,9	4,3	
Muskelfleischanteil (MfA) [%]	6W100T80(a)	17	56,1	3,9	n.s.
	6W100T80(c)	15	55,3	2,9	
Speckmaß (SM) [mm]	6W100T80(a)	17	14,9	4,0	n.s.
	6W100T80(c)	15	16,3	3,4	
Fleischmaß (FM) [mm]	6W100T80(a)	17	53,6	5,2	n.s.
	6W100T80(c)	15	55,3	4,7	
pH1	6W100T80(a)	17	6,2	0,1	n.s.
	6W100T80(c)	15	6,2	0,1	

Quelle: eigene Berechnungen

Innerhalb der Versuchsgruppe 6W100T80(a) (Genetik: (Ha x Pi) x (Du x DL)) konnten für verschiedene Parameter der Schlachtleistung signifikante Unterschiede festgestellt werden. Die Schlachtkörper der weiblichen Tiere dieser Gruppe zeigten mit 58,0 % im Mittel deutlich höhere Muskelfleischanteile als die Schlachtkörper der männlichen Kastraten mit 52,6 % ($p < 0,005$). Im Merkmal Speckmaß erreichten die Böрге (18,2 mm) signifikant höhere Werte als die Sauen (13,1 mm) bei $p < 0,01$. Hingegen wurden bei den Schlachtkörpern der Sauen mit 55,9 mm deutlich höhere Werte im Merkmal Fleischmaß ermittelt als bei den Börgen mit 49,4 mm ($p < 0,01$).

Im Parameter pH1 zeigten die Geschlechter der Versuchsgruppe 6W100T80(c) (Genetik: Pi x (Du x DL)) höchst signifikante Unterschiede ($p < 0,005$). Bezüglich aller anderen Schlachtdaten waren Sauen und Böрге von 6W100T80(c) nicht signifikant voneinander verschieden (Tabelle 3.10b).

Tabelle 3.10b Schlachtdaten (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 6W100T80(a) und 6W100T80(c)

	Versuchsgruppe	Geschlecht	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung	Signifikanz
Schlachtgewicht (SG) [kg]	6W100T80(a)	Böрге	6	89,2	3,5	n.s.
		Sauen	11	89,3	4,2	
	6W100T80(c)	Böрге	9	91,0	5,4	n.s.
		Sauen	6	90,8	2,5	
Muskelfleischanteil (MfA) [%]	6W100T80(a)	Böрге	6	52,6	4,3	***
		Sauen	11	58,0	2,0	
	6W100T80(c)	Böрге	9	54,2	3,0	n.s.
		Sauen	6	57,0	1,9	
Speckmaß (SM) [mm]	6W100T80(a)	Böрге	6	18,2	4,7	**
		Sauen	11	13,1	2,2	
	6W100T80(c)	Böрге	9	17,6	3,4	n.s.
		Sauen	6	14,2	2,4	
Fleischmaß (FM) [mm]	6W100T80(a)	Böрге	6	49,4	4,0	**
		Sauen	11	55,9	4,3	
	6W100T80(c)	Böрге	9	55,0	5,8	n.s.
		Sauen	6	55,7	2,5	
pH1	6W100T80(a)	Böрге	6	6,2	0,1	n.s.
		Sauen	11	6,2	0,2	
	6W100T80(c)	Böрге	9	6,3	0,1	***
		Sauen	6	6,1	0,1	

Quelle: eigene Berechnungen

Einstufung der Schlachtkörper in Handelklassen

Alle Schlachtkörper der Versuchsvarianten 3W110W110 des Durchganges W02 und 5S100R100 aus S03 wurden entweder in Handelsklasse E oder U eingestuft. Aus allen anderen Varianten wurde mindestens ein Schlachtkörper als „R“ klassifiziert.

Mit einer Ausnahme entfielen die höchsten Anteile aller Versuchsgruppen mit 50 % bis 64,7 % auf die erste Handelsklasse. Nur die Schlachtkörper der Gruppe 4W100T80(a) wurden zum überwiegenden Teil (50 %) in „U“ eingestuft (Tabelle 3.11a).

Tabelle 3.11a *Handelsklasseneinstufung der Schlachtkörper nach Versuchsgruppen (über beide Geschlechter)*

	Anzahl	Handelsklasse E MfA ≥ 55 %		Handelsklasse U MfA 50-55 %		Handelsklasse R MfA 45-50 %	
		Anteil [%]	Anzahl	Anteil [%]	Anzahl	Anteil [%]	Anzahl
2R110W110(a)	20	65,0	13	30,0	6	5,0	1
2R110W110(b)	18	50,0	9	44,4	8	5,6	1
3W110W110(a)	18	55,6	10	44,4	8		
3W110W110(b)	18	50,0	9	50,0	9		
4W100T80(a)	16	43,8	7	50,0	8	6,3	1
4W100T80(c)	18	61,1	11	27,8	5	11,1	2
5S100R100(a)	16	62,5	10	37,5	6		
5S100R100(c)	15	53,3	8	46,7	7		
6W100T80(a)	17	64,7	11	29,4	5	5,9	1
6W100T80(c)	15	60,0	9	33,3	5	6,7	1

Quelle: eigene Berechnungen

Die Einstufung der Schlachtkörper der weiblichen Tiere geschah nahezu ausschließlich in die Handelsklassen E und U und zum deutlich überwiegenden Teil (60 bis 100 %) in „E“. Die Schlachtkörper der Böрге hingegen wurden zumeist in die Handelklasse „U“ eingruppiert. Mindestens je ein Kastraten-Schlachtkörper aus beiden Versuchsgruppen von 3 der insgesamt 5 Varianten erreichte nur die Handelsklasse „R“ (Tabelle 3.11b).

Tabelle 3.11b Handelsklasseneinstufung der Schlachtkörper nach Versuchsgruppen (nach Geschlecht getrennt)

		Anzahl	Handelsklasse E MfA ≥ 55 %		Handelsklasse U MfA 50-55 %		Handelsklasse R MfA 45–50 %	
			Anteil [%]	Anzahl	Anteil [%]	Anzahl	Anteil [%]	Anzahl
2R110W110(a)	Börge	10	50,0	5	40,0	4	10,0	1
	Sauen	10	80,0	8	20,0	2		
2R110W110(b)	Börge	9	11,1	1	77,8	7	11,1	1
	Sauen	9	88,9	8	11,1	1		
3W110W110(a)	Börge	9	22,2	2	77,8	7		
	Sauen	9	88,9	8	11,1	1		
3W110W110(b)	Börge	8	25,0	2	75,0	6		
	Sauen	10	70,0	7	30,0	3		
4W100T80(a)	Börge	6	16,7	1	66,6	4	16,7	1
	Sauen	10	60,0	6	40,0	4	10,0	1
4W100T80(c)	Börge	9	44,4	4	33,4	3	22,2	2
	Sauen	9	77,8	7	22,2	2		
5S100R100(a)	Börge	7	28,6	2	71,4	5		
	Sauen	9	88,9	8	11,1	1		
5S100R100(c)	Börge	11	36,4	4	63,6	7		
	Sauen	4	100,0	4				
6W100T80(a)	Börge	6	16,7	1	66,6	4	16,7	1
	Sauen	11	90,9	10	9,1	1		
6W100T80(c)	Börge	9	44,4	4	44,4	4	11,2	1
	Sauen	6	83,3	5	16,7	1		

Quelle: eigene Berechnungen

Betrachtet man die erreichten Handelsklassen als Leistungskriterium, so lässt sich feststellen, dass in den verschiedenen Versuchsgruppen (als ein Mittel beider Geschlechter) zwischen 43,8 % (4W100T80(a)) und 65,0 % (2R110W110(a)) der Schlachtkörper in die Handelsklasse „E“ eingestuft wurden, d.h. einen Muskelfleischanteil von mindestens 55 % erreicht hatten. Die drei prozentual höchsten Eingruppierungen der Schlachtkörper in Handelsklasse E entfielen auf die genetische Herkunft (Ha x Pi) x (Du x DL) mit 65,0 % (2RW110W(a)), 64,7 % (6W100T80(a)) und 62,5 % (5S100R100(a)). Die Versuchsgruppen mit Pi x (Du x DL) erzielten die Handelsklassifizierung E mit einem Anteil zwischen 53,3 und 61,1 %. Bei 2 von 10 Versuchsgruppen wurden genau 50 % der Schweine in „E“ klassifiziert (Genetik Pi x (DE x DL) der Varianten 2R110W110 und 3W110W110). Dies ist insgesamt ein sehr gutes Ergebnis, zieht man die Erfahrungen von BREMERMAN (2001) als Vergleich heran. Die Autorin ermittelte in ihrer Untersuchung für nur 10,7 % der Freilandschweine einen MfA >55 %.

Im Vergleich der Herkünfte ist der hohe bis sehr hohe Anteil der Klassifizierungen in Handelsklasse E der Schlachtkörper mit einem Duroc-Genanteil festzustellen. Die Dreirassenkreuzung Pi x (DE x DL) ohne Duroc-Einfluss zeigte demgegenüber eine etwas geringere, aber durchaus akzeptable Schlachtkörperqualität.

Der Vergleich der Geschlechter bezüglich ihrer Einstufung in die Handelsklassen zeigte die große Leistungsüberlegenheit der Sauen im Merkmal Magerfleischanteil. Unabhängig von genetischer Herkunft und Versuchsvariante gelangten jeweils mehr als die Hälfte (60-100 %) der weiblichen Tiere in die höchste Handelsklasse (MfA \geq 55 %). Der überwiegende Anteil der Börgen wurde in den meisten Fällen (7 der 10 Versuchsgruppen) in Handelsklasse U (MfA 50-55 %) gruppiert. Eine Klassifizierung in „R“ (MfA 45-50 %) erhielt jeweils mindestens ein Kastraten-Schlachtkörper jeder genetischen Herkunft der drei Versuchsvarianten 2R110W110, 4W100T80 und 6W100T80.

Die mittleren MfA-Werte der verschiedenen Versuchsgruppen der Genetik (Ha x Pi) x (Du x DL) liegen im Bereich von 54,2 (4W100T80) und 56,1 % (6W100T80). Aus diesem Leistungsunterschied heraus kann eine tendenziell bessere Ausnutzung des Futterangebotes von der Topinamburfläche durch die Schweine der Variante 6 vermutet werden, denn bezüglich der Konzentratfütterintensitäten (110 % KF-Gabe in der Anfangsmast und 80 % KF-Gabe in der Endmastphase) waren beide Varianten gleich. In den anderen Varianten erreichten die Schlachtkörper der (Ha x Pi) x (Du x DL)-Schweine (über beide Geschlechter) im Mittel >55 % Muskelfleischanteil. Dieses Ergebnis verdeutlicht, dass mit diesen Tieren unter den Freilandbedingungen des Versuches bei verschiedenen Fütterungsintensitäten und klimatischen Bedingungen (Versuchsdurchgang W02 und S03) sehr gute Schlachtkörperqualitäten erzeugt werden konnten. Die Variation der Schlachtkörper im Merkmal MfA lagen in den verschiedenen Versuchsgruppen zwischen ca. 3 bis 6 % und damit im Bereich von 5 % bei konventionell erzeugten Schlachtschweinen (DOET, 1997).

Die Tiere der beiden Versuchsgruppen der genetischen Herkunft Pi x (DE x DL) lagen im Mittel über beide Geschlechter knapp unterhalb des für die E-Klassifizierung mindestens notwendigen 55 % MfA und zeigten damit eine geringere Schlachtleistung als die

zugehörigen Vergleichsgruppen der Herkunft (Ha x Pi) x (Du x DL) mit 55,6 bzw. 56,0 % MfA. Die MfA-Mittelwerte für die genetischen Gruppen Pi x (Du x DL) lagen in allen Varianten und unabhängig von der Höhe der KF-Gabe (110 % bzw. 100 % über die gesamte Mast) im Bereich von 55 %. Damit zeigt sich diese genetische Herkunft ähnlich leistungsfähig wie die Tiere der Vierrassenkreuzung.

IMF-Gehalt von Schlachtkörpern der Versuchsvarianten 2R110W110 und 3W110W110

Der intramuskuläre Fettgehalt (IMF) im Schlachtkörper ist ein Depotfett und ein Merkmal der Fleischqualität. Durch das IMF erhält das Fleisch seinen charakteristischen Geschmack, denn Fett ist der wesentliche Träger von Geschmacksstoffen (KALLWEIT et al., 1988).

Weder der Vergleich der genetischen Herkünfte noch der Geschlechtervergleich als Vergleich innerhalb der Versuchsgruppe ließ signifikante Unterschiede bezüglich des betrachteten Merkmals erkennen (Tabellen 3.12a & b und 3.13a & b).

Tabelle 3.12a Intramuskulärer Fettgehalt (IMF) [%]^{a)} (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 2R110W110(a) und 2R110W110(b)

	Versuchsgruppe	Anzahl (n)	Mittelwert	Standardabweichung	Signifikanz
Intramuskulärer Fettgehalt (IMF) [%]	2R110W110(a)	12	1,04	0,36	n.s.
	2R110W110(b)	16	1,25	0,50	

a) basiert auf Rohfett (XL) im Kotelett bezogen auf 25 % TS (nach NIRS-Analyse)

Quelle: eigene Analysen und Berechnungen

Tabelle 3.12b Intramuskulärer Fettgehalt (IMF) [%]^{a)} (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 2R110W110(a) und 2R110W110(b)

	Versuchsgruppe	Geschlecht	Anzahl (n)	Mittelwert	Standardabweichung	Signifikanz
Intramuskulärer Fettgehalt (IMF) [%]	2R110W110(a)	Börge	6	1,09	0,19	n.s.
		Sauen	6	0,99	0,50	
	2R110W110(b)	Börge	8	1,31	0,26	n.s.
		Sauen	8	1,19	0,68	

a) basiert auf Rohfett (XL) im Kotelett bezogen auf 25 % TS (nach NIRS-Analyse)

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 3.13a Intramuskulärer Fettgehalt (IMF) [%]^{a)} (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 3W110W110(a) und 3W110W110(b)

	Versuchsgruppe	Anzahl (n)	Mittelwert	Standardabweichung	Signifikanz
Intramuskulärer Fettgehalt (IMF) [%]	3W110W110(a)	10	1,29	0,75	n.s.
	3W110W110(b)	13	1,38	0,35	

a) basiert auf Rohfett (XL) im Kotelett bezogen auf 25 % TS (nach NIRS-Analyse)

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 3.13b Intramuskulärer Fettgehalt (IMF) [%] ^{a)} (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 3W110W110(a) und 3W110W110(b)

	Versuchsgruppe	Geschlecht	Anzahl (n)	Mittelwert	Standardabweichung	Signifikanz
Intramuskulärer Fettgehalt (IMF) [%]	3W110W110(a)	Börge	5	1,54	1,00	n.s.
		Sauen	5	1,03	0,33	
	3W110W110(b)	Börge	6	1,37	0,38	n.s.
		Sauen	7	1,39	0,35	

a) basiert auf Rohfett (XL) im Kotelett bezogen auf 25 % TS (nach NIRS-Analyse)

Quelle: eigene Berechnungen

Die IMF-Mittelwerte (über beide Geschlechter) der vier untersuchten Versuchsgruppen rangieren im Bereich von 1,04 bis 1,38 %. Sie liegen damit etwas oberhalb des von DOET (1997) angeführten Mittelwertes von ca. 1 % IMF im Muskelfleisch moderner Mastschweine, jedoch deutlich unter dem für den Genußwert optimalen 2,5 %igen intramuskulären Fettgehalt.

3.1.2 Tiergesundheit

3.1.2.1 Abgangsursachen

Die Gesamtzahl der im Versuch einbezogenen Tiere betrug 199. Davon mussten 15 Tiere aus dem Versuch ausgeschlossen werden, weil sie gemessen am jeweiligen Gruppenmittel deutlich zu schwer bzw. zu leicht waren (Hoftiere). 2 % der Abgänge waren krankheitsbedingt und 4 % waren Todesfälle (Tabelle 3.14).

Tabelle 3.14 Abgangsursachen

Abgangsursache	Anteil [%]	Anzahl Tiere (n)
Schlachtung	86,4	172
Krankheit	2,0	4
Tod	4,0	8
Hoftiere	7,5	15

Quelle: eigene Berechnungen

3.1.2.2 Kotproben

Für die Versuchsvarianten 2R110W110, 3W110W110 und 4W100T80 ergab die Untersuchung auf *Ascaris suum*, *Trichuris suis* und Magen-Darm-Strongylyden (MDS) sowie Kokzidien zu keiner Zeit einen nennenswerten Befall, sodass eine Behandlung der Tiere unterblieb.

Bei den Tieren der Versuchsvarianten 5S100R100 und 6W100T80 wurde zu Versuchsbeginn ein Befall mit Darmparasiten (*Ascaris suum* und MDS) festgestellt. Diese Tiere bekamen deshalb vor dem Flächenwechsel ein entsprechendes Anthelmintikum verabreicht und wurden anschließend auf die Endmastareale aufgetrieben.

3.1.2.3 Blutproben

Von der Herkunft $Pi \times (Du \times DL)$ wurden zu allen Zeitpunkten sehr viel weniger Tiere positiv auf Salmonellen-Antikörper getestet als die Herkunft $(Ha \times Pi) \times (Du \times DL)$. Für Schweine dieser genetischen Gruppe aus den Varianten 5 und 6 ist über die Dauer des Versuches eine deutliche Verringerung der Anzahl positiver Befunde zu verzeichnen (Tabelle 3.15).

Tabelle 3.15 Anzahl positiver Salmonellen-Antikörper-Befunde

Variante	Zeitpunkt	Herkunft	Anzahl Proben	Anzahl positiver Befunde
4W100T80	Mastende	$(Ha \times Pi) \times (Du \times DL)$	11	9
		$Pi \times (Du \times DL)$	11	2
5S100R100 und 6W100T80	Versuchsbeginn	$(Ha \times Pi) \times (Du \times DL)$	10	7
		$Pi \times (Du \times DL)$	10	0
	Mastende	$(Ha \times Pi) \times (Du \times DL)$	10	2
		$Pi \times (Du \times DL)$	10	3

Die hohe Anzahl positiver Befunde bezüglich Salmonellen-Antikörper der Genetik $(Ha \times Pi) \times (Du \times DL)$ zu Versuchsbeginn ist Anzeiger dafür, dass sich das Immunsystem dieser Tiere bereits zu diesem Zeitpunkt mit Salmonellen-Erregern auseinandergesetzt hatte. Dies legt die Vermutung nahe, dass in dem Ferkelherkunftsbetrieb Salmonellen vorkommen. Im Vergleich dazu scheint auf dem Herkunftsbetrieb der $Pi \times (Du \times DL)$ -Schweine kein oder nur ein sehr geringes Infektionsrisiko bezüglich Salmonellen zu bestehen. Alle getesteten Tiere wurden bei der Ankunft negativ befundet. Bei der Endbeobachtung der gleichen Schweinegruppen wurde für $Pi \times (Du \times DL)$ im Vergleich zum Anfang ein leichter Anstieg der Anzahl an Positivbefunden erkannt (0 vs. 3). Gleichzeitig sank jedoch das Auftreten positiver Befunde in der anderen Herkunft im Versuchsverlauf deutlich ab (7 vs. 2). Aus den vorliegenden Ergebnissen lässt sich daher keine sichere Aussage über das Potential der Gefährdung der Freilandschweine durch Salmonellen-Erreger unter den Versuchsbedingungen ableiten. Jedoch unterstreichen die Befunde die Notwendigkeit, der besonderen Sorgfalt beim Zukauf von Ferkeln.

3.1.2.4 Schlachtkörper- und Organbefunde

Versuchsdurchgang W02

Aus dem 1. Versuchsdurchgang W02, der von 10/02 bis 05/03 dauerte und zu dem die Varianten 2R110W110 und 3W110W110 zu zählen sind, wurden an 26 Schlachtschweinen Befunderhebungen (Schlachtkörper und Organe) am Schlachtband durchgeführt. Davon erhielt ein Tier einen positiven Befund für Hautveränderungen aus dem Bereich „Schlachtkörperbefunde“. Das Vorkommen von Leberparasiten trat bei den Organbefunden am häufigsten auf (15,4 %), weiterhin mit je 11,5 % Leberverwürfe, geringgradige Lungenveränderungen sowie Herzbeutelentzündungen (Tabelle 3.16).

Tabelle 3.16 Häufigkeit der Befunde an Organen von Tieren des Versuchsdurchganges W02 (n = 26)

	Ohne Befund		Mit Befund	
	Anteil [%]	Anzahl (n)	Anteil [%]	Anzahl (n)
Leberparasiten	84,6	22	15,4	4
Leberentzündungen	96,2	25	3,8	1
Leber ausputzen	92,3	24	7,7	2
Leber verwerfen	88,5	23	11,5	3
Lungenveränderung geringgradig	88,5	23	11,5	3
Lungenveränderung mittelgradig	96,2	25	3,8	1
Herzbeutelentzündungen	88,5	23	11,5	3

Quelle: eigene Berechnungen

Versuchsdurchgang S03

Aus dem 2. Versuchsdurchgang S03, der die Varianten 4W100T80, 5S100R100 und 6W100T80 umfasste, wurden an insgesamt 77 Schlachtkörpern Befunde erhoben. An den Schlachtkörpern von drei Tieren wurden geringgradige Brustfellentzündungen festgestellt. Die Befunde „Brustfellentzündung mittelgradig“ und „Hautveränderungen“ wurden je einmal positiv gestellt. Alle anderen möglichen Schlachtkörperveränderungen des Befundschlüssels (Tabelle 2.3) traten bei keinem der 77 untersuchten Schlachtkörper auf (Tabelle 3.17).

Tabelle 3.17 Häufigkeit der Befunde am Schlachtkörper von Tieren des Versuchsdurchganges S03 (n = 77)

	Ohne Befund		Mit Befund	
	Anteil [%]	Anzahl (n)	Anteil [%]	Anzahl (n)
Brustfellentzündung geringgradig	96,1	74	3,9	3
Brustfellentzündung mittelgradig	98,7	76	1,3	1
Hautveränderungen	98,7	76	1,3	

Quelle: eigene Berechnungen

Mehr als die Hälfte aller untersuchten Tiere (57,1 %) wies geringgradige Lungenveränderungen auf. Am zweithäufigsten wurden Leberparasiten festgestellt (20,8 %). 18,2 % der Lebern mussten ausgeputzt werden und 11,7 % aller Lebern wurden verworfen (Tabelle 3.18).

Tabelle 3.18 Häufigkeit der Befunde an Organen von Tieren des Versuchsdurchganges S03 (n = 77)

	Ohne Befund		Mit Befund	
	Anteil [%]	Anzahl (n)	Anteil [%]	Anzahl (n)
Leberparasiten	79,2	61	20,8	16
Leberentzündungen	96,1	74	3,9	3
Leber ausputzen	81,8	63	18,2	14
Leber verwerfen	88,3	68	11,7	9
Lungenveränderung geringgradig	42,9	33	57,1	44
Lungenveränderung mittelgradig	98,7	76	1,3	1
Herzbeutelentzündungen	92,2	71	7,8	6
Darmentzündungen	96,1	74	3,9	3
Sonstiges	94,8	73	5,2	4

Quelle: eigene Berechnungen

Schlachtkörper- und Organbefunde wurden für die beiden Versuchsdurchgänge an sehr unterschiedlich großen Tiergruppen (im W02 n=26 und im S03 n=77) erhoben. Positive Schlachtkörperbefunde sind nur in einer sehr geringen Anzahl festgestellt worden: an den insgesamt 103 befundeten Schlachtkörpern traten an zwei Tieren Hautveränderungen, bei drei Schweinen geringgradige und bei einem Tier eine mittelgradige Brustfellentzündung. Die Tiere mit Brustfellentzündungen stammten alle aus dem 2.Versuchsdurchgang (Varianten 4 bis 6), der im Sommerhalbjahr gemästet wurde.

Stellt man die Versuchsdurchgänge W02 und S03 als Winter- bzw. Sommerdurchgang einander gegenüber, so ergibt sich für die Leberbefunde folgendes Bild: für Leberentzündungen (ca. 4 %) und Leberverwürfe (ca. 11 %) gleiche Anteile positiver Befunde in beiden Durchgängen. Im W02 wurden jedoch weniger häufig Leberparasiten festgestellt (15,4 % vs. 20,8 %) und auch erheblich seltener Lebern ausgeputzt (7,7 % vs. 18,2 %). Geringgradige Lungenveränderungen wurden mit 57,1 % positiven Befunden an ca. jedem zweiten befundeten Schlachtkörper (n=77) von S03 erkannt, jedoch nur bei 11,5 % der 26 befundeten Tiere des 1.Versuchsdurchganges. Hier gab es mit 3,8 % vs. 1,3 % einen etwas höheren Anteil mittelgradiger Lungenveränderungen und auch Herzbeutelentzündungen (11,5 % vs. 7,8 %). Darmentzündungen (3,8 %) jedoch wurden ausschließlich bei Tieren des Sommerdurchganges festgestellt.

Somit scheinen die Tiere des Durchganges W02 eine bessere Organgesundheit zu besitzen als die Schweine des Sommerdurchganges. Auffällig ist insbesondere der sehr hohe Anteil an Lungenveränderungen in S03. Als Ursachenkomplex ist das Zusammenspiel von Leberparasitenvorkommen (ca. 20 % Positivbefunde) und damit eine Vorschädigung der Lungen und dem recht hohen Staubaufkommen auf den Flächen dieser Tiere auf Grund extremer Trockenheit während der Sommers 2003 denkbar. Das etwas häufigere Vorkommen von Leberparasiten in S03 trotz stattgefundener Entwurmung, überrascht auf den ersten Blick. Als Erklärung ist hierbei anzumerken, dass die Variante 4W100T80 des S03 wegen des fehlenden Anfangsbefalles mit Endoparasiten ohne Wurmkur geblieben war. Insgesamt lässt sich sagen, dass die Tiere in beiden Durchgängen Endoparasiten

aufwiesen. Es lässt sich jedoch nicht abschließend feststellen, ob die Erstinfektion unter Versuchsbedingungen auf den Freilandflächen stattgefunden hat, oder bereits zu einem früheren Zeitpunkt im Herkunftsbetrieb. Es ist sehr wahrscheinlich, dass der Infektionsdruck auf den Freilandflächen gering war, möglicherweise geringer als in der Aufzuchtumwelt der Ferkel, denn alle im Versuch genutzten Flächen wurden erstmals mit Schweinen beweidet. Abschließend lässt sich aus den Ergebnissen zur Gesundheit ableiten, dass bei entsprechender Sorgfalt beim Zukauf der Ferkel ein vergleichsweise sehr guter Gesundheitszustand des Mastschweinebestandes in Freilandhaltung erreicht werden kann.

3.1.3 Das Futterangebot

3.1.3.1 Die Konzentratfuttermittel

Das Konzentratfuttermittel „Öko-Standard“, welches während der Anfangsmast gefüttert wurde, wies einen mittleren Energiegehalt von 14,2 MJ ME / kg TM und einen Rohproteingehalt von ca. 17,4 % als Mittel über alle im Verlauf der Gesamtversuchsdauer analysierten Proben auf. Für das in der Endmast eingesetzte Konzentratfuttermittel „Endmast“ errechnete sich eine Energiekonzentration von 14,64 MJ ME / kg TM bei einem XP-Gehalt von 16,0 %.

Tabelle 3.19 Rohnährstoffe und Energiegehalt der Konzentratfuttermittel

	„Öko-Standard“		„Endmast“	
	Mittelwert	Stabw ^{a)}	Mittelwert	Stabw
Rohasche [g/kg TM]	78,8	17,8	64,1	7,0
Rohprotein [g/kg TM]	173,4	11,2	159,9	4,3
Rohfett [g/kg TM]	35,7	5,4	54,5	3,6
Rohfaser [g/kg TM]	48,7	2,7	56,8	3,8
Zucker [g/kg TM]	33,00	3,5	44,2	2,1
Stärke [g/kg TM]	462,5	26,4	469,1	6,7
Organische Substanz [g/kg TM]	921,2	17,8	935,9	7,0
Organischer Rest [g/kg TM]	167,8	18,7	151,4	7,0
ME [MJ]^{b)} / kg TM	14,2	0,5	14,6	0,2
^{a)} Stabw = Standardabweichung ^{b)} ME = Metabolisierbare Energie, berechnet mit Mischfutterformel nach § 14 Abs.2 der Futtermittelverordnung (GRÜNE BROSCHÜRE, 1999)				

Quelle: eigene Analysen und Berechnungen

3.1.3.2 Futterpflanze Stoppelrübe

Von den Beständen der Stoppelrübenflächen konnten nur an zwei Terminen Proben gezogen werden (Tabelle 3.20). Vom Bewuchs der Versuchsvariante 2R100W100 wurde zu Beginn eine Probe genommen (3.12.02). Die geplanten Probenahmetermine im weiteren Versuchsverlauf entfielen, weil auftretende Fröste den Pflanzenbestand erfrieren ließen. Mit der Versuchsvariante 5S100R100 sollten ebenfalls Stoppelrüben genutzt werden. Trotz einer rechtzeitigen Aussaat (Mitte August 2003) kam es wegen extremer Trockenheit erst sehr spät zum Auflaufen und Wachstum der Rüben. Während der überwiegenden Nutzungsdauer

stand daher für die Variante 5S100R100 kein nennenswerter Futteraufwuchs zur Verfügung. Die im letzten Drittel der Nutzung gewonnene Probe wurde, ohne Trennung nach Blatt und Rübe, als Ganzpflanze analysiert. Es fanden sich in den verschiedenen Pflanzenbestandteilen (Blatt, Rübenkörper bzw. Ganzpflanze) vergleichbare Werte, wie sie auch von anderen Autoren (DLG, 1991; BECKER und NEHRING, 1969) angegeben wurden.

Tabelle 3.20 Inhaltsstoffe und Energiegehalt von Stoppelrübe

	Blatt		Wurzel		Ganzpflanze	
Datum der Probenahme	03.12.02		03.12.02		25.11.02	
	Mittelwert	Stabw ^{a)}	Mittelwert	Stabw	Mittelwert	Stabw
Trockenmasse [g / kg]	76,0	17,6	72,4	15,6	98,9	9,2
Rohasche [g/kg TM]	199,9	28,0	148,3	59,5	146,9	3,5
Rohprotein [g/kg TM]	204,0	24,0	152,1	41,9	200,7	12,7
Rohfett [g/kg TM]	26,2	1,1	20,8	6,9	24,9	2,5
Rohfaser [g/kg TM]	150,8	21,1	192,3	41,3	104,9	2,6
Zucker [g/kg TM]	155,1	42,6	245,0	124,0	316,4	10,4
Stärke [g/kg TM]	8,1	14,9	8,1	14,9	0	
ME [MJ]^{b)}	7,7	0,8	7,0	0,4	10,2	0,1

a) Stabw = Standardabweichung
b) ME = Metabolisierbare Energie, berechnet mit Mischfutterformel nach § 14 Abs.2 der Futtermittelverordnung (GRÜNE BROSCHÜRE, 1999)

Quelle: eigene Analysen und Berechnungen

3.1.3.3 Futterpflanze Weidelgras

Die Weidelgrasfläche der Versuchsvariante 3W110W110 wurden Anfang Dezember 2002 zu Versuchsbeginn beprobt. Der Bestand war neu angelegt, musste sich erst etablieren und war daher entsprechend lückig. Die Ergebnisse der Analysen sind in Tabelle 3.21 wiedergegeben.

Tabelle 3.21 Inhaltsstoffe und Energiegehalt von Weidelgras auf Flächen der Versuchsvariante 3W110W110 am 03.12.02 (49.KW)

	Mittel	Stabw ^{a)}
Trockenmasse [g / kg]	156,2	12,7
Rohasche [g/kg TM]	267,9	67,7
Rohprotein [g/kg TM]	163,3	9,2
Rohfett [g/kg TM]	13,0	1,4
Rohfaser [g/kg TM]	234,1	7,6
Zucker [g/kg TM]	107,6	4,2
Stärke [g/kg TM]	0	
ME [MJ]^{b)}	5,9	0,3

a) Stabw = Standardabweichung
b) ME = Metabolisierbare Energie berechnet mit der „Rostocker“-Formel aus den Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe nach DLG-Futterwerttabelle, 1991

Quelle: eigene Analysen und Berechnungen

Vom Weidelgrasbestand auf den Flächen der Versuchsvariante 4W100T80 wurden während des Versuches wöchentlich Proben entnommen (Tabellen 3.21a und 3.21b). Eine Betrachtung der einzelnen Analysen im Zeitverlauf spiegelt die Inhaltsstoffveränderungen sowie die Verringerung des Energiegehaltes des Pflanzenmaterials im Vegetationsverlauf wider. In der 22. Kalenderwoche wurde als Pflegemaßnahme die zweite Hälfte der Versuchsfläche gemulcht. Damit stand ab der 25. Kalenderwoche denn Schweinen wieder ein junger Aufwuchs mit einem XP-Gehalt von ca. 12,8 % zur Verfügung. Über die sich anschließenden Nutzungswochen sank der Rohproteingehalt in den gewonnenen Grasproben wieder entsprechend des Wachstums der Pflanzen ab.

Tabelle 3.21a *Inhaltsstoffe und Energiegehalt von Weidelgras auf Flächen der Versuchsvariante 4W100T80 (22.-25.KW)*

Datum der Probenahme	26.05.03		02.06.03		10.06.03		16.06.03	
	Mittel	Stabw	Mittel	Stabw	Mittel	Stabw	Mittel	Stabw
Trockenmasse [g / kg]	213,8	16,8	233,9	10,9	295,4	10,0	265,4	13,8
Rohasche [g/kg TM]	79,5	3,4	73,9	5,1	72,6	4,2	130,4	1,7
Rohprotein [g/kg TM]	133,7	2,9	125,7	2,8	116,3	1,7	128,3	2,5
Rohfett [g/kg TM]	9,6	1,1	11,1	0,7	13,0	0,8	17,3	2,0
Rohfaser [g/kg TM]	270,4	3,5	288,3	3,1	301,3	4,1	266,0	6,9
Zucker [g/kg TM]	88,7	4,0	78,1	2,9	72,9	5,1	92,6	4,4
Stärke [g/kg TM]	0		0		0		0	
ME [MJ]^{b)}	6,4	0,0	6,4	0,1	6,4	0,1	6,4	0,1
^{a)} Stabw = Standardabweichung ^{b)} ME = Metabolisierbare Energie berechnet mit der „Rostocker“-Formel aus den Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe nach DLG-Futterwerttabelle, 1991								

Quelle: eigene Analysen und Berechnungen

Tabelle 3.21b Inhaltsstoffe und Energiegehalt von Weidelgras auf Flächen der Versuchsvariante 4W100T80 (26.-28.KW)

Datum der Probenahme	23.06.03		02.07.03		07.07.03	
	Mittelwert	Stabw ^{a)}	Mittelwert	Stabw ^{a)}	Mittelwert	Stabw ^{a)}
Trockenmasse [g / kg]	237,7	15,8	240,1	15,3	275,6	8,7
Rohasche [g/kg TM]	93,5	3,6	87,7	5,2	100,3	7,3
Rohprotein [g/kg TM]	129,6	3,6	125,8	1,2	119,6	3,5
Rohfett [g/kg TM]	14,4	1,9	13,1	0,4	15,8	1,0
Rohfaser [g/kg TM]	281,6	2,3	292,8	2,9	291,5	4,0
Zucker [g/kg TM]	78,5	2,9	74,2	3,7	79,9	2,7
Stärke [g/kg TM]	0		0		0	
ME [MJ]^{b)}	6,5	0,1	6,4	0,1	6,4	0,1

^{a)} Stabw = Standardabweichung
^{b)} ME = Metabolisierbare Energie berechnet mit der „Rostocker“-Formel aus den Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe nach DLG-Futterwerttabelle, 1991

Quelle: eigene Analysen und Berechnungen

In der zweiten Jahreshälfte 2003 wurde die Versuchsvariante 6W100T80 auf Weidelgrasflächen gehalten. Eine Probennahme zwecks Analyse der Inhaltsstoffe erfolgte jeweils zu Beginn und am Ende der Flächennutzung. Ergebnisse sind in Tabelle 3.21c dargestellt.

Tabelle 3.21c Inhaltsstoffe und Energiegehalt von Weidelgras auf Flächen der Versuchsvariante 6W100T80 (32. und 40.KW)

Datum der Probenahme	06.08.03		25.09.03	
	Mittel	Stabw ^{a)}	Mittel	Stabw ^{a)}
Trockenmasse [g / kg]	257,6	45,7	187,1	5,5
Rohasche [g/kg TM]	100,9	6,5	121,4	1,0
Rohprotein [g/kg TM]	138,1	5,7	132,5	1,0
Rohfett [g/kg TM]	20,7	0,5	16,7	1,0
Rohfaser [g/kg TM]	283,4	3,4	266,3	1,6
Zucker [g/kg TM]	67,6	1,4	95,6	3,4
Stärke [g/kg TM]	0		0	
ME [MJ]^{b)}	6,6	0,0	6,6	0,0

^{a)} Stabw = Standardabweichung
^{b)} ME = Metabolisierbare Energie berechnet mit der „Rostocker“-Formel aus den Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe nach DLG-Futterwerttabelle, 1991

Quelle: eigene Analysen und Berechnungen

3.1.3.4 Futterpflanze Topinambur

Für die Inhaltsstoffanalyse der Topinamburpflanzen wurde eine Trennung in die verschiedenen Pflanzenteile Blatt, Stengel und Knolle vorgenommen. Zudem wurde der sonstige Bewuchs auf den Flächen erfasst (Tabellen 3.22a und 3.22b). Zum Zeitpunkt der Probenahme (14.07.03 und 22.07.03) befanden sich die Pflanzen im Wachstum. Im Vergleich mit Knolle und Stengel wiesen die Blätter den höchsten Proteingehalt auf (15,1-16,8 %). In den Stengelproben wurde ein hoher Zuckergehalt (30,8-35,9 %) analysiert. In diesem Stadium des Wachstums lies sich ebenfalls ein hoher Gehalt an Rohzucker in den Topinamburknollen (ca. 38-41 %) ermitteln. Nach einer Probenahme an einem späteren Termin (Dezember 2003) und damit zu einem Zeitpunkt, an dem sich die Pflanze bereits im Stadium der Knollenbildung befand, ergab die Analyse sogar einen Zuckergehalt von 65,8 %. Der Rohproteingehalt der ausgebildeten Knollen (Probenahme Dezember 2003) war mit ca. 9 % nahezu verdoppelt im Vergleich zu den XP-Gehalten der Proben, welche im Juli 2003 gezogen wurden. Sie sind damit vergleichbar mit den von JOST (1991) angegebenen 9,7 % XP in der Topinamburknolle.

Tabelle 3.22a **Inhaltsstoffe und Energiegehalt von Topinambur-Pflanzenteilen und anderem Bewuchs auf Flächen der Variante 4W100T80 (14.07.03)**

	Blatt ^{c)}		Stengel ^{c)}		Knolle ^{b)}		Sonstiges ^{c)}	
	Mittel	Stabw	Mittel	Stabw	Mittel	Stabw	Mittel	Stabw
Trockenmasse [g / kg]	214,7	5,5	280,2	18,8	272,1	21,0	367,1	52,9
Rohasche [g/kg TM]	191,3	5,4	60,9	1,0	110,5	7,2	108,6	29,0
Rohprotein [g/kg TM]	168,3	9,8	29,2	1,0	44,9	3,5	112,7	2,3
Rohfett [g/kg TM]	29,7	1,4	5,9	0,5	4,5	2,1	55,3	20,2
Rohfaser [g/kg TM]	114,7	11,6	212,9	3,9	162,5	6,0	253,5	6,4
Zucker [g/kg TM]	11,6	13,4	308,1	43,4	410,8	24,2	71,1	14,0
Stärke [g/kg TM]	0		0		0		92,3	33,5
ME [MJ]	7,3	0,3	6,5	0,5	10,3	0,1	6,7	0,9
a) Stabw = Standardabweichung b) ME = Metabolisierbare Energie berechnet mit Mischfutterformel nach § 14 Abs.2 der Futtermittelverordnung (GRÜNE BROSCHÜRE, 1999) c) ME berechnet mit der „Rostocker“-Formel aus den Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe nach DLG-Futterwerttabelle, 1991								

Quelle: eigene Analysen und Berechnungen

Tabelle 3.22b *Inhaltsstoffe und Energiegehalt von Topinambur-Pflanzenteilen und anderem Bewuchs auf Flächen der Variante 4W100T80 (22.07.03)*

	Blatt ^{c)}		Stengel ^{c)}		Knolle ^{b)}		Sonstiges ^{c)}	
	Mittel	Stabw	Mittel	Stabw	Mittel	Stabw	Mittel	Stabw
Trockenmasse [g / kg]	230,9	8,3	311,3	11,6	286,6	11,2	420,5	37,5
Rohasche [g/kg TM]	203,2	3,4	56,3	7,2	135,1	15,1	114,3	23,9
Rohprotein [g/kg TM]	151,4	7,5	25,6	3,9	40,9	3,9	102,3	3,7
Rohfett [g/kg TM]	33,4	1,8	5,7	0,2	3,0	0,9	47,0	5,8
Rohfaser [g/kg TM]	125,8	20,1	213,2	8,2	150,3	9,5	223,0	26,9
Zucker [g/kg TM]	18,8	5,7	359,5	9,0	383,4	26,9	29,9	8,0
Stärke [g/kg TM]	0		0		0		162,4	89,1
ME [MJ]	6,9	0,5	7,0	0,2	10,0	0,2	7,1	1,4
a) Stabw = Standardabweichung b) ME = Metabolisierbare Energie berechnet mit Mischfutterformel nach § 14 Abs.2 der Futtermittelverordnung (GRÜNE BROSCHÜRE, 1999) c) ME berechnet mit der „Rostocker“-Formel aus den Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe nach DLG-Futterwerttabelle, 1991								

Quelle: eigene Analysen und Berechnungen

Tabelle 3.22c *Inhaltsstoffe und Energiegehalt von Topinamburknollen der Flächen der Versuchsvariante 6W100T80 (04.12.03)*

	Mittelwert	Stabw ^{a)}
Trockenmasse [g / kg]	218,2	0,1
Rohasche [g/kg TM]	53,7	0,4
Rohprotein [g/kg TM]	90,2	0,2
Rohfett [g/kg TM]	7,4	0,5
Rohfaser [g/kg TM]	52,0	1,5
Zucker [g/kg TM]	658,4	5,3
Stärke [g/kg TM]	0	
ME [MJ]	12,0	0,0
a) Stabw = Standardabweichung c) ME berechnet mit der „Rostocker“-Formel aus den Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe nach DLG-Futterwerttabelle, 1991		

Quelle: eigene Analysen und Berechnungen

3.2 Nährstoffbilanzen

3.2.1 Gesamtnährstoffeinträge

Die Fütterung und Haltung der Mastschweine wurde in Anfangs- (AM) und Endmast (EM) unterteilt. Der Wechsel erfolgte bei einem durchschnittlichen Lebendgewicht der Schweine von ca. 70 kg. Während des Versuchs zeigte sich, dass die Tiere dieses Gewicht z. T. schon deutlich vor Ablauf der erwarteten Zeitspanne von 77 Tagen erreicht hatten. Damit verkürzte sich die Mastdauer der Gruppen AM 5 und AM 6 auf 53 Tage respektive 56 Tage. Die Gruppen AM 5 wurden zudem für einen Zeitraum von 10 Tagen im Stall gehalten, wodurch die Mastdauer auf den Auslauflächen noch kürzer ausfiel (Tabelle 3.23).

Unter Berücksichtigung der tatsächlichen Größe der Auslaufläche, wurden die Besatzdichten auf Anzahl Mastschweine $\text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ normiert (Tabelle 3.23), um die Ergebnisse mit den Richtwerten der Besatzdichten nach EG-Öko-VO (EWG) Nr. 2092/91, nach den Anbauverbänden Bioland und Demeter und nach der Düngeverordnung zu vergleichen.

Die Gruppen AM 2 und AM 3 wurden auf Flächen mit stationären Versorgungseinheiten gehalten, bei der die Tiere von Anfang an die gesamte Fläche als Auslauf zur Verfügung hatten. Durch die Verkürzung der Mastdauer wurde die vorgesehene Besatzdichte von 10 Tieren $\text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ deutlich auf 8 Tiere $\text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ verringert. Über die Zuteilung als Portionsweide konnte die Größe der Fläche der Gruppen AM 4 bis AM 6 dem Beweidungszeitraum angepasst werden, wodurch eine durchschnittliche Besatzdichte von über 9 Tieren $\text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ erreicht wurde (Tabelle 3.23). Diese reichte damit nahe an die Zielgröße von 10 Tieren $\text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ heran.

Die Mastschweine einer Endmastgruppe wurden bei Erreichen ihres Schlachtgewichtes aus der Gruppe herausgenommen. Die Mastdauer wurde bis zum Herausnehmen des letzten Tieres definiert. Anhand der Versuchsprotokolle wurden für jede Versuchsgruppe die Mastschweintage bestimmt und hieraus die durchschnittliche Anzahl der Schweine während der Mastdauer berechnet. Die durchschnittliche Anzahl der Tiere pro Gruppe (berechnet aus der Anzahl der Mastschweintage der Gruppe und der Gesamtdauer) lag ab den Gruppen EM 2 bei zwischen 10 und 18 Tieren. Die Gruppen EM 4 wurden für 10 Tage im Stall gehalten, was die kurze Mastdauer erklärt.

Tabelle 3.23 Größe der Versuchsflächen, Versuchsdauer, Mastschweintage und Besatzdichten bei Freilandhaltung von Mastschweinen im ÖL.

Mast-phase	Versuchsgruppe	Auslauf- fläche [ha]	Schweine pro Gruppe Ø [n]	Mast- dauer [d]	Mast- schwein- tage [n]	Besatz- dichte [n ha ⁻¹ a ⁻¹]
AM	2R110(a)	0,4231	20,0	63	1260	8,2
AM	2R110(b)	0,4231	19,8	63	1246	8,1
AM	3W110(a)	0,4231	19,6	63	1236	8,0
AM	3W110(b)	0,4231	19,6	63	1235	8,0
AM	4W100(a)	0,2766	20,4	49	1000	9,9
AM	4W100(c)	0,2766	20,2	49	990	9,8
AM	5S100(a)	0,3149	19,2	53	1016	8,8
AM	5S100(c)	0,3149	20,0	53	1060	9,2
AM	6W100(a)	0,3111	19,0	56	1064	9,4
AM	6W100(c)	0,3105	20,0	56	1120	9,9
EM	1.1K110(a)	0,2308	18,7	39	730	8,7
EM	1.2K110(a)	0,2308	19,2	39	748	8,9
EM	1.1R110(a)	0,1076	18,0	20	360	9,2
EM	1.2R110(a)	0,1076	17,0	20	340	8,7
EM	2W110(a)	0,3453	11,8	90	1058	8,4
EM	2W110(b)	0,3279	11,9	90	1072	9,0
EM	3W110(a)	0,3280	10,0	90	901	7,5
EM	3W110(b)	0,3280	11,5	90	1033	8,6
EM	4T80(a)	0,3452	17,9	52	930	7,4
EM	4T80(c)	0,3452	14,7	52	763	6,1
EM	5R100(a)	0,3452	16,1	69	1112	8,8
EM	5R100(c)	0,3452	14,9	69	1025	8,1
EM	6T80(a)	0,3463	14,6	63	917	7,3
EM	6T80(c)	0,3436	14,3	63	901	7,2
Ø AM						8,9
Ø EM						8,1
Ø Gesamt						8,5
Richtwert nach EG-Öko-VO (EWG) Nr. 2092/91						14
Richtwert nach <i>Bioland</i> u. <i>Demeter</i>						10
Richtwert nach Düngeverordnung						14

Der Zuwachs an Lebendgewicht bezogen auf die Mastschweintage ergab die durchschnittliche Tageszunahme eines Tieres der Gruppe. Diese betragen für die Anfangsmast 730 g d⁻¹ und für die Endmast 760 g d⁻¹ (Tabelle 3.24). Die Gesamtmenge an Konzentratfutter, bezogen auf den Zuwachs an Lebendgewicht, ergab den Futteraufwand des Konzentratfutters. Die Verluste an Konzentratfutter flossen in die Berechnung des Futteraufwandes mit ein, das von den Tieren aufgenommene Feldfutter wurde nicht berücksichtigt. Die Menge der Futtermittelration variierte und wurde auf Grund der Ergebnisse der ersten Gruppen und der zu fördernden Aufnahme von Feldfutter für die letzten Gruppen auf

80 % herabgesetzt (100 % entsprechen GfE-Empfehlung für 750 g Tageszunahme bei Stallhaltung). In der Anfangsmast wurde im Mittel aller Gruppen ein Futteraufwand von 2,77 kg kg⁻¹ erreicht. Der durchschnittliche Futteraufwand während der Endmast war von der Höhe der Konzentratfutterration abhängig und betrug für Rationen >100 % 4,65 kg kg⁻¹ und für Rationen ≤100 % 3,34 kg kg⁻¹ (Tabelle 3.24). Aus dem erhöhten Futteraufwand der mit hohen Konzentratfutterrationen während der Endmast versorgten Gruppen resultierten die höheren Nährstofffrachten.

Tabelle 3.24 Futtermengen, Gewichtszunahmen und Futteraufwand bei Freilandhaltung von Mastschweinen im ÖL für die jeweiligen Mastschweingruppen.

Mast-phase	Versuchs-gruppe	Futtermenge		Gesamt-zuwachs (Gruppe) [kg]	Tages-zunahme [g d ⁻¹]	Futter-aufwand [kg kg ⁻¹]
		AM (Gruppe) [kg]	EM [kg]			
AM	2R110(a)	2426	153	804,8	721	2,84
AM	2R110(b)	2441	148	903,2	646	3,22
AM	3W110(a)	2430	376	897,9	731	3,11
AM	3W110(b)	2430	362	655,0	727	3,11
AM	4W100(a)	1654	143	710,6	655	2,74
AM	4W100(c)	1651	138	806,8	718	2,52
AM	5S100(a)	1664	479	876,5	794	2,65
AM	5S100(c)	1732	494	735,0	827	2,54
AM	6W100(a)	1794	77	881,0	691	2,54
AM	6W100(c)	1961	169	615,0	787	2,42
EM	1.1K110(a)	2642		632,0	842	4,30
EM	1.2K110(a)	2642		189,2	845	4,18
EM	1.1R110(a)	1146		182,1	526	6,06
EM	1.2R110(a)	1138		962,0	536	6,25
EM	2W110(a)		3680	841,6	909	3,83
EM	2W110(b)		3481	727,0	785	4,14
EM	3W110(a)		3037	801,6	807	4,18
EM	3W110(b)		3405	776,1	776	4,25
EM	4T80(a)		2656	711,5	835	3,42
EM	4T80(c)		2269	790,2	933	3,19
EM	5R100(a)	234	2559	725,6	711	3,53
EM	5R100(c)	250	2434	696,8	708	3,70
EM	6T80(a)	182	1870	623,4	760	2,94
EM	6T80(c)	187	1856	817,9	692	3,28
Ø AM					730	2,77
Ø EM (Ration >100 %)*					753	4,65
Ø EM (Ration ≤100 %)*					773	3,34

* 100 % entsprechen GfE-Empfehlung für 750 g Tageszunahme bei Stallhaltung

Aus Gesamtfuttermengen und Nährstoffkonzentrationen wurden die Nährstofffrachten mit dem Futter berechnet. Die Differenz der Futternährstofffrachten und der Nährstoffexporte mit den Schweinekörpern ergab die Nährstoffeinträge in die Auslauffläche. Diese wurden in

Tabelle 3.25 als tägliche Nährstoffausscheidung pro Mastschwein angegeben und als Flächeneintrag auf kg ha^{-1} normiert. Die während des Versuchszeitraums über Kot, Harn und Futtermittelverluste in das System Boden / Pflanze eingetragenen Gesamtnährstoffe an N, P und K sind in Tabelle 3.25 differenziert nach Anfangs- und Endmast wiedergegeben. Für die Bewertung der Versuchsergebnisse wurden Mittelwerte der Anfangs- und Endmastphasen berechnet und diese den Richtlinien der EG-Öko-VO (EWG) Nr. 2092/91 (EU-Öko-VO, 2003), der Anbauverbände Bioland (BIOLAND, 2000) und Demeter und der Düngeverordnung (BML, 1996) gegenübergestellt.

Während der Anfangsmast betrug der Input (Nährstofffracht) über das Konzentratfutter pro Mastschwein täglich 23,7 g N, 7,7 g P und 15 g K (Tabelle 3.25). Bezogen auf die Richtwerte nach Bioland (BIOLAND, 2000) wurden bei N 76 % und bei P 65 % der tolerierbaren Frachten erreicht. Auf die Richtwerte nach (EU-Öko-VO, 2003) und der Dünge-VO (BML, 1996) bezogen, waren es bei N 70 %. Relevanter als die täglichen Frachten pro Mastschwein sind die Nährstoffeinträge auf die Fläche. In Tabelle 3.25 sind die auf die Fläche bezogenen Nährstoffeinträge für eine Besatzdichte von 10 Tiere $\text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ normiert wiedergegeben. Während in der Anfangsmast die N- und P-Einträge unter den niedrigeren Richtwerten nach Bioland lagen, wurden diese während der Endmast bei einer Ration des Konzentratfutters von ≤ 100 % mit $108,6 \text{ kg N ha}^{-1}$ zu 97 % ausgeschöpft. Bei einer Ration des Konzentratfutters von >100 % wurden Nährstoffeinträge mit $179,8 \text{ kg N ha}^{-1}$ bzw. $57,6 \text{ kg P ha}^{-1}$ erreicht, die weit über den Richtwerten des Bioland-Verbandes lagen. Bei einer Besatzdichte von 10 Mastschweinen $\text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ entsprachen die Einträge denen der weniger restriktiven Vorgaben der (EU-Öko-VO, 2003) bzw. der Dünge-VO (BML, 1996) bei einer erlaubten Besatzdichte von 14 Mastschweinen $\text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$.

Die Gruppen EM 1 wiesen extrem hohe N-Einträge von ca. 200 kg ha^{-1} auf (Tabelle 3.25), die durch zwei Versuchsumstände verstärkt wurden. Die Mastschweine dieser Gruppen wurden im Gegensatz zu den später folgenden Gruppen nicht mit N-reduziertem Konzentratfutter gemästet. Folglich waren die N-Frachten mit dem Futter bei den Gruppen EM 1 höher. Weiterhin war das Konzentratfutter dieser Gruppen klein pelletiert. Während der nassen Monate des Winters 2002/03 kam es im Bereich der Tröge zu matschigen Bodenverhältnissen, die dazu führten, dass viel Konzentratfutter an den verschmierten Schnauzen und Läufen der Schweine kleben blieb und aus den offenen Trögen geschleppt wurde. In den späteren Mastgruppen waren die Futtermittelverluste deutlich geringer, da groß pelletiertes Futter verfüttert wurde und trockene Bodenverhältnisse herrschten.

Tabelle 3.25 Nährstoffeinträge (N, P und K) in die Auslauffläche bei Freilandhaltung von Mastschweinen im ÖL über Ausscheidungen und Futterverluste bezogen auf Mastschweintag (MST) und Flächen differenziert nach Mastschweingruppen.

Mast-phase	Versuchsgruppe	Nährstoffeintrag Mastschweintag			Nährstoffeintrag Fläche**		
		N	P	K	N	P	K
		[g MST ⁻¹]			[kg ha ⁻¹]		
AM	2R110(a)	24,4	8,0	16,0	89	29	58
AM	2R110(b)	27,1	8,6	16,4	99	31	60
AM	3W110(a)	28,9	9,2	17,8	106	34	65
AM	3W110(b)	28,8	9,2	17,8	105	34	65
AM	4W100(a)	20,8	6,9	14,0	76	25	51
AM	4W100(c)	19,3	6,5	13,9	71	24	51
AM	5S100(a)	23,7	7,9	16,3	87	29	60
AM	5S100(c)	22,6	7,6	16,2	83	28	59
AM	6W100(a)	19,0	6,4	13,6	69	23	49
AM	6W100(c)	19,5	6,7	14,6	71	24	53
EM	1.1K110(a)	54,9	16,7	29,1	200	61	106
EM	1.2K110(a)	53,0	16,1	28,3	193	59	103
EM	1.1R110(a)	54,1	15,9	26,0	198	58	95
EM	1.2R110(a)	57,4	16,9	27,4	209	62	100
EM	2W110(a)	43,8	15,4	27,7	160	56	101
EM	2W110(b)	42,6	14,8	26,0	156	54	95
EM	3W110(a)	44,5	15,4	27,0	162	56	99
EM	3W110(b)	43,8	15,1	26,5	160	55	97
EM	4T80(a)	33,6	12,1	22,6	123	44	83
EM	4T80(c)	33,2	12,2	23,4	121	45	85
EM	5R100(a)	30,1	10,8	19,9	110	39	73
EM	5R100(c)	32,3	11,5	20,8	118	42	76
EM	6T80(a)	23,4	8,9	17,5	85	32	64
EM	6T80(c)	25,8	9,5	17,9	94	34	65
Ø AM		23,4	7,7	15,6	86	28,1	57,1
Ø EM (Ration >110 %)*		49,3	15,8	27,3	179,8	57,6	99,5
Ø EM (Ration ≤100 %)*		29,7	10,8	20,4	108,6	39,5	74,3
Richtwert n. (EWG) Nr. 2092/91		33,3			170		
Richtwert n. <i>Bioland</i> u. <i>Demeter</i>		30,7	11,8		112	43	
Richtwert n. Düngeverordnung		33,3			170		

* 100 % entsprechen GfE-Empfehlung für 750 g Tageszunahme bei Stallhaltung

** Für die Versuchsgruppen normiert auf 10 Schweine ha⁻¹ a⁻¹

Vor dem Hintergrund der Einhaltung der Richtlinien in Bezug auf die maximal erlaubten Nährstoffeinträge (N und P) ist bei der Freilandhaltung von Mastschweinen eine Ration des Konzentratfutters auf >100 % (100 % entsprechen GfE-Empfehlung für 750 g

Tageszunahme bei Stallhaltung) zu vermeiden. Ebenso sollte in der Endmast der Gehalt an N und P reduziert werden, wie es (Pfeiler, 1999) fordert.

Die Nährstoffeinträge pro Mastschweintag umfassen neben den bilanzierten Nährstoffmengen auch die Konzentratfuttermittelverluste. Die Konzentratfuttermittelverluste können, wie (DAUB und ROSS, 1996) zeigten, recht beachtliche Mengen betragen. Wenn die Nährstofffrachten, die über die Ausscheidungen der Tiere in das System Boden / Pflanze gebracht werden, gesamt bewertet werden sollen, müssten die Nährstoffeinträge noch um die ausgeschiedenen Anteile des Feldfutters ergänzt werden. Die in diesem Projekt berechneten Werte stellen somit nur Richtwerte dar. Diese geben aber in jedem Fall die Nährstofffrachten wieder, die über das Konzentratfutter zusätzlich in die Fläche eingetragen werden.

Der Nährstoffexport hängt in erster Linie vom Zuwachs an Lebendmasse der Tiere ab. Ist die Nährstofffracht über das Konzentratfutter größer als der Nährstoffexport durch den Lebendmassezuwachs, werden die Nährstoffe, die über das Feldfutter vom Schwein zusätzlich aufgenommen werden, folglich nur transformiert und bleiben auf der Fläche.

Um den Nährstoffeinfluss des Feldfutters auf die Folgekultur (Fruchtfolge) bewerten zu können, muss dessen Nährstofffracht in die Bilanz einfließen. Dabei spielt es für die Bilanz keine Rolle ob das Feldfutter durch Aufnahme, Zerstörung (Tritt und Wühlen) oder Bodenbearbeitung nach Haltung der Mastschweine in das System Boden / Pflanze überführt wurde. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Art und Weise wie mit dem Feldfutter verfahren wurde, d.h. ob es von den Mastschweinen aufgenommen oder maschinell eingearbeitet wurde, sich auf die Mineralisation und damit auf die Düngewirkung der Folgefrucht auswirken (siehe Kapitel 3.4).

3.2.2 Nährstoffverteilungen

Im vorangehenden Kapitel wurde bei der Umweltverträglichkeitsbewertung des Produktionsverfahrens „Freilandhaltung von Mastschweinen in der Ökologischen Landwirtschaft“ der Fokus auf die Nährstofffrachten gelegt. Bei angepasster Fütterung und Integration in die Fruchtfolge, bei der die Nährstoffe von nachfolgenden Kulturen aufgenommen werden können, kommt es in der Regel zu keiner erhöhten Nährstoffauswaschung ins Grundwasser. Bei diesem Bilanzierungsansatz wird jedoch davon ausgegangen, dass die Nährstoffe gleichmäßig auf der Fläche verteilt werden.

Das Verhalten von Mastschweinen im Freiland in Bezug auf Tätigkeiten und Aufenthaltsort wurde u. a. ausführlich von (PETERSEN und UTSCH, 1995) und von (INGOLD und KUNZ, 1997) untersucht. Aus ihren Untersuchungen geht hervor, dass Mastschweine etwa 20 bis 30 % der Zeit auf der Auslaufläche mit Futtersuche und Wühlen verbringen, lediglich 7 % beim Fressen und Saufen und ca. 75 bis 80 % mit Ruhen in der Hütte, unter dem Sonnenschutz oder in der Suhle. Dabei kommt es zu einem ungleichmäßigen Absetzen der Ausscheidungen. Während der Kot bei entsprechendem Aufenthalt auf der Auslaufläche gleichmäßig verteilt wird, wird der Harn vorwiegend vor den Ruhebereichen, meist nach einer Ruhephase, abgesetzt. Futtermittelverluste treten zudem nur im Bereich des Trogs/Futterautomaten auf. Bereiche mit hoher Wühltätigkeit und damit verstärkter N-

Mineralisation sind im besonderen Maße von Bodenverhältnissen, Angebot an Feldfrüchten und anderen Merkmalen wie z. B. Vorkommen von Mäusenestern abhängig. Sie sind aber stets auf wenige m² beschränkt und ungleichmäßig über die Fläche verteilt.

Durch eine ungleichmäßige Verteilung der Nährstoffe auf der Auslauffläche entsteht eine kleinräumig stark wechselnde Nährstoffversorgung der Folgekulturen, was eine bedarfsgerechte Versorgung der Kulturen erschwert. Die Folge können z. B. Qualitätsverluste durch zu hohe Eiweißgehalte bei Braugerste oder erhöhte Auswaschungsverluste sein. Nachfolgend werden die Ergebnisse der Stickstoff-, Phosphat- und Kaliumverteilung auf der Auslauffläche in Abhängigkeit von der Anordnung der Versorgungseinrichtungen getrennt voneinander beschrieben.

3.2.3 Stickstoffverteilung

Bei der Freilandhaltung von Mastschweinen müssen die N-Einträge in die Fläche bei einer ökologischen Bewertung auf Grund ihrer Verteilung und der unterschiedlichen N-Formen jeweils getrennt voneinander betrachtet und in ihren Auswirkungen diskutiert werden.

Die Tabelle 3.26 gibt eine Übersicht über die im Versuch vorkommenden N-Quellen und – Formen, deren Verteilung auf der Fläche und der relevanten ökologischen Prozesse und Gefährdungen. Das größte Gefährdungspotential für angrenzende Ökosysteme (Bäche, Grundwasser, ...) stellen die kleinflächigen Areale vor den Ruhebereichen wie Hütte oder Sonnenschutz dar, bei denen es zu erhöhten Einträgen von organischem und mineralischem N kommt. Sofern außerdem erhöhte Futterverluste auftreten, sind die Futterplätze ein weiteres kritisches Areal für N-Akkumulationen. Hier ist die N-Mineralisation gegenüber den Ruhebereichen jedoch etwas verzögert. In den folgenden Abb sind die N_{min}-Konzentrationen für (NO₃ und NH₄) in den Ausläufen dargestellt.

Die NO₃-N- und NH₄- N-Konzentrationen der Versuchsgruppen 1.1 sind in Abbildung 3.1 für die Auslaufflächen, Tröge und Hüttenvorplätze zu Beginn und Ende der Endmastphase (EM) sowie an zwei Nachbeprobungsterminen (6 bzw. 12 Wochen nach Ende) dargestellt. Die Freilandhaltung erfolgte auf dieser Fläche nach Kartoffeln. Die „Vorfrucht“ Kartoffeln hinterließ in allen Bodenschichten gleich hohe NO₃- N-Konzentrationen auf relativ hohem Niveau. Bei den NO₃- N-Konzentrationen konnten keine Erhöhungen in Folge der Freilandhaltung festgestellt werden, wohl aber bei den NH₄- N-Konzentrationen in den Bereichen der Tröge und Hütten, die bei diesen Gruppen nicht versetzt wurden. Dies lässt vermuten, dass auf Grund der Temperaturen die Zeit für eine Nitrifikation nicht ausgereicht hat oder es während der Mastphase zur kontinuierlichen Verlagerung kam. Die N-Akkumulation erreichte in den Bereichen der Hütten die höchsten Werte, die im gesamten Projekt gemessen wurden.

Dagegen nahmen die NO₃- N-Konzentrationen im Bereich der Tröge und Hütten stark ab. Im Zusammenhang mit den Bodenverdichtungen und dem damit verbundenen Sauerstoffmangel kann in diesen Bereichen eine erhöhte Denitrifikation angenommen werden.

Tabelle 3.26: N-Quellen, -Formen und –Verteilung auf Flächen der Freilandhaltung von Mastschweinen in der ÖL.

N-Quelle	N-Formen	Verteilung in der Fläche	Ökologische Relevanz
Harn	Harnstoff » Ammonium » Nitrat	Konzentriert vor Ruhebereichen (Hütte, Sonnenschutz, Suhle)	Rasch pflanzenverfügbar als NH ₄ oder NO ₃ ; NH ₃ ↑; Denitrifikationsverluste ↑ bei Bodenverdichtungen; NO ₃ -Auswaschungen ins Grundwasser bei hohen Konzentrationen und hoher Austauschrate der nutzbaren Feldkapazität im Wurzelraum (nFKWe)
Kot	Organisch gebunden	Relativ gleichmäßig auf der Auslauffläche, abhängig von Häufigkeit und Dauer	Langsam fließende N-Quelle für Folgekultur
Futter- verluste	Organisch gebunden	Konzentriert am Futterplatz	Langsam fließende N-Quelle für Folgekultur; Denitrifikationsverluste ↑ bei Bodenverdichtungen; NO ₃ -Auswaschungen ins Grundwasser bei hohen Konzentrationen und hoher Austauschrate der nFKWe
Boden (N-Mine- ralisation nach Wühlen)	Organisch gebunden » Nitrat	Kleinflächig, ungleichmäßig, abhängig von Boden, Feldfutter, Mäusenestern	Gegenüber der Umgebungsfläche höhere N-Versorgung der Folgefucht, NO ₃ -Auswaschungen ins Grundwasser bei hohen Konzentrationen und hoher Austauschrate der nFKWe
Feldfutter (Aufwuchs)	Organisch gebunden	Gleichmäßig in Abhängigkeit von der Standorthomogenität	N-Fracht mit Konzentratfutter > N- Export mit Lebendmassezuwachs: voll für Folgefrüchte anrechenbar, durch Fraß, Wühlen oder Bodenbearbeitung unterschiedlich rasche N-Mineralisation; N-Fracht mit Konzentratfutter > N- Export mit Lebendmassezuwachs: N-Export von Feldfutter-N in der N- Bilanz der Folgefrüchte berücksichtigen

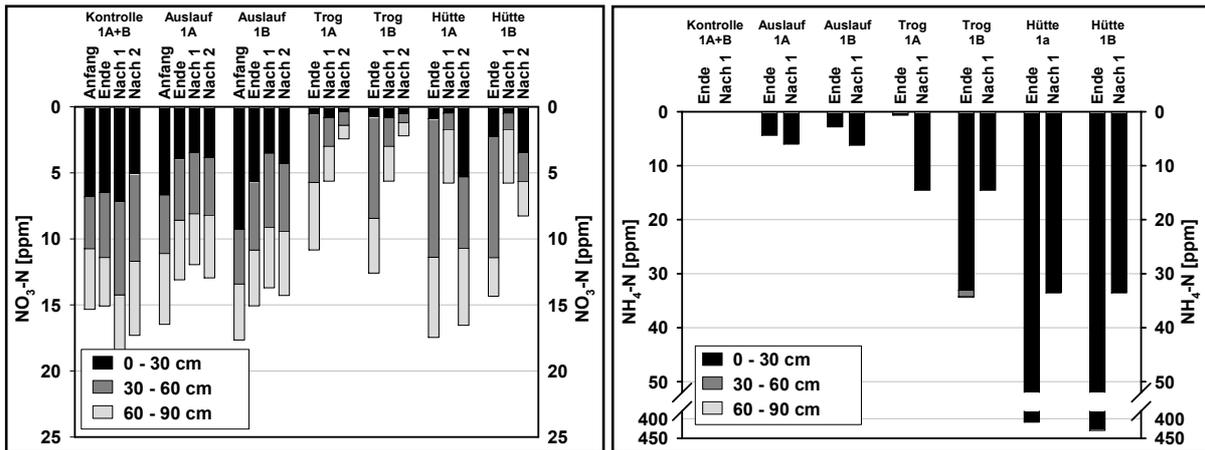


Abbildung 3.1 $\text{NO}_3\text{-N}$ - und $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentrationen (0-30, 30-60 und 60-90 cm Tiefe) unterschiedlicher Flächenareale vor und nach Freilandhaltung von Mastschweinen in der ÖL; Versuchsgruppen 1.1 EM (2003).

Die 2. Hälfte der Endmastphase (EM) der Versuchsgruppen 1.2 war mit 20 Tagen sehr kurz. Es konnten keine eindeutigen Erhöhungen der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentrationen als Folge der Freilandhaltung von Mastschweinen gemessen werden, da die $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentrationen bei der Kontrolle ebenfalls rasch zunahm (Abbildung 3.2). Die Schweine weideten auf einem mäßig entwickelten Stoppelrübenbestand, der nach einer Frostperiode zu Beginn der Beweidungsphase erfroren war und nach dem Auftauen mineralisierte. Das geringe Verlagerungspotential des Lössbodens wurde dennoch deutlich, da eine Erhöhung der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentration nur bis in eine Tiefe von 60 cm reichte.

Im Bereich der stationären Hütten kam es aber auch hier zu erhöhten $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentrationen, die jedoch nicht das Niveau der vorausgegangenen Mastphase (39 Tage) der Gruppen 1.1 EM erreichten.

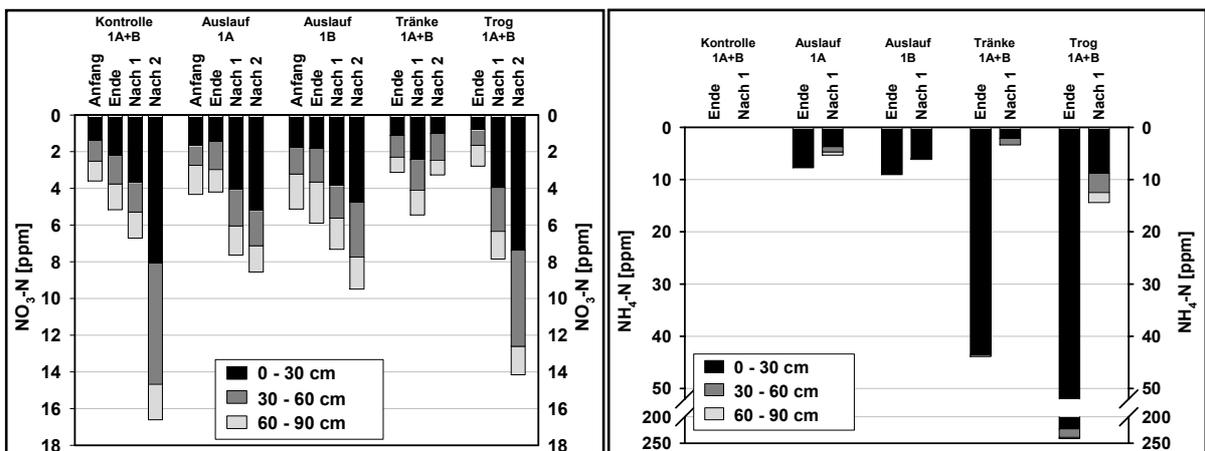


Abbildung 3.2 $\text{NO}_3\text{-N}$ - und $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentrationen (0-30, 30-60 und 60-90 cm Tiefe) unterschiedlicher Flächenareale vor und nach Freilandhaltung von Mastschweinen in der ÖL; Versuchsgruppen 1.2 EM (2003).

Im Folgenden wird die N-Verteilung der Versuchsgruppen 2 und 3 Anfangs- und Endmast beschrieben. Die Anfangsmast (AM) der Versuchsgruppen 2 und 3 fand gleichzeitig in unmittelbarer Nachbarschaft auf Stoppelrüben statt. In allen Versuchsgruppen wurden die Versorgungseinheiten über den gesamten Zeitraum nicht versetzt.

Während des Mastzeitraums vom 02.12.2002 bis zum 05.02.2003 kam es bei keiner Versuchsgruppe zur nennenswerten Erhöhung der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentration in den beprobten Arealen (Abbildung 3.3). Erst zum Zeitpunkt der Nachbeprobung am 02.04.2003 konnten in den Auslaufflächen und im Bereich der Tröge $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentrationen mit ca. 16 ppm N gemessen werden, die mehr als doppelt so hoch waren wie in den Kontrollflächen mit ca. 5-12 ppm N. Im Bereich der Hütten stiegen die $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentrationen auf 32-49 ppm N an. Die Erhöhungen der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentrationen reichten besonders in den Hüttenbereichen deutlich bis in eine Tiefe von 30-60 cm. Unterhalb dieser Schicht fand in dem Lössboden keine bedeutende Verlagerung statt.

Die N-Anreicherungen in Form von NH_4 waren etwa doppelt so hoch wie die des NO_3 und beschränkten sich nahezu auf die Tiefe von 0-30 cm (Abbildung 3.3). Da NH_4 kaum verlagert und nur mit steigenden Temperaturen nitrifiziert wird, ist anzunehmen, dass die $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentrationen im Laufe der Vegetationsperiode weiter abnehmen.

Vor allem in den Hüttenbereichen zeigten sich bei der Anfangsmast der Versuchsgruppen 2 und 3 punktuell hohe N-Anreicherungen an den Futterstellen. Dieses deckt sich mit den Ergebnissen der ersten Versuchsgruppen. Die N-Anreicherungen an den Versorgungseinrichtungen sind verhaltensbedingt und können nur durch Maßnahmen im Management reduziert werden. Die Maßnahme, welche die geringsten lokalen N-Anreicherungen hervorruft, ist häufiges Umsetzen der Einrichtungen, besonders der Hütten. Aus Arbeitszeitgründen wird diese Maßnahme jedoch nur im ein- bis dreiwöchentlichen Turnus geschehen können. In den folgenden Durchgängen wurden die Versorgungseinheiten alle 3 Wochen umgesetzt, woraus sich bei einem 9-wöchigen Beweidungszeitraum hypothetisch eine Reduzierung der Einträge auf 1/3 gegenüber der stationären Variante erzielen ließe.

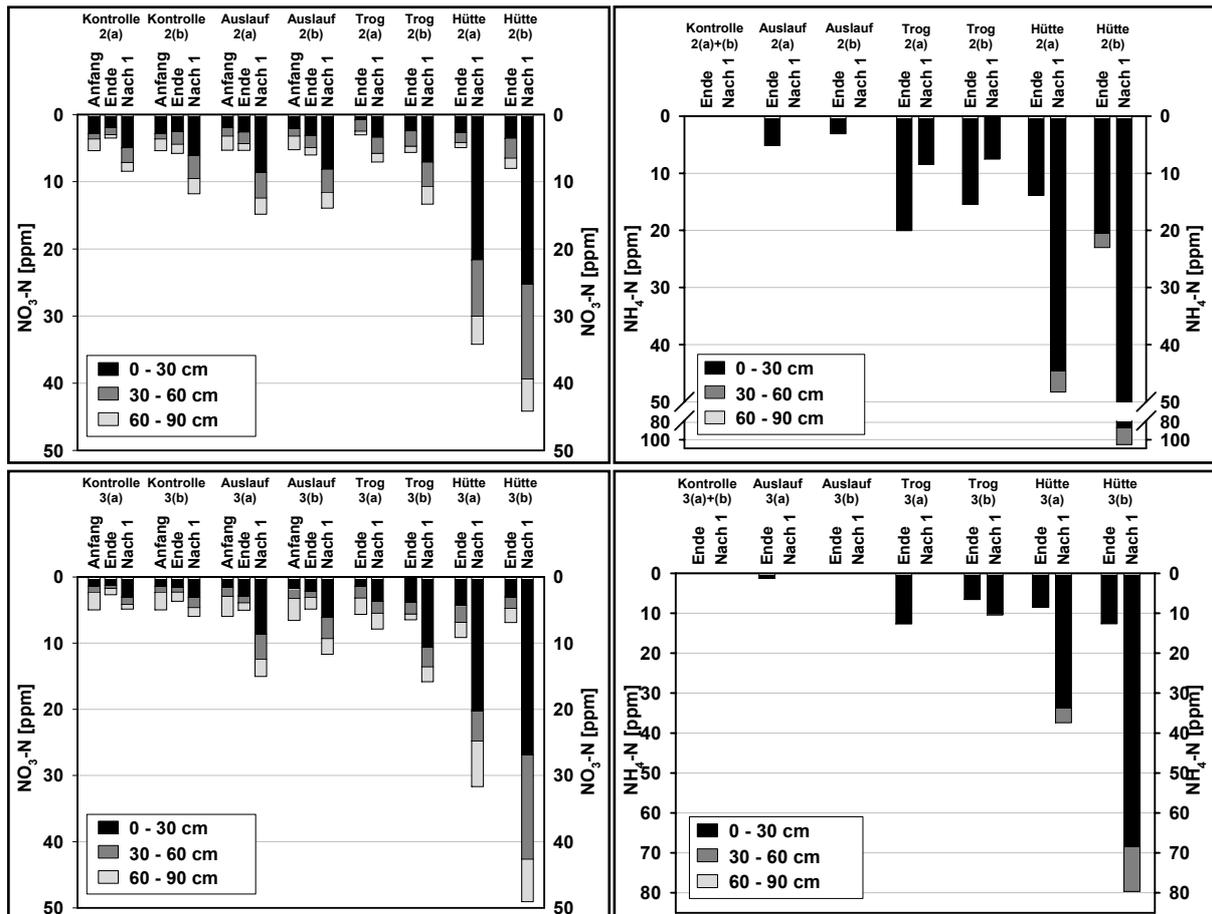


Abbildung 3.3 $\text{NO}_3\text{-N}$ - und $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentrationen (0-30, 30-60 und 60-90 cm Tiefe) unterschiedlicher Flächenareale vor und nach Freilandhaltung von Mastschweinen in der ÖL; Versuchsgruppen 2 und 3 AM (2003).

Die Endmast (EM) der Versuchsgruppen 2 und 3 fand wie die Anfangsmast gleichzeitig in unmittelbarer Nachbarschaft auf Weidelgras statt. Im Gegensatz zur Anfangsmast wurden in allen Versuchsgruppen die Versorgungseinheiten über den gesamten Zeitraum nach jeweils 3 Wochen versetzt.

Bei der Beweidung mit Hüttenversetzung und Portionsbeweidung kam es im Vergleich zur Beweidung mit stationären Hütten zu einer gleichmäßigeren Verteilung der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentrationen (Abbildung 3.4). Durch die Portionsbeweidung erhöhte sich der Anreiz für die Schweine, sich auf der gesamten Auslauffläche aufzuhalten. Dieses zeigte sich anhand der hohen $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentrationen auf allen beprobten Arealen. Zur Endbeprobung nach der Beweidung war der Kot sichtbar über die gesamte Fläche verteilt. Trotzdem waren die $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentrationen im Futter- und Hüttenbereich noch erhöht (Abbildung 3.4).

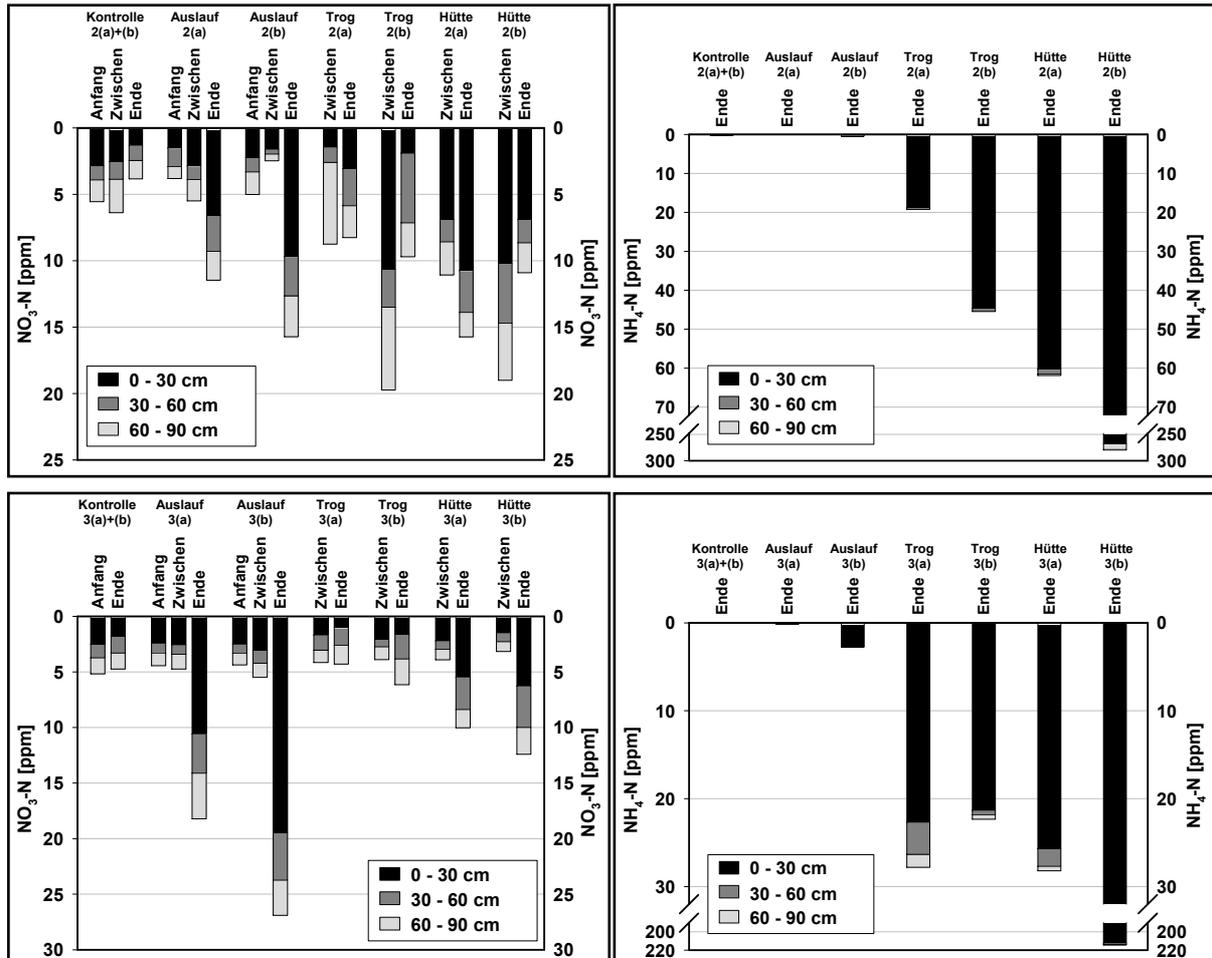


Abbildung 3.4 $\text{NO}_3\text{-N}$ - und $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentrationen (0-30, 30-60 und 60-90 cm Tiefe) unterschiedlicher Flächenareale vor und nach Freilandhaltung von Mastschweinen in der ÖL; Versuchsgruppen 2 und 3 EM (2003).

Beim Vergleich der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentrationen über alle Versuchsgruppen und Mastphasen fiel auf, dass stets die Versuchsgruppen mit Herkünften (b) und (c) die erheblich höheren N-Anreicherungen im Hüttenbereich aufwiesen (Abbildungen 3.3 bis 3.5). Sowohl genetisch als auch in der Haltungsfom der Aufzucht unterschieden sich die Versuchsgruppe mit Herkunft (a) von denen der Versuchsgruppen mit Herkünften (b) und (c). Versuchsgruppen mit Herkunft (a) bestand aus einer Kreuzung aus 4 Rassen [(Ha x Pi) x (Du x DL)] und wurde in einem Stall mit Außengelände aufgezogen. Diese Tiere waren an das Klima im Freien gewöhnt und wiesen eine hohe Bewegungsaktivität auf. Durch den genetischen Duroc-Anteil kann aber auch eine höhere Vitalität und „Geländegängigkeit“ gegenüber den Versuchsgruppen mit Herkunft (b), einer Kreuzung aus 3 Rassen [Pi x (DE x DL)], nicht ausgeschlossen werden. Die Versuchsgruppen mit Herkunft (b) wurden ausschließlich im Stall aufgezogen und wies im Versuch eine geringere Bewegungsaktivität auf.

Bei den Versuchsgruppen 4 (EM) konnten die Probenahmedichte und -häufigkeit erhöht und im 3-wöchigen Intervall auch Zwischenbeprobungen vorgenommen werden. Durch die Portionsbeweidung wurden die Teilflächen unterschiedlich lang beweidet. Die Beweidungszeiten nahmen für die Teilflächen in der Reihenfolge F1 bis F3 ab (Abbildung 3.5). Entsprechend nahmen umgekehrt mit zunehmender Beweidungszeit die $\text{NO}_3\text{-N}$ -

Konzentrationen der Teilflächen sowohl bei der End- wie auch der Zwischenbeprobung zu. Die N-Verteilung war als Folge der Umsetzung der Versorgungseinrichtungen und der Portionsbeweidung relativ gleichmäßig. Die Ausnahme bildeten hier ebenfalls die Hüttenbereiche der Versuchsgruppe mit Herkunft (c), die erneut die höchsten $\text{NO}_3\text{-N}$ - und $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentrationen aufwies.

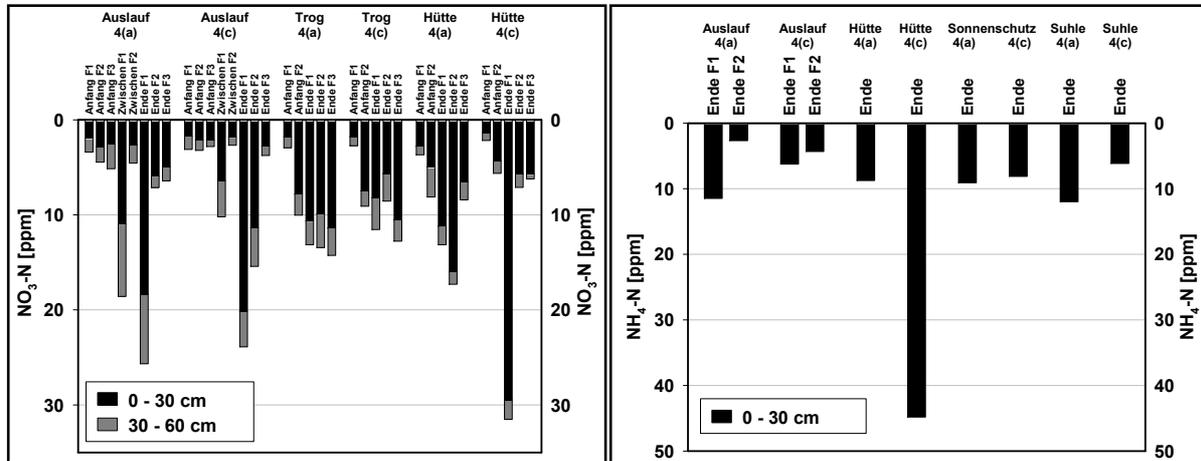


Abbildung 3.5 $\text{NO}_3\text{-N}$ - und $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentrationen (0-30 und 30-60 cm Tiefe) unterschiedlicher Flächenareale vor und nach Freilandhaltung von Mastschweinen in der ÖL; Versuchsgruppen 4 EM (2003).

3.2.4 Phosphat- und Kaliumverteilung

Pflanzenverfügbares Phosphat wird rasch im Boden gebunden und ist nicht vor Auswaschung gefährdet. Es reichert sich bei erhöhtem Eintrag im Boden an und kann nur bei Oberflächenabfluss, in gelöster oder gebundener Form, mit dem Sediment in angrenzende Oberflächengewässer transportiert werden und zu deren Eutrophierung beitragen. Phosphat wird in Schweineexkrementen, überwiegend im Kot, als Phytin ausgeschieden. Phytin wird erst durch mikrobiellen Abbau pflanzenverfügbar. Um die pflanzenbauliche Bedeutung des P-Eintrags für Folgekulturen bewerten zu können, wurden in den Oberböden die pflanzenverfügbaren (CAL) P-Konzentrationen gemessen. In Abbildung sind die Veränderungen der P-Konzentration vor und nach Beweidung für einige Versuchsgruppen dargestellt. Die Ausscheidungen der Mastschweine führten zu nur geringfügigen Erhöhungen der P-Konzentration. Dieses lag an den generell gut mit P versorgten Böden der Versuchsflächen, an der geringen Verfügbarkeit des Phosphats in den Schweineexkrementen und an der fehlenden Zeit zum Mobilisieren des Phosphats. Den deutlichsten Anstieg in der P-Konzentration des Oberbodens zeigten die Versuchsgruppen 3 (Endmast) mit Erhöhungen der P-Konzentration in Trog- und Hüttenbereichen um ca. 30 %.

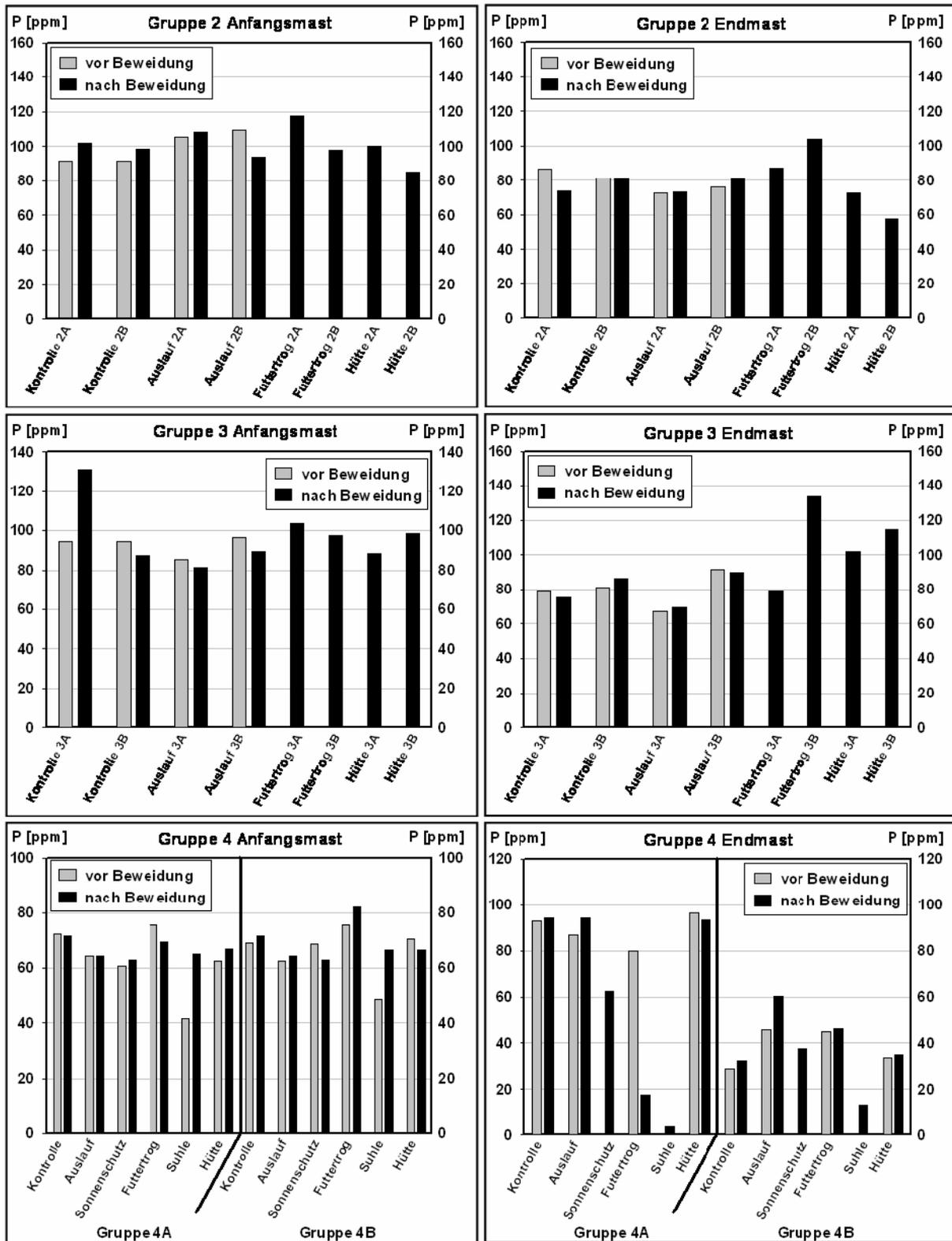


Abbildung 3.6 Pflanzenverfügbare P-Gehalte (CAL) im Oberboden (0-30 cm Tiefe) unterschiedlicher Flächenareale vor und nach Freilandhaltung von Mastschweinen in der ÖL (2003).

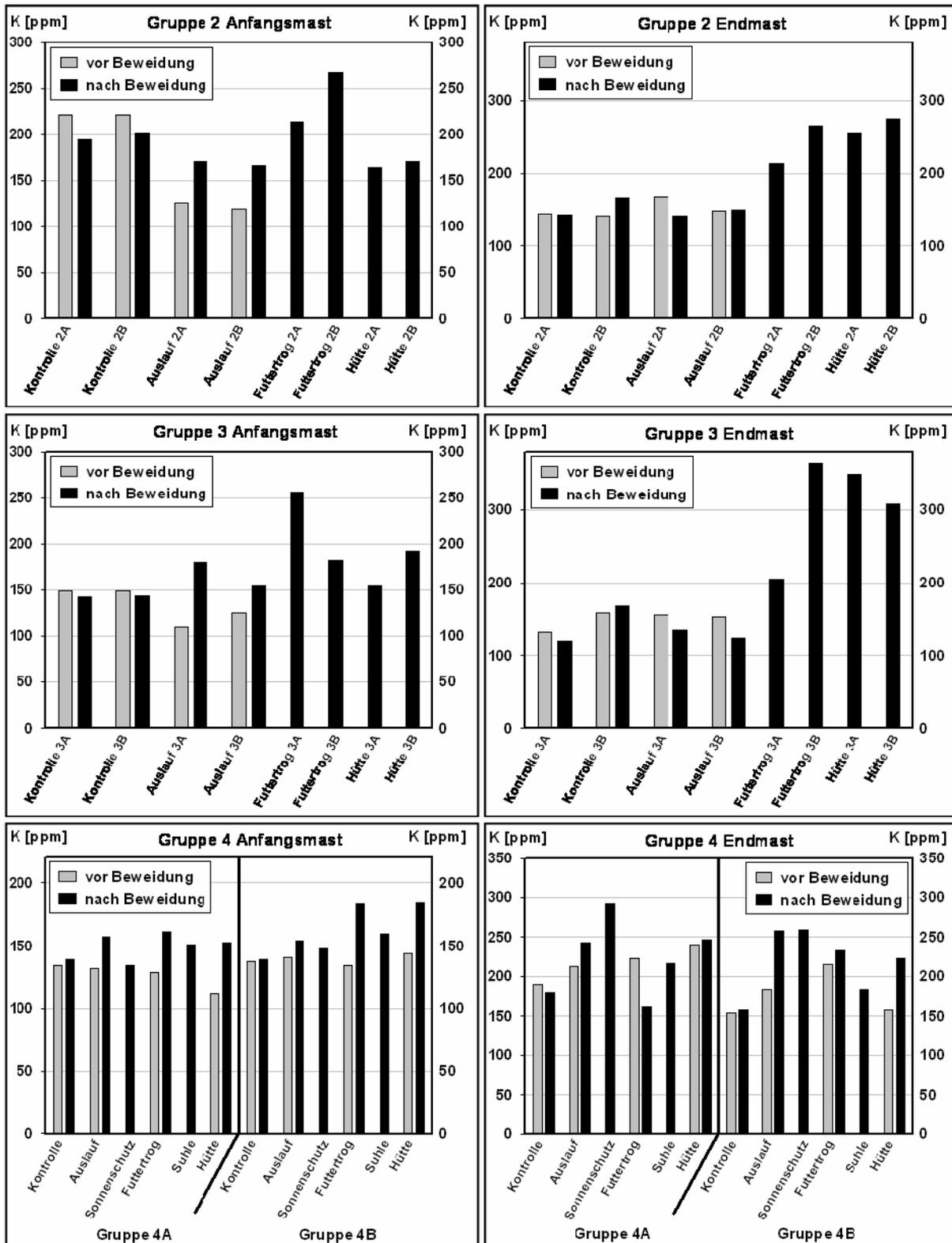


Abbildung 3.7 Pflanzenverfügbare K-Gehalte (CAL) im Oberboden (0-30 cm Tiefe) unterschiedlicher Flächenareale vor und nach Freilandhaltung von Mastschweinen im ÖL (2003).

Kalium wird über Harn ausgeschieden und liegt nahezu vollständig in pflanzenverfügbarer Form vor. Die Veränderungen der pflanzenverfügbaren K-Konzentrationen fielen entsprechend deutlicher aus als beim Phosphat.

Der Anstieg der K-Konzentration nahm in der Reihenfolge Auslaufläche, Trog, Suhle und Hütte zu. Diese Reihenfolge ist gleichzusetzen mit der Häufigkeit des Harnens der Schweine. Bis auf eine Ausnahme (Versuchsgruppe 3 EM) waren die K-Konzentrationen in den Hüttenbereichen der Versuchsgruppen (b) und (c) höher als bei den Vergleichsgruppen. Dieses bestärkt die These vom herkunftsbedingt unterschiedlichen Verhalten der Gruppen, wie sie oben beim N-Eintrag ausgeführt wurden.

Die gemessenen Erhöhungen der K-Konzentration waren bei Versuchsflächen auf Lössböden geringer als bei Versuchsflächen auf Röt. Diese Unterschiede dürften am höheren Tongehalt und der daraus resultierenden höheren Kationenaustauschkapazität des Bodens liegen.

Aus pflanzenbaulicher Sicht ist eine exaktere Verteilung des Kaliums wünschenswert. Ökologisch bedenklich ist eine punktuell sehr hohe Kaliumanreicherung jedoch nur auf sorptionsschwachen Böden, wie z. B. Sandböden. Hier kommt es zu Auswaschungsverlusten, welche die Qualität des Grundwassers (geschmacklich) mindern.

3.3 Bodenstruktur

Begleitend zum Projekt wurden die Auswirkungen der Freilandhaltung von Mastschweinen auf schädliche Veränderungen der Bodenstruktur beobachtet. Während des Versuchszeitraums konnten schädliche Einflüsse größeren Ausmaßes auf die Bodenstruktur nur bei gesättigten Bodenwassergehalten, hoher Vorverdichtung und unzureichender Vegetation beobachtet werden. Wie das Klimadiagramm (Abbildung 2.4) zeigt, war das Versuchsjahr durch einen extrem nassen Winter 2002/03 geprägt. Unter diesen außergewöhnlichen Bedingungen kam es in bestimmten Bereichen der Auslauflächen der ersten Mastschweingruppen der Versuchsgruppen 1 lokal zu Veränderungen an der Bodenoberfläche. Diese Veränderungen entstanden durch Wühlen und Tritt. In Abbildung 2.5 sind für die Versuchsgruppen 1.1 EM die Flächen mit Veränderungen der Bodenstruktur als umrandete Flächen dargestellt. Sie befinden sich überwiegend vor den Hütteneingängen und im Umfeld der Tränken und Futtertröge.

Für die Bewertung der Veränderung der Bodenstruktur wurden Porenraumverteilung und gesättigte Wasserleitfähigkeit dieser Flächen im Vergleich zur nicht beweideten Kontrollfläche bestimmt. Innerhalb der Auslaufläche wurde eine durchschnittlich durchwühlte Fläche und das Umfeld der Tränke mit sehr hoher Trittbelastung und extrem durchknetetem Boden untersucht.

3.3.1 Porenraumverteilung

Die Porenraumverteilung (Abbildung 3.9) wird aus der sog. pF-Charakteristik (Abbildung 3.8) abgeleitet (BRANDT, 1997).

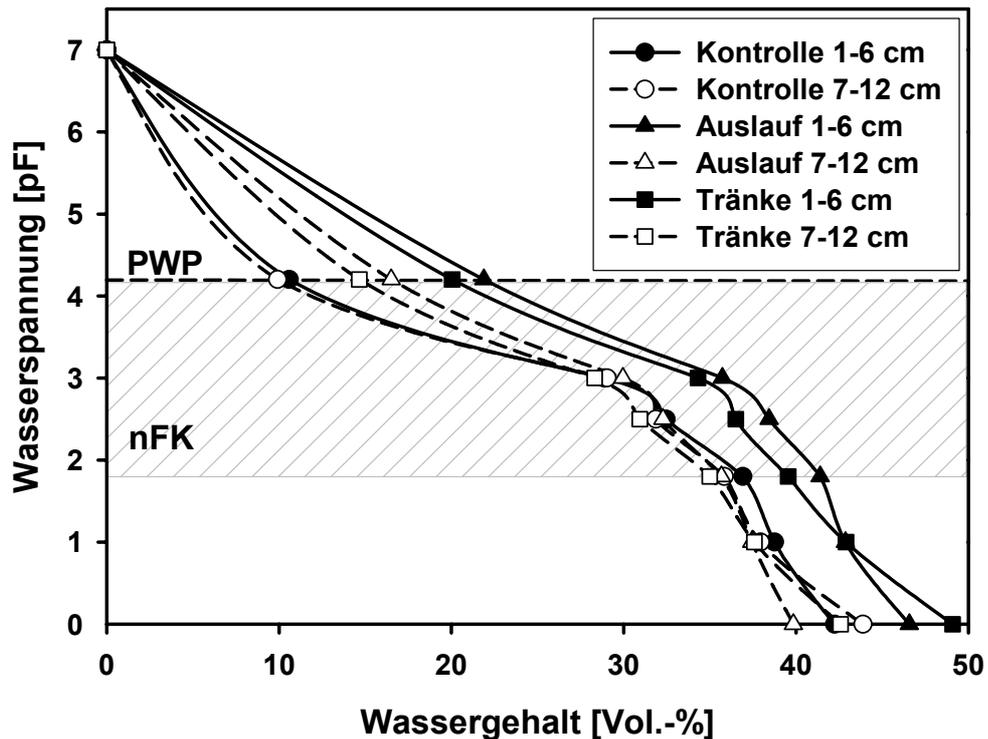


Abbildung 3.8 *Beziehung zwischen Wassergehalt und Wasserspannung in Abhängigkeit von der Belastung durch Freilandhaltung von Mastschweinen in 1-6 cm und 7-12 cm Tiefe.*

Bei der Beziehung zwischen Wassergehalt und Wasserspannung zeigte sich in Folge von Trittbelastung und Wühlen durch die Freilandhaltung von Mastschweinen eine Verschiebung der Kurven für die Tiefe 1-6 cm nach rechts. Diese Verschiebung der Kurven bedeutet eine Schaffung von Gesamtporenvolumen (GPV), wobei besonders das Porenvolumen in der Fraktion der Feinporen nahezu verdoppelt wurde (Abbildung 3.9). Eine Erhöhung des Feinporenvolumens ist insofern ungewöhnlich, da diese Porenklasse bei üblichen Verdichtungen oder Lockerungen des Bodens nicht beeinflusst werden. Es ist anzunehmen, dass in Folge des Wühlens durch die Schweine zuerst Grobporen geschaffen wurden, da der Boden in Folge der Ernte mit einem Kartoffelvollernter stark verdichtet war. Im Zustand wassergesättigten Bodens wurde durch das Passieren des pastösen Bodens durch die Klauen der Schweinepfoten die Grobporen durch Streichverdichtungen zu Mittel- und Feinporen verändert.

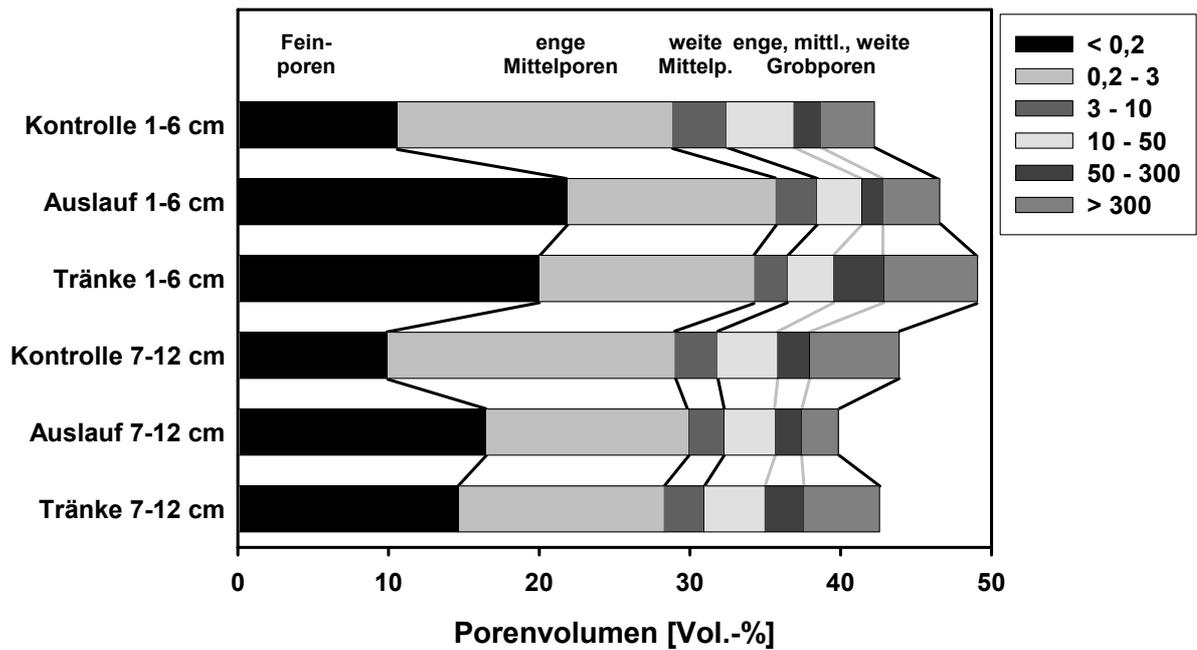


Abbildung 3.9 Porenraumverteilung in Abhängigkeit von der Belastung durch Freilandhaltung von Mastschweinen in 1-6 cm und 7-12 cm Tiefe.

In der Tiefe von 7-12 cm waren bei der Anlage der Bodenprofile zur Entnahme von Stechzylinderproben visuell keine Veränderungen durch Wühlen oder Tritt zu erkennen. Die Untersuchungen zeigten jedoch eine geringfügige Abnahme des Gesamtporenvolumens mit geringer Verschiebung des Volumens der Mittelporen zu Feinporen, vermutlich eine Folge der Streichverdichtungen im Bereich der Klauen der Schweine.

3.3.2 Gesättigte Wasserleitfähigkeit

Die gesättigte Wasserleitfähigkeit wurde an vertikal entnommenen Stechzylinderproben gemessen, um Aussagen über das Infiltrationsvermögen des Bodens für Niederschlagswasser in Abhängigkeit von der Freilandhaltung von Mastschweinen machen zu können. Es zeigte sich, dass das Infiltrationsvermögen des Oberbodens (0-6 cm Tiefe) im Auslauf gegenüber der Kontrollfläche kaum verändert wurde, da durch das Wühlen die Anteile an mittleren und weiten Grobporen (Dränporen) nicht verändert wurde (Abbildung 3.9). Die Porenkontinuität schien etwas verringert worden zu sein. Im Bereich der Tränke kam es durch das Verkneten als Folge der Trittbelastungen bei extrem nassen Bodenverhältnissen zu einer starken Abnahme der Infiltrabilität des Bodens. Unter diesen extremen Witterungsbedingungen kam es kleinräumig in Bereichen vor der Tränke, Hütte und Trog zu stark herabgesetzten Werten für die Infiltrabilität von Niederschlagswasser, was unter Umständen zur Bildung von Oberflächenabfluss und Erosion führen kann.

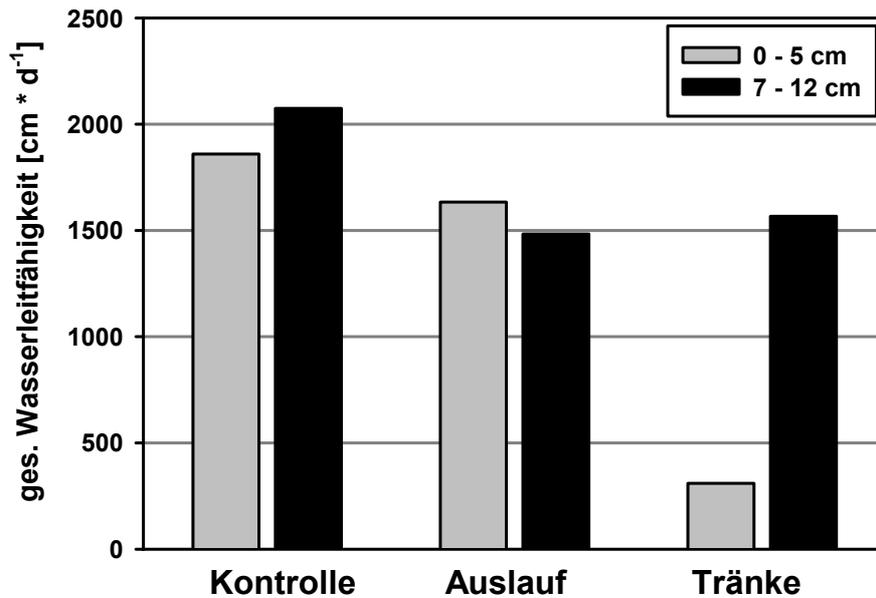


Abbildung 3.10 *Gesättigte Wasserleitfähigkeit (250 cm³ Ringe, vertikal entnommen) in Abhängigkeit von der Belastung durch Freilandhaltung von Mastschweinen in 1-6 cm und 7-12 cm Tiefe.*

Bereits in der Tiefe von 7-12 cm gab es nur noch geringe Abnahmen der gesättigten Wasserleitfähigkeit, ebenso nur geringe Veränderungen in der Porenraumverteilung (Abbildung 3.9). Diese dürften keine, die Erosion fördernden Auswirkungen gehabt haben.

Die negativen Einflüsse der Freilandhaltung beschränkten sich während des Versuchszeitraums auf die Wintermonate mit extrem feuchter Witterung und hier nur auf relativ kleinräumige Bereiche vor den Versorgungseinrichtungen. Weiterhin beschränkten sich die Verdichtungen mit einer Tiefe von ca. 7 cm auf einen Bereich, in dem sich durch mechanische (Bodenbearbeitung wie Grubbern) und biologische Prozesse wieder ein natürliches Bodengefüge aufbauen lässt. Da die Bereiche mit DGPS vermessen und im GIS dokumentiert wurden, können sie im kommenden Frühjahr erneut bewertet werden.

3.4 Integration der Freilandhaltung von Mastschweinen in die Fruchtfolge

Bei der Integration der Freilandhaltung von Mastschweinen in die Fruchtfolge von ökologisch wirtschaftenden Betrieben gelten unter den Produktionsbedingungen, wie sie in diesem Projekt gegeben waren, folgende Prinzipien:

- Der Anbau von Feldfutter kann zur Reduzierung der Konzentratfütteration beitragen, wodurch gegebenenfalls die Flächenbilanz durch geringere Nährstoffüberschüsse verändert und der außerbetriebliche Nährstoffimport verringert wird.
- Solange die Nährstoffbilanz aus Konzentratfutter und Lebendmassezuwachs zu positiven Nährstoffeinträgen führt, werden die Nährstoffe (besonders N), die im pflanzlichen Aufwuchs gebunden sind, den Folgekulturen in vollem Maße angerechnet.

- Durch Fressen, Unterwühlen oder mechanische Einarbeitung nach der Mast werden die Nährstoffe aber unterschiedlich mineralisiert und zum Teil räumlich heterogen verteilt. Hieraus ergeben sich unterschiedliche Düngewirkungen für die Folgekulturen.
- Durch das Pflanzen oder Säen von Futterpflanzen kann Rest-N_{min} gebunden und Auswaschung vermieden werden.
- Untersaaten können von den Schweinen als Futterquelle genutzt werden.

Die wesentlichen Vor- und Nachteile für Aspekte der Fruchtfolge sind in Tabelle 3.27 strukturiert zusammengefasst.

Tabelle 3.27 Mögliche Vor- und Nachteile für die Integration der Freilandhaltung von Mastschweinen in die Fruchtfolge von ökologisch wirtschaftenden Betrieben.

Aspekte	Vorteile	Nachteile
Boden	Aufbrechen (Wühlen) von Bodenverdichtungen durch Erntemaschinen	Schaffen von Trittvverdichtungen in Attraktivitätsbereichen (Hütte, Futterstelle)
		Schaffen von Unebenheiten durch Wühlen oder Suhlen
		Fördern von Bodenerosion durch Wasser (gering)
Nährstoffhaushalt	Anlieferung von Nährstoffen für Folgekulturen	Punktuelle Nährstoffanreicherung (Nährstoffverlagerung ins Grundwasser oder Oberflächengewässer)
Folgeverunkrautung	Reduzieren von Ausfallkartoffeln und Ausfallgetreide	Folgeverunkrautung durch nicht gefressene Feldfrüchte (z. B. Topinambur)
Schädlinge	Reduzieren von Schnecken, Mäusen und anderen bodenbewohnenden Schädlingen	
Umwelt	Erhöht die Biodiversität	

Die betriebsübliche Fruchtfolge der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen ist sechsgliedrig und auf Milchvieh ausgerichtet. Sie ist wie folgt gegliedert:

Kleegras – Kleegras – Winterweizen – Kartoffeln – Ackerbohnen – Wintergetreide.

Eine Integration der Freilandhaltung von Mastschweinen ließe sich bei einer durchschnittlichen Dauer von je 10 Wochen für die Anfangs- und Endmast folgendermaßen realisieren:

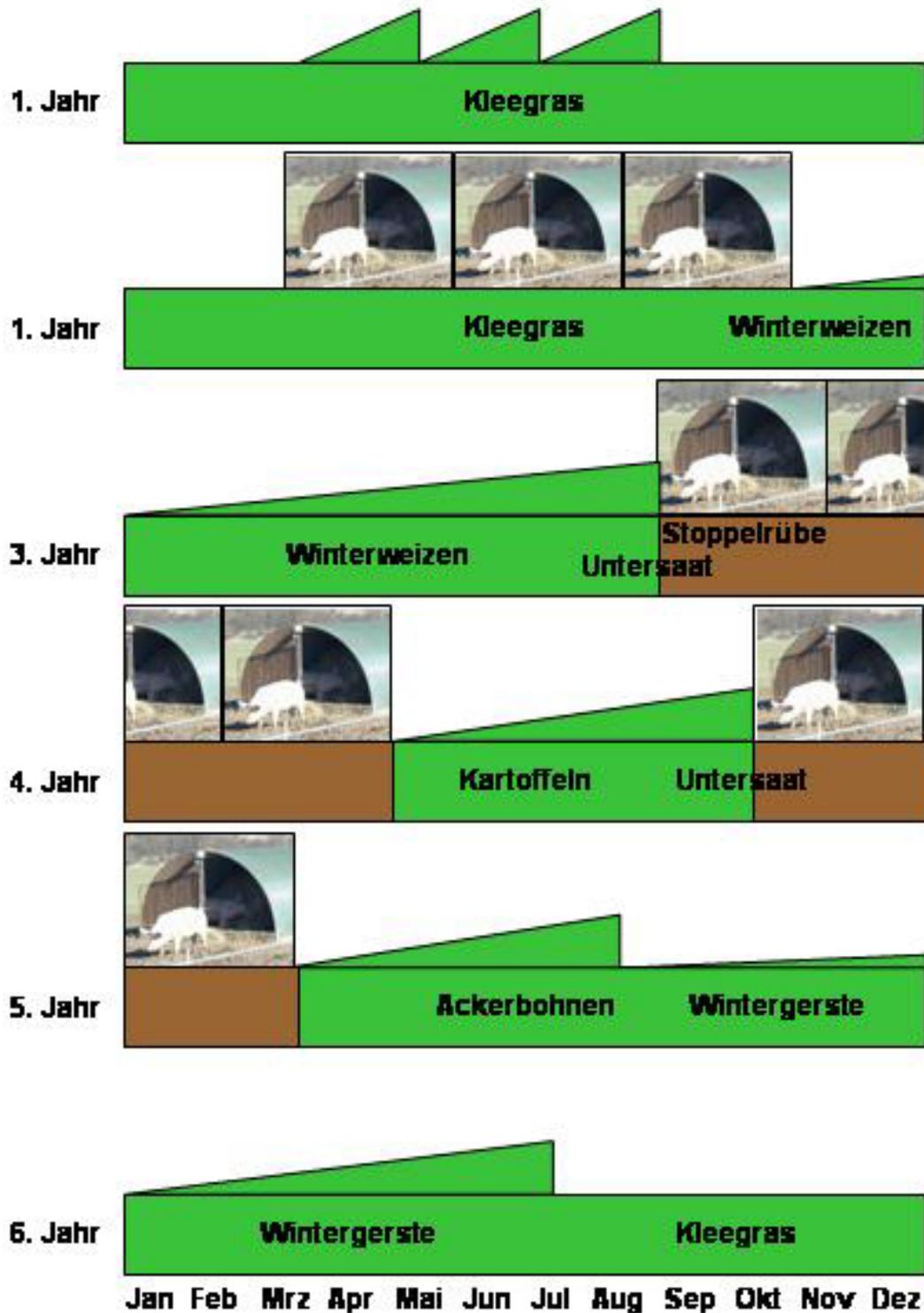


Abbildung 3.11 Beispiele für die Stellung der Freilandhaltung von Mastschweinen in die Fruchtfolge eines ökologischen Betriebes mit 6-gliedriger Fruchtfolge.

Die Mastschweine können nach Winterweizen bis zu Kartoffeln die Stoppeln mit Untersaaten oder auch Stoppelrüben (bei ausreichender Wasserversorgung) nutzen. Hierbei kommt es zu keiner Einschränkung der Fruchtfolge und zu keinem Verlust an Opportunitätsdeckungsbeiträgen für andere Hauptfrüchte. Die gleichen Überlegungen gelten nach Kartoffeln (evtl. mit Untersaaten). Hier können die Schweine die Kartoffeln nachernten.

Evtl. können sogar einige Dämme ungeerntet bleiben um als Feldfutter für die Mastschweine die Konzentratfutteraufwendungen zu senken.

Während der Sommermonate kommt es bei der Freilandhaltung von Mastschweinen zu Opportunitätskosten für die entgangenen Marktfrüchte. Auch Arbeitsspitzen während der Ernte müssen eingeplant werden. Soll die Freilandhaltung ganzjährig erfolgen, so bietet sich die Haltung auf dem Klee gras im 2. Jahr an. Dieses kann sehr gut als Portionsweide zugegeben, oder vor der Haltung gemäht und abgefahren werden.

3.4.1 Ökonomie

Um eine Einschätzung der betriebswirtschaftlichen Kosten der Schweinemast in der Freilandhaltung zu ermöglichen, wurde eine Modellkalkulation durchgeführt (Tabelle 3.28). Die Daten, die dieser Berechnung des Deckungsbeitrages / Mastschwein zu Grunde liegen, basieren auf eigenen Berechnungen und z.T. auf Literaturangaben (FIS NRW, 2002) bzw. Tabellenwerken (KTBL, 2002). Die Modellkalkulation führt zu einem Deckungsbeitrag von 14,86 € / Schwein. Rechnerisch ergeben sich daraus ca. 0,16 € / kg SG. Demgegenüber gibt LÖSER (2003) einen Wert von –0,45 € als den kalkulierten Gewinn pro kg SG als den Mittelwert aus den 27 Betrieben der Studie.

Als Hauptkostenfaktoren der Deckungsbeitragsrechnung werden die Ferkelkosten und die Futterkosten deutlich. Da der potentielle wirtschaftliche Gewinn maßgeblich durch die Variation dieser Hauptkostenfaktoren bestimmt wird, kann die Modellkalkulation nur bedingt verallgemeinert werden. Sie lässt jedoch erkennen, dass unter der Prämisse von niedrigen Ferkel- und Futterkosten die Schweinemast in der Freilandhaltung rentabel werden kann.

Als Deckungsbeitrag einer Alternativnutzung der Freilandmastflächen mit einjährigem Klee gras wurden 1246,62 € / ha kalkuliert. Dabei wurde eine Nutzung des Klee gras als Heu unterstellt, mit drei Schnitten und dem Verkauf des gewonnenen Heus als Rundballen für einen Preis von 19,50 € / dt. Auf der Basis des kalkulierten DB / Mastschwein von 14,86 € und bei einer Haltung von 10 Mastschweinen / ha, wie von den BIOLAND-Richtlinien als maximal erlaubter Besatz angegeben, ergibt sich mit der Freilandschweinehaltung ein Flächengewinn von 148,60 € / ha.

In einer weiteren Modellrechnung wurden die Investitionskosten, welche zur Erstellung einer Freilandanlage für 140 Mastschweine aufzuwenden sind ermittelt. Es wird unterstellt, dass mit 140 Tieren pro Mastphase eine Fläche von insgesamt 2,5 ha genutzt und diese zur Gruppenhaltung der Schweine (40 Tiere / Gruppe) in sieben Teilparzellen unterteilt wird (Tabelle 3.29).

Tabelle 3.28 Modellkalkulation einer Deckungsbeitragsberechnung

Produktionsdaten		Einheit	Quelle
Schlachtgewicht (SG)	90,0	Kg	e.A.
Schlachterlös	2,30	Euro / kg SG	e.A.
Mastplätze pro Hütte	20		
Futtermast Anfangsmast	2,5	kg / kg Zuwachs	e.A.
Futtermast Endmast	3,5	kg / kg Zuwachs	e.A.
Dauer der Vormast	53	Tage	e.A.
Tägliche Zunahme	720	g	e.A.
Ausschlachtung	77	%	e.A.
Anfangsgewicht	32,0	Kg	e.A.
Verluste	4,0	%	e.A.
Ferkelkosten	71,00	Euro / Tier	FIS NRW (2002)
Futterpreis Anfangsmast	32,00	Euro / dt	FIS NRW (2002)
Futterpreis Endmast	32,00	Euro / dt	FIS NRW (2002)
Strohpreis (Eigenproduktion)	1,00	Euro / dt	KTBL (2002)
Gewicht / Strohballen	300	Kg	e.A.
Anzahl Ballen / Hütte / Einstreusaison	2		e.A.
Tägl. Strohbedarf / Schwein/Einstreusaison	0,1	kg	e.A.
Deckungsbeitragsrechnung für ein Mastschwein			
Marktleistung	2,30	Euro	berechnet
Ferkelkosten	71,00	Euro	e.A.
Futterkosten Anfangsmast	30,53	Euro	berechnet
Futterkosten Endmast	52,53	Euro	berechnet
Strohkosten	0,17	Euro	berechnet
Tierarzt, Medikamente, Hygiene	1,40	Euro	KTBL (2002)
Tierseuchenkasse	2,70	Euro	KTBL (2002)
Energie	0,50	Euro	KTBL (2002) & eA
Wasser	10,00	Euro	e.A.
Verlustausgleich	8,28	Euro	e.A.
Zinssatz	6,0	%	LEIBER (2003)
Zinsansatz	13,34	Euro	berechnet
Variable Maschinenkosten	5,00	Euro	nach KTBL (2002)
Summe variabler Kosten	247,03	Euro	berechnet
Deckungsbeitrag / Mastschwein		14,86	berechnet
^{a)} e.A. = eigene Annahmen bzw. Berechnungen, FIS NRW = Fachinformationssystem Ökologischer Landbau Nordrhein-Westfalen, KTBL = Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft			

Tabelle 3.29 Modellkalkulation für Investitionskosten (140 Mastplätze)

Posten	Kosten [€]/ Stück	Stück	Summe Kosten [€]
Hütte	800,00	7	5600,00
Tränkeeinrichtung	212,00	7	1484,00
Futtertröge + Schattendach (Selbstbau)	100,00	7	700,00
Schweinetransportwagen	6425,00	1	6425,00
Zaunanlage	2034,50	1	2034,50
Summe Investitionskosten			16243,50
Investitionskosten / Mastplatz			116,03

Quelle: eigene Berechnungen

Für die durchgeführte Modellkalkulation des Deckungsbeitrages / Mastschwein ergibt sich ein positives Bild von 14,86 €. Stellt man die einfließenden Kenngrößen einer aktuellen Studie, durchgeführt an 27 Betrieben mit ökologischer Schweinemast (LÖSER, 2003), gegenüber, so zeigt sich, dass im Mittel der Betriebe der gleiche Schlachterlös / kg erreicht wurde, wie auch unter den Versuchsbedingungen des Projektes OE02449. Die in der Modellkalkulation ermittelten Futterkosten liegen mit ca. 83,00 Euro / Mastschwein deutlich unterhalb der Futterkosten / Schwein des Mittelwertes aller Betriebe der Studie. Diese Kostendifferenz lässt sich mit der ungünstigen Futterverwertung ca. 4,2:1 vs. ca. 3,0:1) und der längeren Mastdauer (182 d vs. ca. 122 d) im Vergleich zu den mittleren Werten des Freilandversuches erklären.

Die Wirtschaftlichkeit der Freilandhaltung hängt von zahlreichen Faktoren ab. Diese können von Betrieb zu Betrieb erheblich variieren. Deshalb ist eine Verallgemeinerung der vorliegenden Modellkalkulationen nur bedingt möglich. Angesichts vergleichsweise niedriger Investitionskosten und dem gegenüber der konventionellen Schweinefleischerzeugung vergleichbaren Leistungsniveau kann eine rentable Schweinefleischerzeugung im Freiland erwartet werden.

4 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

Wegen des verzögerten Projektbeginns kam es im zeitlichen Ablauf einzelner Arbeitsschritte, zu Verschiebungen um jeweils etwa 6 Wochen gegenüber der ursprünglichen Planung. Weiterhin wurden bei der Gestaltung der Versuchsvariante 1 des 1. Versuchsdurchganges W02 Änderungen erforderlich, da sich das Versuchsdesign am Vegetationsverlauf orientierte und dieser bereits um etwa 6 Wochen vorangeschritten war. Die Flächennutzung der Varianten 2R110W110 und 3W110W110 wurde wie vorgesehen durchgeführt. Die Phase der Anfangsmast verkürzte sich jedoch auf 9 Wochen und die Endmastphase musste für einzelne Tiere bis auf 13 Wochen ausgedehnt werden, damit das angestrebte Mastendgewicht von ca. 120 kg Lebendmasse erreicht werden konnte.

Die Arbeitsschritte für den 2. Versuchsdurchgang S03 konnten infolge der ausgedehnten Endmast einzelner Tiere des 1. Durchganges zeitlich nicht planmäßig durchgeführt werden. Es kam hier zu einer Verzögerung des Versuchsbeginns der Variante 4W100T80 und damit aller nachfolgenden Maßnahmen. Inhaltlich wurde den Arbeitsschritten des Planungsvorhaben entsprochen. Abweichend vom Vorhaben wurden die Varianten 5S100R100 und 6W100T80 des Versuchsdurchganges S03 Anfang August gestartet, um während der Endmastphase wie geplant die Futterfrüchte Topinamburknollen und Stoppelrüben nutzen zu können. Dementsprechend kamen die letzten Tiere des Versuches Mitte Dezember zur Schlachtung. Etwas später fand der Workshop zum Projekt mit Kollegen des europäischen Auslandes, in Kooperation mit dem FAL-Institut für Ökologischen Landbau in Trenthorst statt.

5 Zusammenfassung

Ziel des interdisziplinären Forschungsprojektes war es, wesentliche Voraussetzungen für die Etablierung einer ganzjährigen Freilandhaltung von Mastschweinen zu prüfen. Dazu wurden die Auswirkungen der Haltung von Schweinen unterschiedlicher genetischer Herkünfte auf verschiedenen Futterflächen im Hinblick auf Nährstoffeintrag, Futternutzung, Tiergesundheit, Schlachtkörperqualitäten und Produktionskosten untersucht. Das Projekt beinhaltete 6 Versuchsvarianten in zwei Versuchsdurchgängen, mit einer Nutzung der verschiedenen Futterpflanzen bzw. -flächen Stoppelrübe (*Brassica rapa rapifera*), Weidelgras, Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) und Getreidestoppeln. Innerhalb jeder Versuchsvariante wurden zwei unterschiedliche genetische Herkünfte getestet. Zur Prüfung kamen Tiere der Rassenkombinationen (Hampshire x Pietrain) x (Duroc x Deutsche Landrasse), Pietrain x (Deutsches Edelschwein x Deutsche Landrasse) und Pietrain x (Duroc x Deutsche Landrasse). Es wurde eine zweiphasige Mast praktiziert. Während der Anfangsmast (bis ca. 70 kg LM) wurden 110 bzw. 100 % Konzentratfutter in der Endmastphase 80, 100 oder 110 % KF angeboten. Mit dem Beginn der Endmast erfolgte ein Flächenwechsel. Die Mastphasen dauerten in den verschiedenen Varianten zwischen 8 und 13 Wochen. Das angestrebte Mastendgewicht betrug 120 kg LM. Die Ergebnisse werden nachfolgend zusammengefasst:

- Die Freilandmastschweine erreichten unabhängig von der genetischen Herkunft und den Versuchsvarianten Tageszunahmen von durchschnittlich ca. 740 g. Schweine mit einem Duroc-Genanteil zeigten unter den Versuchsbedingungen eine etwas höher Leistung als die Dreirassenkombination ohne Duroc-Einfluß.
- Mit einem mittleren Muskelfleischanteil von ca. 55 % wurden gute Schlachtkörperqualitäten erreicht. Unabhängig von der genetischen Herkunft und den Versuchsvarianten wurden die Schlachtkörper der weiblichen Tiere mit einem deutlich höheren Anteil in die Handelklasse E eingestuft als die Böрге. Der intramuskuläre Fettgehalt der analysierten Kotelettproben lag im Durchschnitt bei 1,2 %.
- Die Nutzung von Topinamburflächen in der Endmast erbrachte trotz einer auf 80 % reduzierten Konzentratfutttergabe vergleichbare Produktions- und Schlachtleistungen wie die anderen Versuchsvarianten mit 100 %. Entsprechend konnte durch Topinambur ein gewisses Nährstoffpotential von den Tieren genutzt werden.
- Aus den Ergebnissen der Blutuntersuchungen auf Salmonellen-Antikörper liess sich keine sichere Aussage über das Potential der Gefährdung der Freilandschweine durch Salmonellen-Erreger unter den Versuchsbedingungen ableiten. Jedoch unterstreichen die Befunde die Notwendigkeit, der besonderen Sorgfalt beim Zukauf von Ferkeln.
- Im Versuchsdurchgang W02 traten mit 11,5 % deutlich seltener geringgradige Lungenveränderungen auf als im Versuchsdurchgang S02 mit 57,1 %. Als Ursachenkomplex hierfür ist u.a. das Vorkommen von Leberparasiten (ca. 20 % Positivbefunde) und die hohe Staubbelastung im Sommerhalbjahr in Betracht zu ziehen. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Erstinfektion der Tiere mit Endoparasiten

bereits im Herkunftsbetrieb stattgefunden hat, da alle Flächen im Versuch erstmals mit Schweinen beweidet wurden.

- Bei extrem nasser Witterung kam es auf unbewachsenen Lössboden mit hoher Vorverdichtung vor Hütten, Futterplätzen und Tränken kleinräumig zu Bodenverdichtungen und Abnahmen der Infiltrabilität. Diese reichte aber nur in eine Tiefe von ca. 10 cm und dürfte durch mechanische Bodenbearbeitung und die biologische Aktivität wieder rückgängig gemacht werden können.
- Futterrationen bis 100 % Konzentratfuttergabe während der Endmast erfüllten, bei Einhaltung der Besatzdichte, hinsichtlich der Nährstoffeinträge stets die Richtwerte der Anbauverbände.
- Futterverluste auf Grund zu kleiner Pelletierung des Konzentratfutters und Verwendung ungeeigneter Tröge führten insbesondere bei feuchter Witterung zu erhöhten Nährstoffeinträgen im Bereich der Futterplätze.
- In den Versuchsvarianten mit stationären Versorgungseinheiten, kam es im Bereich dieser und vor den Ruheplätzen zu punktuellen Anreicherungen von N, P und K.
- Durch Umsetzen der Versorgungseinheiten (Hütten, Futtertröge und Tränken) konnten die punktuellen Nährstoffkonzentrationen in diesen Bereichen deutlich reduziert werden.
- Durch Portionsbeweidung wurde die Attraktivität der Auslauflächen erhöht. Dies hatte zur Folge, dass ein höherer Anteil der Exkremente auf der Fläche verteilt abgesetzt und damit eine gleichmäßigere Nährstoffverteilung erreicht wurde.
- Die Herkunft der Tiere hatte einen Einfluss auf die N-Anreicherung im Hüttenbereich. Tiere mit einem hohen Aktivitätsverhalten verteilen ihre Exkremente und damit die Nährstoffe gleichmäßiger auf der Auslaufläche.
- Die ökonomische Modellrechnung erbrachte einen Deckungsbeitrag von ca. 15 € / Mastschwein. Als Hauptkostenfaktoren der Deckungsbeitragsrechnung traten die Ferkelkosten und die Futterkosten hervor. Da der potentielle wirtschaftliche Gewinn maßgeblich durch die Variation dieser Hauptkostenfaktoren bestimmt wird, kann die Modellkalkulation nur bedingt verallgemeinert werden.

Es bleibt festzuhalten, dass in der Freilandhaltung ein sehr guter Gesundheitsstatus des Mastsschweinebestandes erreicht werden kann, wenn gesunde Ferkel zugekauft werden. Unter optimierten Voraussetzungen und der Prämisse von niedrigen Ferkel- und Futterkosten sowie einem angepassten Flächenmanagement kann die Schweinemast in der Freilandhaltung rentabel gestaltet werden. Durch angepasste Futterrationen, Portionsbeweidung und Umsetzen der Versorgungseinrichtungen können durch das Management sowohl die Nährstofffrachten wie auch die Nährstoffverteilung ökologisch gesteuert werden. Negative Auswirkungen auf die Umwelt werden vermieden oder auf ein tolerierbares Maß reduziert.

6 Kurzfassung

Ganzjährige Freilandhaltung von Mastschweinen als ein Fruchtfolgeglied in der Ökologischen Landwirtschaft (Projekt 02OE449)

In einem Freilandversuch mit Mastschweinen wurden drei genetische Herkünfte (Hampshire x Pietrain) x (Duroc x Deutsche Landrasse), Pietrain x (Deutsches Edelschwein x Deutsche Landrasse) und Pietrain x (Duroc x Deutsche Landrasse) auf verschiedenen Futterflächen mit Stoppelrübe (*Brassica rapa rapifera*), Weidelgras, Topinambur (*Helianthus tuberosus L.*) und Getreidestoppeln gehalten. Die Tiere zeigten mit durchschnittlich ca. 740 g gute mittlere Tageszunahmen und erzeugten gute Schlachtkörperqualitäten mit Muskelfleischanteilen von ca. 55 %. Die Schlachtkörper der weiblichen Tiere wurden mit einem deutlich höheren Anteil (60 bis 100 %) in die Handelklasse E eingestuft als die Böрге. Der intramuskuläre Fettgehalt der analysierten Kotelettproben lag im Durchschnitt bei 1,2 %.

Die Ergebnisse der Untersuchungen der Kot- und Blutproben unterstreichen die Notwendigkeit der besonderen Sorgfalt beim Zukauf der Ferkel. Das Vorkommen von Leberparasiten schwankte zwischen den Durchgängen im Bereich von ca. 15 bis 20 % der befundeten Schlachtkörper. Geringgradige Lungenveränderungen traten an 11,5 bzw. 57,1 % der Tiere.

Die Nutzung von Topinamburflächen in der Endmast erbrachte trotz einer auf 80 % reduzierten Konzentratfüttergabe vergleichbare Produktions- und Schlachtleistungen wie die anderen Versuchsvarianten mit 100 % KF. Entsprechend konnte durch Topinambur ein gewisses Nährstoffpotential von den Schweinen genutzt werden.

Bei angepassten Futterrationen, die bis 80 % Konzentratfüttergabe betragen entsprachen die Nährstofffrachten unter Beachtung der zulässigen Besatzstärken den Richtwerten der Anbauverbände und der Dünge-VO. Futterrationen mit mehr als 100 % Konzentratfüttergabe führten in der Endmast (70-129 kg Lebendgewicht) zu erhöhten N- und P-Einträgen, die im Durchschnitt des Versuchs 51 % über den Richtwerten der Anbauverbände und der Dünge-VO lagen. Futtermittelverluste auf Grund zu kleiner Pelletierung des Konzentratfutters und Verwendung ungeeigneter Tröge, führten zu erhöhten Nährstoffeinträgen im Bereich der Futterplätze. Durch Umsetzen der Versorgungseinheiten (Hütten, Futtertröge und Tränken) konnten die punktuellen Nährstoffanreicherungen in diesen Bereichen deutlich reduziert werden. Eine Portionsbeweidung erhöhte die Attraktivität der Auslaufflächen. Hier wurden mehr Exkreme abgesetzt und die Nährstoffe gleichmäßiger verteilt.

Die Umsetzung der im Projekt gewonnenen Ergebnisse verbessern das Management bei der Freilandhaltung von Mastschweinen. Mögliche negative Umwelteinflüsse werden vermieden oder auf ein tolerierbares Maß begrenzt.

Eine ökonomische Modellkalkulation ließ erkennen, dass unter der Prämisse von niedrigen Ferkel- und Futterkosten die Schweinemast in der Freilandhaltung rentabel betrieben werden kann.

7 Abstract

Fattening pigs in an outdoor system as a part of the crop rotation within organic farming (Project 02OE449)

In an outdoor system for fattening pigs, three genotypes of pigs were tested: (Hampshire x Pietrain) x (Duroc x German Landrace), Pietrain x (Large White x German Landrace) und Pietrain x (Duroc x German Landrace). They were kept on paddocks with either Turnip (*Brassica rapa rapifera*), Ryegrass, Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus L.*) or barley stubble. The pigs achieved acceptable average daily live-weight gains (740 g in average) and a sufficient carcass quality with a lean meat content of about 55 %. In carcass classification (EUROP system) the females achieved a higher percentage of class “E” than the castrates. The intramuscular fat content of the tested chops was in average 1,2 %.

The results of the faeces analyses and blood samples show, how important it is to be aware of obtaining healthy piglets. In 15 to 20 % of the carcasses, damage of the livers caused by parasites was found. 11,5 to 57,1 % of the animals showed low graded pneumonia like changes.

Despite the fact that only 80 % of concentrates during the finishing period were fed by using Jerusalem Artichoke the pigs reached similar results in performance and carcass quality compared to pigs being fed with 100 % concentrate.

In a well adjusted daily ration with up to 80 % of concentrates the nutrient input corresponded with the regulations of the organic farming associations and the EEC-Regulation. A daily ration of 100 % concentrate during the finishing period lead to increased nutrient inputs of N and P. The increased nutrient inputs were 51 % higher than allowed according to the regulation. Fodder losses due to too small sized pellets and unsuitable troughs increased nutrient inputs around the troughs. Due to shifting the equipments (huts, feeding and watering troughs), partial nutrient accumulations in these areas decreased significantly. Dividing the paddock increased the activity of the pigs at this area. More faeces were placed in the paddock and nutrients were distributed in a more uniform way.

The results of this project showed that optimising the management of fattening pigs in outdoor systems assist to avoid nutrient losses or reducing them to an acceptable level. An economic model showed that outdoor pig fattening can be profitable if the costs of piglets and feedstuff are low or if premium prices can be obtained.

8 Abkürzungsverzeichnis

a	(Ha x Pi) x (Du x DL)
AM	Anfangsmast(phase)
b	Pi x (DE x DL)
c	Pi x (Du x DL)
DE	Deutsches Edelschwein
DGPS	Differentielles Global-Positioning-System
DL	Deutsche Landrasse
Du	Duroc
EM	Endmastphase
FM	Fleischmaß [mm]
GIS	Geo-Informationen-System
Ha	Hampshire
IMF	Intramuskulärer Fettgehalt
T	Topinambur
KF	Konzentratfutter(mittel)
MDS	Magen-Darm-Strongyliden
MfA	Muskelfleischanteil [%]
NfE	N-freie Extraktstoffe
NIRS	Nah-Infrarot-Spektroskopie
Pi	Pietrain
W	Weidelgras
SG	Schlachtgewicht [kg]
SM	Speckmaß [mm]
S	Getreidestoppeln
R	Stoppelrübe
TZ	Tageszunahme [g/Tag]
XA	Rohasche [% oder g]
XF	Rohfaser [% oder g]
XL	Rohfett [% oder g]
XP	Rohprotein [% oder g]

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.1	Abkürzungen der Versuchsgruppen	6
Tabelle 1.2	Versuchsvarianten	7
Tabelle 1.3	Überlebensdauer von Salmonellen (nach KOCH, 2002).....	10
Tabelle 1.4	Trockenmasse (TM) und Zusammensetzung von Stoppelrübe (<i>Brassica rapa</i> var. <i>rapa</i>)	11
Tabelle 1.5	Mittlere Zusammensetzung [% i.T.] von Topinambur-Knolle (<i>Helianthus</i> <i>tuberosus</i>)	13
Tabelle 2.1	Durchschnittliche Bodenkenndaten der Versuchsflächen „Hasenloch“ und „Brand“. Mittelwerte aus der Rasterkartierung Brandt et al. (2001).	17
Tabelle 2.2	Genetische Herkunft der Versuchstiere	22
Tabelle 2.3	Parameter der Schlachtleistung.....	23
Tabelle 2.4	pH ₁ -Wert (Rückenmuskel) und Fleischbeschaffenheit (BLT)	23
Tabelle 2.5	Befunderfassung an Schlachtkörper und Organen.....	25
Tabelle 2.6	Porenklassen, Äquivalentdurchmesser der Poren und pF-Stufen.....	28
Tabelle 2.7	Richtwerte für die Nährstoffgehalte an N, P und K in Futtermitteln und im Tierkörper (Quelle: Hammer-Weis, 2003)	29
Tabelle 3.1a	Produktionsdaten (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 2R110W110(a) und 2R110W110(b)	31
Tabelle 3.1b	Produktionsdaten (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 2R110W110(a) und 2R110W110(b)	32
Tabelle 3.2a	Produktionsdaten (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 3W110W110(a) und 3W110W110(b).....	33
Tabelle 3.2b	Produktionsdaten (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 3W110W110(a) und 3W110W110(b).....	34
Tabelle 3.3a	Produktionsdaten (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 4W100T80(a) und 4W100T80(c)	35
Tabelle 3.3b	Produktionsdaten (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 4W100T80(a) und 4W100T80(c)	36
Tabelle 3.4a	Produktionsdaten (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 5S100R100(a) und 5S100R100(c).....	37
Tabelle 3.4b	Produktionsdaten (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 5S100R100(a) und 5S100R100(c).....	38
Tabelle 3.5a	Produktionsdaten (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 6W100T80(a) und 6W100T80(c)	39
Tabelle 3.5b	Produktionsdaten (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 6W100T80(a) und 6W100T80(c)	40
Tabelle 3.6a	Schlachtdaten (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 2R110W110(a) und 2R110W110(b)	42
Tabelle 3.6b	Schlachtdaten (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 2R110W110(a) und 2R110W110(b)	43
Tabelle 3.7a	Schlachtdaten (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 3W110W110(a) und 3W110W110(b).....	44
Tabelle 3.7b	Schlachtdaten (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 3W110W110(a) und 3W110W110(b).....	45
Tabelle 3.8a	Schlachtdaten (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 4W100T80(a) und 4W100T80(c)	46
Tabelle 3.8b	Schlachtdaten (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 4W100T80(a) und 4W100T80(c)	47
Tabelle 3.9a	Schlachtdaten (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 5S100R100(a) und 5S100R100(c).....	48
Tabelle 3.9b	Schlachtdaten (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 5S100R100(a) und 5S100R100(c).....	49
Tabelle 3.10a	Schlachtdaten (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 6W100T80(a) und 6W100T80(c)	50

Tabelle 3.10b	Schlachtdaten (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 6W100T80(a) und 6W100T80(c)	51
Tabelle 3.11a	Handelsklasseneinstufung der Schlachtkörper nach Versuchsgruppen (über beide Geschlechter)	52
Tabelle 3.11b	Handelsklasseneinstufung der Schlachtkörper nach Versuchsgruppen (nach Geschlecht getrennt).....	53
Tabelle 3.12a	Intramuskulärer Fettgehalt (IMF) [%] ^{a)} (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 2R110W110(a) und 2R110W110(b)	55
Tabelle 3.12b	Intramuskulärer Fettgehalt (IMF) [%] ^{a)} (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 2R110W110(a) und 2R110W110(b)	55
Tabelle 3.13a	Intramuskulärer Fettgehalt (IMF) [%] ^{a)} (über beide Geschlechter) der Versuchsgruppen 3W110W110(a) und 3W110W110(b).....	55
Tabelle 3.13b	Intramuskulärer Fettgehalt (IMF) [%] ^{a)} (nach Geschlecht getrennt) der Versuchsgruppen 3W110W110(a) und 3W110W110(b).....	56
Tabelle 3.14	Abgangsursachen	56
Tabelle 3.15	Anzahl positiver Salmonellen-Antikörper-Befunde.....	57
Tabelle 3.16	Häufigkeit der Befunde an Organen von Tieren des Versuchsdurchganges W02 (n = 26)	58
Tabelle 3.17	Häufigkeit der Befunde am Schlachtkörper von Tieren des Versuchsdurchganges S03 (n = 77)	58
Tabelle 3.18	Häufigkeit der Befunde an Organen von Tieren des Versuchsdurchganges S03 (n = 77)59	
Tabelle 3.19	Rohnährstoffe und Energiegehalt der Konzentratfuttermittel.....	60
Tabelle 3.20	Inhaltsstoffe und Energiegehalt von Stoppelrübe	61
Tabelle 3.21	Inhaltsstoffe und Energiegehalt von Weidelgras auf Flächen der Versuchsvariante 3W110W110 am 03.12.02 (49.KW)	61
Tabelle 3.21a	Inhaltsstoffe und Energiegehalt von Weidelgras auf Flächen der Versuchsvariante 4W100T80 (22.-25.KW)	62
Tabelle 3.21b	Inhaltsstoffe und Energiegehalt von Weidelgras auf Flächen der Versuchsvariante 4W100T80 (26.-28.KW)	63
Tabelle 3.21c	Inhaltsstoffe und Energiegehalt von Weidelgras auf Flächen der Versuchsvariante 6W100T80 (32. und 40.KW).....	63
Tabelle 3.22a	Inhaltsstoffe und Energiegehalt von Topinambur-Pflanzenteilen und anderem Bewuchs auf Flächen der Variante 4W100T80 (14.07.03)	64
Tabelle 3.22b	Inhaltsstoffe und Energiegehalt von Topinambur-Pflanzenteilen und anderem Bewuchs auf Flächen der Variante 4W100T80 (22.07.03)	65
Tabelle 3.22c	Inhaltsstoffe und Energiegehalt von Topinamburknollen der Flächen der Versuchsvariante 6W100T80 (04.12.03)	65
Tabelle 3.23	Größe der Versuchsflächen, Versuchsdauer, Mastschweintage und Besatzdichten bei Freilandhaltung von Mastschweinen im ÖL.....	67
Tabelle 3.24	Futtermengen, Gewichtszunahmen und Futteraufwand bei Freilandhaltung von Mastschweinen im ÖL für die jeweiligen Mastschweingruppen.	68
Tabelle 3.25	Nährstoffeinträge (N, P und K) in die Auslaufläche bei Freilandhaltung von Mastschweinen im ÖL über Ausscheidungen und Futterverluste bezogen auf Mastschweintag (MST) und Flächen differenziert nach Mastschweingruppen.	71
Tabelle 3.26:	N-Quellen, -Formen und -Verteilung auf Flächen der Freilandhaltung von Mastschweinen in der ÖL.....	74
Tabelle 3.27	Mögliche Vor- und Nachteile für die Integration der Freilandhaltung von Mastschweinen in die Fruchtfolge von ökologisch wirtschaftenden Betrieben.	86
Tabelle 3.28	Modellkalkulation einer Deckungsbeitragsberechnung.....	89
Tabelle 3.29	Modellkalkulation für Investitionskosten (140 Mastplätze).....	90

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1	Lage der Versuchsflächen zur Freilandhaltung von Mastschweinen im Ökologischen Landbau auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen.	15
Abbildung 2.2	Bodenprofil, Parabraunerde.	16
Abbildung 2.3	Bodenprofil, Pelosol-Braunerde.	17
Abbildung 2.4	Niederschlagsverteilung, durchschnittliche Temperaturen im Versuchszeitraum in Kassel-Calden (ANONYM, 2003) und im 30-jährigen Mittel (Kassel-West).	18
Abbildung 2.5	Designs der Freilandflächen für Mastscheine (2003) mit nicht versetzten Versorgungseinrichtungen. Von links oben nach rechts unten: Var.1a Endmast (EM), Var.1b EM, Var. 2 Anfangsmast (AM), Var.2 EM, Var.3 AM, Var.3 EM.	20
Abbildung 2.6	Designs der Freilandflächen für Mastscheine (2003) mit versetzten Versorgungseinrichtungen. Von links oben nach rechts unten: Var.4 Anfangsmast (AM), Var.4 Endmast (EM), Var. 5 AM, Var.5 EM, Var.6 AM, Var.6 EM.	21
Abbildung 3.1	NO ₃ -N- und NH ₄ -N-Konzentrationen (0-30, 30-60 und 60-90 cm Tiefe) unterschiedlicher Flächenareale vor und nach Freilandhaltung von Mastschweinen in der ÖL; Versuchsgruppen 1.1 EM (2003).	75
Abbildung 3.2	NO ₃ -N- und NH ₄ -N-Konzentrationen (0-30, 30-60 und 60-90 cm Tiefe) unterschiedlicher Flächenareale vor und nach Freilandhaltung von Mastschweinen in der ÖL; Versuchsgruppen 1.2 EM (2003).	75
Abbildung 3.3	NO ₃ -N- und NH ₄ -N-Konzentrationen (0-30, 30-60 und 60-90 cm Tiefe) unterschiedlicher Flächenareale vor und nach Freilandhaltung von Mastschweinen in der ÖL; Versuchsgruppen 2 und 3 AM (2003).	77
Abbildung 3.4	NO ₃ -N- und NH ₄ -N-Konzentrationen (0-30, 30-60 und 60-90 cm Tiefe) unterschiedlicher Flächenareale vor und nach Freilandhaltung von Mastschweinen in der ÖL; Versuchsgruppen 2 und 3 EM (2003).	78
Abbildung 3.5	NO ₃ -N- und NH ₄ -N-Konzentrationen (0-30 und 30-60 cm Tiefe) unterschiedlicher Flächenareale vor und nach Freilandhaltung von Mastschweinen in der ÖL; Versuchsgruppen 4 EM (2003).	79
Abbildung 3.6	Pflanzenverfügbare P-Gehalte (CAL) im Oberboden (0-30 cm Tiefe) unterschiedlicher Flächenareale vor und nach Freilandhaltung von Mastschweinen in der ÖL (2003).	80
Abbildung 3.7	Pflanzenverfügbare K-Gehalte (CAL) im Oberboden (0-30 cm Tiefe) unterschiedlicher Flächenareale vor und nach Freilandhaltung von Mastschweinen im ÖL (2003).	81
Abbildung 3.8	Beziehung zwischen Wassergehalt und Wasserspannung in Abhängigkeit von der Belastung durch Freilandhaltung von Mastschweinen in 1-6 cm und 7-12 cm Tiefe.	83
Abbildung 3.9	Porenraumverteilung in Abhängigkeit von der Belastung durch Freilandhaltung von Mastschweinen in 1-6 cm und 7-12 cm Tiefe.	84
Abbildung 3.10	Gesättigte Wasserleitfähigkeit (250 cm ³ Ringe, vertikal entnommen) in Abhängigkeit von der Belastung durch Freilandhaltung von Mastschweinen in 1-6 cm und 7-12 cm Tiefe.	85
Abbildung 3.11	Beispiele für die Stellung der Freilandhaltung von Mastschweinen in die Fruchtfolge eines ökologischen Betriebes mit 6-gliedriger Fruchtfolge.	87

11 Literaturverzeichnis

- Adam, F. (1993): Informationssysteme zur Qualitätssicherung in der Schweinemast. Schweinezucht und Schweinemast 4, 20-24.
- AG Boden (1994). Bodenkundliche Kartieranleitung. Hannover.
- Agde, K., Eidam, K.H. (1990): Informationssysteme zur Qualitätssicherung in der Schweinemast. Schweinezucht und Schweinemast, 4, 20-23.
- Andresen, H.J. (2000): What is pork quality. EAAP-Publ. 100, 15-26.
- Anonym (2004). Wetterdaten Kassel-Calden. www-wetter-online.de.
- Bäckström, L., Bremer, H. (1978): The relationship between disease environmental factors in herds. Nord. Vet. Med. 30, 526-533.
- Bäckström, L., Bremer, H., Dyrendahl, I., Ohlsen, H. (1975): A study of respiratory diseases in fatteners from a herd with a high incidence of atrophic rhinitis, enzootic pneumonia and pleurisy. Svensk Vet. Tidn. 27, 1028-1040.
- BAT (1993): Ökologische Schweinehaltung. Witzhausen 1993
- Baumgartner, J., Leeb, T., Gruber, T. Tiefenbacher, R.(2001): Pig health and health planning in organic herds in Austria. The 5th NAHWOA Workshop, Rodding, 11 – 13 November 2001
- Becker, M., Nehring, K. (Hrsg.) (1969): Handbuch der Futtermittel. Erster Band. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin 1969.
- Bejerholm, A.C., Barton-Gade, P. (1986): Effect of intramuscular fat level on eating quality of pig meat. 32. European Congress of Meat Research Workers, Genf, Belgien.
- Berendonk, C. (2001): Sortenwahl bestimmt die Futterqualität. Landwirtschaftskammer Rheinland, Landwirtschaftszentrum Riswick.
- BIOLAND (2002): Bioland-Richtlinien,
- BIOLAND (2000): Bioland-Richtlinien, Stand: 03.03.2000, BIOLAND-Verband.
- BML (1996) Die neue Düngeverordnung. Verordnungstext, Erläuterungen.
- Blaß, T. (2003): Salmonellenmonitoring und –reduzierung in der landwirtschaftlichen Primärproduktion als Beitrag zum vorbeugenden Verbraucherschutz am Beispiel der Schweinefleischproduktion. Lohmann Information 2/2003, 1-6
- BLT: Internetabruf: www.stmlf.bayern.de/blt/infos/schweinedoku/kapitel7.pdf
- Boch; Supperer (1992): Veterinärmedizinische Parasitologie. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
- Boyd, R.B., Smeets, J.F.M., Visser, I.J.R., Odink, J., Elbers, A.R.W., Snijders, J.M.A. (1993): Schlachttieruntersuchung: Blutprofile, pathologisch-anatomische Anomalien und Fleischqualitätsmerkmale bei sichtbar gesunden Schlachtschweinen. Fleischwirtschaft 73, 793-797.
- Brandt, M. (1997): Grünguthäcksel-Verwertung zur Vermeidung von Bodenerosion und Nährstoffaustrag. Gießen.
- Brandt, M. (2001): Bodenprofile der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen. Kassel.
- Brandt, M., Heß, J., Wildhagen, H. (2001): Flächendeckendes Bodenmonitoring auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen. Kartier- und Analyseergebnisse. Kassel.

- Brandt, M., Lehmann, B., Selinger, S., Wildhagen, H. (1995a): Untersuchungen zur Freilandhaltung von Mastschweinen. Beitrag zur 3. Wissenschaftstagung im Ökologischen Landbau. Kiel: 61-64.
- Brandt, M., Lehmann, B., Wildhagen, H. (1995b): Bodenveränderungen durch Freilandhaltung von Schweinen. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* 76: 1289-1292.
- Bremermann, N. (2001): Vergleichende Untersuchungen zur Gesundheit, Mastleistung und Fleischqualität von Schweinen in der Stall- bzw. Freilandhaltung. Dissertation, Freie Universität Berlin.
- Burgstaller, G. (1991): Schweinefütterung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1991.
- Carlson, D., Lærke, H.N., Poulsen, H.D., Jørgensen, H. (1999): Roughages for growing pigs, with emphasis on chemical composition, ingestion and faecal digestibility. *Acta Agric. Scand., Sect.A, Animal Sci* 49, 129-136
- CLAUS, R. (1996): Physiologische Grenzen der Leistungen beim Schwein. *Züchtungskunde* 68, 493-505.
- Daub, C., Ross, A. (1996): Nährstoffgehalte unter Grünlandnarben bei Freilandhaltung von Sauen. *Landtechnik* 51(2): 108-109.
- DLG-Verlag (1991): DLG-Futterwerttabellen – Schweine – 6.Auflage, Frankfurt am Main
- Doet, H. (1997): Qualitative und wirtschaftliche Aspekte der Schweinefleischproduktion unter Berücksichtigung von Handelswert und Gesundheitsstatus. Dissertation, CAU Kiel
- Durst, L., Willeke, H. (1994): Freilandhaltung von Zuchtsauen. KTBL-Arbeitspapier 204.
- Ehlers, A.R.W. (2001): The use of slaughter house information in monitoring systems for herd health control in pigs. Proefschrift. Rijksuniversiteit Utrecht.
- Elbers, A.R.W. (1991): The use of slaughter house information in monitoring systems for herd health control in pigs. Proefschrift. Rijksuniversiteit Utrecht.
- Elbers, A.R.W., Tielen, M.J.M., Cromwijk, W.A.J., Voorst, P.H.V., Bais, J.T., Verhaeghen, G., De Bruyn, A.A. (1992): Logbook recording on pig finishing farms in an Integrated Quality Control (IQC) project. *Tijdschr. Diergeneesk.* 117, 41-48.
- Engler, F. (1994): Marktnische: Schweine auf der Weide mästen? *Top agrar*, 5, S12-S13.
- EU-Öko-VO (2003): EU-Öko-Verordnung (EWG) 2092/91 und Folgerecht, Stand: 14.02.2003, Europäische Kommission.
- Feuerle, R. Schubert, S. (1993): Neue Möglichkeiten für Topinambur. *DLG-Mitteilungen* 108 (10), 62-63
- Flesja, K., Ulvesaeter, H. (1980): Pathological lesions in swine at slaughter. *Acta Vet. Scand (Suppl.)* 74, 1-22.
- Friesecke, H. (1984): Handbuch der praktischen Fütterung. BLV München 1984
- Guerrero, R. J. (1990): Respiratory disease: An important global problem in the swine industry. In: *Proc 11th Cong. Int. Pig Vet. Soc. Lausanne* 11, 98.
- Haidn, B. (1999): Außenklimaställe eignen sich für Mastschweine. *Bauernzeitung*, 8, 38-40.
- Hansson, I., Hamilton, C., Ekman, T., Forslung, K., (2000): Carcass Quality in Certified Organic Production Compared with Conventional Livestock Production. *J. vet. med.*, 47, 111 - 120
- Harr, G. (1989): Qualitätsabweichung bei Schweinefleisch – Ursachen und Maßnahmen zur Verhinderung. *Fleischwirtschaft* 69, 1246-1248.

- Hartge, K. H. (1966): Ein Haubenpermeameter zum schnellen Durchmessen zahlreicher Stechzylinderproben. Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung 7: 155-163.
- Hartge, K. H., Horn, R. (1989): Die physikalische Untersuchung von Böden.
- Hartge, K. H., Horn, R. (1991): Einführung in die Bodenphysik.
- Hoffmann, G. (1991): Die Untersuchung von Böden. Darmstadt.
- Ingold, U (1997): Freilandhaltung von Schweinen. In: Schlussbericht des Forschungsprojekts des Bundesamtes für Veterinärwesen 1994-1997. Schweizerische Ingenieurschule für Landwirtschaft, Zollikofen.
- Ingold, U., Kunz, P. (1997): Freilandhaltung von Schweinen. Lindau, Schweizerische Ingenieurschule für Landwirtschaft, Zollikofen.
- Jost, M. (1991): Weidehaltung von Schweinen. Schweizerische Milchzeitung, N. 39,9, 24.September 1991
- Kallweit, E., Baulain, U. (1995): Intramuskulärer Fettgehalt im Schweinefleisch. Schweinezucht und Schweinemast 1, 40-42.
- Kallweit, E., Fries, R., Kielwein, G., Scholtyssek, S. (1988): Qualität tierischer Nahrungsmittel. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.
- Kelley, K. (1985): Immunological consequences of changing environmental stimuli. In: MÄHLMANN, B., 1996: Zum Informationsgehalt von Organbefunden von Schlachtschweinen für epidemiologische Erhebungen über den Gesundheitsstatus von Mastschweinebeständen. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Kerschberger, M., Franke, G., Heß, H. (1997): Anleitung und Richtwerte für Nährstoffvergleiche nach Düngeverordnung, 2. Auflage. Jena, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft.
- Kindler, M., Stadelmann, F.-J., Thomet, P. (2000): Länger weiden: Schweizer Bauer, 27.Mai 2000
- Koch, F.J. (2002): Salmonellen-Monitoring kommt. DLZ-agrarmagazin 03/02
- Kreuzer, M. (1994): Ernährungseinflüsse auf die Produktqualität beim Schwein. Züchtungskunde, 65, 468-480.
- Küppers-Sonnenberg, G.A. (1962/68): Topinambur-Dauerschweineweide. Merkblattreihe Topinambur.
- Klink, H.-J. (1969): Geographische Landesaufnahme. Naturräumliche Gliederung. Blatt 112 Kassel. Bad Godesberg, Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung.
- Klute, A. (1986): Water Retention: Laboratory Methods.
- Kunz, P. (2001): Freilandhaltung von Schweinen. Was es braucht für eine erfolgreiche Schweine-Freilandhaltung. Tagungsbericht. 20./21.06.01, Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft, Zollikofen.
- Lehmann, B., Seliger, S. (1995): Freilandhaltung von Mastschweinen. Landtechnik 50(2): 94-95.
- LENGERKEN, V.G. (1990): Einbeziehung von Methoden zur Reduzierung der Belastungsempfindlichkeit und von Fleischqualitätsmängeln in das Zuchtprogramm vom Schwein. Tierzucht 44, 465-467.
- Linstow, O. v., Breddin, H. (1996): Behelfsausgabe der Geologischen Karte von Hessen. Faksimilierter Nachdruck der Geologische Karte von Preußen und benachbarten

- deutschen Ländern (1928). Blatt 4522 Hofgeismar. Wiesbaden, Hessisches Landesamt für Bodenforschung.
- Lindquist, J.O.(1974): Animal health and environment in the production of fattening pigs: A study of disease incidence in relation to certain environmental factors, daily weight gain and carcass classification. Acta Vet. Scand. Supplementum 51, 1-78
- Löser, R. (2003): Management und Wirtschaftlichkeit der ökologischen Schweineproduktion. Thüringer Fachtagung „Tierhaltung und Tierzucht“, 27.01.04 Hutteroda.
- Ly, J., Macias, M., Vilda Figueroa, Piloto, J.L. (1994): A note on the pattern of feed intake in pigs fed Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) J. of Anim. Fedd Sci. 3, 201-205
- Melhorn, G., Hoy, St., Eulenberger, K.H., Ewert, W. (1986): Die Bedeutung endogener und exogener Faktoren bei der Entstehung und Ausprägung entzündlicher Lungenveränderungen bei Schweinen. Tierzucht 40, 467-469.
- Ohl, R. (1952): Erfolgreiche Tierzucht durch naturgemässe Haltung. Deutscher Bauernverlag Berlin.
- Pfeiler, U. (1999): Ergebnisse von Untersuchungen zur Bodenbelastung bei der Freilandhaltung von Schweinen. Dissertation, Humbolt Universität Berlin.
- Pirron, N. (2001): Empirische Untersuchungen zum Vorkommen von Salmonellen in schweinemastbetrieben. Dissertation Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Richards, L. A., Fireman, M. (1943): Pressure-Plate Apparatus for Measuring Moisture Sorption and Transmission by Soils. Soil Sci., 56, 395-404.
- Roth, C. H. (1992): Die Bedeutung der Oberflächenverschlammung für die Auslösung von Abfluß und Abtrag.
- Schneider, P., Walter, J. (1996): Ethologische Untersuchungen von Mastschweinen auf Weiden. Archiv für Tierzucht, Dummerstorf, 39, 299-307.
- Schuh, M. (2001): Stallklimabedingte Erkrankungen beim Schwein in Gumpensteiner Bautagung, BAL Gumpenstein, 93-96.
- Schweiger, P. (1995): Eigenschaften, Erträge sowie Zucker- und Inulingehalte verschiedener Topinambursorten im Feldanbau 1994/1995. Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim, Internetabruf
- Schwörer, D. (1986): Was können Mäster und Züchter zur Qualitätserhaltung von Schweinefettgewebe beitragen. Der Kleinviehzüchter 34, 205-252.
- Stern, S. Andresen, N. (2003): Performance, site preferences, foraging and excretory behaviour in relation to feed allowance of growing pigs on Pasture. Livestock Production Science, 79, 257-365
- Stoll, P. (1992): Vergleich unterschiedlicher Mastformen bei Schweinen. Teil 1: Weideverhalten, Mast- und Schlachtleistungen. Landwirtschaft Schweiz, 5, 523-527.
- Stolzenburg, K. (2001): Anbau von Topinambur. Forchheimer Steckbrief. Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim, Internetabruf: 27.05.2002.
- Straw, B.E., Tuovinen, V.K., Birga-Poulin, M. (1989): Estimation of the cost of pneumonia in swine herds. J. Am. Vet. Med. Assoc. 195, 1702-1706.
- Tielen, M.J.M., Truijen, W.T., Groes, C.A.M., Verstegen, M.A.W., de Bruin, J.M.J., Conbey, R.A.P.H. (1978): Conditions of management and the construction of piggeries on pig-fattening farms as factors in the incidence of disease of the lung and liver in slaughter pigs. Tijdschr. Diergeneesk. 103. 1155-1165

- Tielen, M.J.M. (1974): The frequency of the lung and liver lesions in pigs. Mededeelingen Landbouwhogeschool Wageningen 74, 7-131.
- Van der Wal, P.G. (1993): Scharrelschweine – ihre Körperzusammensetzung und Fleischqualität. Züchtungskunde, 65, 481-488.
- Weber, M. (1996): Schweinehaltung auf Tierstreu im Offenfrontstall. Erfolg im Stall, 1, 12-13.
- Wolf, P. U. (1986): Untersuchungen zu Ursachen und Häufigkeit von Organbeanstandungen bei Schlachtschweinen – ein Beitrag zur Erhöhung der diagnostischen Aussagekraft der Fleischuntersuchungsstatistiken. Dissertation, Universität Leipzig.
- Wiskott, W.(1998): Untersuchungen über die Häufigkeit von Organveränderungen von Schlachtschweinen zur Etablierung eines Rückmeldesystems in einem oststeirischen Schlachtbetrieb. Diss. vet. med. Univ. Wien.