



**Abschlussbericht
Rekonstruktion von Böden in Schweinemastställen
unter Beachtung biologischer und ökonomischer
Kriterien**

Themenblatt-Nr.:45.30 .530

Langtitel: Rekonstruktion von Böden in Schweineställen unter Beachtung biologischer und ökonomischer Kriterien

Kurztitel: Rekonstruktion

Projekt: 45.30

Projektleiter: Dr. Simone Müller

Abteilung: Tierproduktion

Abteilungsleiter: Dr. Hans Hochberg

Laufzeit: 01/2009 bis 09/2010

Auftraggeber: Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz

Namen der Bearbeiter: LOI Katrin Rau (TLL, Abt. Tierproduktion)
Annelie Amthor (Thüringer Tierseuchenkasse)
Dr. Jürgen Müller (TLL, Abt. Agrarökonomie)

Jena, im August 2010

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Material und Methode	5
2.1	Betrieb K	5
2.2	Betrieb R	8
3	Ergebnisse	10
3.1	Betrieb K	10
3.1.1	Untersuchungen zum Stallklima	10
3.1.2	Tierische Produktion	14
3.1.3	Ökonomische Bewertung	16
3.2	Betrieb R	17
3.2.1	Untersuchungen zum Stallklima	17
3.2.2	Tierische Produktion	21
3.2.3	Ökonomische Bewertung	22
4	Zusammenfassung	24
4.1	Stallklima	24
4.2	Tierische Leistung	24
4.3	Ökonomische Ergebnisse	25
5	Schlussfolgerung	25
6	Literaturverzeichnis	26

1 Einleitung

Bei der Konzeption von Ställen finden die Kriterien einer tiergerechten Schweinehaltung Berücksichtigung, die auf den gesetzlichen Vorgaben entsprechend der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2009) beruht. Zu diesen Vorgaben gehört auch die Buchtengestaltung in der Mastschweinehaltung. Die Art der Bodengestaltung in den Buchten beeinflusst einerseits die weiteren technologischen Verfahren (Fütterung, Klimaregelung), andererseits aber auch das Tierverhalten und die Tiergesundheit. Mastschweine werden auf folgenden Stallfußböden gehalten:

- **Vollspaltenboden** (die gesamte Buchtenfläche ist mit Spaltenböden ausgelegt - perforiert),
- **Teilspaltenboden** (die Buchtenfläche besteht zum Einen aus Spaltenböden und zum Anderen aus einer Festfläche)
- **Festflächen** (die gesamte Buchtenfläche ist eine geschlossene Fläche, meist in Verbindung mit Einstreu)

Aus arbeitswirtschaftlichen und hygienischen Gründen haben sich perforierte Böden in der Praxis etabliert, auf denen die Schweine durch ihre Aktivitäten die Exkremente entsorgen und somit akzeptable Hygiene- und Klimaverhältnisse schaffen.

Der Teilspaltenboden wird eingesetzt, um die Einteilung der Bucht in bestimmte Funktionsbereiche (Festfläche als Liegebereich, perforierte Fläche als Aktivitätszone) zu unterstützen. Allerdings erfolgt die Aufteilung der Bucht in bestimmte Bereiche durch die Tiere nicht in jedem Fall den vorgegebenen Bodenverhältnissen oder den von Menschen vorgesehenen Aktivitätsbereichen. Dadurch kommt es zur Verschmutzung (Verkotung) der Festfläche und den damit verbundenen negativen Folgen für Hygiene, Stallklima und Tiergesundheit.

Festflächen werden meist in Verbindung mit Einstreu bewirtschaftet. Diese Art der Aufstallung wird oft aufgrund von Umnutzungsmaßnahmen (Rinderstall zu Schweinestall) und in der ökologischen Schweinehaltung praktiziert. Bei der Entscheidung für dieses Haltungsverfahren ist der Aufwand für die betrieblich Stroh- und Festmistlogistik zu berücksichtigen.

Die Bodengestaltung hat einen wesentlichen Einfluss auf das Stallklima. Dieses wird besonders durch die Gase Ammoniak, Kohlendioxid und Sauerstoff sowie durch den Staubgehalt beeinflusst. Dabei ist zu beachten, dass der Ammoniakgehalt durch chemische Prozesse in Mist/Gülle entsteht, wobei Kohlendioxid über das Tier direkt produziert wird. Ein weiterer Einflussfaktor für den Prozess der Schadgasentstehung ist der Sauerstoffanteil im Luftgemisch. Die Grenzwertfestlegung im Tierbereich für diese Gase erfolgt nach Maßgabe der Maximale Arbeitsplatz-Konzentration (MAK-Wert). Dieser gibt die maximal zulässige Konzentration eines Stoffes als Gas, Dampf oder Schwebstoff in der (Atem-)Luft am Arbeitsplatz an, bei der kein Gesundheitsschaden zu erwarten ist, auch wenn die Arbeitskraft der Konzentration in der Regel 8 Stunden täglich, maximal 40 (42) Stunden in der Woche ausgesetzt ist (nach Gefahrstoffverordnung, 2005). Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung eine Kohlendioxidgehalt von max. 3000 ppm vorschreibt, währenddessen die Vorschrift für dieses Gas in der Gefahrstoffverordnung für die Arbeitskraft bei 5000 ppm liegt.

In Deutschland werden im Jahresdurchschnitt etwa 26 Millionen Schweine gehalten, davon der überwiegende Teil in einstreulosen Ställen (KTBL, 2008). In Thüringen arbeiten etwa 35% der Mastbetriebe mit Teilspaltenböden. Diese Anlagen entstanden zum größten Teil in den Jahren vor 1990 in einer Bauweise, bei der die

Buchtenfläche mit Spaltenböden ausgelegt war und der Mittel- und Randgang (Treibe- und Kontrollgang) als Festfläche. Um die Produktivität bzw. Mastkapazität zu erhöhen, wurden die Gangflächen in den Jahren nach 1990 in die Buchtengestaltung mit einbezogen. So entstanden größere Buchten (Flächen) mit Teilspaltenboden. Das entsprach auch den Vorschlägen zur Änderung der Nutztierhaltungsverordnung aufgrund der politischen Konstellation Ende der 1990ziger Jahre. Dem entsprechend wurde die Haltung auf Festfläche bzw. auf Teilspaltenboden favorisiert. HESSE (2003) analysierte diese Vorgaben und deren Umsetzung in der Praxis. Dabei wies er die positive Wirkung der Spaltenböden auf die Tiergesundheit nach. Gleichzeitig konnte die Diskrepanz zwischen Tierschutz, Umweltschutz, Tiergerechtigkeit und Betriebsökonomie gezeigt werden. Während einige Bautechniker das System Teilspaltenboden bzw. Festfläche als optimal einstufen, schätzen andere besonders die Verkotung der Festfläche für die Leistungsentwicklung der Tiere auf Grund klimatischer Probleme negativ ein. Nach MEYER (2007) stellt sich die Bucht mit Teilspaltenboden bzw. Vollbeton als problematischer für die Tiere aufgrund der Schadgaskonzentration dar als die Bucht mit Vollspaltenboden.

So richtet sich die Entscheidung für Voll- oder Teilspaltenboden bei der Rekonstruktion von Ställen letzten Endes nach dem Aufwand für den Umbau und den Erwartungen hinsichtlich tierischer und ökonomischer Ergebnisse. Oftmals wird bei Rekonstruktionsmaßnahmen nur ein Teilkomplex umgestaltet. So ist nach LINKE und WILKE (2009) bei einer Änderung der Bodengestaltung eine Änderung der Lüftung nicht zwingend notwendig. Ausschlaggebend ist, dass keine Frischluftzufuhr über die Güllekanäle (Boden, Spalten - Ammoniak eintrag) erfolgt. Allerdings zeigen Erfahrungen der Praktiker, dass bei Nichtbeachtung des Gesamtkomplexes schnell Probleme im System entstehen können.

Fundierte Ergebnisse zu dieser Problematik hinsichtlich des biologischen Leistungsvermögens von Mastschweinen aus Praxisbetrieben sind in der Literatur wenig zu finden bzw. basieren auf Stallvergleichen an verschiedenen Standorten oder auf geringen Stückzahlen bzw. auf Ergebnissen aus Versuchsstationen. So stellten BARTUSSEK u. a. (2001) in einem Mastversuch mit 128 Tieren fest, dass schlechte Luftqualität (erhöhte Schadgaskonzentration) zu unterschieden in den Tageszunahmen führten, jedoch keine Signifikanz hinsichtlich der Schlachtleistung oder klinisch nachweisbarer Erkrankungen bewirkten. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen – schlechte Leistungen ohne Krankheitssymptome – können als Wirkung eines unspezifischen Stressors in Richtung gestörten Wohlbefindens gedeutet werden. Ab wann schlechte Stallluft zu klinischen Erkrankungen führt, ist bisher nicht geklärt. Allein schon diese Problematik zeigt, wie komplex die Entscheidungsfindung der Unternehmen für ein bestimmtes Mastverfahren ist. Bodengestaltung, Klimaregelung und Fütterung stehen in einem engen Zusammenhang und müssen dementsprechend aufeinander abgestimmt sein.

Zielstellung

Um Produktionsreserven zu erschließen stellt sich bei Rekonstruktionsmaßnahmen in der Schweinemast besonders bei den territorial typischen Produktionsbedingungen in Thüringen (mehr als 1000 Mastplätze pro Stalleinheit) die Frage, inwieweit die vorhandene Teilspaltenböden bzw. Stallflächen als Vollspaltenboden umgebaut werden muss und sich das im biologischen Leistungsvermögen der Tiere und der Wirtschaftlichkeit des Betriebs positiv niederschlägt.

2 Material und Methode

Um diese Fragestellung zu untersuchen, konnten in zwei Thüringer Betrieben, die jeweils innerhalb einer Stallhülle aus unterschiedlichen Gründen mit Stallböden verschiedener Systeme (Voll- und Teilspaltenböden) arbeiten, folgende Kriterien analysiert werden:

- Stallklimabewertung (in Zusammenarbeit mit dem Tiergesundheitsdienst Thüringen)
- biologisches Leistungsvermögen in den jeweiligen Ställen (Einstallgewicht, Verluste, Masttagszunahmen, Schlachtergebnisse wie Muskelfleischanteil, Schlachtkörpergewicht, Speck- und Fleischmaß, Organverwürfe)
- ökonomische Bewertung

Die Untersuchungen umfassten einen Zeitraum von 12 Monaten, um jahreszeitliche Einflüsse zu relativieren. Dadurch konnten in jedem Betrieb jeweils drei Mastdurchgänge erfasst werden. Die Sammlung der Tierdaten (Verluste, Ein- und Ausstallgewichte, Besonderheiten) geschah laufend während des Mastdurchgangs. Die Erfassung der Schlachtergebnisse sowie der Organbefunde erfolgte unmittelbar nach der Schlachtung. Dabei wurden nur Schlachtdaten ausgewertet, die unter gleichen Bedingungen (Saison, Schlachtstätten bzw. Schlachtmasken) erfasst werden konnten. Nach einer Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse folgte die statistische Bearbeitung der Daten mittels SPSS14. Dabei wurden Stallart, Einstallmonat (Jahreszeit) und die Interaktion dieser Faktoren berücksichtigt. Zum besseren Vergleich erfolgte eine einheitliche Verpreisung der Einzeltierschlachtdaten nach der EUROP- Referenzmaske, Basispreis 1,40€ bei 56% Muskelfleischanteil.

Der Schweinegesundheitsdienst Thüringen führte pro Mastdurchgang an jeweils drei Tagen Messungen in den rekonstruierten und in den alten Ställen zur Schadgaskonzentration (Ammoniak, Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff), Temperatur, Luftbewegung, Sauerstoffgehalt und Luftfeuchte durch. Die Messungen erfolgten nach der Einnistung der Tiere, in der Mittelmast und kurz vor der Ausstallung immer mit den gleichen kalibrierten Geräten (Multiwarn II und Testo 400), durch die gleiche Person, an den identischen Messpunkten/Buchten (vier bis 12 Messpunkte in einer Zick-Zack-Linie – je nach Größe der Bucht bzw. des Abteils) und zur gleichen Tageszeit (9.30 Uhr – 11.00 Uhr). Die Zeitdauer pro Messpunkt lag bei etwa 5 Minuten. Die erfassten Werte wurden über die Auswertungssoftware GasVision V 4.50 aufgearbeitet und tendenziell bewertet. Dabei ist zu beachten, dass im rekonstruierten Stall des Betriebes K in der Bucht aufgrund der Länge der Bucht und des Frischlufteinfalls an zwei Messpunkten (Mitte und Buchtenrand) gemessen wurde.

Die ökonomische Analyse fand auf der Grundlage der betrieblichen Kostenstellenrechnung der Jahre 2006 bis 2009 (vor und nach dem Umbau) statt und beruht somit auf den Originaldaten der Betriebe. Um einen Vergleich der Resultate dieser Jahre durchführen zu können, wurden die Preiseffekte bezogen auf die betrieblichen Daten bei Futterzukauf, Tierzukauf und den Erlösen standardisiert. Weiterhin wurde die Bestandsänderung neutralisiert und nicht wiederkehrende Effekte der untersuchten Jahre in Absprache mit der betrieblichen Buchhaltung bereinigt.

2.1 Betrieb K

Allgemeine Angaben

Der Betrieb K bewirtschaftet eine Schweinemastanlage mit insgesamt 6564

Mastplätzen. Diese Anlage wurde im Jahr 1974 nach einen sogenannten 6000-Grundbautyp (10 Stalleinheiten a 55 m x 14 m, die über einen Zentralgang miteinander verbunden sind) gebaut. Um den vielfältigen Anforderungen eines Schweinemastbetriebes gerecht zu werden, rekonstruierte der Betrieb in den letzten 18 Jahren die Fütterungs- und Lüftungstechnik sowie die Buchtengestaltung. Dabei wurde der Treibgang (Festfläche) an der Wand mit in die Bucht einbezogen (Abbildung 1). Da aber der Verschleiß der Stallausrüstung allein durch Reparaturmaßnahmen nicht aufzuhalten war, modernisierte der Betrieb im Jahr 2007/2008 einen Stall komplett. Dabei wurden die Fußbodengestaltung, die Buchtenanordnung und die Lüftung so geändert, dass nun in einem Stall dieser Anlage die Tiere auf Vollspaltenboden gehalten werden (Abbildung 2).

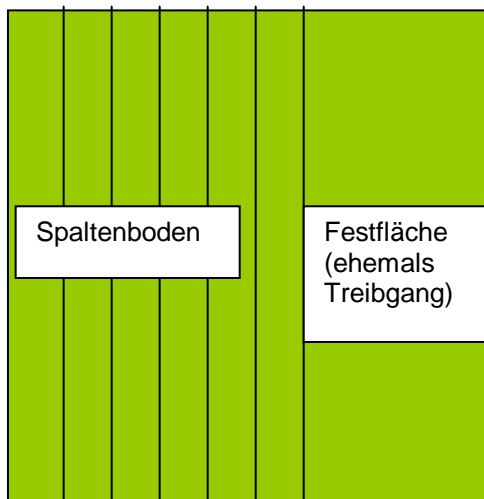


Abbildung. 1: Teilspaltenboden Betrieb K

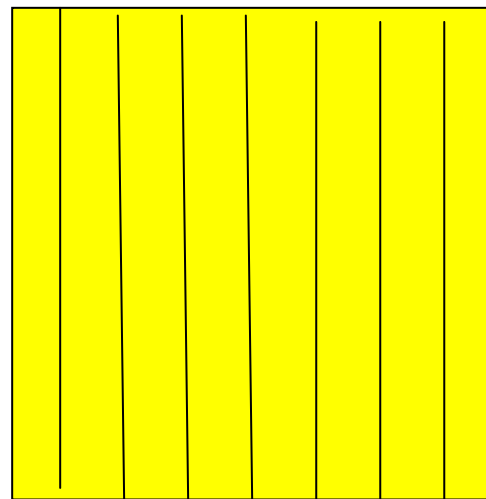


Abbildung 2: Vollspaltenboden Betrieb K

Weitere Produktionsfaktoren:

- Fütterung
Die gesamte Fütterung erfolgt über ein WEDA-Flüssigfütterungssystem, PC-gesteuert, 3-phasig. Das landwirtschaftliche Unternehmen verwendet weitestgehend betriebseigene Futtermittel. Es wird dreimal täglich gefüttert. Nach jeder Fütterung erfolgt eine zusätzliche Wassergabe über das Fütterungssystem. Die Futtermittelliste setzt sich wie folgt zusammen (Tabelle 1):

Tabelle 1: Futtermittelliste Betrieb K, nach Trockensubstanz

Futtermittel	Vormast %	Mittelmast %	Endmast %
Weizen	54	44	26,3
Gerste	14	25,8	45
Sojaextraktionsschrot	23,4	18	16,5
Mineralfutter	3,5	3	3
Ameisensäure	0,1	0,1	0,1
Molke		1,3	1,3
Bierhefe		2,8	2,8
Rapsexpeller	5,0	5,0	5,0
Energie (MJ)	13,4	13,2	13,0
Rohprotein	19,2	18,0	17,5
Lysin	1,12	1,04	0,90

- Tiere
seit einer Bestandssanierung im Jahr 1997 bezieht das Unternehmen seine Tiere von einem Züchter aus Dänemark. Die genetische Grundlage ist

Hybridsau (Dänisches Landrasse x Large White) angepaart mit Dänischem Duroc.

Rekonstruierter Stall

- Bucht
Es gibt zwei Buchtenreihen, die über einen Mittelgang voneinander getrennt sind. Die Buchtenfläche im rekonstruierten Stall ist 2,5m x 6m. Zur Einstallung werden 17 Tiere pro Bucht zugeordnet. 42 Buchten sind in diesem Stall, so dass 714 Mastplätze zur Verfügung stehen.
- Klimaregelung
Da der Umbau der Stalleinheit durch die FAL Braunschweig begleitet worden ist, wurde durch einen Mitarbeiter des Instituts Messungen zur Schadgaskonzentration in dem rekonstruierten Stall und als Vergleich in einem nichtrekonstruierten Stall nach dem Umbau durchgeführt. Diese lagen im Mittel unter der gesetzlich festgelegten Grenzwertkonzentration von 3000 ppm Kohlendioxid und 20 ppm Ammoniak im rekonstruierten Stall, während es im nicht rekonstruierten Stall punktuell zu Überschreitung der Grenzwerte kam (LINKE, 2009).
Die Klimaregelung beruht auf einer bodengeführten Zuluft (neun Zuluftöffnungen pro Stallwand außen –Handregulierung- mit gesteuerter Luftverteilung Stallwand innen), die über die gesamte Stallfläche außerhalb der Bucht zugeführt wird (Schlitzgang Stallwand innen – Buchtenwand = Zuluftkanal). Der Frischluftschlitz sollte an jeder Wandseite 10 cm breit sein. Um dies zu gewährleisten, wird der Schlitzgang mittels Förderband entsprechend abgedeckt. Die Frischluft wird über zwei Twin - Rohre angewärmt (Energiebereitstellung über Gastherme) und aufgrund des Luftstromes in den Buchten verteilt. Die Abluftentsorgung erfolgt mittels einen über die gesamte Stalllänge durchgängigen Abluftkanals, der in der Mitte unterhalb des Firsts verläuft. Dort sind fünf Ventilatoren (drei für den ständigen Betrieb, zwei bei Bedarf) installiert, deren Frequenzregelung auf einer stufenlosen Regelung durch einen Messventilator (Temperaturgesteuert) beruht.

Alter Stall

- Bucht
In diesem Stall befinden sich vier Reihen mit je 12,5 Buchten pro Reihe. Die Buchten sind 2,25 m x 4,5 m. Zur Einstallung werden 13 Tiere pro Bucht zugeordnet. Damit stehen 650 Mastplätze zur Verfügung.
- Klimaregelung
Die Frischluftzufuhr erfolgt über sechs Zuluftklappen/Längsseite. In der Mitte des Stalles befinden sich vier Abluftschächte, die in etwa 30 cm Höhe oberhalb des Buchtenrandes die Abluft absaugen. Die Heizung funktioniert mittels temperaturgesteuerter Gaskanonen, die sich entsprechend einer Temperaturkurve einschalten.

Die dargestellten Fakten zeigen, dass Tiere gleicher Herkunft mit dem gleichen Futter, gleicher Fütterungstechnik und der identischen Tierbetreuung an einem Standort auf unterschiedlichen Buchtenböden stehen (Bild 1 und 2) und sich dadurch ein direkter Vergleich hinsichtlich biologischer und ökonomischer Kriterien anbietet. Aufgrund der beschränkten Transportkapazitäten, des Vorhaltens von Selektionsplätzen und des strikten Einhaltens von Hygienestandards werden 690 Tiere/Mastperiode im rekonstruierten Stall und 630 Tiere/Mastperiode im alten Stall eingestallt.



Bild 1: alter Stall Betrieb K



Bild 2: rekonstruierter Stall Betrieb K

2.2 Betrieb R

Allgemeine Angaben

In diesem Betrieb wurde in Ortsnähe Mitte der 1960ziger Jahre mit der Schweineproduktion begonnen, zunächst mit Schweinepölsen, später Holzbaracken und erst Anfang der 1980ziger Jahre mit einem massiv gebauten Schweinestall für die Sauenhaltung. In den Jahren 1987/1988 begann die damalige LPG (T) mit der Planung und dem Bau einer Schweineproduktionsanlage außerhalb der Ortschaft. Die vielfältigen neuen Vorgaben, Rechtsformen, Veränderungen etc. der Jahre 1989/1990 führten dazu, dass nur eine Hülle des Rohbaus als Maststall nach den damaligen Normen (Teilsplattboden, Universalmast) weiter gebaut und 1991 belegt wurde. Erst im Jahr 2007 entschied sich die Betriebsleitung der Agrargenossenschaft, die vorhandene zweite Hülle als Maststall umzubauen. Diese wurde im Jahr 2008 belegt. Danach erfolgte die Rekonstruktion des alten Stalls, so dass seit dem 2. Quartal 2009 beide Ställe mit dem gleichen Futter, dem gleichen Tiermaterial und der gleichen Tierbetreuung bewirtschaftet werden. Die Ställe sind jeweils 18 m breit und 72 m lang und als Kammstall in acht Abteile aufgeteilt (Bild 3 und 4). Über einen Verbindungsgang ist der Zugang zu beiden Ställen möglich.



Bild 3: Abteil im alten Stall Betrieb R



Bild 4: Abteil im rekonstruierten Stall Betrieb R

Weitere Produktionsfaktoren

- Abteil
Pro Abteil sind acht Buchten angeordnet, die durch einen Mittelgang in zwei Reihen je vier Buchten aufgeteilt sind. Die Buchten werden zur Einstallung mit 20 Tieren belegt.
- Fütterung
Es wird weitestgehend betriebseigenes Futter eingesetzt. Die Fütterung

erfolgt ad libitum mittels Kettenförderer in Breifutterautomaten. Die Ration setzt sich wie folgt zusammen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Futterration Betrieb R nach Trockensubstanz

Futtermittel	Vormast %	Endmast %
Gerste	37	54,5
Weizen	11	5
Triticale	5	20
Mais	20	5
Soja	22	13
Pflanzenöl	2	0,5
Mineralstoff	3	2
Energie (MJ)	13,4	13,0
Rohprotein	17,0	14,5
Lysin	1,08	0,87

- Tier
Die Mastläufer werden von einem langjährigen Partner aus der Region bezogen. Die genetische Grundlage ist Hybridsau (Deutsche Landrasse x Large White) angepaart mit Pietrain.

Rekonstruierter Stall

- Buchtengestaltung
Der Boden ist ein Vollspaltenboden. Die Futterautomaten befinden sich jeweils in den Buchtentrennwänden bei einem Tier – Fressplatz - Verhältnis von 1:10. In jedem Abteil stehen vier Futterautomaten.
- Klimaregelung
Die Frischluftzufuhr erfolgt durch ein Gebläse vom Gang des Kammstalls in den Mittelgang des Abteils (aus dem Boden). Die Luft wird je nach Bedarf angewärmt und fällt auf Grund der Luftströmung in die Tierbuchten. Die Abluft wird über einen Lüfter im Abteil abgesaugt, der Frequenzgesteuert (nach Temperatur) läuft. Zusätzlich befindet sich am Ende des Mittelgangs ein Zuluftkanal, die bei Bedarf (Sommer) geöffnet wird.

Alter Stall

- Buchtengestaltung
In der Mitte der Bucht befindet sich die Festfläche, auf der auch der Futterautomat steht (Abbildung 3), so dass ein Tier – Fressplatz- Verhältnis von 1:5 besteht. In jedem Abteil sind somit acht Futterautomaten. Das achte Abteil ist nur mit 4 Buchten belegt, so dass insgesamt 1200 Mastplätze zur Verfügung stehen.

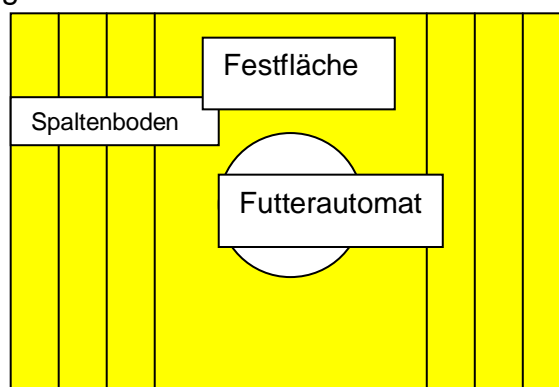


Abbildung 3: Bucht alter Stall Betrieb R

- Klimaregelung

Frischlufte wird über einen abgehängenen Rieseldeckenkanal oberhalb der Buchtenreihen aus dem Stallgang zugeführt. Die Heizung erfolgt über ein Warmluftrrohr, was sich in der Abteilmittle im oberen Bereich befindet. Aufgrund der Lüftertätigkeit kommt es zur Verwirbelung der Luft und damit zum Frischlufteintrag in die Tierbucht.

Die Abluft wird über zwei Abluftventilatoren abgesaugt, die über eine Klimakurve (Temperatur) geregelt werden. Zusätzliche Regelung per Hand ist möglich.

In diesem Betrieb stehen also in etwa die gleiche Anzahl an Tieren auf Voll- (1280 Mastplätze) bzw. Teilspaltenböden (1240 Mastplätze).

3 Ergebnisse

Die Jahresabschlussergebnisse beider Betriebe (Tabelle 3 und 4) zeigen das gute Produktionsniveau der Unternehmen. Der Betrieb K produziert für eine Vermarktungslinie, die besonderen Wert auf Fleischqualität und hohe Schlachtgewichte legt, während der Betrieb R die meisten seiner Tiere über die Mitteldeutsche Schlachtvieherzeugergemeinschaft nach entsprechender Schlachthofmaske vermarktet.

Tabelle 3: Produktionskennzahlen Betrieb K

Merkmal	2009	2008
Jahresdurchschnittsbestand	5.523	5.240
geschl. Mastschweine, Stück	17.275	18.157
Haltungszeit, Tage	108,2	102,1
Ø Einstallgewicht, kg	29,2	28,6
Ø Schlachtkörpermasse, kg	100,2	95,0
Ø Lebendmasse Schlachtung, kg	126,5	120,6
Masttagszunahme, g	896	899
Verluste %	2,85	2,92
Muskelfleischanteil %	57,24	56,74
Futteraufwand kg/kg Zuwachs	2,83	2,84

Quelle: Jahresabschluss Thüringer Schweinekontroll- und Beratungsring

Tabelle 4: Produktionskennzahlen Betrieb R

Merkmal	2009	2008
Jahresdurchschnittsbestand	2303	1708
geschl. Mastschweine, Stück	6801	4811
Haltungszeit, Tage	118	117
Ø Einstallgewicht, kg	26,8	27,6
Ø Schlachtkörpermasse, kg	92,5	90,0
Ø Lebendmasse Schlachtung, kg	117,5	114,3
Masttagszunahme, g	753	741
Verluste %	3,2	4,8
Muskelfleischanteil %	57,2	58,0
Futteraufwand kg/kg Zuwachs	2,98	3,01

Quelle: Jahresabschluss Thüringer Schweinekontroll- und Beratungsring

3.1 Betrieb K

3.1.1 Untersuchungen zum Stallklima

Ab April 2009 führte eine Mitarbeiterin des Thüringer Schweinegesundheitsdienstes in Zusammenarbeit mit der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft und dem

Betrieb Messungen zum Stallklima durch. Von den Gasen Methan und Schwefelwasserstoff wurden keine bzw. nur vereinzelt geringe Werte festgestellt, so dass diese in den weiteren Ausführungen vernachlässigt werden. Auch auf die detaillierte Auswertung der Ergebnisse der Sauerstoffkonzentrationsmessung wurde aufgrund der geringen Schwankungen zwischen den einzelnen Messpunkten verzichtet.

Rekonstruierter Stall

Die Ergebnisse zu den Messungen im rekonstruierten Stall sind in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Parameter der Klimamessung im rekonstruierten Stall Betrieb K

		Relative Luftfeuchte		Temperatur Stall		Luftgeschwindigkeit		CO ₂		NH ₃	
Einheit		%		°C		m/s		ppm		ppm	
Mastabschnitt	Zeitpunkt	Mittel	s ²	Mittel	s ²	Mittel	s ²	Mittel	s ²	Mittel	s ²
Vormast	4/09	54,7	5,41	22,3	0,78	0,05	0,06	2200	458	33,8	8,76
Mittelmast	5/09	63,8	8,17	21,2	1,22	0,15	0,06	1379	486	23,0	7,36
Endmast	6/09	75,1	5,86	20,6	0,72	0,21	0,11	1067	357	22,1	8,75
Vormast	8/09	66,9	3,57	23,4	0,46	0,12	0,08	921	215	18,1	4,72
Mittelmast	9/09	73,4	3,99	21,7	0,61	0,17	0,05	879	265	21,6	8,83
Endmast	10/09	68,9	7,59	19,6	0,98	0,15	0,07	1392	370	29,7	11,67
Vormast	12/09	54,9	6,53	19,6	1,24	0,11	0,06	2254	319	29,3	8,33
Mittelmast	2/10	61,2	5,92	17,6	1,49	0,13	0,05	2171	455	25,2	7,76
Endmast	3/10	59,3	8,50	16,1	2,76	0,20	0,06	2183	510	25,1	7,02

Die Werte der relativen Luftfeuchtigkeit sowie der Temperatur und der Luftgeschwindigkeit bestätigten zunächst die gute Klimaführung in diesem Stall. Während es beim Kohlendioxid im Mittel keine Überschreitung der Grenzwerte gab, lagen die Messergebnisse beim Ammoniak vereinzelt über den Grenzwerten. Die Streuung zeigte, dass dies punktuell geschieht. Dabei wurde der Beziehung zwischen Mastphase, Außentemperatur bzw. Jahreszeit und Stallklima deutlich (Abbildung 4). Die Schwierigkeit der Einhaltung der Stallklimawerte liegt eindeutig in den Wintermonaten. Grund dafür ist die Steuerung der Lüftung nach Temperatur. Das heißt, dass die Stalltemperatur auf einem konstanten Niveau gehalten werden muss, auch bei kalten Außentemperaturen oder bei erhöhter Ammoniakkonzentration. Dies wird einerseits über die Heizung in den Ställen realisiert, andererseits über die Steuerung der Lüfter. Das Prinzip ist „Heizen und Lüften“, was aber in der Praxis aufgrund der Energiekosten und der Leistungsfähigkeit der Lüfter im Zusammenhang mit Vermeidung von Zugluft bei bestimmten Temperaturen schwer zu realisieren ist.

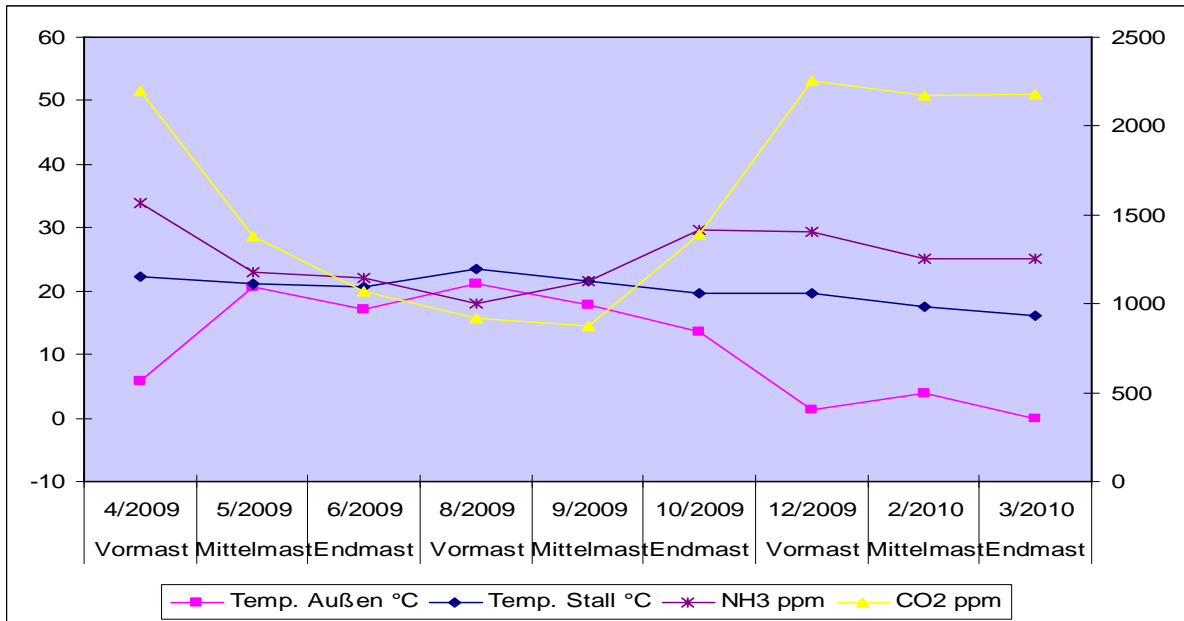


Abbildung 4: Ergebnisse Klimamessung rekonstruierter Stall Betrieb K
 Linke Skalierung entspricht den Werten für die Temperaturen und NH₃, rechte Skalierung dem Wertebereich für CO₂

Die Ergebnisse bestätigten die ermittelten Werte aus früheren Messungen. Da aufgrund der Buchtlänge in diesem Stall an verschiedenen Punkten in der Bucht gemessen wurde, konnte der Nachweis von unterschiedlichen Klimaverhältnisse in einem Stall und vor allem innerhalb einer Bucht erbracht werden. So sind an der Buchtenwand zur Stallseite trotz der vorhandenen Kotecke die mittleren Werte für Ammoniak im Tierkopfbereich unter 20 ppm. Grund dafür ist der Frischlufteinfluss an dieser Stelle über die Buchtenwand. Teilweise höhere Werte wurden in den Aktivitätsbereichen der Tiere (Futter, Spielzeug) festgestellt, zumal die Tiere während des Messvorganges in Bewegung waren.

Alter Stall

Als Vergleichsstall wurde eine Einheit gewählt, in die alters- bzw. gewichtsgleiche Tiere eingestallt waren. Die Ergebnisse sind Tabelle 6 aufgezeigt.

Tabelle 6: Ergebnisse Klimamessung nicht rekonstruierter Stall Betrieb K

	Einheit	Relative Luftfeuchte		Temperatur Stall		Luftgeschwindigkeit		CO ₂		NH ₃	
		Mittel	s ²	Mittel	s ²	Mittel	s ²	Mittel	s ²	Mittel	s ²
Mastabschnitt	Zeitpunkt										
Vormast	4/09	89,3	2,54	21,4	0,73	0,07	0,03	3813	239	54,8	13,97
Mittelmast	5/09	68,0	3,62	21,0	0,87	0,10	0,02	1288	225	33,1	15,84
Endmast	6/09	86,1	5,45	22,5	1,35	0,13	0,04	1813	335	36,4	14,46
Vormast	8/09	77,2	2,22	22,6	0,81	0,08	0,05	1000	200	19,8	10,3
Mittelmast	9/09	86,7	2,27	22,7	0,45	0,26	0,06	1863	149	46,6	15,27
Endmast	10/09	80,9	2,90	19,2	0,63	0,12	0,05	1913	266	31,6	14,89
Vormast	12/09	88,0	4,70	20,6	0,68	0,06	0,04	4038	24	52,1	11,04
Mittelmast	2/10	94,4	4,15	18,7	1,03	0,14	0,04	3250	354	53,3	11,91
Endmast	3/10	94,9	6,59	18,5	1,32	0,12	0,10	3125	457	50,1	9,00

Problematisch zeigte sich bei diesen Messungen eindeutig die hohen Werte bei Kohlendioxid und Ammoniak in den Wintermonaten. Die Standardabweichung (Schwankung der einzelnen Werte um den Mittelwert) lag im alten Stall höher als im rekonstruierten Stall, d.h. dass erhebliche Abweichungen dieser Klimawerte innerhalb der Stallhülle festgestellt worden sind. Das unterstreicht die Notwendigkeit der Rekonstruktion der Ställe. Die Verkotung der Festfläche trug offensichtlich zu diesen erhöhten Werten bei (Bild 5). Die hohen Werte der Luftfeuchtigkeit und die relativ geringe Luftgeschwindigkeit deuten auf eine nicht optimale Lüftungsleistung hin, die ebenso subjektiv wahrgenommen werden konnte.



Bild 5: verkotete Festfläche

Auch im Vergleichsstall war der Zusammenhang zwischen Außentemperatur und Klimawerten zu erkennen (Abbildung 5). So stiegen bei niedrigen Außentemperaturen die Werte für Kohlendioxid und Ammoniak im Stall an, während sich im Sommer die Werte im optimalen Bereich bewegten. Die Schwankungen der Schadgaskonzentrationen zeigten sich wesentlich deutlicher als im rekonstruierten Stall.

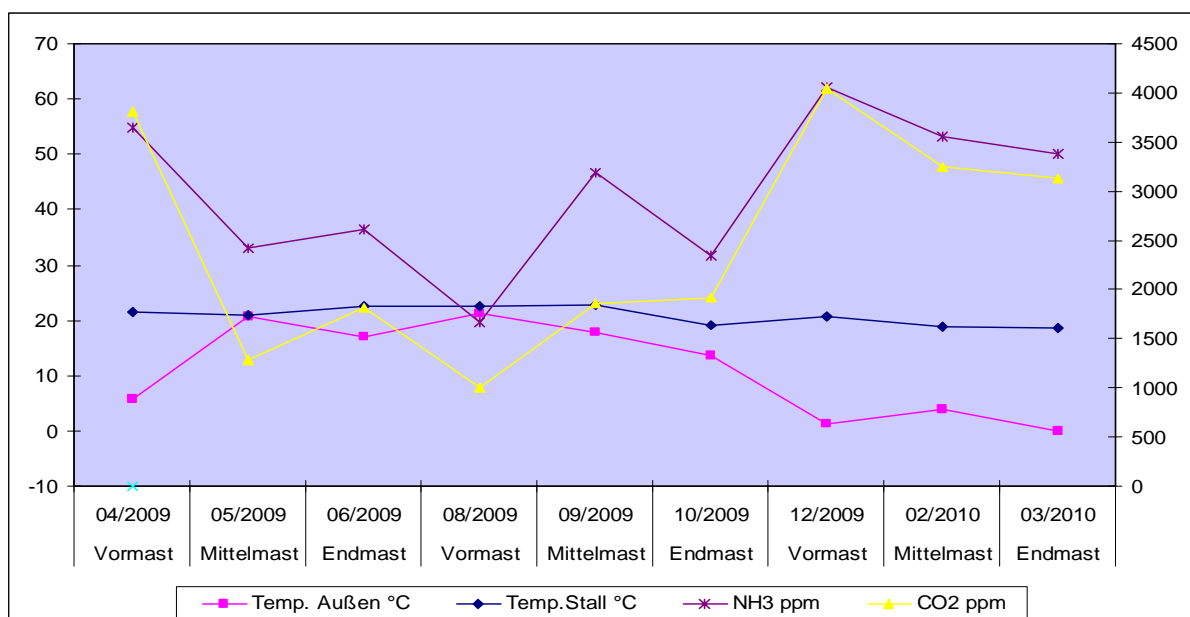


Abbildung 5: Ergebnisse Klimamessung alter Stall Betrieb K
Linke Skalierung entspricht den Werten für die Temperaturen und NH₃, rechte Skalierung dem Wertebereich für CO₂

Stallvergleich

In Abbildung 6 und 7 werden die Daten als Stallvergleich zwischen der rekonstruierten Einheit und dem alten Stall der gemittelten Messwerte der Schadgaskonzentration Ammoniak und Kohlendioxid dargestellt. Dabei zeigt der rekonstruierte Stall eindeutig niedrigere Werte bei Ammoniak und Kohlendioxid über den gesamten Zeitraum der Messserie. Der über dem Mittelgang liegende Abluftkanal saugt die Schadgase offensichtlich gut ab, ohne Zugluft zu verursachen.

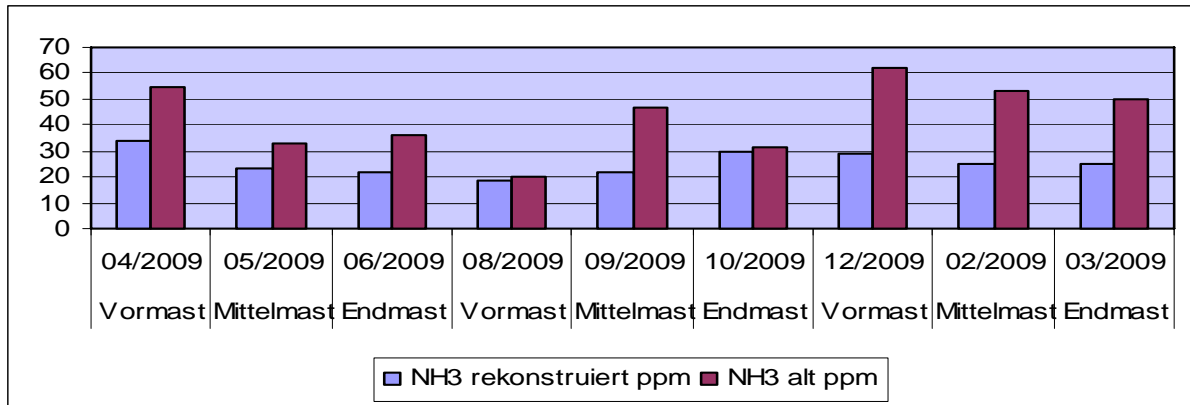


Abbildung 6: Vergleich Ammoniakkonzentration rekonstruierter Stall und alter Stall

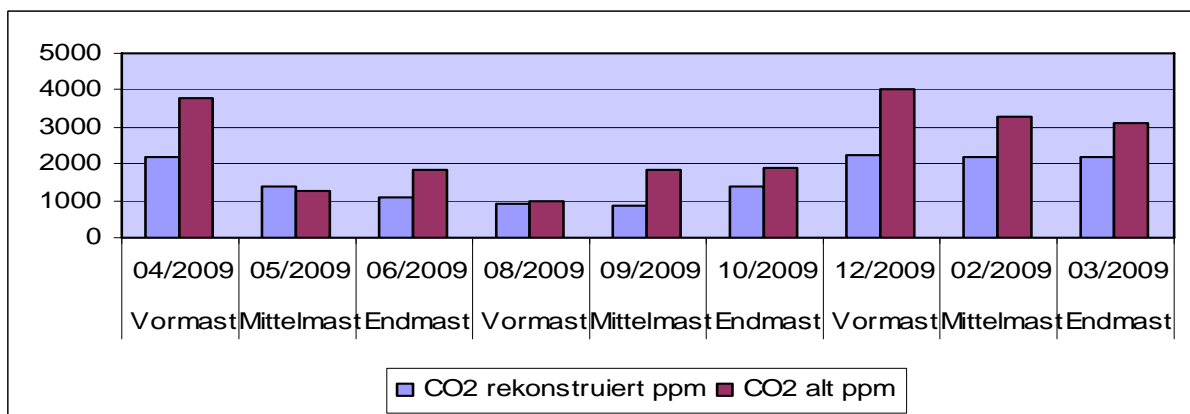


Abbildung 7: Vergleich Kohlendioxidkonzentration rekonstruierter Stall und alter Stall

In diesem Zusammenhang ist allerdings zu bemerken, dass das Lüftungssystem im Betrieb K für den Praxiseinsatz trotz optimaler Klimawerte so nicht zu empfehlen ist. Während sich der Abluftkanal über die gesamte Stalllänge als sehr günstig gezeigt hat, ist die per Hand zu regulierende Zuluftöffnung im Außenbereich schwer zu bedienen. Weiterhin ist eine Abdeckung der Zuluftschnitte im Stall mittels Förderband arbeitswirtschaftlich problematisch. Aufgrund der Erfahrung mit dem Heizungssystem im ersten Jahr (Winter) musste dieses bereits modifiziert werden. So wurde eine zusätzliche Leitung (Zirkulation) bzw. eine Verkürzung des Weges (Warmwasser) durch eine zusätzliche Einbindung der Warmwasserleitung ab etwa der Mitte des Stalls eingebaut.

3.1.2 Tierische Produktion

Die tierische Leistung wurde entsprechend der untersuchten Ställe erfasst. Die Ergebnisse aller in diesen Ställen produzierten Tiere sind in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Produktionskennzahlen der Vergleichseinheiten 2009

Stall	rekonstruiert	alt
Einkauf, Stück	2091	1850
Lebendmasse kg/Stück	28,5	29,2
Verkauf, Stück	2014	1786
Schlachtkörpermasse kg/Stück	103,1	101,4
Haltungstage	112	112
Masttagszunahme g	904	892
Muskelfleischanteil %	57,6	57,5
Verluste %	2,5	2,7
Futtermittelverbrauch kg/kg Zuwachs	2,69	2,68

Quelle: Jahresabschlussbericht TVL

Der Unterschied in den Leistungsparametern zwischen den Stalleinheiten erscheint zunächst gering. Dabei ist zu beachten, dass die Tiere nicht einheitlich vermarktet worden sind. So werden etwa 15 % der Tiere als Lohnschlachtung, 2 % über individuellen Verkauf oder auch definierte Partien (Geschlecht, höhere Schlachtgewichte) an unterschiedliche Vermarkter angeboten. Deshalb wurde ein Vergleich von zeitgleichen Schlachtpartien durchgeführt, die auf dem gleichen Vermarktungsweg verkauft und damit nach der gleichen Maske klassifiziert worden sind. Die Ergebnisse sind in Tabelle 8 zusammengefasst.

Tabelle 8: Vergleich Mast- und Schlachtleistung Betrieb K Betrieb K (deskriptive Statistik)

Kriterium	alter Stall				rekonstruierter Stall			
	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabweichung	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabweichung
Auswertbare Stück	1.509				1.707			
Masttage	112,6	104	131	6,4	113,0	109,0	124,0	3,8
Masttagszunahme, g	877,0	602	1198	96,2	895,0	606,0	1187,0	88,5
Schlachtgewicht, kg	101,3	80,0	128	7,9	102,9	80,1	126,8	7,3
Muskelfleischanteil, %	57,5	47,5	64,6	3,4	57,6	48,0	64,6	2,7
Speckmaß, mm	14,9	7,5	25,0	3,2	14,8	6,5	25,0	2,9
Fleischmaß, mm	60,8	41,0	79,5	6,2	61,4	40,0	79,5	5,8

Bei der Analyse der Resultate fällt die geringere Standardabweichung bei den Schlachtergebnissen des rekonstruieren Stalls gegenüber den Partien des alten Stalls auf, so dass ein Stalleinfluss auf diese Parameter zu vermuten ist. Zur Sicherung dieses Einflusses wurde der Signifikanztest durchgeführt. Dabei wurden Stallart, Einstellmonat (Jahreszeit) und die Interaktion dieser Faktoren berücksichtigt. Tabelle 9 zeigt die Schätzwerte der LSQ Mittelwerte, deren Standardfehler sowie die Signifikanz der Unterschiede. Zum besseren Vergleich erfolgte eine einheitliche Verpreisung der Einzeltierschlachtdaten nach der EUROP- Referenzmaske, Basispreis 1,40 € bei 56 % Muskelfleischanteil (siehe auch Abschnitt 2).

Tabelle 9: Vergleich Mast- und Schlachtleistung Betrieb K (Signifikanzanalyse)

Abhängige Variable	alter Stall		rekonstruierter Stall		Signifikanz
	Mittelwert	Standardfehler	Mittelwert	Standardfehler	
Auswertbare Stück	1.509		1.707		
Masttage	112,57	0,134	113,17	0,126	***
Masttagszunahme, g	877,02	2,258	895,13	2,127	***
Schlachtgewicht, kg	101,32	0,181	102,89	0,171	***
Muskelfleischanteil, %	57,52	0,072	57,66	0,068	*
Speckmaß, mm	14,94	0,073	14,75	0,068	**
Fleischmaß, mm	60,83	0,142	61,41	0,134	n.s.
€/Stück	136,75	0,202	138,67	0,190	***

* p < 0,05; **p < 0,01, *** p < 0,001

Der Vergleich der Vermarktungspartien (Tabelle 9) zeigt eine statistisch gesicherte Überlegenheit der Tiere aus dem rekonstruierten Stall bei den Mastleistungsmerkmalen und bei den Erlösen pro Mastschwein. Hier kann ein Zusammenhang zu den ermittelten Stallklimawerten hergestellt werden, die im rekonstruierten Stall eindeutig besser waren.

Ebenso interessant sind die bei den analysierten Schlachtungen ermittelten Organbefunde (Tabelle 10). Bei Pleuritis (Brustfellentzündung) und Pericarditis (Herzbeutelentzündung) zeigten sich eindeutig Signifikanzen und damit der Einfluss des Stalls auf diese Ergebnisse, die eine Ursache dafür sein können, dass die Mastleistungsmerkmale in dem alten Stall nicht das Niveau des rekonstruierten Stalls erreichen.

Tabelle 10: Auswertung Organbefunde Betrieb K

Organbefunde		alt	rekonstruiert	Signifikanz
Ausgewertete Tiere	Stück	1509	1707	
Pleuritis	%	9,8	4,4	***
Prekonstruiermonie	%	34,0	36,9	n.s.
Hepatitis parasitarius	%	15,1	13,2	n.s.
Pericarditis	%	18,2	12,3	***
Abzess	%	0,3	0,1	n.s.
BU	%	0,1	0,1	n.s.
Verluste	%	2,8	2,9	n.s.

* p < 0,05; *** p < 0,001; nach Chi²-Test

Diese Befunde entstehen aufgrund von Erkrankungen der Atmungsorgane (in der Regel Verwachsungen an Lunge und Herz), deren Ursache wiederum hohe Schadgaskonzentrationen in Verbindung mit hoher Luftfeuchtigkeit sein können.

Bei der Analyse der Verluste während der Mastperiode konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Ställen festgestellt werden.

3.1.3 Ökonomische Bewertung

Die Wertung der ökonomischen Effekte der Stallrekonstruktion beruht auf den betrieblichen Kennzahlen der Jahresabschlüsse 2006 bis 2009. Ein weiter gefasster Zeitraum konnte aufgrund von Umstellungen der Berechnungsgrundlage des Betriebes nicht einbezogen werden. Diese Kostenstellenanalysen wiesen für den Betriebszweig Schweinemast im Betrieb K für die Jahre 2006 bis 2009 ein positives Ergebnis nach. Um einen Vergleich der Resultate durchführen zu können, wurden die Preiseffekte dieser Jahre bezogen auf die betrieblichen Daten bei Futterzukauf, Tierzukauf und den Erlösen pro Schlachtschwein unter Berücksichtigung des

Schlachtgewichtes und des Muskelfleischanteils standardisiert (0,120 €/10 MJ Futter; 1,82 €/kg Lebendmasse bei 25 kg Ferkel; 1,48 €/kg Schlachtkörpermasse bei 56 % Muskelfleischanteil). Weiterhin wurde die Bestandsänderung neutralisiert und nicht wiederkehrende Effekte der untersuchten Jahre in Absprache mit der betrieblichen Buchhaltung bereinigt. Um den Ertrag der Maßnahme zu bewerten, sind die Ergebnisse der Jahre 2007 (vor Umbau) zu 2009 (nach Umbau) intensiver betrachtet und je abgerechnetes Tier verglichen worden (Differenz je abgerechnetes Tier aus 2009 und 2007). Die Resultate sind in Tabelle 11 zusammengefasst.

Tabelle 11: Betriebswirtschaftliche Kennzahlen Betrieb K für die Jahre 2006 bis 2009

Bezeichnung	je abgerechnetes Tier				Δ je abgerechnetes Tier 09 - 07
	2006 Alt	2007 Alt	2008 Umbau	2009 Rekonstruier	
Stallplätze	6.500	6.500	6.614	6.614	114
<i>Jahresproduktion</i>					
abgerechnete Tiere	16.428	16.601	18.166	17.275	674
Läufergewicht, kg/Stück	31,73	30,75	30,15	30,72	-0,03
Masttagszunahme, g	872	866	899	899	33
Verlust %	2,9	3,0	2,9	2,8	-0,2
Schlachtgewicht, kg/Stück	95,45	95,09	87,50	100,16	5,1
Muskelfleischanteil	56,7	56,8	56,7	57,2	0,4
spez. Futteraufwand, kg/kg					
Zuwachs	3,31	2,90	3,02	2,95	0,05
Erlös €/Stück	141,50	140,74	130,19	145,16	4,43
Erlös aus Aufl. SoPo m.R.*	0,00	0,08	0,07	0,08	0,00
sonstiger Erlös	0,18	0,23	0,21	0,27	0,14
Erlös Gesamt	141,68	141,05	130,47	145,52	4,47
Futter	43,66	40,83	38,24	42,67	1,83
Tierzukauf	60,45	58,30	56,64	57,89	-0,41
Tierarzt/Medikamente	4,60	3,86	3,21	2,86	-1,00
Energie/Wasser	2,04	2,19	2,07	2,36	0,17
Transporte	3,28	3,05	3,15	3,34	0,28
Unterhalt Geb./Masch.	6,47	3,24	3,67	3,41	0,17
Versicherung	0,87	0,82	0,80	0,90	0,08
sonst. Kosten	4,42	4,37	4,12	4,55	0,18
Lohn	6,98	6,65	6,24	6,43	-0,21
Afa (Abschreibung)	3,28	3,75	5,58	5,38	1,63
Gemeinkosten	1,61	1,54	1,46	1,62	0,08
Kosten gesamt	137,67	128,60	125,19	131,40	1,67
betr. Ergebnis	4,01	12,45	5,28	14,12	3,67

*Erlös aus Auflösung Sonderposten mit Rücklagen

Zunächst zeigte sich ein positives ökonomisches Ergebnis des Betriebszweiges Schweineproduktion über den gesamten Zeitraum. Finanziell positive Effekte bei dem Jahresvergleich 2007 zu 2009 ergaben sich aus der höheren Jahresproduktion (mehr Tiere in der rekonstruierten Stalleinheit bei gleicher Grundfläche) und mehr Erlösen/Stück aufgrund höherer Schlachtgewichte, die wiederum mit besseren Zunahmen unterlegt waren. Bei den Kosten war zunächst wegen der allgemeinen Preisentwicklung das Futter teurer, aber auch der Energieverbrauch/abgerechnetes Tier sowie Transportkosten aufgrund verschiedener Vermarktungsstrategien und die Abschreibung der getätigten Investitionen wirkten Kosten belastend. Die Kosten pro

Mastplatz beliefen sich auf 230 €. Insgesamt konnte im Jahr nach dem Umbau (2009) unter Berücksichtigung von Preiseffekten ein besseres Ergebnis erzielt werden.

3.2 Betrieb R

3.2.1 Untersuchungen zum Stallklima

Im Zuge des Umbaus der Stallanlage wurden durch die Baufirma entsprechende Untersuchungen zum Stallklima durchgeführt. Weiterhin erfolgte regelmäßig durch den Schweinegesundheitsdienst Thüringen Messungen in der Schweinemastanlage. Diese zeigten Unterschiede zwischen dem rekonstruieren und dem alten Stall, allerdings bei wechselnden Ergebnissen. Das heißt, dass die Werte nicht immer im rekonstruieren Stall besser waren als im alten. Darauf hin entschied sich der Betrieb, weitere Untersuchungen durchzuführen.

Die Messungen erfolgten analog der Untersuchungen im Betrieb K. Die erfassten Werte der Gase Methan und Schwefelwasserstoff waren so gering bzw. bei Null, dass diese in den Auswertungen vernachlässigt werden konnten. Da die Messdaten der Sauerstoffsättigung keine bedeutenden Schwankungen zeigten, werden im Weiteren nicht auf diese Ergebnisse eingegangen.

Rekonstruierter Stall

Die Auswertungen der gemittelten Messdaten des rekonstruieren Stalls sind in Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle 12: Parameter der Klimamessung im rekonstruierten Stall Betrieb R

		Relative Luftfeuchte		Temperatur Stall		Luftgeschwindigkeit		CO ₂		NH ₃	
		Mittel	s ²	Mittel	s ²	Mittel	s ²	Mittel	s ²	Mittel	s ²
	Einheit	%		°C		m/s		ppm		ppm	
Mastabschnitt	Zeitpunkt										
Vormast	6/09	62,8	2,53	22,5	0,83	0,06	0,02	1800	235	20,3	3,86
Mittelmast	7/09	67,5	3,80	24,1	0,50	0,09	0,04	1242	369	12,8	5,65
Endmast	8/09	67,1	2,57	25,3	0,32	0,15	0,04	1142	227	12,0	2,19
Vormast	10/09	68,2	2,54	20,2	0,57	0,03	0,05	1742	201	20,8	6,12
Mittelmast	12/09	54,9	1,35	17,6	0,79	0,09	0,06	2292	139	14,7	3,82
Endmast	1/10	58,7	4,42	18,4	0,48	0,08	0,05	2900	377	19,3	4,81
Vormast	3/10	59,3	6,35	20,6	0,74	0,06	0,06	2683	595	21,8	3,70
Mittelmast	4/10	59,4	2,72	21,6	0,63	0,07	0,05	2392	220	16,2	1,44
Endmast	5/10	59,4	5,48	21,8	1,45	0,07	0,04	2042	302	18,3	6,54

Die Messungen zeigten gute Klimawerte im rekonstruieren Stall des Betriebs R. Auch die Streuung der ermittelten Werte deutet auf ein ausgeglichenes Stallklima im gesamten Abteil hin. Eine Überschreitung der Grenzwerte erfolgte nur punktuell. Der Einfluss der Außentemperatur und des Maststadiums ist in Abbildung 8 zu erkennen.

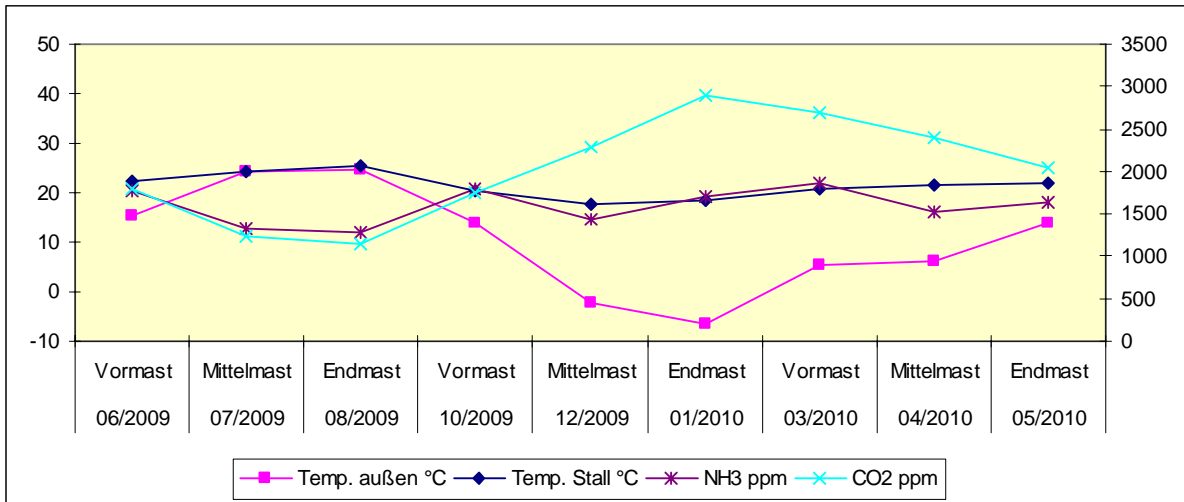


Abbildung 8: Ergebnisse Klimamessung rekonstruierter Stall Betrieb R
 Linke Skalierung entspricht den Werten für die Temperaturen und NH₃,
 rechte Skalierung dem Wertebereich für CO₂

Diese Darstellung der Ergebnisse unterstreicht, dass offensichtlich die Klimaführung in diesem Stall als optimal einzustufen ist. Der Einfluss der Jahreszeit zeigt sich eindeutig.

Während der Kohlendioxidgehalt bei kalter Außentemperatur ansteigt, bleibt der Ammoniakgehalt im gleichen Zeitraum auf normalem Niveau (< 20 ppm). Bei niedrigen Außentemperaturen wird die Lüftung entsprechend gedrosselt, um die Raumtemperatur im Stall zu halten. Das führt zum Anstieg der Kohlendioxidwerte, da diese von den Tieren ständig produziert werden. Ammoniak entsteht über die Ausscheidungsprodukte der Schweine, die aufgrund des Vollspaltenbodens unterhalb der Stallgrundfläche sich befinden. Umgekehrt ist im Sommer aufgrund der intensiveren Lüftungstätigkeit die Kohlendioxidkonzentration im Stall gering. Ebenso ist die Mastphase entscheidend für die Schadgaskonzentration. Bei den Messungen kurz nach der Einstallung (Vormast) ist die Ammoniakkonzentration relativ hoch. Zum Halten der optimalen Einstalltemperatur wird die Lüftungsleistung besonders im Winter gedrosselt. Da die kleinen Tiere die Exkremente noch nicht vollständig durch den Vollspaltenboden durchtreten, entsteht zu diesem Zeitpunkt verstärkt Ammoniak in der Stallluft.

Alter Stall

Als Vergleichsabteil wurden Einheiten gewählt, in die in etwa alters- bzw. gewichtsgleiche Tiere eingestallt waren. Die Ergebnisse der Klimamessung sind in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: Parameter der Klimamessung im alten Stall Betrieb R

	Einheit	Relative Luftfeuchte		Temperatur Stall		Luftgeschwindigkeit		CO ₂		NH ₃	
		Mittel	s ²	Mittel	s ²	Mittel	s ²	Mittel	s ²	Mittel	s ²
		%		°C		m/s		ppm		ppm	
Mastabschnitt	Zeitpunkt	Mittel	s ²	Mittel	s ²	Mittel	s ²	Mittel	s ²	Mittel	s ²
Vormast	6/09	65,7	7,04	21,0	1,10	0,11	0,09	1290	129	13,0	1,27
Mittelmast	7/09	61,9	2,95	24,5	0,77	0,12	0,08	840	167	11,2	3,25
Endmast	8/09	64,6	2,66	26,4	0,47	0,13	0,06	1067	307	17,4	9,25
Vormast	10/09	68,4	2,64	20,0	0,83	0,16	0,09	1550	130	18,9	5,45
Mittelmast	12/09	66,4	4,24	16,2	0,93	0,16	0,07	2550	397	39,9	9,85
Endmast	1/10	72,0	11,65	19,0	0,63	0,06	0,05	3150	265	29,7	3,75
Vormast	3/10	59,8	3,03	19,4	0,63	0,12	0,08	2225	293	23,3	9,16
Mittelmast	4/10	64,1	2,38	19,3	0,34	0,14	0,07	2058	128	30,4	8,86
Endmast	5/10	59,6	2,97	21,2	0,47	0,19	0,10	1958	237	38,3	16,9

Im alten Stall zeigten sich vereinzelt hohe Werte beim Kohlendioxid, die mit dem Alter der Tiere (Endmast) im Zusammenhang mit der Jahreszeit (Winter) zu erklären sind. Größere Abweichungen wurden beim Ammoniak nachgewiesen. Die Werte der Luftfeuchtigkeit waren allerdings nicht erhöht, die Stalltemperatur bewegte sich in dem empfohlenen Bereich, so dass die Regelung der Lüftung allein nicht die Ursache für hohe Ammoniakwerte sein kann. Entscheidend war offensichtlich die Verkotung der Festfläche durch die Mastschweine. Im Vergleich zum rekonstruierten Stall war die Streuung der erfassten Parameter höher, was wiederum Rückschlüsse auf eine ungleichmäßige Luftführung bzw. den punktuellen Eintrag von Schadgasen zulässt.

In Abbildung 9 wurde der Zusammenhang zwischen Außentemperatur und den Klimawerten dargestellt. Wie bereits gezeigt, steigen die Werte von Kohlendioxid und Ammoniak bei niedrigen Außentemperaturen an. Grund dafür ist wiederum die Regelung der Lüftertätigkeit nach Stalltemperatur. In diesem Stall ist aufgrund des Teilspaltenbodens die Ammoniakkonzentration in der Stallluft hoch und dementsprechend deutlich wahrnehmbar. Bei Außentemperaturen über 15°C arbeiten die Lüfter auf einer höheren Frequenz, so dass der Luftaustausch schneller und intensiver erfolgt und dadurch die Schadgaskonzentration sinkt.

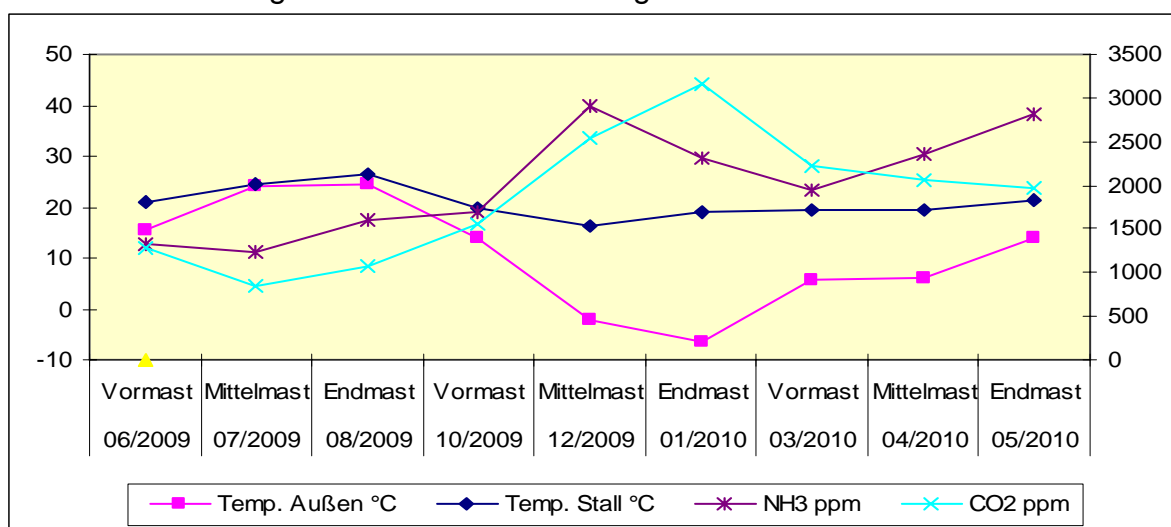


Abbildung 9: Ergebnisse Klimamessung alter Stall Betrieb R
Linke Skalierung entspricht den Werten für die Temperaturen und NH₃,
rechte Skalierung dem Wertebereich für CO₂

Stallvergleich

In Abbildung 10 und 11 wurden die Ergebnisse als Stallvergleich der gemittelten Werte abgebildet. Der rekonstruierte Stall zeigte im Trend bessere Werte als der Vergleichsstall. Bei den Kohlendioxidwerten war dies allerdings nicht so deutlich wie bei den Ammoniakwerten. In den Wintermonaten und im Endmastbereich zeigten sich besonders hohe Ammoniakkonzentrationen. Bei der Messung von Ammoniak sind neben der Lüftertätigkeit der Güllestand bzw. -bewegung sowie die Verschmutzung der Buchtenfläche ausschlaggebend. Das hat offensichtlich die Werte beeinflusst. Kohlendioxid wird vorwiegend durch die Tiere selbst produziert, so dass Besatzdichte oder Tieraktivität diesen Wert entscheidend beeinflussen kann. Da aber in beiden Einheiten die Besatzdichte gleich war, zeigten sich bei Kohlendioxid in etwa analoge Werte.

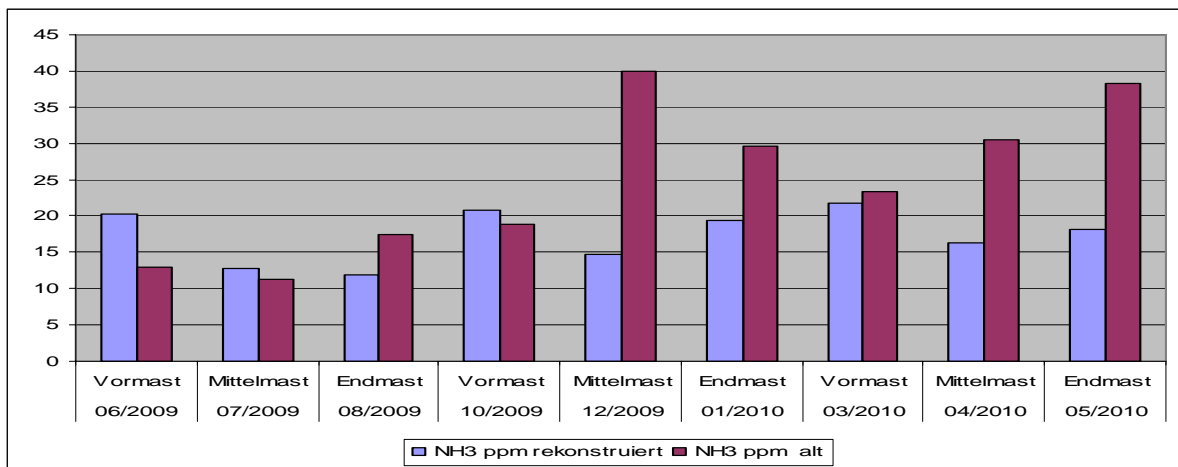


Abbildung 10: Vergleich Ammoniak rekonstruierter und alter Stall

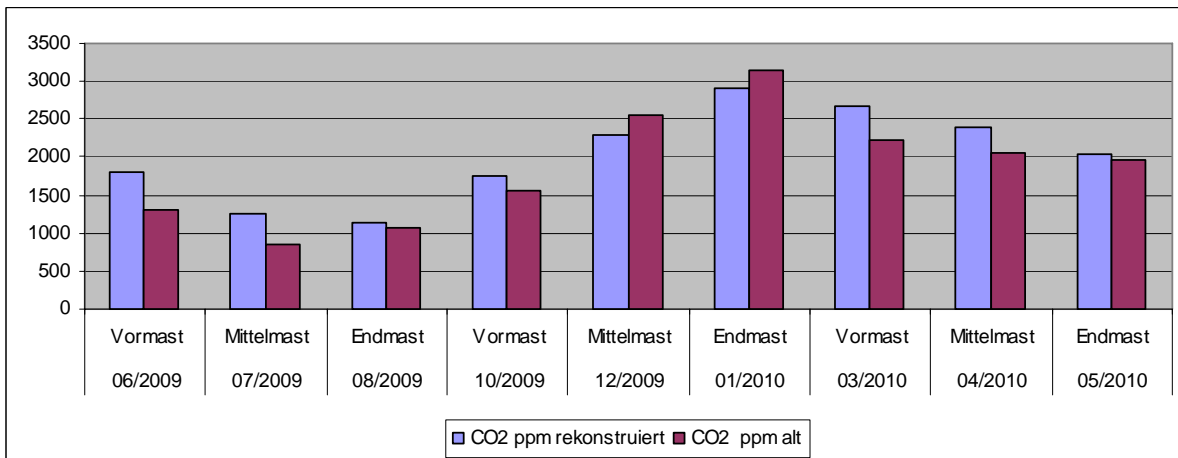


Abbildung 11: Vergleich Kohlendioxid rekonstruierter und alter Stall

Die erhöhte Schadgaskonzentration vor allem von Ammoniak in der kritischen Jahreszeit (kalt, feucht im Außenbereich) in den alten Ställen machen deutlich, dass das Stallklima im rekonstruierten Stall besser ist als im alten Stall.

3.2.2 Tierische Produktion

Die Ergebnisse des Stallvergleiches aus dem Jahresabschluss 2009 sind in Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 14: Stallvergleich Betrieb R, 2009

Stall	alt	rekonstruiert
Einkauf, Stück	2949	3477
Lebendmasse kg/Stück	26,3	26,6
Verkauf, Stück	2852	3359
Schlachtkörpermasse, kg	90,2	91,8
Haltungstage	119,6	119,1
Masttagszunahmen, g	735	752
Muskelfleischanteil %	57,3	57,7
Verlust %	3,2	3,1
Futtermittelverbrauch kg/kg Zuwachs	3,1	3,1

Quelle: Jahresabschluss Schweinekontroll- und Beratungsring

Die tierische Leistung im alten Stall erscheinen tendenziell schlechter als im rekonstruierten Stall. Um diesen Effekt in Abhängigkeit der Stalleinheit zu prüfen, wurden die Daten analog des Betriebes K (siehe Material und Methode) analysiert. Die statistische Auswertung der Mast- und Schlachtleistung des alten und des rekonstruierten Stalls zeigt Tabelle 15.

Tabelle 15: Vergleich Mast- und Schlachtleistung Betrieb R (deskriptive Statistik)

	alter Stall				rekonstruierter Stall			
	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabweichung	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabweichung
Auswertbare Stück	946				1.166			
Masttage	116,5	93	129	8,9	117,0	93	1248	8,7
Masttagszunahme, g	788,2	591	1154	96,9	791,9	593	1281	95,6
Schlachtgewicht, kg	94,5	80	111	5,8	94,6	80	148,8	7,9
Muskelfleischanteil, %	57,4	45,9	64,5	3,4	57,7	48,2	65,5	3,5
Speckmaß, mm	15,8	7,5	25,0	3,1	15,4	8,6	24,8	3,6
Fleischmaß, mm	64,7	42,7	79,9	5,7	64,2	48,2	79,4	5,3
€/Stück	130,77	130,16	131,38	9,54	130,12	129,59	130,64	9,22

Es fällt bei Betrachtung der Ergebnisse auf, dass die Differenz der Leistungsparameter zwischen den Stalleinheiten relativ gering war. Zur Sicherung der Resultate wurde analog vorangegangener Untersuchungen der Signifikanztest durchgeführt (Tabelle 16).

Tabelle 16: Vergleich Mast- und Schlachtleistung Betrieb R (Signifikanzanalyse)

Abhängige Variable	alter Stall		rekonstruierter Stall		Signifikanz
	Mittelwert	Standardfehler	Mittelwert	Standardfehler	
Auswertbare Stück	946		1.166		
Masttage	116,48	0,256	117,05	0,219	n.s.
Masttagszunahme, g	788,17	3,142	791,99	2,683	n.s.
Schlachtgewicht, kg	94,48	0,223	94,57	0,190	n.s.
Muskelfleischanteil, %	57,43	0,112	57,66	0,096	n.s.
Speckmaß, mm	15,81	0,113	15,41	0,094	**
Fleischmaß, mm	64,74	0,185	64,20	0,159	*
€/Stück	130,77	0,311	130,12	0,267	n.s.

* p < 0,05; **p < 0,01, *** p < 0,001

Die Ergebnisse der Signifikanzprüfung zeigten keine statistisch gesicherten Differenzen der Mastleistungsmerkmale unter Einfluss der Stalleinheit. Die tendenziell besseren Ergebnisse der Tiere aus dem rekonstruierten Stall schlugen

sich auch nicht auf den berechneten Erlös nach Referenzmaske nieder. Die nachgewiesene geringe Signifikanz bei den Schlachtleistungsmerkmalen (höheres Speck- und Fleischmaß im alten Stall) könnten einen genetischen Hintergrund haben. Obwohl die Tiere aus einem Betrieb kamen, der immer nach dem gleichen Schema anpaart, ist der Einfluss einer bestimmten Eberlinie nicht zu 100 % auszuschließen. Umso interessanter war die Auswertung der bei den Schlachtungen ermittelten Organbefunde (Tabelle 17).

Tabelle 17: Auswertung Organbefunde Betrieb R

Organbefunde		alt	rekonstruiert	Signifikanz
Ausgewertete Tiere	Stück	946	1166	
Prekonstruiermonie	%	35,8	30,0	**
Hepatitis parasitaria	%	9,4	11,5	n.s.
Pericarditis	%	8,8	6,1	*
Abzess	%	0,2	0,1	n.s.
BU	%	0,2	0,2	n.s.
Verluste	%	2,6	2,6	n.s.

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$; mit χ^2 -Test

Bei dieser Auswertung zeigte sich ein Einfluss des Stalls auf die Ergebnisse. Wie bereits bei der Analyse der Befunde des Betriebs K kann das auf hohe Schadgaskonzentrationen zurückzuführen sein. Unterschiede bei den Tierverlusten im Mastabschnitt in Abhängigkeit des Stalls konnten nicht signifikant nachgewiesen werden.

3.2.3 Ökonomische Bewertung

Analog der ökonomischen Analyse des Betriebes K wurde dieser Schweine haltende Betrieb R auf Grundlage der betrieblichen Kostenstellenrechnung der Jahre 2006 bis 2009 untersucht. Der Betrieb konnte nicht in jedem untersuchten Jahr ein positives Ergebnis im Bereich Schweineproduktion erzielen.

Um eine entsprechende Bewertung vornehmen zu können, ist auch hier das Prinzip der Standardisierung von Preiseffekten auf Grundlage der betrieblichen Kostenstellenrechnung (0,112 €/10 MJ Futter; 1,93 €/kg Lebendmasse Ferkel bei 25 kg; 1,44 €/kg Schlachtkörpermasse bei 56 % Muskelfleischanteil), der Neutralisierung der Bestandsänderung sowie der Bereinigung von nichtwiederkehrenden wirtschaftlichen Effekten angewendet worden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 18 dargestellt.

Tabelle 18: Ökonomische Auswertung Betrieb R

Bezeichnung	je abgerechnetes Tier				Δ je abgerechnetes Tier
	2006 alt	2007 alt	2008 Umbau	2009 rekonstruier	
Jahr					09 - 07
Stallplätze	1200	1200	2480	2480	1280
<u>Jahresproduktion</u>					
abgerechnete Tiere	3315	3341	4809	6795	3454
Läufergewicht, kg/Stück	28,47	29,30	27,60	26,82	-2,48
Masttagszunahme (inkl. Verluste), g	735	738	741	751	13
Verlust %	2,30	2,34	1,46	2,88	0,54
Schlachtgewicht, kg/Stück	87,20	89,51	90,00	91,56	2,05
Muskelfleischanteil	57,40	56,70	58,00	57,20	0,50
spez. Futteraufwand, kg/kg					
Zuwachs	3,45	3,54	3,37	3,28	-0,26
Erlös pro Schlachtschwein in €	125,73	129,01	129,49	131,50	2,49
Erlös aus Aufl. SoPo m.R.*	0,33	0,30	2,14	2,00	1,70
sonst. Erlös	0,21	0,20	0,00	0,30	0,10
Erlös Gesamt	126,27	129,51	131,63	133,80	4,29
Futter	40,20	42,59	39,67	41,88	-0,71
Tierzukauf	50,44	54,07	57,41	49,95	-4,12
TA/Med.	1,51	2,01	3,00	2,74	0,73
Energie/Wasser	4,88	4,56	3,72	4,31	-0,25
Unterhalt Geb./Masch.	0,48	0,63	0,69	0,77	0,14
Versicherung	0,43	0,35	0,23	0,39	0,04
sonstige Kosten	1,88	1,58	1,55	1,20	-0,38
Lohn	7,52	7,79	7,13	7,21	-0,58
Afa	4,12	3,86	8,12	7,84	3,98
Betriebsaufwand TP	3,52	3,32	4,37	4,94	1,62
Leitung und Verwaltung	3,78	3,17	2,39	2,21	-0,96
Kosten gesamt	114,97	123,92	128,28	123,43	-0,49
betr. Ergebnis	11,30	5,59	3,35	10,37	4,78

*Erlös aus Auflösung Sonderposten mit Rücklagen

Es zeigte sich, dass die Erlöse pro Schlachtschwein aufgrund höherer Schlachtgewichte und Muskelfleischanteile nach dem Umbau besser waren als davor. Da etwa die Hälfte der Tiere im rekonstruierten Stall gehalten worden, ist dieser Effekt durchaus der Rationalisierungsmaßnahme zuzuschreiben. Weitere Effekte brachten der preisgünstigere Tierzukauf durch geringere Gewichte sowie niedrige Festkosten wegen höheren Mastkapazitäten. Auch die Erlöse aus Auflösung der Sonderposten wirken positiv. Die Kosten für den Umbau beliefen sich auf 283 € pro Mastplatz. Als Ergebnis offenbarte sich eine positive Bilanz pro Tier nach dem Umbau gegenüber dem Jahr vor der Rekonstruktion trotz Abschreibung infolge der durchgeführten Baumaßnahmen. Gleichzeitig können betriebliche Schwerpunkte aufgezeigt werden, bei denen weitere Einsparungen möglich sind. So ist zum Beispiel der spezifische Futteraufwand mit 3,28 kg Futter/kg Zuwachs zu hoch, Auch bei der Entwicklung der Masttagszunahmen sind keine deutlichen Leistungssteigerungen über die Jahre zu erkennen.

4 Zusammenfassung

Bei Untersuchungen zu Effekten von Rekonstruktionsmaßnahmen hinsichtlich der Bodengestaltung in zwei Schweinemastställen wurden folgende Resultate erzielt:

- das Stall- und Arbeitsklima war nach der Modernisierungsmaßnahme (Umbau von Teilspaltenboden zu Vollspaltenboden in Verbindung mit Erneuerung der Lüftung) in den rekonstruierten Ställen besser
- die Rekonstruktionsmaßnahme wirkte sich nur in einem Betrieb durchgängig signifikant positiv auf die Mast- und Schlachtleistung aus
- das ökonomische Ergebnis war in beiden Betrieben nach der Rekonstruktion besser

Diese Ergebnisse lassen sich wie folgt begründen.

4.1 Stallklima

Die Änderung der Aufstallungsform für Mastschweine ist eine komplexe Maßnahme, die auch Veränderungen in der Stallklimaführung bedingt. Grund dafür sind die Luftströme, die durch die Öffnungen in der Stallhülle/dem Boden entstehen und entsprechend gelenkt werden müssen sowie die Ansprüche der Tiere an die Stallluft. Es wurden Zusammenhänge zwischen Tieralter – Außentemperatur – temperaturgesteuerter Lüftungsregelung – Schadgaskonzentration nachgewiesen. Bei den durchgeführten Stallklimamessungen konnten in den rekonstruierten Ställen im Mittel bessere Stallklimawerte festgestellt werden als in den alten Ställen. In erster Linie war das auf die geringere Ammoniakkonzentration zurück zu führen. Gründe dafür sind der Vollspaltenboden (durchtreten der Exkrememente), aber auch Einstellungen an den computergesteuerten Klimaanlage. So wurde aufgrund der erfassten Werte nach der Klimamessserie die Frequenzregelung entsprechend reguliert. Der wesentlichste Einflussfaktor auf das Stallklima war der Eintrag von Ammoniak aufgrund verkoteter Stallflächen (Teilspaltenboden) und in diesem Zusammenhang die Möglichkeit der Regulierung der Lüftertätigkeit nach Stalltemperatur. Das heißt, dass die Klimaregelung nicht auf die Schadgaskonzentration reagiert sondern allein auf die eingestellte Temperatur. Während in den Sommermonaten die Schadgasentfernung auch aus den alten Ställen (Teilspaltenboden) gut funktionierte, war dies in der kritischen Jahreszeit – feuchtes und kaltes Wetter – nicht gegeben.

Um aussagefähige Daten zum Stallklima erfassen zu können, sind aufgrund der Größe der Stalleinheiten mehrere Messpunkte pro Einheit anzustreben. Bewährt hat sich eine gedachte Zick-Zack-Linie durch den Stall/Abteil.

4.2 Tierische Leistungen

Die Ergebnisse zeigen, dass Mastschweine gewisse Toleranzgrenzen hinsichtlich der Schadgaskonzentration im Stall haben aber auch weitere Faktoren auf den Komplex Tierleistung wirken. Diese Beobachtung deckt sich mit anderen Untersuchungen (BARTUSSEK u. a., 2001). Es konnte nicht abschließend geklärt werden, ab wann die Störung des Wohlbefindens der Tiere sich negativ auf das biologische Leistungsvermögen auswirkt. Allerdings zeigen diese Resultate, dass bei einem hohen Produktionsniveau diese Toleranzgrenze offensichtlich sinkt. Die statistische Analyse beweist diesen Aspekt. Während in einem Betrieb die tierische Leistung im rekonstruierten Stall (Vollspaltenboden) eindeutig besser war als im Vergleichsstall (Teilspaltenboden), konnte im zweiten Betrieb nur eine tendenzielle Verbesserung nachgewiesen werden. Weiterhin ist zu bemerken, dass die Haltung von Mastschweinen einen geringen Zeitraum/Tier umfasst, so dass Langzeitwirkungen von z. B. Schadgasen auf die tierische Leistung schwer

nachweisbar sind. Fakt ist, dass schlechte Stallluft negativ auf das Tier wirkt, was durch die erfassten Organbefunde abgeklärt werden konnte, und die Arbeitsbedingungen für die Tierpfleger negativ beeinflusst.

4.3 Ökonomische Ergebnisse

Nach den Rekonstruktionsmaßnahmen konnte ein positiver ökonomischer Effekt nachgewiesen werden, trotz der dafür erheblichen Investitionen, die sich aufgrund der Abschreibung über einen längeren Zeitraum auf den Produktionszweig niederschlagen. So war das finanzielle Ergebnis pro abgerechnetes Tier bei Standardisierung von Preiseffekten nach der Rekonstruktionsmaßnahme besser als davor. Gründe dafür waren in beiden Betrieben die Reduzierung der festen Kosten aufgrund höherer Produktionsmengen/Einheit sowie der positive Trend hinsichtlich der tierischen Leistung und die damit verbundenen Erlös pro Tier. Bei den untersuchten Unternehmen handelt es sich aber auch um Betriebe, die eine offensive Kostendiskussion durchführen und ein gewisses Produktionsniveau anstreben. Dennoch muss bemerkt werden, dass eine Rekonstruktionsmaßnahme nicht in jedem Fall eine höhere tierische Leistung bedingt. Die Anlaufzeit für den Umgang mit neuen Technologien ist dabei nicht zu unterschätzen. Die einzelnen Effekte, die hinsichtlich fester und variabler Kosten erzielt werden, sind kritisch zu hinterfragen.

5 Schlussfolgerung

Der Umbau von Stalleinheiten in der Schweinemast ist eine kostenintensive Maßnahme, die daher mit einer entsprechenden Erwartungshaltung verbunden ist. Besonders die Gestaltung der Buchten beeinflusst weitere Schritte bei der Planung. Es zeigte sich, dass der Umbau (Rationalisierungsmaßnahmen) von Teilspaltenböden auf Vollspaltenböden unbedingt mit einer Neugestaltung der Stallklimaführung einher gehen sollte. Besonders in alten Ställen ist ein Einbeziehen von mehr Fläche für den Produktionsbereich gut zu planen. Umbaumaßnahmen müssen komplex betrachtet werden, da gerade auch das Stallklima Einfluss auf das Wohlbefinden der Tiere und somit auf die Ausschöpfung des genetischen Potenzials hat. Eine bessere Auslastung der vorhandenen Produktionskapazitäten kann nur über einen komplexen Umbau der Stalleinheit (Bodengestaltung – Lüftung) erzielt werden. Zur Erweiterung der Produktionskapazität, zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen und zur Optimierung der Stallklimatisierung (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung) wird empfohlen, in Altanlagen Teilspaltenböden durch Vollspaltenböden zu ersetzen.

Beide Betriebe werden ihre Investitionstätigkeit im Betriebszweig Schweinemast fortsetzen. So ist im Betrieb K der Umbau weiterer Ställe geplant, im Betrieb R wird es Maßnahmen bei der Fütterungstechnik geben. Auch haben sich durch die Rekonstruktion die Arbeitsbedingungen in den Ställen verbessert.

Weitere Untersuchungen hinsichtlich der Wirkung von Schadgasen im Stall auf das Tier werden über den Tiergesundheitsdienst Thüringen in Zusammenarbeit mit der Universität Leipzig, Veterinärmedizinische Fakultät auf Grundlage dieser Ergebnisse durch eine Promotion fortgeführt.

6 Literaturverzeichnis

Bartussek, H.; Egerbacher, M. u. a. (2001): Die Auswirkung schlechter Stallluft auf Gesundheit und Leistung von Mastschweinen, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein

Hesse, D. (2003): Tierhaltung und Tierschutz in der Praxis unter besonderer Berücksichtigung der Schweinehaltung, Landbauforschung Völkenrode; Sonderheft Band 263, Seite 31 - 37

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (2008): Stallfußböden für Schweine, KTBL-Heft 77, Eigenverlag

Linke, St. (2009): persönliche Mitteilung

Linke, St. und Wilke (2009): Beratung zum Stallumbau 02/2009, Unterwellenborn

Meyer, E. (2007): Mastschweinehaltung auf Festflächen im Versuchs- und Praxisbetrieb, Versuchbericht, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Thüringer Verband für Qualitäts- und Leistungsprüfung in der Tierzucht, Jahresabschluss 2008, Eigenverlag

Thüringer Verband für Qualitäts- und Leistungsprüfung in der Tierzucht, Jahresabschluss 2009, Eigenverlag

Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung, 2009): Bundesgesetzblatt, online

Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (2010): Bundesrechtsverordnung, online

Quelle Bilder 1, 2, 5: Rau, K, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft

Bilder 3, 4: Fröbisch, H., Landwirtschaftsamt Zeulenroda