

# **AgroClustEr: PHÄNOMICS – Ein systembiologischer Ansatz zur Genotyp-Phänotyp-Abbildung im Kontext von Leistung, Gesundheit und Wohlbefinden bei den Nutztieren Rind und Schwein**

## **Abschlussbericht für die Teilprojekte TP2.3, TP5.1, TP5.4**

### **Förderkennzeichen**

0315536D

### **Zuwendungsempfänger**

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Institut für Tierzucht und Tierhaltung

### **Projektleitung**

Prof. Dr. Joachim Krieter

### **Projektlaufzeit**

01.02.2010 bis 31.12.2014

Das diesem Bericht zugrundeliegende BMBF-Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 0315536D gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt der Veröffentlichung liegt beim Autor.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Teilprojekt 2.3 (Prof. Dr. J. Krieter)</b>	<b>4</b>
1. Kurzdarstellung.....	4
1.1. Aufgabenstellung.....	4
1.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde.....	4
1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens.....	4
1.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand.....	5
1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen .....	5
2. Eingehende Darstellung.....	6
2.1. Ergebnisse.....	6
2.2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.....	15
2.3. Notwendigkeit und Angemessenheit der Arbeit.....	15
2.4. Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	16
2.5. Eingehende Darstellung des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen .....	16
2.6. Veröffentlichung der Ergebnisse .....	16
2.7. Literaturverzeichnis.....	17
<b>Teilprojekt 5.1 (Prof. Dr. G. Thaller)</b>	<b>20</b>
1. Kurzdarstellung.....	20
1.1. Aufgabenstellung .....	20
1.2. Voraussetzungen, unter denen das Projekt durchgeführt wurde .....	20
1.3. Planung und Ablauf .....	21
1.4. Wissenschaftlicher Kenntnisstand zu Beginn des Vorhabens .....	21
1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen .....	21
2. Eingehende Darstellung.....	22
2.1. Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse einschließlich Vergleich mit den vorgegebenen Projektzielen .....	22
2.2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.....	30
2.3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	30
2.4. Darstellung des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans .....	31
2.5. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	31
2.6. Veröffentlichungen.....	32
2.7. Literaturverzeichnis.....	32
<b>Teilprojekt 5.4 (Prof. Dr. J. Krieter)</b>	<b>34</b>
1. Kurzdarstellung.....	34
1.1. Ziele und Aufgabenstellung des Teilprojektes.....	34
1.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde.....	34
1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens.....	34
1.4. Wissenschaftlicher Stand und technischer Stand, an dem angeknüpft wurde.....	34

1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen .....	35
2. Eingehende Darstellung.....	35
2.1. Verwendung der Zuwendung und Darstellung der Ergebnisse.....	35
2.2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.....	56
2.3. Notwendigkeit und Angemessenheit der Arbeit.....	56
2.4. Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	56
2.5. Eingehende Darstellung des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen .....	56
2.6. Veröffentlichungen.....	57
2.7. Literaturverzeichnis:.....	57

## **Teilprojekt 2.3 (Prof. Dr. J. Krieter)**

### **Aggressions- und Sozialverhalten beim Schwein**

#### **1. Kurzdarstellung**

##### **1.1. Aufgabenstellung**

Das Ziel des vorliegenden Projekts war es, geeignete Parameter und Methoden zu entwickeln, die zur Beschreibung des agonistischen Verhaltens unter praxisnahen Bedingungen verwendet werden können. Im vorliegenden Projekt wurden daher zwei Verhaltenstests in unterschiedlichen Altersstufen bei Schweinen untersucht. Des Weiteren wurde das Aggressions- und Sozialverhalten der Tiere zu praxisüblichen Umstellungszeitpunkten in der konventionellen Schweinehaltung analysiert. Für die Parameter wurden Erblichkeiten und genetische Zusammenhänge geschätzt, um deren Einbindung und mögliche Nutzbarkeit in Zuchtprogramme zu prüfen.

##### **1.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

Die Untersuchungen wurden auf dem Versuchsbetrieb des Instituts für Tierzucht und Tierhaltung der Universität Kiel durchgeführt. Damit waren Einflussfaktoren wie Haltung, Fütterung und Personal während der Datenerfassung kontrollierbar, was die Schätzung genetischer Parameter erleichtert. Aufgrund der Betriebsgröße (ca. 120 produktive Sauen) mussten allerdings mehrere Durchgänge geprüft werden, um ausreichende Tierzahlen zur Verfügung zu haben.

##### **1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens**

Für das vorliegende Projekt wurden Tiere der Rassen Deutsche Landrasse, Edelschwein und Kreuzungstiere des Versuchsstalls. Die Ferkel stammten aus 139 Würfen (ca. 16 Sauen pro Durchgang) und wurden bis zum 26. Lebenstag in konventionellen Abferkelbuchten gehalten. Am ersten Tag post partum fand eine Wiegung der Tiere statt. Des Weiteren bekam jedes Ferkel eine tierindividuelle Kennzeichnung. In den ersten drei Tagen wurde ein Wurfausgleich durchgeführt, außerdem wurden unter dem Einsatz von Schmerzmitteln männlichen Ferkel kastriert.

Die Tiere wurden mit 28 Tagen abgesetzt worden und in konventionelle Flatdeckbuchten neu gruppiert (ca. 10 Ferkel je Bucht). Nach 44 Tagen wurden die Schweine erneut gemischt, und unter Beachtung des geringstmöglichen Bekanntheitsgrads im Maststall in Gruppen von 20 bis 25 Tieren aufgestellt. Mit circa 22 Wochen fand wiederum eine Neugruppierung statt. Jeweils 17 bis 28 Jungsauen kamen in die Arenabucht.

Nach intensivem Literaturstudium sowie in Absprache mit den anderen Projektpartnern (v.a. FBN Dummerstorf) wurden die Verhaltenstests ‚Backtest‘ und ‚Human-Approach-Test‘ aufgrund der einfachen Durchführbarkeit und Standardisierbarkeit als die geeignetsten Verhaltenstest identifiziert.

##### *Backtest*

Der Backtest ist ein Verhaltenstest bei dem das Ferkel auf den Rücken gelegt und locker in dieser Position festgehalten wird. Der Test wurde am 12. und 19. Lebenstag der Ferkel (n = 1.382) durchgeführt. Während der Testdauer von einer Minute erfolgte die Aufnahme der Merkmale ‚Anzahl an Befreiungsversuchen‘ (NEA), die ‚Dauer aller Befreiungsversuche‘ (DEA) und die ‚Latenz bis zum ersten Befreiungsversuch‘ (LEA). Um den Zusammenhang zwischen den drei aufgenommen Parametern Anzahl an

Befreiungsversuchen, Dauer der Befreiungsversuche und Latenz bis zum ersten Befreiungsversuch zu ermitteln, wurden die Tiere in Kategorien eingeteilt. Die 25 % am stärksten reagierenden als HR (high reactive) und die 25 % am wenigsten reagierenden als LR (low reactive). Der Rest der Tiere wurde als D (doubtful) eingestuft.

#### *Human-Approach-Test*

Beim Human-Approach-Test (Annäherungstest) stellte sich die Versuchsperson in die Bucht und maß die Latenzzeit (LC: 0- Kontakt; 1- kein Kontakt) bis die Tiere einen physischen Kontakt zur Person herstellten (Tabelle 1). Dieser Test wurde bei Saugferkeln zweimal (n = 1.317), bei abgesetzten Ferkeln viermal (n = 1.317) und bei Jungsaunen einmal (n = 272) durchgeführt.

#### *Agonistische Interaktionen*

Die Videoanalysen bei abgesetzten Ferkeln, Mastschweinen und Jungsaunen wurden hinsichtlich der agonistischen Interaktionen zwischen den Tieren bewertet. Die Videoauswertung der abgesetzten Ferkel, Mastschweine und Jungsaunen wurde auf 17 Stunden festgelegt (Tag des Einstellens: 12 bis 18 Uhr, 2. Tag: 7 bis 18 Uhr). Zur statistischen Auswertung konnten Daten von 1.111 abgesetzten Ferkeln, 446 Mastschweinen und 279 Jungsaunen genutzt werden. Es wurden die Anzahl an Kämpfen (NF- number of fights), Dauer der Kämpfe (DF- duration of fights), Initiator (IF- initiated fights) und Empfänger (RF- received fights) des Kampfes und die Sieger (FW- fights won) und Verlierer (FL- fights lost) analysiert

### **1.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand**

In der vorliegenden Untersuchung wurden die agonistischen Interaktionen als eigentliche Zielgröße verwendet, da diese bei Um- oder Neugruppierungen eine hohe Relevanz für die Praxis besitzen. In eigenen Voruntersuchungen (Stukenborg et al., 2010) konnten bereits Erfahrungen für die Durchführung und Auswertung der Videoaufzeichnungen (z.B. Zeitraum, Zusammenstellen der Gruppen, Einfluss des Bekanntheitsgrades der Tiere) gewonnen werden. Als Verhaltenstest und mögliche Indikatoren für das aggressive Verhalten wurden nach einer ausführlichen Literaturrecherche und in Abstimmung mit den Projektpartnern der Back-Test und der Human-Approach-Test herangezogen. Beide sind praktikabel und einfach durchzuführen, einen Zusammenhang zum aggressiven Verhalten wurde bereits für beide Verfahren aufgezeigt. Allerdings wurden in den vorliegenden Studien nicht die Auseinandersetzungen zwischen Tieren als Maß für die Aggressivität oder Dominanz eines Tieres berücksichtigt, vielmehr wurde in künstlichen Testumwelten (z.B. Resident-Intruder-Test) das agonistische Verhalten untersucht. Zudem liegen keine Studien zur Ontogenese der agonistischen Interaktionen über verschiedene Altersabschnitte vor, darüber hinaus fehlen genetische Analysen für die agonistischen Interaktionen und deren Beziehungen zu den Verhaltenstests.

### **1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Bereits vor der eigentlichen Datenerfassung fand eine enge Abstimmung im Verbundprojekt VP2 mit den Teilprojekten TP1 (Prof. Dr. Puppe) und TP2 (Prof. Dr. St. Hoy) statt. Dabei wurden projektübergreifend die durchzuführenden Verhaltenstests festgelegt und die wissenschaftlichen Mitarbeiter in praktischen Übungen im FBN Dummerstorf geschult. Zudem wurde die Analyse der Videoaufzeichnungen zu den

agonistischen Interaktionen in wiederholten Übungen standardisiert. Eine weitere intensive Zusammenarbeit fand mit dem Verbundprojekt VP4 (Prof. Wimmers) statt. Die Gewebeproben und phänotypischen Daten wurden in der Datenbank zur Verfügung gestellt und finden in dem TP 4.1 „Biosignaturen beim Schwein“ für die Spezifizierung und Validierung prognostisches Parameter für die Gesundheit und Wohlbefinden eine weitere gezielte Verwendung.

## 2. Eingehende Darstellung

### 2.1. Ergebnisse

#### *Backtest*

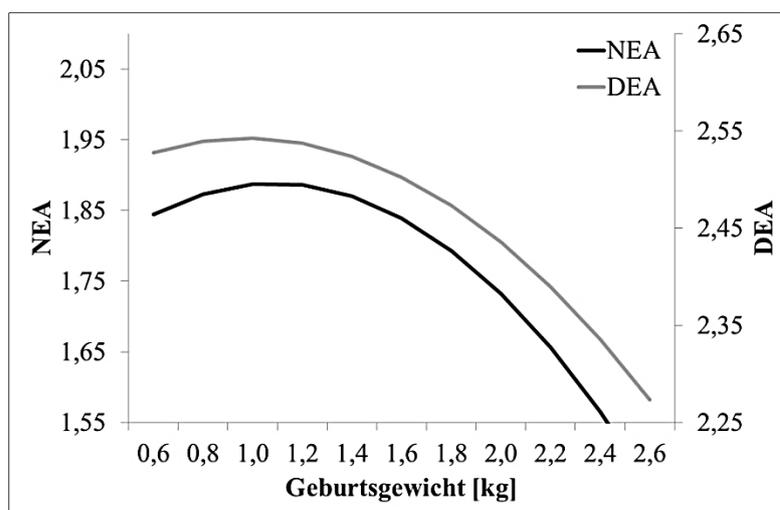
Die Analyse der fixen Effekte zeigt, dass die Schweine im ersten Backtest stärkere Reaktionen aufwiesen als im zweiten Test (Tabelle 1). Im ersten Backtest versuchten sich 88 % der Ferkel aus der Rückenlage zu befreien, im zweiten waren es hingegen nur 82 %.

**Tabelle 1:** LSMMeans und Standard Fehler (SE) der Merkmale Anzahl an Befreiungsversuchen (NEA), Dauer aller Befreiungsversuche (DEA) und Latenz bis zum ersten Befreiungsversuchen (LEA) im ersten und zweiten Backtest.

	Testnummer	NEA		DEA		LEA	
		LSMeans	SE	LSMeans	SE	LSMeans	SE
	1	1,88 <sup>a*</sup>	0,03	2,60 <sup>a</sup>	0,03	0,11 <sup>a</sup>	0,01
	2	1,70 <sup>b</sup>	0,03	2,43 <sup>b</sup>	0,03	0,16 <sup>b</sup>	0,01

\*Innerhalb Spalten sind Werte mit verschiedenen Buchstaben signifikant unterschiedlich. ( $p < 0.05$ )

Das Geburtsgewicht beeinflusst das Verhalten der Tiere im Backtest signifikant. Leichtere Schweine strampelten öfter als schwerere (Abbildung 1). In der Literatur finden sich ähnliche Ergebnisse (D'Eath and Burn, 2002; van Erp-van der Kooij et al., 2002). Der Einfluss des Geburtsgewichts kann damit erklärt werden, dass leichtere Ferkel im Wurf stärker um eine Zitze und somit um Nahrung kämpfen müssen als schwerere Ferkel.



**Abbildung 1:** Einfluss des Geburtsgewichts auf die Anzahl an Befreiungsversuchen (NEA) und auf die Dauer aller Befreiungsversuchen (DEA) im Backtest.

Die Kappa-Koeffizienten, die die Kategorieeinteilung in HR, LR und D beurteilen, wiesen eine gute Übereinstimmung zwischen den Merkmalen auf (Tabelle 2). Etwas höhere Werte finden sich im zweiten Backtest, was dafür spricht, dass das Verhalten der Tiere im zweiten Backtest konstanter war. Die Kappa-Koeffizienten zwischen den ersten und zweiten Backtest sind allerdings gering. Dies verdeutlicht, dass die Tiere sich im ersten Backtest anders verhalten haben als im zweiten Backtest. Jedoch sind die Kappa-Koeffizienten und damit die Übereinstimmung zwischen den Kategorien auch von der Festlegung und Einteilung der Grenzen von HR, LR und D abhängig (Zebunke et al., 2013).

**Tabelle 2:** Kappa-Koeffizienten für den Zusammenhang zwischen den Backtest Merkmalen Anzahl an Befreiungsversuchen (NEA), Dauer aller Befreiungsversuche (DEA) und der Latenz bis zum ersten Befreiungsversuch (LEA).

	NEA - DEA	NEA - LEA	DEA - LEA
1. Backtest	0,49	0,38	0,39
2. Backtest	0,53	0,43	0,45
	NEA 1 - NEA 2	DEA 1 - DEA 2	LEA 1 - LEA 2
	0,17	0,21	0,14

Die Analyse der zufälligen Effekte lässt erkennen, dass der Einfluss des Wurfes auf die Reaktionen der Ferkel im Backtest geringer war als der Anteil der additiv genetischen Varianz. Da der Wurfeffekt sowohl eine maternal genetische Komponente als auch einen maternalen Umwelteffekt beschreibt (Roehe et al., 2009), wurde der Einfluss der Wurfgröße und der Aggressivität der Muttersau gegenüber dem Menschen bei der Erstversorgung der Ferkel näher untersucht, jedoch ohne einen Ansatz zur Erklärung des Wurfeffekts zu finden.

Mittlere Erblichkeiten wurden für das Merkmal NEA geschätzt (Tabelle 3). Geringere Heritabilitäten ergaben sich für DEA und die höchsten für LEA. Erblichkeiten für den Backtest aus der Literatur weisen kein konstantes Muster auf. Velie et al. (2009) gibt Werte für die Anzahl an Befreiungsversuchen von  $h^2 = 0,54$  und für die Dauer von  $h^2 = 0,49$ . Hingegen schätzten Rohrer et al. (2013) Erblichkeiten für diese Merkmale von  $h^2 = 0,14 - 0,15$ .

**Tabelle 3:** Heritabilitäten ( $h^2$ ), Standardfehler (SE) und Varianzen der Backtest Merkmale Anzahl an Befreiungsversuchen (NEA), Dauer aller Befreiungsversuche (DEA) und Latenz bis zum ersten Befreiungsversuch (LEA).

	$\delta_{ani}$	$\delta_{per}$	$\delta_{lit}$	$\delta_e$	$h^2$	SE
Anzahl Befreiungsversuche (NEA)	0.14	0.01	0.01	0.60	0.19 <sup>1</sup>	0.05
NEA 1. Backtest	0.38	-	0.03	1.10	0.24 <sup>2</sup>	0.08
NEA 2. Backtest	0.33	-	0.12	1.15	0.20 <sup>2</sup>	0.11
Dauer Befreiungsversuche (DEA)	0.03	0.01	0.01	0.24	0.10 <sup>1</sup>	0.05
DEA 1. Backtest	0.09	-	0.10	0.68	0.11 <sup>2</sup>	0.10
DEA 2. Backtest	0.14	-	0.08	0.68	0.16 <sup>2</sup>	0.11
Latenz zum ersten Befreiungsversuch (LEA)	0.55	0.08	0.29	1.00	0.29 <sup>3</sup>	0.17
LEA 1. Backtest	0.22	-	0.27	1.00	0.15 <sup>3</sup>	0.22
LEA 2. Backtest	0.05	-	0.71	1.00	0.03 <sup>3</sup>	0.22

<sup>1</sup> Poisson Modell; <sup>2</sup> Lineares Modell

$\delta_{ani}$ : Additiv genetische Varianz,  $\delta_{per}$ : Permanenter Umwelteffekt

$\delta_{lit}$ : Varianz des Wurfs,  $\delta_e$ : Restvarianz

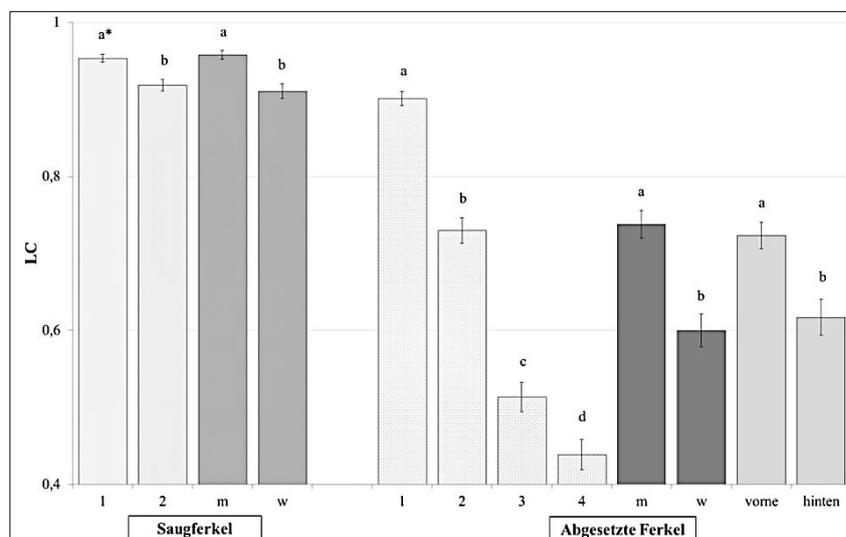
Die genetischen und phänotypischen Korrelationen zwischen den Backtestmerkmalen waren für DEA und LEA sehr hoch ( $r_p = -0,65$ ,  $r_g = -0,88$ ), Die phänotypischen Zusammenhänge zwischen den ersten und zweiten Backtest lagen auf moderatem Niveau, hingegen sind die genetischen Korrelationen sehr hoch (NEA:  $r_g = 0,90$ , DEA:  $r_g = 0,89$ , LEA:  $r_g = 0,69$ ).

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass die Durchführung eines Backtests als ausreichend betrachtet werden kann. Weiterhin ist es unter Praxisbedingungen sinnvoll, als einziges Merkmal die ‚Anzahl der Befreiungsversuche‘ zu berücksichtigen.

#### *Human-Approach-Test*

Die Ergebnisse des Human-Approach-Tests bei Saugferkeln als auch bei abgesetzten Ferkeln verdeutlichen, dass die Tiere mit wiederholten Tests eine geringere Latenz bis zur Berührung des Menschen hatten (Abbildung 2). Das kann mit der Gewöhnung an die Testsituation und auch an den Menschen in Zusammenhang stehen, was auch Velie et al. (2009) und Marchant-Forde et al. (2003) betonen. Je enger und positiver der Kontakt der Schweine zum Menschen ist, desto schneller nähern sie sich ihm. Diese Aussage kann ebenfalls zur Erklärung der Unterschiede in der Buchtenkategorie herangezogen werden. Tiere, die in Buchten nahe der Abteiltür aufgestellt waren, hatten geringere Latenzzeiten als Tiere, die sich in weiter entfernten Buchten befanden. Weiterhin gab es im Human-Approach-Test einen Geschlechtseinfluss. Weibliche Tiere näherten sich dem Menschen schneller als die männlichen. Da in der vorliegenden Studie wurden alle Tiere gleich behandelt wurden, ausgenommen der Kastration der männlichen Ferkel, könnte dieses Ereignis von den Schweinen als prägend negativ empfunden worden sein

und somit zu einer verzögerten Annäherung der männlichen Schweine im Human-Approach-Test geführt haben. Auch Hemsworth et al. (1986) beschreiben, dass Schweine die sehr gut behandelt wurden schneller den Kontakt zu Menschen aufnahmen als schlecht behandelte Tiere.



**Abbildung 2:** LSMeans und Standard Fehler für die Latenz (LC) der Human-Approach-Tests bei Saugferkeln und Abgesetzten Ferkeln für die fixen Effekte Testnummer (1-4), Geschlecht (m: männlich, w: weiblich) und die Kategorie der Bucht (vorne: Bucht nahe der Tür, hinten: Bucht fern der Tür). Innerhalb der Altersklassen und fixen Effekte sind LSMeans mit unterschiedlichen Buchstaben signifikant verschieden ( $p < 0,05$ ).

Die Ergebnisse der genetischen Analyse des Human-Approach-Tests wird nur für die abgesetzten Ferkel und Jungsaunen dargestellt, da in diesen Altersstufen eine ausreichende Differenzierung der Tiere im Test zu verzeichnen war und damit die beste Durchführbarkeit erreicht wurde. Die Erbllichkeit für des Human-Approach-Tests bei den abgesetzten Ferkeln war vergleichsweise hoch mit  $h^2 = 0,20$ . Bei Jungsaunen ( $h^2 = 0,03$ ) konnte dagegen kaum eine Erbllichkeit ermittelt werden (Tabelle 4), was auch auf die zu geringe Stichprobengröße zurückzuführen ist. Weiterhin zeigte sich, dass die Erbllichkeit bei den abgesetzten Ferkeln mit wiederholter Durchführung des Tests abnahm, was auf die geänderte Verteilung des Merkmals zurückzuführen ist. Je öfter der Test durchgeführt wurde, desto mehr Tiere berührten den Menschen.

**Tabelle 4:** Heritabilitäten ( $h^2$ ), Standardfehler (SE) und Varianzen des Human-Approach-Test Merkmale Latenz (LC) bei abgesetzten Ferkeln und Jungsaunen.

	$\bar{\sigma}_{ani}$	$\bar{\sigma}_{per}$	$\bar{\sigma}_{lit}$	$\bar{\sigma}_e$	$h^2$	SE
LC Abgesetzte Ferkel (total)	0.66	1.50	0.12	1.00	0.20 <sup>3</sup>	0.06
LC 1. Test	0.51	-	0.02	1.00	0.33 <sup>3</sup>	0.14
LC 2. Test	0.42	-	0.04	1.00	0.29 <sup>3</sup>	0.12
LC 3. Test	0.24	-	0.23	1.00	0.16 <sup>3</sup>	0.12
LC 4. Test	0.11	-	0.04	1.00	0.10 <sup>3</sup>	0.06
LC Jungsaunen	0.06	-	0.74	1.00	0.03 <sup>3</sup>	0.19

$\bar{\sigma}_{ani}$ : Additiv genetische Varianz,  $\bar{\sigma}_{per}$ : Permanenter Umwelteffekt,  $\bar{\sigma}_{lit}$ : Varianz des Wurfs,  $\bar{\sigma}_e$ : Restvarianz

Die Korrelationen zwischen den Human-Approach-Tests lassen erkennen, dass höhere Werte bei geringeren zeitlichen Abständen zwischen den Tests ermittelt wurden. Diese Aussage wird auch von Janczak et al. (2003) getroffen, die beschreiben, dass die Angst der Tiere gegenüber dem Menschen mit zunehmenden Alter abnimmt. Das zeigen auch die Korrelationen zwischen den Human-Approach-Tests der abgesetzten Ferkel und der Jungsau. Die Tiere verhalten sich als Ferkel im Test anders als eine Jungsau.

#### *Agonistische Interaktionen*

Die agonistischen Interaktionen bei den abgesetzten Ferkeln unterliegen trotz intensivem Training und Beobachterabgleich mit einer Testsequenz einem signifikanten Beobachtereinfluss. Ein Beobachter lieferte abweichende Ergebnisse. Dies unterstreicht die Notwendigkeit eines kontinuierlichen Trainings der Videobeobachter mit verschiedenen Test- und Trainingssequenzen während der gesamten Datenaufnahme.

Die weitere Analyse der fixen Effekte ergab einen Einfluss des Versetzens der schwersten Ferkel eines Wurfs zu anderen Würfen auf die Interaktionen nach dem Absetzen und zu Beginn der Mast. Nach D'Eath and Lawrence (2004) weisen Schweine, die früh sozialisiert wurden ein stabileres Aggressionsniveau auf. Des Weiteren konnten diese Tiere schneller eine stabile Rangordnung aufbauen (D'Eath, 2005). Somit kann das Versetzen als eine frühe Sozialisierung des Schweins gesehen werden und das Aufbauen einer stabilen Gruppenhierarchie unterstützen.

Schwerere Schweine zeigten eine höhere Zahl agonistischer Interaktionen und waren aggressiver als leichtere Tiere. Ein Grund dafür könnte darin liegen, dass schwerere Tiere ihren Rang aus der vorhergehenden Gruppierung verteidigen und dafür mehr kämpfen. Diese Aussage wird unterstützt durch Studien von D'Eath und Lawrence (2004) und Otten et al. (1997).

Der zufällige Effekt des Wurfs erklärt einen geringen Anteil der Gesamtvarianz bei den abgesetzten Ferkeln und Mastschweinen (Tabelle 5). Schweine aus größeren Würfen kämpften tendenziell ( $p < 0.1$ ) mehr als Tiere aus kleinen Würfen. Möglicherweise steht diese Beobachtung im Zusammenhang mit einer Begrenzung der Nahrungsaufnahme (Zahl der verfügbaren Zitzen) und diesen prägenden Erfahrungen in frühestem Ferkelalter (Fraser, 1975; Fraser and Jones, 1975; D'Eath and Lawrence, 2004).

Die Heritabilitäten für die Merkmale der agonistischen Interaktionen sind für die verschiedenen Altersgruppen auf einem vergleichbaren Niveau (Tabelle 5). Damit ist eine züchterische Einflussnahme zu jedem Zeitpunkt denkbar. Als wichtigste Merkmale wurden die ‚Anzahl an Kämpfen‘ (NF) und die ‚Initiierten Kämpfe‘ (IF) mit mittleren konstanten Heritabilitäten identifiziert.

**Tabelle 5:** Erblichkeiten ( $h^2$ ) und Varianzen (additive genetische:  $\delta_a^2$ ; Varianz des Wurfs:  $\delta_i^2$ ; Restvarianz:  $\delta_e^2$ ) der agonistischer Interaktionsmerkmale Anzahl Kämpfe (NF), Dauer Kämpfe (DF), Initiierte Kämpfe (IF), Empfangene Kämpfe (RF), gewonnene Kämpfe (FW) und verlorene Kämpfe (FL) bei abgesetzten Ferkeln, Mastschweinen und Jungsau.

	$\delta_a^2$			$\delta_i^2$			$\delta_e^2$			$h^2$		
	Abgesetzte Ferkel	Mast-schweine	Jung-sauen									
<b>NF</b>	0,05	0,12	0,07	0,02	0,00	0,00	0,30	0,52	0,66	0,15 (0,09)*	0,18 (0,08)	0,10 (0,11)
<b>DF</b>	0,06	0,01	0,49	0,07	0,13	0,08	0,74	3,51	5,33	0,06 (0,07)	0,01 (0,10)	0,08 (0,11)
<b>IF</b>	0,07	0,09	0,06	0,07	0,02	0,00	0,63	0,57	0,54	0,09 (0,16)	0,13 (0,19)	0,10 (0,11)
<b>RF</b>	0,14	0,05	0,20	0,00	0,00	0,00	0,24	0,41	0,49	0,37 (0,08)	0,11 (0,07)	0,04 (0,10)
<b>FW</b>	0,15	0,07	0,08	0,04	0,00	0,00	0,80	0,60	0,55	0,15 (0,11)	0,11 (0,08)	0,12 (0,11)
<b>FL</b>	0,11	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,37	0,00	0,22 (0,13)	0,16 (0,08)	0,01 (0,03)

\*Standardfehler in Klammern.

Hohe genetische Korrelationen wurden zwischen IF und FW sowie RF und FL geschätzt, geringere dagegen zwischen IF und FL und RF und FW geschätzt (Tabelle 6). Tiere, die öfters einen Kampf anfangen, gewannen diesen auch meist. Hingegen waren Schweine, die angegriffen wurden, auch meist am Ende die Unterlegenen. Zwischen den Altersgruppen zeigten sich geringe phänotypische Zusammenhänge, wobei diese zwischen benachbarten Altersabschnitten erwartungsgemäß höher ausfielen. Im Vergleich zu den phänotypischen Korrelationen weisen die Werte der genetischen Zusammenhänge keinen generellen Trend auf, was vermutlich auf die zu geringe Tierzahl zurückzuführen ist.

Die Korrelationen der Merkmale ‚Anzahl Kämpfe‘ (NF) und ‚Initiierte Kämpfe‘ (IF) zu den anderen Merkmalen der agonistischen Interaktionen und die konstanten Korrelationen dieser Merkmale zwischen den Altersgruppen verdeutlicht neben den schon erwähnten Erbllichkeiten, dass diese Merkmale die geeignetsten sind um das agonistische Verhalten von Schweinen jeden Alters zu beschreiben.

**Tabelle 6:** Phänotypische und genetische Korrelationen zwischen den Merkmalen Anzahl Kämpfe (NF), Dauer Kämpfe (DF), Initiierte Kämpfe (IF), Empfangene Kämpfe (RF), gewonnene Kämpfe (FW) und verlorene Kämpfe (FL) innerhalb der Altersgruppen der abgesetzten Ferkel, Mastschweine und Jungsauen.

		DF		IF		RF		FW		FL	
		$r_g$	$r_p$	$r_g$	$r_p$	$r_g$	$r_p$	$r_g$	$r_p$	$r_g$	$r_p$
<b>Abgesetzte Ferkel</b>	NF	0,85 ± 0,17	0,82	0,79 ± 0,19	0,83	0,62 ± 0,55	0,68	0,67 ± 0,21	0,77	0,25 ± 0,75	0,45
	DF			0,48 ± 0,30	0,68	0,75 ± 0,38	0,55	0,60 ± 0,26	0,67	0,08 ± 0,86	0,29
	IF					0,02 ± 0,57	0,28	0,87 ± 0,07	0,83	-0,16 ± 0,54	0,20
	RF							-0,05 ± 0,49	0,33	0,67 ± 0,31	0,57
	FW									-0,54 ± 0,09	-0,03
<b>Mastschweine</b>	NF	0,96 ± 0,07	0,88	0,98 ± 0,13	0,86	0,87 ± 0,03	0,81	0,99 ± 0,01	0,81	0,96 ± 0,06	0,78
	DF			0,90 ± 0,15	0,73	0,97 ± 0,08	0,70	0,97 ± 0,10	0,69	0,85 ± 0,18	0,66
	IF					0,77 ± 0,25	0,48	0,98 ± 0,03	0,84	0,99 ± 0,03	0,56
	RF							0,88 ± 0,17	0,55	0,71 ± 0,21	0,75
	FW									0,14 ± 0,07	0,37
<b>Jungsauen</b>	NF	0,95 ± 0,04	0,93	0,97 ± 0,02	0,86	0,99 ± 0,00	0,88	0,98 ± 0,02	0,88	0,99 ± 0,01	0,89
	DF			0,90 ± 0,08	0,77	0,96 ± 0,05	0,79	0,90 ± 0,06	0,79	0,95 ± 0,06	0,80
	IF					0,97 ± 0,03	0,60	0,99 ± 0,01	0,86	0,99 ± 0,02	0,72
	RF							0,98 ± 0,03	0,74	0,99 ± 0,01	0,83
	FW									0,20 ± 0,06	0,64

*Beziehungen zwischen den Verhaltenstests und dem agonistischen Verhalten*  
*Backtest – Human-Approach-Test*

Die phänotypischen und auch genetischen Korrelationen zwischen beiden Verhaltenstests sind gering (Tabelle 7). Demzufolge analysieren der Backtest und der Human-Approach-Test unterschiedliche Verhaltensweisen. Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit anderen Untersuchungen, wobei genetische Zusammenhänge zwischen diesen beiden Verhaltenstest bisher kaum analysiert wurden (van Erp-van der Kooij et al., 2002; Janczak et al., 2003; Velie et al., 2009).

**Tabelle 7:** Phänotypische und genetische Korrelationen zwischen den Backtestmerkmalen Anzahl Befreiungsversuche (NEA), Dauer aller Befreiungsversuche (DEA) und Latenz bis zum ersten Befreiungsversuch (LEA) und den Human-Approach-Test Merkmal Latenz (LC) bei abgesetzten Ferkeln und Jungsauen.

		NEA		Backtest DEA		LEA	
		$r_p$	$r_g$	$r_p$	$r_g$	$r_p$	$r_g$
Human- Approach- test	LC abgesetzte Ferkel	-0,01	0,08 ± 0,31	-0,03	0,04 ± 0,37	0,03	0,21 ± 0,37
	LC Jungsauen	-0,02	-0,12 ± 0,38	-0,02	-0,19 ± 0,46	0,04	0,21 ± 0,43

*Backtest - agonistische Interaktionen*

Die genetischen Korrelationen zwischen den NEA und IF sind für die abgesetzten Ferkel positiv. Somit initiierten Tiere, die mehr Befreiungsversuche im Backtest unternahmen, mehr Kämpfe und waren somit aggressiver und dominant. In der Literatur werden Schweine, die viele Kämpfe initiieren und häufig kämpfen als die dominanten Tiere beschrieben (Meese and Ewbank, 1973; Arey, 1999).

Im Gegensatz zu den Korrelationen zwischen dem Backtest und den agonistischen Interaktionen bei abgesetzten Ferkeln, zeigen die genetischen Korrelationen zwischen dem Merkmal Zahl der Befreiungsversuchen und Anzahl Kämpfe bzw. initiierte Kämpfe bei Mastschweinen einen negativen Zusammenhang. Tiere mit mehr Befreiungsversuchen waren als Mastschweine weniger aggressiv. Dies kann mit der Sicherheit über die Rangposition in vorhergehenden Gruppierungen (als abgesetztes Ferkel) erklärt werden. Die dominanten Tiere sind sich ihrer Rangposition sicherer als die subdominanten und für sie ergibt sich somit als Mastschwein beim Umgruppieren weniger die Notwendigkeit zu kämpfen. Auch Enquist und Leimar (1983), D' Eath (2004) und Rushen et al. (1988) beschrieben in ihren Untersuchungen, dass das aggressive Verhalten der Tiere von Erfolgen in vorangegangenen Kämpfen beeinflusst wird und einen Effekt auf den Rangplatz in Neugruppierung hat. Die Korrelationen zeigen somit eine deutliche Abhängigkeit des Alters der Tiere, um die agonistischen Interaktionen mit Hilfe des Backtests vorherzusagen. Bei Jungsauen konnten keine klaren Zusammenhänge mit den Ergebnissen des Backtests ermittelt werden, was auf die geringe Anzahl Jungsauen in der Analyse zurückzuführen ist. Auch in der Literatur werden Zusammenhänge des Backtests mit der Aggression von Tieren beschrieben, jedoch ist die Vergleichbarkeit der Studien aufgrund der unterschiedlichen Erfassung des agonistischen Verhaltens oftmals sehr schwierig (Hessing et al., 1993; Hessing et al., 1994; Ruis et al., 2000). Daher finden sich auch Untersuchungen, die keinen

Zusammenhänge zwischen dem Backtest und aggressivem Verhalten beobachten konnten (Forkman et al., 1995; D'Eath and Burn, 2002; D'Eath and Pickup, 2002). Außerdem wurde eine genetische Analyse dieser Merkmalsbeziehungen bisher nicht durchgeführt.

#### *Human-Approach-Test - agonistische Interaktionen*

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen moderate negative Korrelationen zwischen den Human-Approach-Tests beider Altersstufen (abgesetzte Ferkel, Jungsauen) und den Merkmalen NF und IF des agonistischen Verhaltens. Somit haben Tiere, die sich dem Menschen schneller nähern, intensiver gekämpft und mehr Kämpfe initiiert und gelten damit als die dominanteren Schweine. In anderen Untersuchungen wurden ebenfalls Beziehungen zwischen dem Human-Approach-Test und der Aggressivität gefunden. So wurden auch bei Thodberg et al. (1999) Tiere mit geringerer Latenz als aggressiver identifiziert. Ähnliche Ergebnisse wurden von Brown et al. (2009) berichtet. Hingegen gibt es auch Untersuchungen, die keinen Zusammenhang zwischen dem Human-Approach-Test und dem aggressivem Verhalten fanden (Forkman et al., 1995). Die Vergleichbarkeit der Studien ist wie beim Back-Test nur eingeschränkt möglich, da das aggressive Verhalten unterschiedlich erfasst wird. Die Aggressivität wird oft anhand eines Resident-Intruder-Tests ermittelt, der eine künstlich hervorgerufene Situation darstellt und somit nicht das ‚wahre‘ agonistische Verhalten von Schweinen bei praxisüblichen Umstellungen ermittelt. Ergebnisse über genetische Korrelationen zwischen den Merkmalen des Human-Approach-Tests und den agonistischen Interaktionen sind bisher nicht publiziert.

Zusammenfassend kann der Human-Approach-Test sehr gut genutzt werden, um die agonistischen Interaktionen zwischen den Tieren bei Neugruppierungen von abgesetzten Ferkeln als auch von Mastschweinen und Jungsauen vorherzusagen.

## **2.2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises**

Die wichtigste Position des zahlenmäßigen Nachweises waren die Personalkosten. Die bewilligte Stelle (wissenschaftliche Mitarbeiterin 0,5 E13) wurde von Frau Katharina Scheffler ausgefüllt. Frau Scheffler hat das Projekt im Rahmen ihrer Promotion bearbeitet und war für die Datenerfassung und statistische Auswertung der Daten zuständig. Zusätzlich wurden wissenschaftliche Hilfskräfte benötigt, die bei der praktischen Durchführung der Verhaltenstests geholfen und insbesondere das umfangreiche Videomaterial ausgewertet haben. Für die Videoaufzeichnungen wurden noch Kamera, CamDisc und Speichermedien angeschafft (s. Einzelheiten Verwendungsnachweis)

## **2.3. Notwendigkeit und Angemessenheit der Arbeit**

Die geleistete Arbeit war notwendig und angemessen, um die Ziele des Projektes zu erreichen. Die Installation und die laufende Überprüfung der Videokomponenten im Stall sowie die Auswertung des umfangreichen Videomaterials gehören neben der statistischen Analyse zu den Arbeitsabschnitten mit dem höchsten Zeitaufwand. Ohne Videomaterial über die agonistischen Interaktionen wären aber keine Aussagen zu den Verhaltenstests unter praktischen Gesichtspunkten (Auseinandersetzungen bei der Neugruppierung in den verschiedenen Altersgruppen) möglich gewesen.

## 2.4. Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Das Ziel der Untersuchung bestand darin, die Erblichkeit und genetischen Beziehungen der agonistischen Interaktionen mit dem Back- und Human-Approach-Test in verschiedenen Altersabschnitten zu analysieren. Dabei wurden als Bezugsgröße gezielt die agonistischen Interaktionen gewählt, weil diesen bei Neugruppierungen in der Praxis eine bedeutende Rolle spielen (z.B. Rankämpfe, Verletzungen).

Beide Verhaltenstests weisen eine erbliche Komponenten auf und kommen grundsätzlich für die Selektion in Frage, sie sprechen aber unterschiedliche Verhaltenskreise an. Beide korrelieren mit dem aggressiven Verhalten, wobei für den Human-Approach-Test über die Altersstufen hinweg konsistentere Schätzwerte ermittelt wurden. Für den Back-Test wird eine künstliche Testumwelt geschaffen, während der Human-Approach-Test einfach in den Betriebsablauf (bei Neu- oder Umgruppierungen) integriert werden kann. Gerade für die Selektion der Jungsaue bietet sich in Zuchtprogrammen der Human-Approach-Test an, um bei Neugruppierungen sowohl in der Aufzucht als auch Mast und bei der mittlerweile vorgeschriebenen Gruppenhaltung der Saue im Wartebereich die Zahl der agonistischen Interaktionen zu vermindern. Unerwünschte indirekte Selektionserfolge (z.B. Fruchtbarkeit, Zunahme) sind nicht zu erwarten.

Daneben sollte in weiteren Studien überprüft werden, inwieweit das aggressive Verhalten z.B. bei Neugruppierungen als ein Indikator für das Schwanzbeißen bei nicht kupierten Schweinen angesehen werden kann. Dabei sollten auch wieder der Back-Test und Human-Approach-Test (Ferkelaufzucht) verwendet werden, die möglicherweise als praxistaugliche Hilfsmerkmale für die Selektion dienen könnten. Das beinhaltet allerdings, dass Täter und Opfer identifiziert werden müssten, was nur mit aufwändigen Videoaufzeichnungen durchführbar wäre.

## 2.5. Eingehende Darstellung des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Es sind keine weiteren Forschungsarbeiten zu den genetischen Beziehungen zwischen den agonistischen Interaktionen und Verhaltenstests (Back- und Human-Approach-Test) bekannt. Forschungsergebnisse sind in den aus dem Projekt hervorgegangenen Veröffentlichungen zu entnehmen.

## 2.6. Veröffentlichung der Ergebnisse

### Dissertation

Scheffler, K., 2014. Evaluation of agonistic interactions and behavioural tests concerning systematic and genetic aspects of pigs at different age levels, Schriftenreihe des Instituts für Tierzucht und Tierhaltung der Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Heft 204

### Wissenschaftliche Veröffentlichungen (peer review)

Scheffler, K., Traulsen, I., Krieter, J., 2014. Assessment of individual pig behaviour using backtest and human approach test at different age levels. *Applied Animal Behaviour Science* **160**, 38-45

Scheffler, K., Traulsen, I., Krieter, J., 2014. Characterisation of pigs into different personalities using the behavioural tests back test and human approach test. *Livestock Science* **167**, 297-304

- Büttner K., Scheffler, K., Czycholl, I., Krieter, J. 2015. Network characteristics and development of social structure of agonistic behaviour in pigs across three repeated rehousing and mixing events. *Applied Animal Behaviour Science*, DOI information: 10.1016/j.applanim.2015.04.017
- Büttner K., Scheffler, K., Czycholl, I., Krieter, J. 2015. Social network analysis – centrality parameters and individual network positions of agonistic behaviour in pigs over different age levels. *SpringerPlus* **4**, 185-190
- Scheffler, K., Stamer, E., Traulsen, I., Krieter, J., 2015. Estimation of genetic parameters for agonistic behaviour of pigs at different ages. *Journal of Agriculture Science*, submitted
- Scheffler, K., Stamer, E., Traulsen, I., Krieter, J., 2015. Relationship between behavioural tests and agonistic interactions at different age levels in pigs. *Journal of Animal Science*, submitted

### **Sonstige Veröffentlichungen**

- Scheffler, K., Krieter, J., 2012. The relationship between backtest and agonistic behaviour in pigs. 63<sup>rd</sup> EAAP Book of Abstracts No. 18, 350.
- Scheffler, K., Krieter, J., 2012. Analyse verschiedener Verhaltenstests beim Schwein. Vortragstagung der DGfZ und GfT Halle / Wittenberg 12.-13. September 2012
- Scheffler, K., Traulsen, I., Krieter, J., 2013. Individual behavioural pattern in pigs. 64<sup>th</sup> EAAP Book of Abstracts No. 19, 392
- Scheffler, K., Stamer, E., Traulsen, I., Krieter, J., 2013. Genetische Analyse des Backtests und Human-Approach-Tests beim Schwein. Vortragstagung der DGfZ und GfT Göttingen, 4./5. September, C23

## **2.7. Literaturverzeichnis**

- Arey, D.S., 1999. Time course for the formation and disruption of social organisation in group-housed sows. *Applied Animal Behaviour Science* **62**, 199-207.
- Brown, J.A., Dewey, C., Delange, C.F.M., Mandell, I.B., Purslow, P.P., Robinson, J.A., Squires, E.J., Widowski, T.M., 2009. Reliability of temperament tests on finishing pigs in group-housing and comparison to social tests. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **118**, 28-35.
- D'Eath, B.R., Burn, C.C., 2002. Individual differences in behaviour: a test of "coping style" does not predict resident-intruder aggressiveness in pigs. *Behaviour* **139**, 1175-1194.
- D'Eath, R.B., 2004. Consistency of aggressive temperament in domestic pigs: The effects of social experience and social disruption. *Aggressive Behav.* **30**, 435-448.
- D'Eath, R.B., 2005. Socialising piglets before weaning improves social hierarchy formation when pigs are mixed post-weaning. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **93**, 199-211.
- D'Eath, R.B., Lawrence, A.B., 2004. Early life predictors of the development of aggressive behaviour in the domestic pig. *Anim. Behav.* **67**, 501-509.
- D'Eath, R.B., Pickup, H.E., 2002. Behaviour of Young Growing Pigs in a Resident-Intruder Test Designed to Measure Aggressiveness. *Aggressive Behavior* **28**, 401-415.
- Enquist, M., Leimar, O., 1983. Evolution of fighting behaviour: Decision rules and assessment of relative strength. *Journal of Theoretical Biology* **102**, 387-410.
- Forkman, B., Furuhaug, I.L., Jensen, P., 1995. Personality, coping patterns, and aggression in piglets. *Applied Animal Behaviour Science* **45**, 31-42.

- Fraser, D., 1975. The teat order of suckling pigs: II. Fighting during suckling and the effects of clipping the eye teeth. *J. Agr. Sci.* **84**, 393-399.
- Fraser, D., Jones, R.M., 1975. The teat order of suckling pigs: I. Relation to birth weight and subsequent growth. *J. Agr. Sci.* **84**, 387-391.
- GfE, 2006. Empfehlungen zur Energie und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG-Verlag Frankfurt am Main, Germany.
- Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., Hansen, C., 1986. The influence of handling by humans on the behaviour, reproduction and corticosteroids of male and female pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **15**, 303-314.
- Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., Treacy, D., Madgwick, P., 1990. The heritability of the trait fear of humans and the association between this trait and subsequent reproductive performance of gilts. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **25**, 85-95.
- Hessing, M.J.C., Hagelsø, A.M., van Beek, J.A.M., Wiepkema, R.P., Schouten, W.G.P., Krukow, R., 1993. Individual behavioural characteristics in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **37**, 285-295.
- Hessing, M.J.C., Hagelsø, A.M., Schouten, W.G.P., Wiepkema, P.R., Van Beek, J.A.M., 1994. Individual behavioral and physiological strategies in pigs. *Physiol. Behav.* **55**, 39-46.
- Janczak, A.M., Pedersen, L.J., Bakken, M., 2003. Aggression, fearfulness and coping styles in female pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **81**, 13-28.
- Marchant-Forde, J.N., Bradshaw, R.H., Marchant-Forde, R.M., Broom, D.M., 2003. A note on the effect of gestation housing environment on approach test measures in gilts. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **80**, 287-296.
- Meese, G.B., Ewbank, R., 1973. The establishment and nature of the dominance hierarchy in the domesticated pig. *Anim. Behav.* **21**, 326-334.
- Otten, W., Puppe, B., Stabenow, B., Kanitz, E., Schön, P.C., Brüßow, K.P., Nürnberg, G., 1997. Agonistic interactions and physiological reactions of top- and bottom-ranking pigs confronted with a familiar and an unfamiliar group: Preliminary results. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **55**, 79-90.
- Roehe, R., Shrestha, N.P., Mekki, W., Baxter, E.M., Knap, P.W., Smurthwaite, K.M., Jarvis, S., Lawrence, A.B., Edwards, S.A., 2009. Genetic analyses of piglet survival and individual birth weight on first generation data of a selection experiment for piglet survival under outdoor conditions. *Livest. Sci.* **121**, 173-181.
- Rohrer, G.A., Brown-Brandl, T., Rempel, L.A., Schneider, J.F., Holl, J., 2013. Genetic analysis of behavior traits in swine production. *Livest. Sci.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.07.002>.
- Ruis, M.A.W., Brake, J., Van de Burgwal, J.A., de Jong, I.C., Blokhuis, H.J., Koolhaas, J.M., 2000. Personalities in female domesticated pigs: behavioural and physiological indications. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **66**, 31-47.
- Rushen, J., 1988. Assessment of fighting ability or simple habituation: What causes young pigs (*Sus scrofa*) to stop fighting? *Aggressive Behavior* **14**, 155-167.
- Stukenborg, A., Traulsen, I., Puppe, B., Presuhn, U., Krieter, J., 2010. Agonistic behaviour after mixing in pigs under commercial farm conditions. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **129**, 28-35.
- Thodberg, K., Jensen, K.H., Herskin, M.S., 1999. A general reaction pattern across situations in prepubertal gilts. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **63**, 103-119.
- van Erp-van der Kooij, E.V., Kuijpers, A.H., Schrama, J.W., van Eerdenburg, F.J.C.M., Schouten, W.G.P., Tielen, M.J.M., 2002. Can we predict behaviour in pigs?:

- Searching for consistency in behaviour over time and across situations. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **75**, 293-305.
- Velie, B.D., Maltecca, C., Cassady, J.P., 2009. Genetic relationship among pig behavior, growth, backfat, and loin muscle area. *J. Anim. Sci.* **87**, 2767-2773.
- Zebunke, M., Nürnberg, G., D.Repsilber, Puppe, B., 2013. Der Backtest beim Schwein — Individuelle Variation im Verhalten oder Verhaltensstrategie? Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2013, KTBL-Schrift 503, 188–197.

## **Teilprojekt 5.1 (Prof. Dr. G. Thaller)**

### **1. Kurzdarstellung**

#### **1.1. Aufgabenstellung**

Die systematische züchterische Verbesserung der Nutztierpopulationen beruht wesentlich auf den Säulen von umfassenden Abstammungsaufzeichnungen der vorliegenden Pedigreestrukturen, intensiven und populationsweiten Erfassungen und zentralen Datenhaltung der gemessenen Leistungsmerkmale und quantitativ-genetischen Methoden, die in der Lage sind, die genetische Konstitution von Einzeltieren zur Selektion überlegener Elterntiere zu bestimmen und auf Grund dieser Zuchtwerte optimierte Anpaarungsstrategien zu etablieren. Die konsequente Abarbeitung dieser Schritte in den Zuchtprogrammen bei Rind und Schwein waren die Grundlage für die Erzielung großer Zuchtfortschritte vor allem für die wirtschaftlich bedeutenden Merkmale in den letzten Jahrzehnten. Allerdings zeigte sich trotz dieser Erfolge auch, dass für eine Reihe von Merkmalskomplexen die skizzierte Vorgehensweise nur bedingt in der Lage war, entsprechende Verbesserungen herbeizuführen. Dies gilt in besonderem Maße für funktionale Merkmale der Tiergesundheit, deren genetische Determination im Vergleich zu den Umwelteinflüssen vergleichsweise gering ist, nicht jedoch für unmittelbar messbare Größen wie das Wohlbefinden der Tiere. Gerade letztere treten aber angesichts des hohen erreichten Leistungsniveaus immer mehr in den Vordergrund einer gesamtwirtschaftlichen und gesellschaftlichen Bewertung der tierischen Erzeugung und beeinflussen maßgeblich die Akzeptanz durch den Verbraucher.

Die Arbeitsschwerpunkte im TP5.1 lagen im Bereich der Weiterentwicklung genombasierter statistischer Verfahren zur Charakterisierung neuer Phänotypen und deren mögliche Integration in Zuchtprogramme. Darüber hinaus sollten nicht-additiv genetische Effekte geschätzt und Assoziationsstudien für neue Merkmale durchgeführt werden. Folgende Aufgabenstellungen wurden konkret bearbeitet:

- Entwicklung und Bewertung von Verfahren zur Einbeziehung nicht-additiv genetischer Effekte bei unvollständigen genomischen Daten
- Genomweite Assoziationsstudien zur Schätzung von Dominanzeffekten auf Basis abgeleiteter Genotypwahrscheinlichkeiten
- Generierung neuer Phänotypen und Bewertung hochdichter Phänotypisierungen für die Eutergesundheit beim Rind
- Genomweite Assoziationsstudien von neuen Verhaltensmerkmalen, die in Phänomics generiert wurden.

#### **1.2. Voraussetzungen, unter denen das Projekt durchgeführt wurde**

Die Idee und das Konzept des Vorhabens entstanden in einer Zeit, in der das mögliche Potenzial der Genomischen Selektion konkret wurde und die notwendigen Voraussetzungen für eine erfolgreiche Etablierung abgeschätzt werden konnten. Das Institut für Tierzucht und Tierhaltung war gemeinsam mit dem Projektpartner vit bei der Entwicklung und Umsetzung der Genomischen Selektion in Deutschland führend. Diese war gekennzeichnet durch eine Vielzahl innovativer methodischer Ansätze, eine stetig gestiegene Effizienz der SNP-Genotypisierung und der Erkenntnis, dass für eine erfolgreiche Umsetzung der Genomischen Selektion neben großen

Referenzpopulationen belastbare Phänotypen unabdingbar sind. Es wurde auch offensichtlich, dass mit Hilfe der genomischen Information die Charakterisierung nicht additiv-genetischer Effekte möglich ist, die insbesondere bei funktionalen und nieder erblichen Merkmalen von Bedeutung sind. In den Vorgängerprojekten wurde eine Infrastruktur zur Datenhaltung, -aufbereitung und -auswertung geschaffen, die im Projekt genutzt werden konnte. Im Weiteren standen auf dem institutseigenen Versuchsbetrieb Messeinrichtungen zur Verfügung, die eine sehr dichte Beprobung der Versuchsherde bezüglich dem Eutergesundheitsparameter ‚somatische Zellzahl‘ ermöglichte. Neben dem auf dem Projekt angestellten Wissenschaftler verfügt die Arbeitsgruppe über ein hohes Maß an Fachkompetenz, die bei der Breite der Fragestellungen eingebracht werden konnte.

### **1.3. Planung und Ablauf**

Das Vorhaben wurde im Rahmen des BMBF-Kompetenznetzes PHÄNOMICS durchgeführt. Bei regelmäßigen Projekttreffen des Verbundes wurde jeweils der Stand des Teilprojekts vorgestellt und diskutiert sowie das weitere Vorgehen abgestimmt. Es fand auch eine Vielzahl informativer Treffen einzelner Projektpartner bezüglich spezifischer Fragestellungen statt sowie ein Wissensaustausch auf verschiedenen Ebenen statt. Die Projektpartner wurden sowie der Koordinator wurden stets über den aktuellen Sachstand des Projekts, insbesondere über Gespräche mit dem Projektträger und Modifikationen des Arbeitsprogramms unterrichtet.

Die Arbeiten an der CAU Kiel wurden von folgenden Personen durchgeführt:

- Projektleiter TP51 und Koordination des Verbundprojektes VP5: Prof. Dr. Georg Thaller
- Tierauswahl und administrative Tätigkeiten: Dr. Jens Boysen
- Koordination der Laborarbeiten und Probenakquise: Dr. Jens Tetens
- DNA-Aufbereitung: Frank Neumann (Technischer Assistent)
- Methodenentwicklung, Statistik, Auswertung: Dr. Teide-Jens Boysen PD Dr. Dirk Hinrichs, Dr. Jens Tetens, Prof. Dr. Georg Thaller

### **1.4. Wissenschaftlicher Kenntnisstand zu Beginn des Vorhabens**

Die Untersuchungen knüpften an den im Antrag ausführlich dargelegten und in der wissenschaftlichen Fachliteratur frei zugänglichen Stand der Wissenschaft und Technik an. Es wurden keine bekannten Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte für die Durchführung des Vorhabens benutzt. Die verwendete Fachliteratur ist im beigefügten Literaturverzeichnis sowie in den beigefügten Publikationen angegeben. Es wurden die fachspezifisch ausgewiesenen Informations- und Dokumentationsdienste, z.B. PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed/>) verwendet.

### **1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Die Arbeiten erfolgten überwiegend in enger Zusammenarbeit mit den einzelnen Partnern innerhalb des Verbundprojektes. Im Weiteren wurde im Rahmen wissenschaftlicher Kooperationen mit folgenden Einrichtungen zusammengearbeitet:

- Landeskontrollverband Schleswig-Holstein: Zellzahlbestimmung
- Institut für Tierzucht Uni Hohenheim: Prof. Dr. Jörn Bennewitz (Typisierung Schwein)
- Rinderzucht Schleswig-Holstein (RSH): Genotypen und Zuchtprogramm

## 2. Eingehende Darstellung

### 2.1. Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse einschließlich Vergleich mit den vorgegebenen Projektzielen

#### *Bewertung der Zellzahlvarianz als neues Hilfsmerkmal für Eutergesundheit*

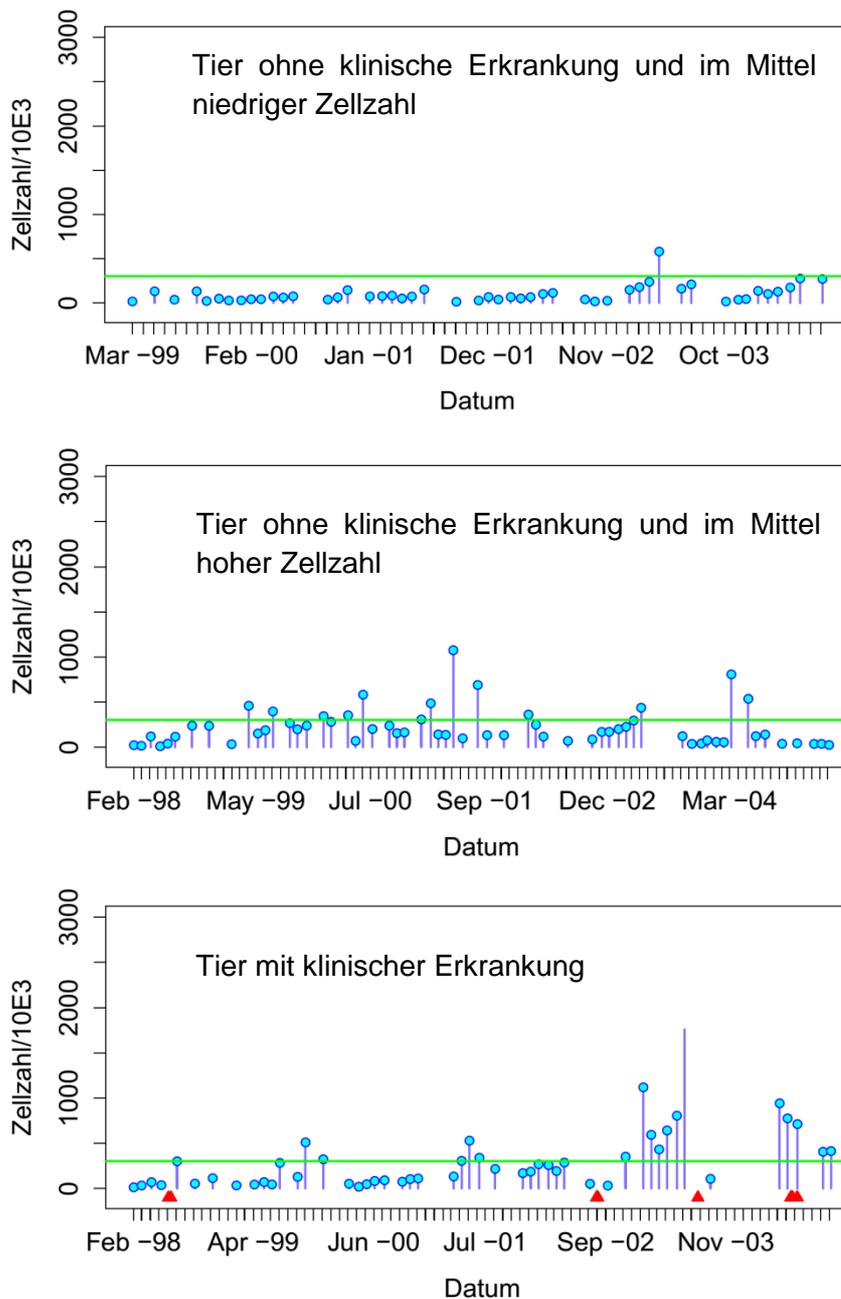
Euterentzündungen (Mastitiden) gehören zu den häufigsten Erkrankungen von Milchkühen. Sie treten insbesondere in der Früh lactation auf und verursachen einen teilweise erheblichen Leidensdruck bei den Tieren. Darüber hinaus sind Mastitiden eine der Hauptindikationen für den Einsatz von Antibiotika in der Milchviehhaltung und verursachen immense ökonomische Schäden durch direkte (Behandlung) und indirekte (Verwerfen der Milch, reduzierte Fruchtbarkeit, Milchleistungsrückgang in der weiteren Laktation) Kosten. Für die Niederlande wurden Kosten von 6000,- € pro Betrieb und Jahr allein durch klinische Mastitiden geschätzt (Lam et al., 2013). Berücksichtigt man auch subklinische Erkrankungen, liegt man um ein mehrfaches höher (Geary et al., 2012). Daher besitzt die Zucht auf Eutergesundheit einen hohen Stellenwert, wird aber durch den Umstand erschwert, dass in Deutschland keine Aufzeichnungen über klinische Befunde als phänotypische Daten zur Verfügung stehen. Daher wird seit langem die Somatische Zellzahl als Hilfsmerkmal für Mastitisresistenz eingesetzt. Die genetischen Korrelationen zwischen beiden Merkmalen wurden auf 0,6 - 0,7 geschätzt (Hinrichs et al. 2005; Buttchereit et al., 2012). Der physiologische Zusammenhang besteht darin, dass die Somatische Zellzahl in Folge einer Euterinfektion ansteigt. Allerdings gibt es Tiere ohne klinische Erkrankung mit per se hohen Zellzahlen. Außerdem birgt die Selektion auf niedrige Zellzahl-niveaus das Risiko, die Immunabwehr des Euters nachteilig zu beeinflussen (Tetens et al., 2013). Charakteristisch für eine Infektion ist allerdings ein zügiger Anstieg der Zellzahl, die mit Abklingen der Infektion zurückgeht. Dies spiegelt sich in der Variation des Merkmals im Laufe der Laktation wider (Abbildung 1) und legt nahe, eben diese Variation in der Zuchtwertschätzung als neues Merkmal zu berücksichtigen.

Die Zielsetzung im Rahmen von Phänomics bestand daher darin, die Varianz der Zellzahl innerhalb der Laktation und Kombinationen anderer Merkmale damit im Hinblick auf die Eignung als Hilfsmerkmal für klinische Mastitis zu bewerten. In einem ersten Vorversuch wurde die Varianz in Kombination mit dem Zellzahl-niveau verwendet, um klinische Mastitisereignisse in einem auf dem Versuchsgut Karkendamm generierten Datensatz retrospektiv vorherzusagen. Dabei wurden die Zellzahldaten wöchentlich erhoben und der Datensatz umfasst etwa 1000 Kühe. Hierbei wurden befriedigende Sensitivitäten und Spezifitäten erreicht. Daraufhin wurden die Analysen in einem vorhandenen Felddatensatz mit 16.545 Kühen und monatlicher Datenerfassung, wie in der Routine üblich, wiederholt. Die Daten wurden von 1998 bis 2008 auf 3 großen Betrieben mit durchschnittlich 3.200 Kühen erfasst. Es lagen Informationen über 55.536 medizinische Euterbehandlungen auf Grund klinischer Mastitis sowie 324.423 monatliche Milchleistungsprüfdatensätze vor. Der Median und die Varianz der Milchleistung, des Fett- und Eiweißgehaltes, des Fett-Eiweiß-Verhältnisses sowie der Somatischen Zellzahl wurden berechnet und der Phänotyp „klinische Mastitis“ ging entweder als binäres Merkmal (ja/nein) oder als Anzahl der Behandlungen pro Laktation ein. Die geschätzten Erblichkeiten reichten von 0,04 (Mastitis binär) bis 0,76 (Fettgehalt). Eine detaillierte Darstellung findet sich in den Tabellen 1 und 2. Wie zu erwarten wurden die höchsten genetischen Korrelationen zwischen den beiden Mastitismerkmalen (0,97) sowie der Somatischen Zellzahl (0,68). Wurden die Varianzen genutzt, wurden niedrigere Heritabilitäten geschätzt und auch die genetischen

Korrelationen nahmen ab. Diese Ergebnisse wurden zur Präsentation auf der diesjährigen Jahrestagung der europäischen Vereinigung für Tierproduktion in Krakau angenommen.

Die Ergebnisse bestätigen nicht die äußerst vielversprechenden Resultate aus dem Datensatz mit wöchentlicher Erfassung. Es kann darauf geschlossen werden, dass eine monatliche Erfassung nicht ausreicht, um die vergleichsweise kurzfristigen Schwankungen der Zellzahl im Verlauf einer Euterinfektion adäquat abzubilden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Varianz der Zellzahl ein vielversprechendes neues Merkmal darstellt, das jedoch eine höhere Erfassungsdichte erfordert als bisher in der Praxis üblich.



**Abbildung 1:** Zellzahlprofile drei verschiedener Kühe vom Versuchsbetrieb Karkendamm. Beachte die große Variation im Falle klinischer der klinischen Infektion.

**Tabelle 1:** Heritabilitäten (auf der Diagonalen) und genetische Korrelationen (unterhalb der Diagonalen) für die Varianzen (Standardfehler in Klammern).

<b>Merkmal</b>	<b>Milch</b>	<b>Fett</b>	<b>Eiweiß</b>	<b>Fett/Prot</b>	<b>SCS</b>	<b>Mastitis</b>	<b>Mastitis_Behand</b>
<b>Milch</b>	0,14 (0,01)						
<b>Fett</b>	0,33 (0,07)	0,04 (0,01)					
<b>Eiweiß</b>	0,38 (0,04)	0,55 (0,05)	0,20 (0,01)				
<b>Fett/Prot</b>	0,35 (0,01)	0,57 (0,07)	0,01 (0,08)	0,03 (0,01)			
<b>SCS</b>	0,23 (0,09)	0,10 (0,12)	-0,01 (0,05)	0,06 (0,13)	0,02 (0,01)		
<b>Mastitis</b>	0,15 (0,07)	0,08 (0,10)	-0,02 (0,07)	0,27 (0,10)	0,46 (0,10)	0,04 (0,01)	
<b>Mastitis_Behand</b>	0,08 (0,06)	0,04 (0,09)	-0,02 (0,01)	0,13 (0,07)	0,51 (0,10)	0,97 (0,01)	0,07 (0,01)

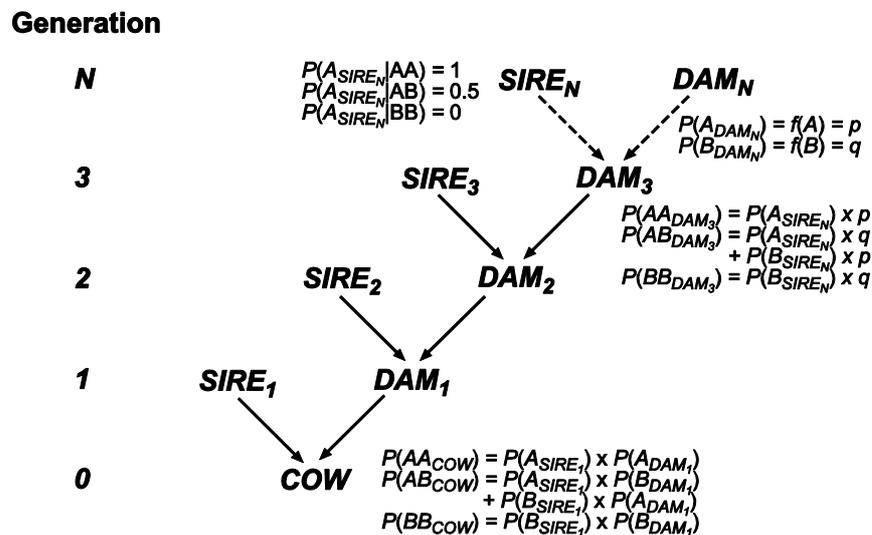
**Tabelle 2:** Heritabilitäten (auf der Diagonalen) und genetische Korrelationen (unter halb der Diagonalen) für die Mediane (Standardfehler in Klammern).

<b>Merkmal</b>	<b>Milch</b>	<b>Fett</b>	<b>Eiweiß</b>	<b>Fett/Prot</b>	<b>SCS</b>	<b>Mastitis</b>	<b>Mastitis_Behand</b>
<b>Milch</b>	0,32 (0,01)						
<b>Fett</b>	-0,74 (0,02)	0,76 (0,02)					
<b>Eiweiß</b>	-0,62 (0,02)	0,81 (0,01)	0,69 (0,01)				
<b>Fett/Prot</b>	-0,62 (0,02)	0,89 (0,01)	0,45 (0,02)	0,65 (0,02)			
<b>SCS</b>	-0,02 (0,04)	-0,03 (0,03)	-0,01 (0,04)	-0,06 (0,03)	0,17 (0,01)		
<b>Mastitis</b>	0,18 (0,06)	-0,24 (0,06)	-0,22 (0,06)	-0,18 (0,05)	0,70 (0,05)	0,04 (0,01)	
<b>Mastitis_Behand</b>	0,18 (0,05)	-0,23 (0,05)	-0,20 (0,04)	-0,17 (0,04)	0,08 (0,04)	0,97 (0,01)	0,07 (0,01)

## Nutzung abgeleiteter Genotypwahrscheinlichkeiten zur Schätzung von Dominanzeffekten

Die Implementierung der Genomischen Selektion bei Milchrindern hat die Genotypisierung immenser Anzahlen an Referenztieren und Selektionskandidaten nach sich gezogen. Allein in Deutschland wurden bereits mehr als 125.000 Rinder typisiert (Segelcke, vit, Personal communication). Dies ist natürlich im Kontext von Zuchtprogrammen zu sehen, aber die großen Datensätze bieten darüber hinaus die Möglichkeit populationsbasierte genomische Studien von ungeahntem Ausmaß durchzuführen und so unter anderen neue Indikatoren für eine nachhaltige Tierproduktion zu identifizieren. Allerdings erfordert dies eine Abkehr von hypothesenbasierten Ansätzen hin zu datenbasierten Strategien. Dies wird besonders deutlich bei der Schätzung nicht-additiver Genwirkungen. Diese erfordern das Vorhandensein phänotypischer und genotypischer Informationen in denselben Tieren. Phänotypische Daten liegen aber für die relevanten Merkmale naturgemäß nur bei weiblichen Tieren vor, während derzeit noch vornehmlich männliche Tiere genotypisiert werden.

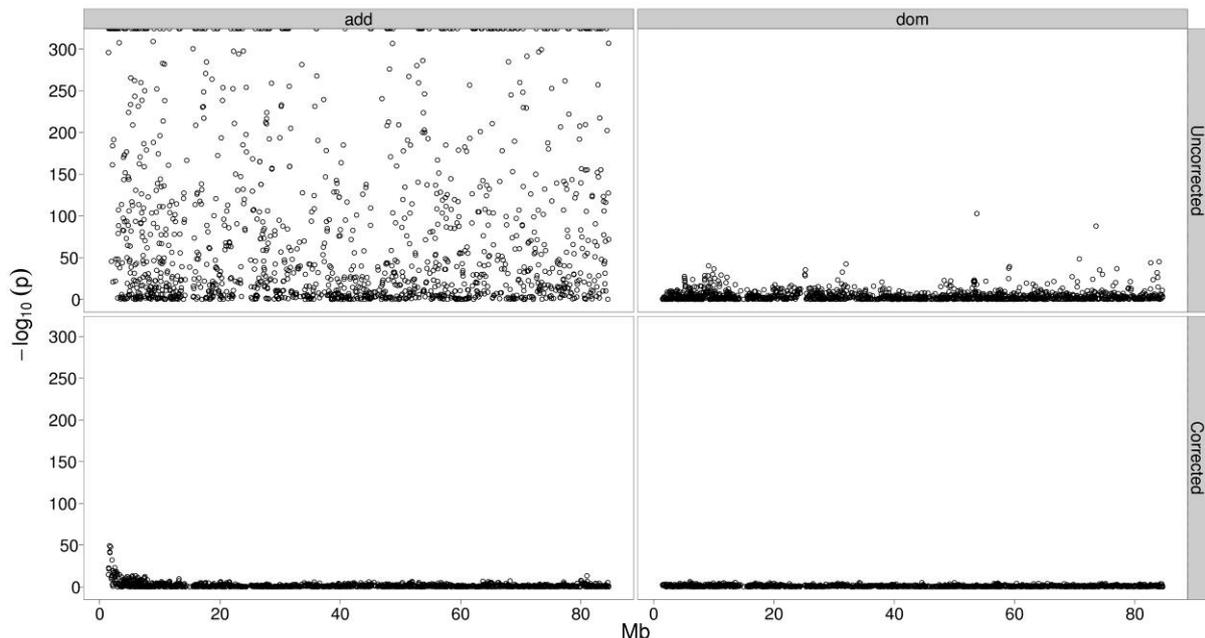
Im Rahmen von Phänomics wurde ein Ansatz verwendet, bei dem ausgehend von den bekannten Genotypen männlicher Vorfahren (s. Abb. 2) Genotypwahrscheinlichkeiten für Kühe abgeleitet wurden (Boysen et al. 2013). Diese lassen sich in additive und Dominanzkoeffizienten transformieren, die im Rahmen von Regressionsanalysen (Haley und Knott 1992) zur Kartierung und Schätzung additiver und dominanter QTL-Wirkungen genutzt werden können.



**Abbildung 2:** Grafische Darstellung der Pedigreestruktur, die zur Ableitung von Genotypwahrscheinlichkeiten genutzt wurde.

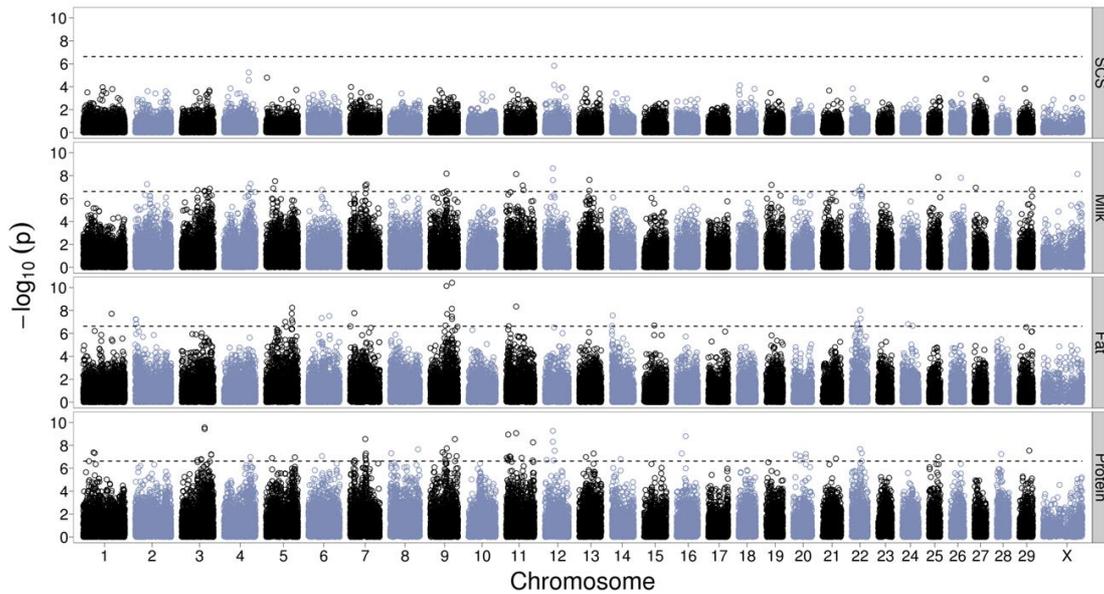
Im Gegensatz zur direkten Genotypisierung handelt es sich um Wahrscheinlichkeiten. Diese Unsicherheit wird durch die enorme Größe der Datensätze wettgemacht. Analysen an mehr als einer Million Kühen stellen sowohl im Hinblick auf die Datenverfügbarkeit als auch die technische Machbarkeit kein Problem dar. Die Mächtigkeit und Eignung des Ansatzes wurde zunächst in umfassenden Simulationsstudien gezeigt (Boysen et al. 2013) und anschließend in einen echten

Datensatz getestet. Eine Schwierigkeit ergab sich aus dem ‚confounding‘ der abgeleiteten Wahrscheinlichkeiten und der Kombination Bullen\*Muttersvater sowie den daraus entstehenden Stratifikationen. Dies wurde durch eine extrem hohe ‚false-discovery-rate‘ evident. Mit Hilfe REML-Schätzung unter Einbeziehung der verwandtschaftlichen Beziehungen aller Tiere konnte diese Störgröße beseitigt werden (Abb. 3).



**Abbildung 3.** Logarithmierte Irrtumswahrscheinlichkeiten einer Assoziationsstudie für den Milchfettgehalt auf Chromosom 14. Oben Schätzung des additiven (links) bzw. Dominanzwertes (rechts) ohne Berücksichtigung der Stratifikation. Unten die entsprechenden Werte unter Einbeziehung der Familienstrukturen. Es zeigen sich dann klare Signale für das bekannte Kandidatengen DGAT1 am telomeren Ende des Chromosoms.

Mit Hilfe dieses Ansatzes konnten erfolgreich Dominanzeffekte für die wesentlichen Milchleistungsmerkmale und für den somatischen Zellgehalt über das gesamte Genom kartiert werden (Abb. 4).



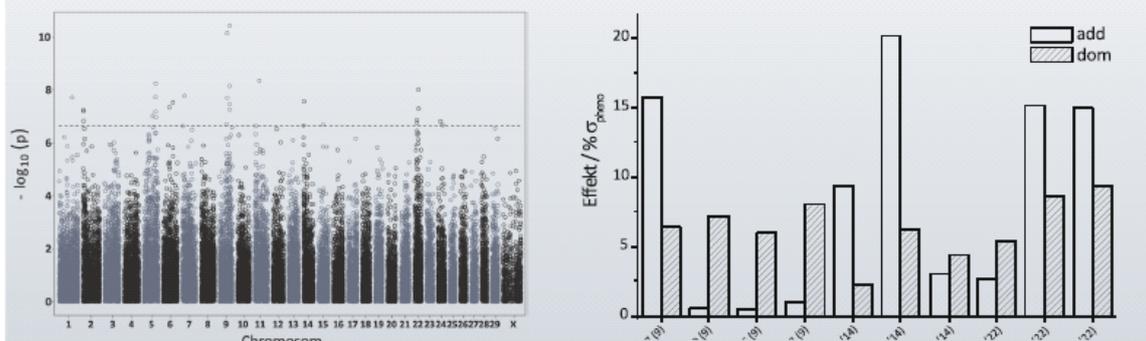
**Abbildung 4.** Ergebnisse eines Genomscans zur Kartierung von Dominanz (Manhattan plot). Es wurden die Merkmale Zellzahl (SCS), Milchmenge (Milk), Fettmenge (Fat) und Proteinmenge (Protein) getestet. Die gestrichelte Linie markieren die Schwelle für genomweite Signifikanz (Bonferroni, 5%).

Von besonderem Interesse sind die relativen Effektschätzer für den Dominanz- zum additiven für eine Reihe von Genorten, die signifikant auf das Phänomen der Überdominanz hinweisen (Abb. 5).

### Genomscan

- ▶ Ein Genomscan für Dominanz basierend auf 470.000 Kühen und 2.081 Bullen wurde für Milchleistungsmerkmale durchgeführt.
- ▶ SNP mit signifikanter Dominanz ( $p < 1\%$  genomweit):
 

Milchmenge	29 SNP auf 15 Chromosomen
Fettmenge	30 SNP auf 11 Chromosomen
Proteinmenge	59 SNP auf 17 Chromosomen
- ▶ Dominanzeffekte in bedeutender Größe wurden nachgewiesen.



**Abbildung 5.** Zusammenfassung der Ergebnisse des Genomscans. Hinweise auf Überdominanz ergeben sich aus der Darstellung rechts unten.

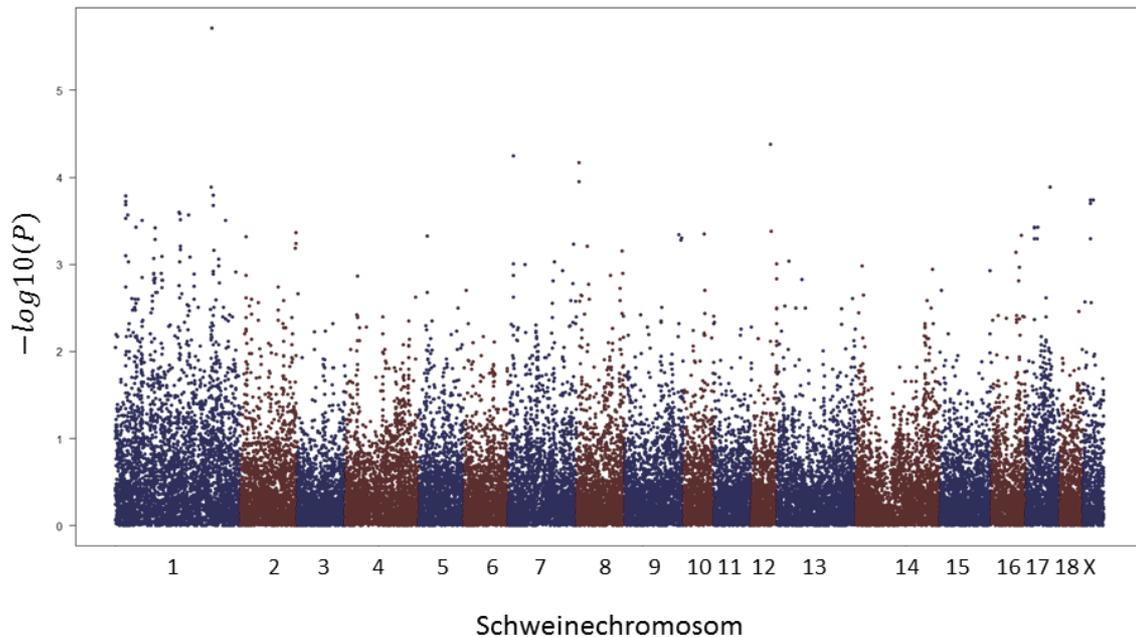
Diese Befunde unterstreichen die Bedeutung der Dominanz und bieten Forschungsansätze zur spezifischen Aufklärung des Phänomens.

Die Anwendung dieses Ansatzes könnte entscheidend zu unserem Verständnis der genetischen Architektur von Leistungs- und funktionellen Merkmalen beitragen, da auch die Berücksichtigung nicht-additiver Genwirkungen möglich wird. Die vorgestellte Methode könnte ebenso für eine Nutzung in der genomischen Selektion adaptiert werden und Anwendung in der individuellen Leistungsvorhersage finden.

#### *Identifizierung genetischer Marker für aggressives Verhalten beim Schwein*

Verhaltensmerkmale sind beim von großer praktischer Bedeutung; insbesondere die miteinander korrelierten Komplexe von Aggressionsverhalten und Mütterlichkeit haben einen direkten Effekt auf den Aufzuchterfolg. Die objektive Erfassung von Verhaltensmerkmalen stellt allerdings eine große Herausforderung dar, die im Rahmen herkömmlicher Zuchtprogramme kaum in großem Maßstab umsetzbar ist. Hier bietet die Etablierung genetischer Marker in gut phänotypisierten Ressourcenpopulationen eine Möglichkeit, entsprechende Erkenntnisse direkt oder im Rahmen genomischer Selektionsprogramme in die Selektionspraxis zu übertragen, ohne aufwändige und teure Phänotypisierungsroutinen in der Breite etablieren zu müssen.

Aus früheren Studien am Institut für Tierzucht, die in Kooperation mit dem Zuchtunternehmen „Hülseberger Zuchtschweine“ durchgeführt wurden, stand uns ein einzigartiger Datensatz zur Verfügung, an dem eine Reihe aussagekräftiger Verhaltensparameter erhoben wurde. Als das am besten geeignete Merkmal wurde das Aggressionsverhalten in der Gruppe identifiziert, das im Rahmen der routinemäßigen Waschung der Tiere erhoben wurde (sog. „Duschtest“). Für dieses Merkmal wurde in früheren Untersuchungen eine Erblichkeit von  $0,32 \pm 0,08$  geschätzt, was für ein Verhaltensmerkmal als sehr hoch anzusehen ist (Hellbrügge *et al.* 2008). Von den meisten Tieren lagen wiederholte Beobachtungen vor, so dass der binäre Phänotyp (aggressiv ja/nein) in ein kontinuierliches Merkmal transformiert werden konnte. Im Folgenden wurden 288 Tiere mit 2 oder mehr Beobachtungen ausgewählt, die vornehmlich extreme Phänotypen repräsentierten, d.h. es wurde immer aggressives Verhalten gezeigt oder nie. Wie im Antrag auf Umwidmung der Genotypisierungsmittel dargelegt, wurden diese Schweine im Rahmen einer Auftragsvergabe genotypisiert. Die Auswertung der Daten erfolgte unter Verwendung der Software *plink* (Purcell *et al.*, 2007). Es wurde eine genomweite Assoziationsstudie mittels eines gemischten Modellansatzes mit der Software *gemma* (Zhou & Stephens, 2012) durchgeführt. Der Herkunftsbetrieb wurde als fixer Effekt berücksichtigt. Die Komplexität des Merkmals spiegelt sich in den Ergebnissen der Assoziationsstudie wider, d.h. es sind keine klaren und eindeutigen Signale vorhanden. Allerdings befindet sich auf Chromosom 1 ein gut erkennbares Assoziationssignal von annähernd genomweiter Signifikanz (Abbildung 6). Dies ist insofern interessant, als hier das *SOS2* Gen liegt, das eine wichtige Rolle in der Östrogen-Signalübertragung spielt. Die Ergebnisse sind vielversprechend und werden die Basis weitergehender Untersuchungen sein.



**Abbildung 6.** Ergebnisse der Assoziationsstudie für aggressives Verhalten in der Gruppe.

## 2.2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die wichtigste Position des zahlenmäßigen Nachweises waren die Personalkosten sowie Typisierungskosten von SNP-Chips für das Schwein. Die bewilligte Stelle (wissenschaftlicher Mitarbeiter E13) wurde von Herrn Teide-Jens Boysen ausgefüllt. Herr Boysen hat das Projekt als Postdoktorand bearbeitet und war für die Methodenentwicklung und statistische Auswertung der Daten zuständig. Die Typisierung wurde nach Abschluss eines Kooperationsvertrags als Auftrag an Dritte von den Kollegen des Instituts für Tierzucht der Universität Hohenheim durchgeführt.

## 2.3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die im Projekt durchgeführten Arbeiten hatten zum einen Grundlagencharakter, indem Ansätze zur Definition und Charakterisierung neuer Phänotypen insbesondere mit Bezug auf Tiergesundheit und Tierwohl erarbeitet wurden. Eine Reihe dieser Überlegungen wurden gemeinsam mit dem Partner vit in Form von möglichen Modifikationen der Zuchtwertschätzverfahren sowie der Berücksichtigung im Zuchtgeschehen in Form von Demonstrationsprojekten realisiert. Diese Ergebnisse haben das Potenzial, in die Praxis überführt zu werden. Das innovative Verfahren zur Schätzung von Dominanzeffekten auf SNP-Ebene ist der Grundlagenforschung zuzurechnen, die Schätzwerte weisen aber auf Möglichkeiten hin, wie nicht-additiv genetische Effekte gegebenenfalls zu einer verbesserten Leistungsvorhersage und neue züchterische Ansätze beitragen können. Das Tierwohl ist sowohl hinsichtlich der Merkmalerfassung als auch der –definition komplex. Diese Komplexität spiegelt sich in der Architektur des untersuchten Aggressionsverhaltens wider. Eine Übertragung der sehr aufwändigen Messungen auf die Population ist nur durch das Vehikel der genomischen Information möglich. Alle Arbeitsschritte haben sich mit der Erarbeitung von Grundlagen und Umsetzungsszenarien zur Verbesserung der genetischen Konstitution und zur umfänglichen Verbesserung der Tiergesundheit und des Tierverhaltens beschäftigt. Es ist davon auszugehen, dass die erarbeiteten Methoden

sowie die erzielten Ergebnisse nachhaltig zur Wettbewerbsfähigkeit auf dem Sektor der tierischen Erzeugung beitragen.

#### **2.4. Darstellung des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans**

##### *Wirtschaftliche Erfolgsaussichten*

Die präzisere Beschreibung der Eutergesundheit über die Zeit dichtere Bestimmung der Zellzahlen als neues aussagefähiges Hilfs- und Selektionsmerkmal wurden die Voraussetzungen für eine sicherere Zuchtwertschätzung geschaffen. In Zukunft können automatisierte Erfassungssysteme auf den Betrieben diese höhere Datendichte generieren und die Selektion für eine verbesserte Eutergesundheit auf eine neue Stufe stellen. Die Nutzung nicht-additiv genetischer Effekte werden in Zukunft wesentlich an Bedeutung gewinnen, da schon jetzt absehbar ist, dass Kühe im großen Umfang genotypisiert werden und damit die Voraussetzungen für Leistungsvorhersagen unter Einbeziehung der Dominanz geschaffen werden. Aus der Kenntnis anderer Tierarten kann geschlossen werden, dass dies insbesondere für Merkmale der Tiergesundheit von Vorteil sein werden. Wirtschaftlich drückt sich dies in der Minimierung von betriebswirtschaftlichen Kosten aufgrund gesünderer Kühe aus. Letzteres führt zu genetisch wertvolleren Tieren, die besser vermarktet werden können.

##### *Technische und wissenschaftliche Erfolgsaussichten*

Die wissenschaftlichen und technischen Erfolgsaussichten sind aktuell nach Projektende als gut einzuschätzen.

##### *Anschlussfähigkeit an die Ergebnisse*

Die in diesem Teilprojekt und in der internationalen Wissenschaft bis Projektende gewonnenen Erkenntnisse dienen zur Weiterentwicklung der genomischen Selektion und weitergehenden Nutzung genomischer Information. Beispielhaft wurde dies am Beispiel der Eutergesundheit gezeigt. Forschungsbedarf ergibt sich insbesondere hinsichtlich der Einbeziehung der neuen Merkmale im Zuchtgeschehen. Die erzielten methodischen Ansätze bezüglich der Schätzung der Dominanz können unter Einbeziehung genotypisierter Tiere modifiziert werden und ermöglichen dann noch präzisere Aussagen. Leistungsvorhersagen basierend auf Hilfsmerkmalen, die auf allen ‚omics‘-Ebenen gemessen werden können, sind derzeit im Fokus der Wissenschaften. Wie bei der Genotypisierung werden in Zukunft Hochdurchsatzverfahren diese Informationen kostengünstig erzeugen können. Die Herausforderung besteht in der Handhabung und Auswertung dieser immens großen Datensätze. Erste Schritte wurden in diesem Projekt begangen. Die genomische Analyse von Verhaltensmerkmalen wird einen anderen Schwerpunkt in der zukünftigen Forschung darstellen. Hier gilt es, neben der genetischen Determination Genotyp\*Umwelt-Interaktionen weiter zu erforschen.

#### **2.5. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen**

Die Genomische Selektion steht derzeit im Zentrum der Tierzüchtungsforschung und verschiedenste Aspekte wurden in den letzten Jahren weltweit mit verschiedensten Projekten bearbeitet. Allerdings wurden die im Projekt anvisierten Fragestellungen nur kaum beachtet. Trotz der allseits starken Betonung der Bedeutung der Phänotypen im

Zeitalter der Genomik finden sich in der nationalen wie auch in der internationalen Fachliteratur kaum Ansätze zur präziseren Erfassung der Eutergesundheit über eng gesteckte Zellzahlmessungen über die Population hinweg. Bezüglich der Abschätzung von Dominanzwirkungen wurden Varianz-basierte Methoden entwickelt, die für reale Schätzungen jedoch die massive Genotypisierung von Kühen erfordern würden. In gleicher Weise sind Assoziationsstudien für tierbasierte Verhaltensmerkmale zum Zeitpunkt der Projektdurchführung nicht bekannt. Andererseits wurden enorme Anstrengungen unternommen, durch die Anwendung weniger dichter SNP-Chips in Kombination mit dem Verfahren der ‚Imputierung‘ Voraussetzungen für die Typisierung von Kühen im großen Maßstab zu schaffen. Dies würde den Einsatz und die Nützlichkeit der hier entwickelten Methoden stark befördern. Es ist festzustellen, dass die mit dem gesamten Vorhaben generierten Kenntnisse die wissenschaftliche Wettbewerbsfähigkeit stärken.

## 2.6. Veröffentlichungen

### *Originalarbeiten*

Boysen T.-J., Heuer C., Tetens J., Reinhardt F., Thaller G. (2013): Novel use of derived genotype probabilities to discover significant dominance effects for milk production traits in dairy cattle. *Genetics* **193**: 431–442.

Neitzel A.-C., Stamer E., Junge W., Thaller G. (2014): Calibration of an automated California mastitis test with focus on the device-dependent variation. *SpringerPlus* **3**: 760.

### *Sonstige Veröffentlichungen*

Boysen T.-J., Heuer C., Tetens J., Reinhardt F., Thaller G. (2012): Estimation of dominance effects in paternally genotyped populations. 63<sup>rd</sup> EAAP Book of Abstracts No. 18, 305.

Hinrichs D., Boysen T.-J., Thaller G. (2015): Estimation of genetic parameters for well-established and new milk yield performance test traits and their genetic correlations with clinical mastitis. 66. EAAP Tagung, Warschau, Polen. Angenommen.

Neitzel A.-C., Junge W., Thaller G. (2013): Indirect online detection of udder health with an automated California Mastitis Test. 64<sup>th</sup> EAAP Book of Abstracts No. 19, 526

## 2.7. Literaturverzeichnis

Buttchereit N., Stamer E., Junge W., Thaller G. (2012): Genetic parameters for energy balance, fat/protein ratio, body condition score and disease traits in German Holstein cows. *Journal of Animal Breeding and Genetics* **129**: 280–288.

Geary U., Lopez-Villalobos N., Begley N., McCoy F., O'Brien B., O'Grady L., Shalloo L. (2012): Estimating the effect of mastitis on the profitability of Irish dairy farms. *Journal of Dairy Science* **95**: 3662–3673.

Haley C. S., Knott S. A. (1992): A simple regression method for mapping quantitative trait loci in line crosses using flanking markers. *Heredity* **69**: 315–324.

Hellbrügge B., Tölle K.-H., Bennewitz J., Henze C., Presuh U., Krieter J. (2008): Genetic aspects regarding piglet losses and the maternal behaviour of sows. Part 2. Genetic relationship between maternal behaviour in sows and piglet mortality. *Animal* **2**: 1281–1288.

- Hinrichs D., Stamer E., Junge W., Kalm E. (2005): Genetic Analyses of Mastitis Data Using Animal Threshold Models and Genetic Correlation with Production Traits. *Journal of Dairy Science* **88**: 2260–2268.
- Lam T., van den Borne B.H.P., Jansen J., Huijps K., van Veersen J., van Schaik G., Hogeveen H. (2013): Improving bovine udder health: a national mastitis control program in the Netherlands. *Journal of Dairy Science* **96**: 1301–1311.
- Purcell S., Neale B., Todd-Brown K., Thomas L., Ferreira M.A.R., Bender D., Maller J., Sklar P., de Bakker P.I.W., Daly M.J., Sham P.C. (2007): PLINK: a toolset for whole-genome association and population-based linkage analysis. *American Journal of Human Genetics* **81**: 559-575
- Tetens J., Baes C., Kühn C., Reinsch, N., Thaller G. (2013): Angiotensin-converting enzyme 2 (ANGPT2) as a candidate gene for somatic cell score in German Holstein cattle. *Journal of Dairy Science* **96**: 5388–5397.
- Zhou X, Stephens M. (2012). Genome-wide efficient mixed-model analysis for association studies. *Nature Genetics* **44**: 821-824.

## **Teilprojekt 5.4 (Prof. Dr. J. Krieter)**

### **Entwicklung eines multidimensionalen Bewertungssystem für die Tiergerechtigkeit mit Hilfe der Multi-Criteria-Analyse (MCA)**

#### **1. Kurzdarstellung**

##### **1.1. Ziele und Aufgabenstellung des Teilprojektes**

Innerhalb des Projektes erfolgt die Entwicklung eines Modells zur Bewertung der Tiergerechtigkeit in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung auf Basis der Multi-Criteria-Analyse. Die Bewertung des Tierwohls ist ein multidimensionales Problem. Eine Vielzahl verschiedener Kriterien muss hierbei berücksichtigt werden. Ziel ist die Aggregation dieser Bewertungskriterien zu einem Gesamtnutzenwert (overall assessment) mit Hilfe eines Multi-Criteria-Modells. Nach der Wahl valider, reliabler und praktikabler Messgrößen, stellen die Gewichtung, die Transformation und die Aggregation von Messgrößen und Bewertungskriterien die entscheidenden Schritte dar. Hierbei werden unscharfe Informationen und nichtlineare Zielfunktionen einbezogen und mögliche Redundanzen und Synergismen zwischen einzelnen Kriterien berücksichtigt.

##### **1.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

Das Vorhaben wurde von der AG Tierhaltung des Instituts für Tierzucht und Tierhaltung durchgeführt. Projektmitarbeiterin war Frau MSc. Paula Martin, sie wurde maßgeblich von Frau Dr. Imke Traulsen und Frau Dr. Julia Brosig unterstützt. Die Entwicklung des Multi-Criteria-Modells und die notwendigen Programmierarbeiten wurden mit R vorgenommen.

##### **1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens**

Die Arbeiten zum Projekt begannen mit einem intensiven Literaturstudium über Methoden zur Multi-Criteria-Analyse. Schwerpunkte waren die Erstellung von Nutzenfunktionen bei Messwerten mit unterschiedlichen Skalen und Methoden zur Aggregation vom Messwerten und Indikatoren zu einer Gesamtbewertung, die Wechselwirkungen und damit die Kompensation zwischen den Messwerten berücksichtigen. Die Methoden wurden zunächst anhand von simulierten Daten evaluiert, als „Stakeholder“ (notwendig bei der Entwicklung der Nutzenfunktionen) fungierten Mitarbeiter des Instituts und Studierende. Abschließend wurden Betriebsbesuche durchgeführt und das entwickelte Multi-Criteria-Modell mit Hilfe realer Daten validiert.

##### **1.4. Wissenschaftlicher Stand und technischer Stand, an dem angeknüpft wurde**

Die Entwicklung der Multi-Criteria-Analyse zur Bewertung der Tiergerechtigkeit erfolgt am Beispiel der Mastschweinehaltung. Die Wahl der Bewertungskriterien basiert auf dem Animal Welfare Assessment Protocol des European Welfare Quality® Projekts. Im Rahmen dieses Projektes wurden auf integrative Weise standardisierte Methoden zur Bewertung des Tierwohls im landwirtschaftlichen Betrieb und auf dem Schlachthof entwickelt. Das Bewertungssystem baut auf tierbasierten Parametern aus den Bereichen Tierverhalten und Tiergesundheit auf und wird ergänzt durch umweltassoziierte Einflussgrößen aus den Bereichen Haltung und Management. Es wurden spezifische

Protokolle für sieben Spezies (Milchkühe, Mastrinder, Mastkälber, Sauen, Mastschweine, Legehennen und Masthühner) erarbeitet (Welfare Quality®, 2009).

Das Multi-Criteria-Modell beinhaltet zwei Stufen. In der ersten Stufe werden die Messwerte transformiert (Nutzenfunktion), so dass alle Messwerte eine einheitliche Skala aufweisen. Für die Transformation wurden zwei Methoden verglichen, die Standard Sequence- (Bouyssou et al., 2006) und MACBETH-Methode (Bana e Costa et al., 1999). Die zweite Stufe beinhaltet die Aggregation der transformierten Messwerte auf unterschiedlichen Ebenen. Die Aggregation wird mit dem Choquet Integral durchgeführt, das u.a. Wechselwirkungen (Kompensation) zwischen den Messwerten berücksichtigt (Grabisch et al., 2008).

### **1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Im Forschungscluster erfolgte eine enge Zusammenarbeit mit den Verbundprojekten 2 und 5. Mit den Projektpartnern des zweiten Verbundprojektes wurde über die Reliabilität und Validität der Messwerte des Welfare Assessment Protocol diskutiert. Darüber hinaus wurden die Informationen und Erklärungen zum Multi-Criteria-Modell (u.a. Methodik, Programmcodes) an Teilprojekt 5.5 „???“ in mehreren Projektbesprechungen weiter gegeben.

## **2. Eingehende Darstellung**

### **2.1. Verwendung der Zuwendung und Darstellung der Ergebnisse**

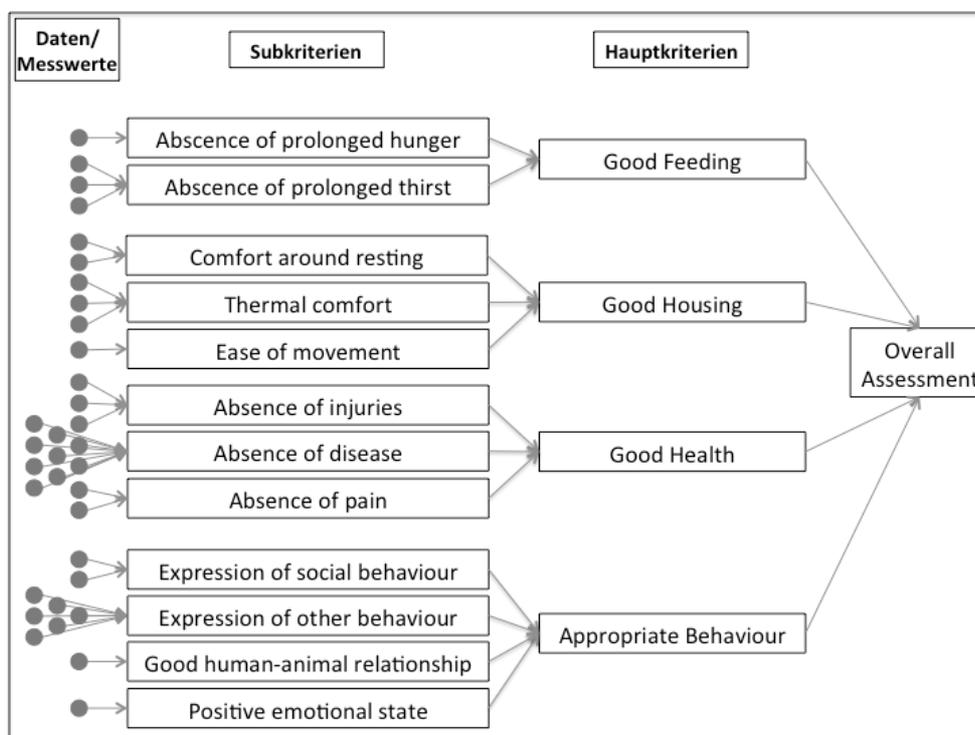
Die Bewertung des Tierwohls ist ein komplexes Problem bei dem verschiedene Aspekte berücksichtigt werden müssen. Einzelne Kriterien oder auch Kriteriengruppen sind nicht in der Lage alle Facetten des Tierwohls abzudecken (Botreau et al., 2007b). Die Beurteilung des Tierwohls landwirtschaftlicher Nutztiere benötigt zum einen die Auswahl geeigneter Bewertungsparameter und zum anderen eine Methode, welche die erhobenen Messgrößen zu einem Gesamtwert aggregiert (Botreau et al., 2007a).

Die Multi-Criteria-Analyse ermöglicht eine Lösung bei mehreren Zielen. Zudem erlaubt dieses Verfahren das Vorhandensein von Zielkonflikten und die Nutzung von mit unterschiedlichen Skalen gemessenen Kriterien (Zimmermann und Gutsche, 1991). Die in dieser Arbeit angewendete Multi-Criteria-Methode ist die Multi Attribute Utility Theory (MAUT). Bei dieser Methode werden verschiedene Kriterien in einen dimensionslosen Wert transformiert, der die Präferenz eines Entscheidungsträgers widerspiegelt. Zunächst erfolgt die Aufstellung der „Utility functions“ für die einzelnen Kriterien. Diese Funktionen zeigen die Präferenz des Entscheidungsträgers bezüglich des jeweiligen Kriteriums. Danach werden die Nutzenwerte („utilities“) der einzelnen Kriterien mit einer „Aggregation function“ zu einem Gesamtnutzenwert zusammengefasst (Linkov et al., 2004).

#### *Bewertungskriterien*

Die Entwicklung der Multi-Criteria-Analyse zur Bewertung der Tiergerechtigkeit erfolgt am Beispiel der Mastschweinehaltung. Die Wahl der Bewertungskriterien basiert auf dem Animal Welfare Assessment Protocol des European Welfare Quality® Projekts (Welfare Quality®, 2009). Tierartenübergreifend erfolgt die Bewertung anhand der vier Hauptkriterien „Good Feeding“, „Good Housing“, „Good Health“ und „Appropriate Behaviour“. Um eine möglichst genaue Bewertung zu erreichen, werden die Hauptkriterien in insgesamt 12 Subkriterien unterteilt. Mit Hilfe von über 30

tierartspezifischen Messwerten/Daten, die auf dem Betrieb bzw. auf dem Schlachthof aufgenommen werden, erfolgt die Bewertung der Subkriterien. Abbildung 1 zeigt eine Übersicht über die Messwerte/Daten und die Bewertungskriterien mithilfe derer der Gesamtnutzenwert (overall assessment) eines Betriebes ermittelt wird.



**Abbildung 1:** Übersicht über die Sub- und Hauptkriterien

### *Multi-Criteria-Modell*

Die Bewertung des Tierwohls soll anhand eines einzigen Gesamtnutzenwertes erfolgen. Hierfür müssen die erhobenen Messgrößen ( $n > 30$ ) über die Subkriterien ( $n = 12$ ) und die Hauptkriterien ( $n = 4$ ) zu einem Gesamtwert ( $n = 1$ ) verdichtet werden. Diese Aggregation erfolgt über ein sequentielles, hierarchisches Multi-Criteria-Modell.

Die entwickelte Multi-Criteria-Analyse wird in mehreren, aufeinander folgenden Schritten durchgeführt. Im ersten Schritt werden die erfassten Messgrößen in eine einheitliche Skala transformiert. Für jede Messgröße wird eine Nutzenfunktion (Utility function) aufgestellt. In den drei weiteren Schritten erfolgt jeweils eine Aggregation. Zunächst werden die umgewandelten Daten in einen Nutzenwert für das jeweilige Subkriterium zusammengefasst. Danach erfolgt die Zusammenfassung der Subkriterien in einen Nutzenwert für das jeweilige Hauptkriterium und abschließend werden die vier Hauptkriterien zu einem Gesamtnutzenwert aggregiert.

### *Transformierung der Messgrößen*

Die auf dem Betrieb und dem Schlachthof erfassten Messgrößen werden in verschiedenen Einheiten aufgenommen. Parameter wie „Body Condition Score“, „Lameness“ oder „Bursitis“ sind beispielsweise ordinal skaliert mit einer zwei- bzw. dreistufigen Skala. Die Mortalität wird dagegen als prozentualer Anteil erfasst und beim „Qualitative Behaviour Assessment“ liegt ein in Millimetern angegebener Wert vor. Um die Messgrößen vergleichbar zu machen und zur Vorbereitung der erhobenen Daten auf

die Aggregationsschritte, müssen die Daten in eine einheitliche Skala transformiert werden. Es werden sogenannte Nutzenfunktionen berechnet.

Innerhalb des Animal Welfare Assessment Protocol erfolgt dieser Transformationsschritt überwiegend mit Hilfe von Splinefunktionen. Die Vorgehensweise wird im Folgenden am Beispiel des Gesundheitsparameters „Lameness“ erläutert.

Lahmheiten werden auf dem Betrieb an 150 Tieren in einer dreistufigen Skala erfasst:

- 0 = normaler Gang oder leicht lahm, aber alle Beine werden belastet (good welfare)
- 1 = Lahmheit, minimale Belastung des betroffenen Beines (moderate welfare)
- 2 = Lahmheit, komplette Entlastung des betroffenen Beines (poor welfare).

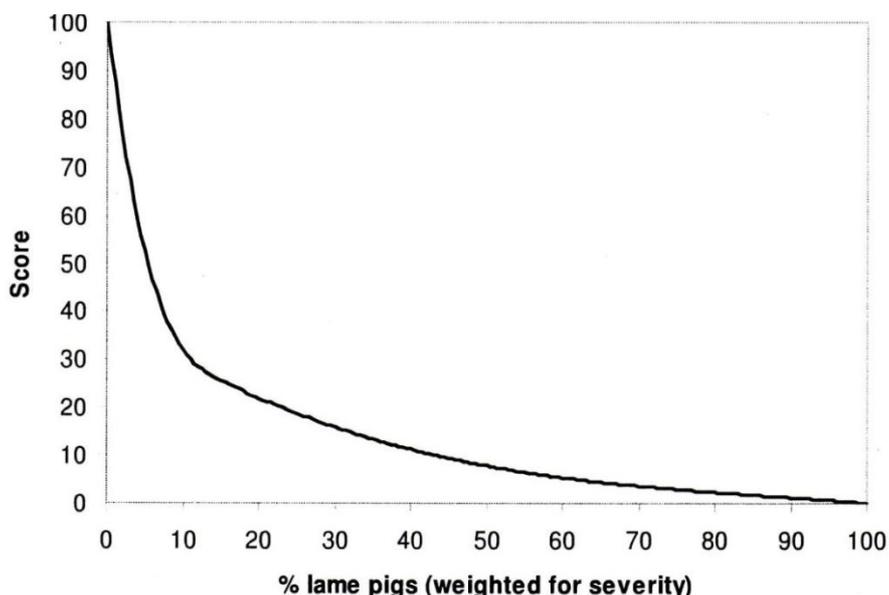
Mithilfe der individuell erfassten Werte („Individual level“) werden prozentuale Anteile der drei Stufen (0, 1 und 2) für den gesamten Bestand berechnet („Herd level“). Somit liegt jeweils ein Prozentwert für den Anteil Tiere die nicht/sehr leicht, mittelgradig („moderate“) und stark („severe“) von Lahmheit betroffen sind vor. Mithilfe von Gewichten wird in der nachstehenden Formel ein Index I mit Werten zwischen 0 und 100 für den Parameter Lahmheit berechnet.

$$I_L = 100 - \frac{4(\%moderate) + 10(\%severe)}{10}$$

In Diskussionen mit Experten zeigte sich, dass ein linearer Verlauf keine Abbildung der Realität darstellt. Um einen gleichmäßigen, repräsentativen Funktionsverlauf zu erhalten, wurde auf nichtlineare Splinefunktionen zurückgegriffen. Im Fall des Parameters Lahmheit wurde folgende Splinefunktion genutzt:

$$I_L \leq 85, Score = (0,12672 \times I_L) - (0,0014908 \times I_L^2) + (0,000041719 \times I_L^3)$$

$$I_L \geq 85, Score = -11012 + (388,77 \times I_L) - (4,5738 \times I_L^2) + (0,017972 \times I_L^3)$$



**Abbildung 2:** Splinefunktion des Parameters „Lameness“

Wir stimmen damit überein, dass der Verlauf der Nutzenfunktionen nichtlinear sein muss. Ein zehnpromtender Anstieg des Anteils lahmer Tiere hat am Anfang der Skala einen anderen Einfluss als am Ende der Skala. Da der Verlauf der Splinefunktionen jedoch zum Teil schwer nachvollziehbar ist und recht willkürlich erscheint, soll in unserem Modell ein transparenteres Verfahren zur Aufstellung der Nutzenfunktionen herangezogen werden.

Mit dem MACBETH-Ansatz und dem Standard Sequences-Ansatz wurden zwei Methoden betrachtet bei denen jeweils eine Bewertung von Unterschieden erfolgt. Der MACBETH-Ansatz basiert auf einer qualitativen Bewertung, der Standard Sequences-Ansatz dagegen auf einer quantitativen Bewertung.

Bei der Standard Sequences-Methode wird ein Kriterienpaar (hier: Messgrößenpaar) betrachtet, um die Nutzenfunktion für ein Kriterium zu entwickeln; beispielsweise werden für die Nutzenfunktion des Parameters „Lameness“ das Messgrößenpaar „Lameness“ und „Bursitis“ betrachtet. Zunächst muss vom Entscheidungsträger ein mittlerer Wert für jedes Kriterium festgelegt werden. Die „Standard sequence“ wird durch einen Vergleich von Werten der Kriterienpaare gebildet. Das Wertepaar mit den mittleren Werten wird schrittweise verglichen mit höheren bzw. niedrigeren Werten für „Bursitis“. Der Entscheidungsträger legt fest, mit welchem Wert für „Lameness“ die beiden betrachteten Wertepaare gleichwertig sind. Dieser Vorgang wird für alle Messgrößen durchgeführt. Abschließend wird die marginale Nutzenfunktion jeder Messgröße in eine normierte Skala transformiert (Bouyssou et al., 2006).

Das beschriebene Verfahren weist zwar einen recht intuitiven und systematischen Ablauf auf, ist gleichzeitig aber auch sehr komplex und zeitaufwändig. Zudem ist eine Prüfung auf Konsistenz notwendig. Abhängig vom Ausgangswertepaar sowie abhängig von dem Parameter mit dem verglichen wird, kann es zur Berechnung von nicht übereinstimmenden Nutzenfunktionen kommen (Bouyssou et al., 2006). Aufgrund der großen Anzahl von Messgrößen und somit zu berechnender Nutzenfunktionen sowie der Vielzahl von benötigten Konsistenzprüfungen, wurde die Standard Sequences-Methode verworfen.

Zur Aufstellung der Nutzenfunktionen wurde der im Weiteren vorgestellte MACBETH-Ansatz gewählt sowie für einige Messgrößen das Entscheidungsbaumverfahren aus dem Animal Welfare Assessment Protocol (Welfare Quality®, 2009). Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die erfassten Messgrößen, die Transformationsmethoden sowie die zugehörigen Sub- und Hauptkriterien.

**Tabelle 1:** Messgrößen, Transformationsmethoden sowie die zugehörigen Sub- und Hauptkriterien.

Messgröße	Transformationsmethode	Subkriterien	Hauptkriterien
Body condition score	Macbeth	Absence of prolonged hunger	Good Feeding
Number of drinking places Function of drinkers Cleanliness of drinkers	Decision tree	Absence of prolonged thirst	
Bursitis Manure on the body	Macbeth	Comfort around resting	
Huddling Shivering Panting	Decision tree	Thermal comfort	Good Housing
Space allowance	Macbeth	Ease of movement	
Lameness Wounds Bitten tails	Macbeth	Absence of injuries	Good Health
Mortality Coughing Sneezing Twisted snouts Pumping Rectal prolapse Scouring Skin condition Hemia	Macbeth/ arithmetisches Mittel	Absence of disease	
Castration with or without anaesthetics Tail docking with or without anaesthetics	Decision tree	Absence of pain	
social behaviour negative social behaviour	Macbeth	Expression of social behaviour	
active behaviour investigating pen investigating enrichment material	Macbeth	Expression of other behaviour	Appropriate Behaviour
pens with panic reaction	Macbeth	Good human -animal relationship	
QBA	Macbeth	Positive emotional state	

MACBETH steht für Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (Bana e Costa et al., 1999). Dieser Ansatz wird im entwickelten Multi-Criteria-Modell für die Berechnung der „Utility functions“ genutzt. Quantitative und qualitative Daten werden in eine normierte Skala transformiert. MACBETH benötigt nur eine qualitative Bewertung von Unterschieden, um die Attraktivität von Alternativen zu quantifizieren. Die qualitative Bewertung erfolgt durch einen Paarvergleich mit Hilfe von sieben semantischen Kategorien („no difference“, „very weak difference“, „weak difference“, „moderate difference“, „strong difference“, „very strong difference“ und „extreme difference“) (Bana e Costa et al., 2004a). Für die verschiedenen, auf dem Betrieb erhobenen Messwerte/Daten (z.B. Body Condition Score, Lahmheiten oder Sozialverhalten) wurde jeweils ein Modell mit der M-MACBETH Software entwickelt. Für die ordinalskalierten Messgrößen erfolgt zunächst eine Umrechnung in einen Index. Diese Berechnung basiert auf den gewichteten Summen aus dem Animal Welfare Assessment Protocol.

*MACBETH am Beispiel „Body Condition Score“:*

Der Body Condition Score wird als zweistufiges Merkmal auf dem Betrieb erfasst. Die betrachteten Tiere werden mit 0 (Tiere mit guter Körperkondition) oder 2 (magere Tiere) bewertet und der prozentuale Anteil magerer Tiere wird berechnet. Dieses quantitative Merkmal kann also Werte zwischen 0% und 100% annehmen (Abbildung 3).

Properties of Body Condition Score

Name : Body Condition Score Short name : BSC

Comments :

Basis for comparison :

the options

the options + 2 references

qualitative performance levels :

quantitative performance levels :

criterion

Performance levels :

-	+	Quantitative level
1		0
2		10
3		20
4		30
5		40
6		50
7		60
8		70
9		80
10		90
11		100

Indicator : Short : Unit :

**Abbildung 3:** „Performance level“ der Messgröße Body Condition Score

Die qualitative Bewertung erfolgt in 10er-Schritten. Das heißt, es werden die Werte 0%, 10%, 20%, ..., 100% paarweise miteinander verglichen. Dies erfolgt in der in Abbildung 4 gezeigten Matrix mithilfe der sieben semantischen Kategorien (Abbildung 5). Der

Entscheidungsträger wird gefragt wie er den Unterschied zwischen 0% und 10%, 0% und 20% ... 90% und 100% zu magerer Tiere beurteilt.

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	no	?	?	?	?	?	?	?	?	?	positive
10	?	no	?	?	?	?	?	?	?	?	?
20	?	?	no	?	?	?	?	?	?	?	?
30	?	?	?	no	?	?	?	?	?	?	?
40	?	?	?	?	no	?	?	?	?	?	?
50	?	?	?	?	?	no	?	?	?	?	?
60	?	?	?	?	?	?	no	?	?	?	?
70	?	?	?	?	?	?	?	no	?	?	?
80	?	?	?	?	?	?	?	?	no	?	?
90	?	?	?	?	?	?	?	?	?	no	?
100		?	?	?	?	?	?	?	?	?	no

Abbildung 4: MACBETH-Matrix für den Body Condition Score.

No difference	0
Very weak difference	1
Weak difference	2
Moderate difference	3
Strong difference	4
Very strong difference	5
Extreme difference	6
Positive difference	P
Other judgement...	
Remove judgement	Del
Tasks	▶
Open...	▶
Settings...	

Abbildung 5: Semantische Kategorien in MACBETH.

Die vollständig ausgefüllte Matrix (Abbildung 6) wird auf Widerspruchsfreiheit überprüft. Danach werden zunächst die MACBETH-Basiswerte berechnet, welche dann in den gewünschte Wertebereich transformiert werden (hier: 0-100). Dies erfolgt jeweils mit Hilfe von linearen Programmen.

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Current scale	
0	no	extreme	extreme	extreme	extreme	extreme	extreme	extreme	extreme	extreme	extreme	100.00	extreme
10		no	very weak	weak	strong	extreme	extreme	extreme	extreme	extreme	extreme	59.08	v. strong
20			no	very weak	very weak	strong	extreme	extreme	extreme	extreme	extreme	42.86	strong
30				no	very weak	weak	strong	strong	strong	strong	strong	31.34	moderate
40					no	very weak	weak	weak	weak	weak	weak	21.44	weak
50						no	very weak	9.91	very weak				
60							no	no	no	no	no	0.00	no
70							no	no	no	no	no	0.00	
80							no	no	no	no	no	0.00	
90							no	no	no	no	no	0.00	
100							no	no	no	no	no	0.00	

Consistent judgements

Abbildung 6: Ausgefüllte MACBETH-Matrix für den Body Condition Score

Abbildung 7 zeigt die „Utility function“ für den Body Condition Score. Jedem auf einem Betrieb erfassten prozentualen Wert für den Body Condition Score (x-Achse) kann mit dieser Funktion ein skalenfreier Wert (y-Achse) zugeordnet werden. Sind auf einem Betrieb keine mageren Tiere erfasst worden, erhält der Betrieb für die Messgröße Body Condition Score einen skalenfreien Wert von 100. Sind dagegen ein hoher prozentualer Anteil der Tiere (60 bis 100%) zu mager wird der Betrieb in dieser Messgröße mit null bewertet.

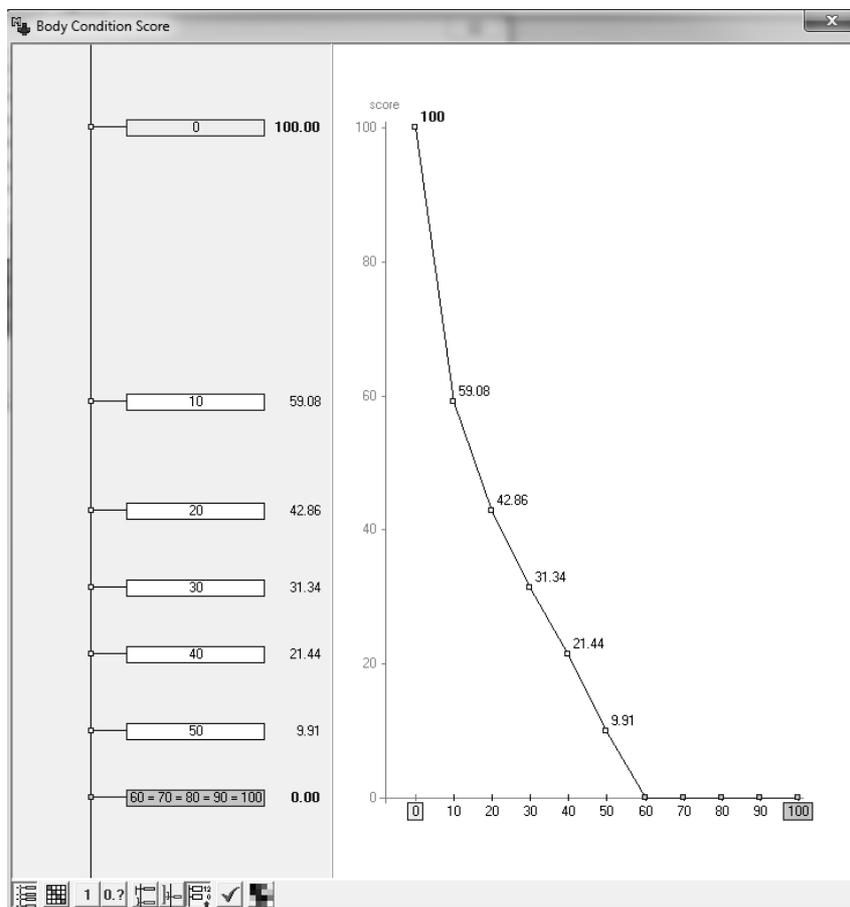


Abbildung 7: Nutzenfunktion für den Body Condition Score.

**MACBETH am Beispiel „Lameness“:**

Lahmheiten werden als dreistufiges Merkmal erfasst (0, 1 und 2). Mithilfe der folgenden Formel wird ein Indexwert berechnet, der den prozentualen Anteil lahmer Tiere angibt.

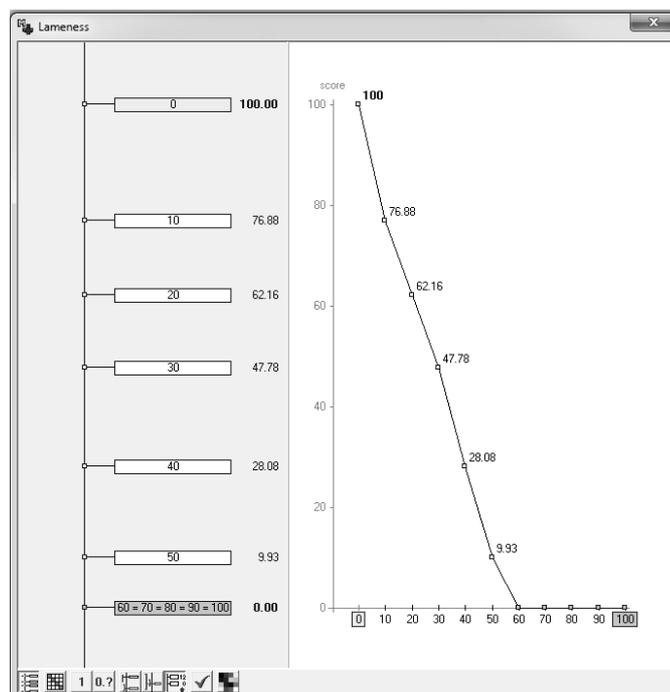
$$I_L = \frac{4(\%moderate) + 10(\%severe)}{10}$$

Auch dieses Merkmal kann Werte zwischen 0% und 100% annehmen. Die qualitative Bewertung erfolgt ebenfalls in 10er-Schritten. **Abbildung 8** zeigt die mithilfe des Paarvergleichs ausgefüllte Matrix.

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Current scale	
0	no	moderate	strong	v. strong	extreme	extreme	extreme	extreme	extreme	extreme	extreme	100.00	extreme
10		no	weak	strong	v. strong	extreme	extreme	extreme	extreme	extreme	extreme	76.88	v. strong
20			no	weak	strong	extreme	extreme	extreme	extreme	extreme	extreme	62.16	strong
30				no	weak	strong	v. strong	v. strong	v. strong	v. strong	v. strong	47.78	moderate
40					no	weak	strong	strong	strong	strong	strong	28.08	weak
50						no	very weak	9.93	very weak				
60							no	no	no	no	no	0.00	no
70							no	no	no	no	no	0.00	
80							no	no	no	no	no	0.00	
90							no	no	no	no	no	0.00	
100							no	no	no	no	no	0.00	

**Abbildung 8:** MACBETH-Matrix für Lameness.

Die Nutzenfunktion für das Merkmal Lameness ist in **Abbildung 9** zu sehen. Jedem auf einem Betrieb erfassten prozentualen Wert für das Merkmal Lameness (x-Achse) kann mit dieser Funktion ein skalenfreier Wert (y-Achse) zwischen 0 und 100 zugeordnet werden.



**Abbildung 9:** Nutzenfunktion für Lameness

### *Aggregation von Messgrößen und Bewertungskriterien*

Nachdem im ersten Schritt des Multi-Criteria-Modells die Transformation der Messgrößen in eine normierte Skala stattgefunden hat, folgen in den Schritten zwei, drei und vier jeweils Aggregationen. Zur Aufstellung der „Aggregation functions“ wird das Choquet Integral genutzt.

Umwandlung der erfassten Daten in eine einheitliche Skala (0-100)

→ □ Aufstellung der „Utility functions“ mit dem **MACBETH**-Ansatz

Zusammenfassen der umgewandelten Daten in einen Nutzenwert für das jeweilige Subkriterium

→ □ Aufstellung der „Aggregation functions“ mit dem **Choquet Integral**-Ansatz

Zusammenfassung der Subkriterien in einen Nutzenwert für das jeweilige Hauptkriterium

→ □ Aufstellung der „Aggregation functions“ mit dem **Choquet Integral**-Ansatz

Zusammenfassung der vier Hauptkriterien zu einem Gesamtnutzenwert

→ □ Aufstellung der „aggregation functions“ mit dem **Choquet Integral**-Ansatz

Das als „Aggregation function“ genutzte Choquet Integral ist eine logische Erweiterung des gewichteten arithmetischen Mittels. Dieser Ansatz ermöglicht die Berücksichtigung von Wechselwirkungen zwischen Kriterien. Der Gewichtungsvektor des gewichteten arithmetischen Mittels wird durch einen Fuzzy-Wert ersetzt. Zur Bestimmung des Fuzzy-Wertes stehen verschiedene Ansätze zur Verfügung, welche ein Optimierungsproblem darstellen. Diese Verfahren unterscheiden sich in ihrer Zielfunktion sowie in der Vorabinformation, die für die Berechnung benötigt wird. In dieser Arbeit wurden der Least-Squares- sowie der Minimum-Variance-Ansatz genutzt (Grabisch et al., 2008).

Die Least-Squares-Methode kann als eine Verallgemeinerung der multiplen linearen Regression angesehen werden. Als Vorabinformationen müssen vom Entscheidungsträger neben einer einfachen Rangfolge der Alternativen auch ein erwünschter Gesamtnutzenwert der Alternativen angegeben werden. Ziel ist hier die Minimierung der mittleren quadratischen Abweichung zwischen den Gesamtnutzenwerten berechnet mit dem Choquet Integral und den vom Entscheidungsträger vorgegebenen Gesamtnutzenwerten. Das vorliegende Optimierungsproblem lässt sich dem Teilgebiet der quadratischen Optimierung zuordnen (Grabisch et al., 2008).

Der Minimum-Variance-Ansatz benötigt vom Entscheidungsträger als Vorabinformation nur eine einfache Gewichtung der Alternativen. Ziel ist es, den „am wenigsten spezifischen“ Fuzzy-Wert zu nutzen der mit den Präferenzen des Entscheidungsträgers kompatibel ist (Kojadinovic, 2007). Die Zielfunktion ist definiert als die Varianz des Fuzzy-Wertes (Grabisch et al., 2008).

Um das komplexe Verhalten des Choquet Integrals besser erfassen zu können, werden zwei numerische Indizes berechnet. Der Shapley Value drückt die relative Bedeutung der einzelnen Kriterien aus, der Interaction Index definiert den Grad der Interaktion zweier Kriterien. Bei einer positiven Interaktion müssen beide Kriterien erfüllt sein. Ist eine Interaktion negativ, zeigt dies einen redundanten Effekt zwischen den Kriterien. Mithilfe dieser Indizes kann der Nutzenwert einer Alternative wie folgt berechnet werden (Mayag et al., 2011):

$$C\mu(x) = \sum_{i=1}^n v_i x_i - \frac{1}{2} \sum_{(i,j)} I_{ij} |x_i - x_j|$$

$C\mu(x)$  = Nutzenwert der Alternative

$x_i$  = individuelle Nutzenwerte für das Bewertungskriterium  $i$

$v_i$  = Shapley Value für  $i$

$I_{ij}$  = Interaction Index der Kriterien  $i$  und  $j$

Die Berechnung des Choquet Integrals erfolgt mit dem Kappalab-Paket in R.

#### Minimum Variance-Ansatz

Anhand eines Testdatensatzes mit zehn simulierten Betrieben wurden die drei Aggregationsschritte der Multi-Criteria-Analyse durchgeführt.

Im ersten Schritt wurden die zu den Subkriterien „Comfort around resting“, „Absence of injuries“ und „Absence of diseases“ gehörenden Messgrößen aggregiert. Tabelle 2 zeigt die simulierten Messgrößen für „Bursitis“ und „Manure“ sowie den mithilfe des Choquet Integrals berechneten Wert für das Subkriterium „Comfort around resting“.

**Tabelle 2:** Messgrößen und Nutzenwert des Subkriteriums „Comfort around resting“.

Betrieb	Messgrößen		Subkriterium
	Bursitis	Manure	Comfort around resting
1	13	7	10,4
2	18	35	25,2
3	11	3	7,5
4	98	91	94,9
5	91	89	90,1
6	99	97	98,1
7	62	17	42,4
8	38	34	36,3
9	69	19	47,2
10	45	50	47,1

Die Shapley Values zeigen, dass „Bursitis“ eine etwas größere Bedeutung beigemessen wird als der Messgröße „Manure“. Zudem macht der Interaction Index ein leicht positive Interaktion zwischen den beiden betrachteten Messgrößen deutlich (Tabelle 3).

**Tabelle 3:** Numerische Indizes des Subkriteriums „Comfort around resting“.

Shapley value	
Bursitis (1)	0,569
Manure (2)	0,431
Interaction Index	
Interaction <sub>12</sub>	0,010

Die simulierten Werte für die Messgrößen „Lameness“, „Wounds“ und „Bitten tails“ sind gemeinsam mit dem berechneten Wert für das Subkriterium „Absence of injuries“ in Tabelle 4 dargestellt.

**Tabelle 4:** Messgrößen und Nutzenwert des Subkriteriums „Absence of injuries“.

Betrieb	Messgrößen			Subkriterium
	Lameness	Wounds	Bitten tails	Absence of injuries
1	7	3	30	11,8
2	3	29	3	10,6
3	8	29	0	11,8
4	85	75	86	82,0
5	84	70	71	75,4
6	93	83	93	89,7
7	27	13	81	36,7
8	63	3	74	46,3
9	90	82	96	89,0
10	61	5	74	46,2

Im Subkriterium „Absence of injuries“ erhält die Messgröße „Lameness“ den höchsten Shapley Value mit 0,410 gefolgt von „Wounds“ (0,310) und „Bitten tails“ (0,280). „Lameness“ zeigt mit den beiden anderen Messgrößen eine positive Interaktion. Die Interaktion zwischen „Wounds“ und „Bitten Tails“ ist dagegen negativ (Tabelle 5).

**Tabelle 5:** Numerische Indizes des Subkriteriums „Absence of injuries“.

Shapley value	
Lameness (1)	0,410
Wounds (2)	0,310
Bitten tails (3)	0,280
Interaction Index	
Interaction <sub>12</sub>	0,050
Interaction <sub>13</sub>	0,050
Interaction <sub>23</sub>	-0,018

Das Subkriterium „Absence of diseases“ wird von einer Vielzahl verschiedener Gesundheitsparameter bewertet. Durch Berechnungen mit dem Choquet Integral ergaben sich in diesem Fall die gleichen Ergebnisse wie mit dem arithmetischen Mittel. Aus diesem Grund wurde hier die weniger komplexe Methode (arithmetisches Mittel) zur Aggregation gewählt.

Im nächsten Schritt erfolgt die Zusammenfassung der Subkriterien in einen Nutzenwert für das jeweilige Hauptkriterium.

Die Subkriterien „Absence of prolonged hunger“ und „Absence of prolonged thirst“ werden zum Hauptkriterium „Good Feeding“ aggregiert (Tabelle 6). Die numerischen Indizes zur Berechnung der Nutzenwerte sind in Tabelle 7 abgebildet. Eine schlechte Wasserversorgung wird etwas stärker gewichtet als eine schlechte Futtersversorgung.

**Tabelle 6:** Subkriterien und Nutzenwert des Hauptkriteriums „Good Feeding“.

Betrieb	Subkriterien		Hauptkriterium
	Absence of prolonged hunger	Absence of prolonged thirst	Good Feeding
1	5	20	13,6
2	5	3	4,8
3	48	15	28,7
4	73	100	88,6
5	70	88	80,4
6	90	83	85,9
7	37	19	26,5
8	85	77	80,3
9	15	44	31,7
10	76	50	60,8

**Tabelle 7:** Numerische Indizes des Hauptkriteriums „Good Feeding“.

Shapley value	
Absence of prolonged hunger (1)	0,419
Absence of prolonged thirst (2)	0,581
Interaction Index	
Interaction <sub>12</sub>	0,010

Das Hauptkriterium „Good Housing“ setzt sich aus den Messgrößen „Comfort around resting“, „Thermal comfort“ und „Ease of movement“ zusammen. Tabelle 8 zeigt für die zehn simulierten Betriebe die Werte der drei Subkriterien sowie den aggregierten Nutzenwert des Hauptkriteriums.

**Tabelle 8:** Subkriterien und Nutzenwert des Hauptkriteriums „Good Housing“.

Betrieb	Subkriterien			Hauptkriterium
	Comfort around resting	Thermal comfort	Ease of movement	Good Housing
1	10,4	1	2	5,0
2	25,2	10	1	12,1
3	7,5	16	43	23,3
4	94,9	85	93	92,0
5	90,1	89	88	89,0
6	98,1	90	80	89,0
7	42,4	95	65	62,2
8	36,3	55	43	42,8
9	47,2	44	38	42,7
10	47,1	23	38	38,2

Die Shapley Values zeigen, dass „Ease of movement“ die größte Bedeutung beigemessen wird, gefolgt von „Comfort around resting“ und „Thermal comfort“. Zudem zeigt sich eine leicht positive Interaktion zwischen den drei Subkriterien (Tabelle 9).

**Tabelle 9:** Numerische Indizes des Hauptkriteriums „Good Housing“.

Shapley value	
Comfort around resting (1)	0,388
Thermal comfort (2)	0,210
Ease of movement (3)	0,402
Interaction Index	
Interaction <sub>12</sub>	0,003
Interaction <sub>13</sub>	0,013
Interaction <sub>23</sub>	0,006

Auch für die beiden Hauptkriterien „Good Health“ und „Appropriate Behaviour“ wurden die Berechnungen mit der Minimum variance-Methode durchgeführt (nicht dargestellt). In Tabelle 10 sind die Nutzenwerte der vier Hauptkriterien für die simulierten Betriebe zusammengefasst.

**Tabelle 10:** Nutzenwerte der vier Hauptkriterien für die simulierten Betriebe und Rangfolge der Betriebe.

Betriebe	Good Feeding	Good Housing	Good Health	Appropriate Behaviour	Rangfolge
1	13,6	5,0	26,5	25,9	9.
2	4,8	12,1	29,1	19,1	10.
3	28,7	23,3	29,1	36,0	8.
4	88,6	92,0	86,9	76,3	2.
5	80,4	89,0	84,2	85,9	3.
6	85,9	89,0	94,5	91,9	1.
7	26,5	62,2	53,7	29,0	4.
8	80,3	42,8	41,6	29,0	6.
9	31,7	42,7	50,7	51,5	5.
10	60,8	38,2	35,4	51,5	7.

Auf Basis der Nutzenwerte der vier Hauptkriterien wird der Gesamtnutzenwert der zehn Betriebe berechnet. Die einfache Rangfolge der Betriebe wird durch den Entscheidungsträger anhand seiner Präferenz hinsichtlich der Hauptkriterien festgelegt. Für unsere Berechnungen sah diese Präferenz wie folgt aus:

Health  $\succ$  Housing  $\sim$  Feeding  $\succ$  Behaviour

Daraus ergab sich die in Tabelle 10 gezeigte Rangfolge der Betriebe. Unter Nutzung dieser Rangfolge wurden die numerischen Indizes, Shapley Value und Interaction Index berechnet. Es zeigt sich, dass die Shapley Values die Präferenz des Entscheidungsträgers widerspiegeln. „Good Health“ erhält den höchsten, „Appropriate Behaviour“ dagegen den niedrigsten Wert. Zudem haben „Good Housing“ und „Good Feeding“ ungefähr die gleiche Bedeutung (Tabelle 11). Die durchweg positiven Interaktionen zwischen den Kriterien zeigen, dass kein Kriterium durch ein anderes kompensiert werden kann. Dies entspricht der Forderung bei der Bewertung des Tierwohls, mehrere Aspekte gleichzeitig berücksichtigen zu können.

**Tabelle 11:** Numerische Indizes der Hauptkriterien.

Shapley value	
Good Feeding (1)	0,221
Good Housing (2)	0,231
Good Health (3)	0,378
Appropriate Behaviour (4)	0,170

Interaction Indices	
Interaction <sub>12</sub>	0,086
Interaction <sub>13</sub>	0,049
Interaction <sub>14</sub>	0,117
Interaction <sub>23</sub>	0,010
Interaction <sub>24</sub>	0,010
Interaction <sub>34</sub>	0,021

Die mithilfe der Shapley Values und Interaction Indices berechneten Gesamtnutzenwerte der zehn Betriebe sind in Tabelle 12 dargestellt. Betrieb 6 erreicht mit 90,1 den höchsten Gesamtnutzenwert, die Tiergerechtigkeit wird also am besten bewertet. Betrieb 2 erreicht dagegen den niedrigsten Gesamtnutzenwert mit 16,1, dicht gefolgt von Betrieb 1 (16,9).

**Tabelle 12:** Gesamtnutzenwerte der zehn simulierten Betriebe.

Betriebe	Rangfolge	Nutzenwerte
1	9.	16,9
2	10.	16,1
3	8.	28,0
4	2.	85,5
5	3.	83,9
6	1.	90,1
7	4.	42,6
8	6.	42,5
9	5.	42,6
10	7.	42,0

#### *Least-Squares-Ansatz*

Als Vorabinformationen werden vom Entscheidungsträger neben einer einfachen Rangfolge der Alternativen auch eine Gesamtnutzenwert der Alternativen benötigt. Es ist muss hierbei berücksichtigt werden, dass diese Information nicht bei allen Fragestellungen geliefert werden kann (Grabisch et al., 2008). Im Weiteren wird das schrittweise Vorgehen bei der Berechnung des Nutzenwertes mit dem Choquet Integral sowie der Vergleich zum gewichteten arithmetischen Mittel aufgezeigt. Hierfür wurde ein Datensatz mit vier fiktiven Betrieben genutzt. Nur der letzte Aggregationsschritt (Zusammenfassung der Hauptkriterien zu einem Gesamtnutzenwert) wird betrachtet.

Der Entscheidungsträger gewichtet die Hauptkriterien wie folgt:

- Good Feeding -> 26%
- Good Housing -> 26%
- Good Health -> 36%
- Appropriate Behavior -> 12%

Tabelle 13 zeigt die Nutzenwerte der vier Hauptkriterien, die mit dem gewichteten arithmetischen Mittel berechneten Gesamtnutzenwerte und die daraus folgende Rangfolge der Betriebe. Den höchsten Gesamtnutzenwert erhält Betrieb 1 mit 80,5, gefolgt von Betrieb 3 und Betrieb 4. Den niedrigsten Wert weist Betrieb 2 mit 67,6 auf.

**Tabelle 13:** Nutzenwerte der Hauptkriterien, Gesamtnutzenwerte und Rangfolge der Betriebe (gew. Arithmetisches Mittel).

Betriebe	Good Feeding	Good Housing	Good Health	Appropriat Behaviour	Gesamtnutzenwert	Rangfolge
Betrieb 1	45	91	92	100	80,5	1.
Betrieb 2	97	30	70	78	67,6	4.
Betrieb 3	99	100	63	30	78,0	2.
Betrieb 4	85	66	88	44	76,2	3.

Werden diese Informationen für die Berechnung mithilfe des Choquet Integrals genutzt, ergeben sich zunächst die in Tabelle 14 dargestellten Werte für die numerischen Indizes.

**Tabelle 14:** Shapley Values und Interaction Indices.

Shapley value	
Good Feeding (1)	0,263
Good Housing (2)	0,114
Good Health (3)	0,385
Appropriat Behaviour (4)	0,239

Interaction Indices	
Interaction <sub>12</sub>	-0,107
Interaction <sub>13</sub>	0,137
Interaction <sub>14</sub>	0,029
Interaction <sub>23</sub>	-0,008
Interaction <sub>24</sub>	0,022
Interaction <sub>34</sub>	-0,171

Die Shapley Values spiegeln nicht die Präferenzen des Entscheidungsträgers wider. Dem Kriterium „Good Health“ wird die größte Bedeutung beigemessen. Jedoch vor allem die Bedeutung von „Good Housing“ und „Appropriate Behaviour“ entspricht nicht der vorgegebenen Gewichtung. Im nächsten Schritt werden durch die Vorgabe von Restriktionen Anpassungen vorgenommen. Der Entscheidungsträger legt Intervalle fest, in denen sich die Shapley Values befinden sollen. Diese sehen wie folgt aus:

- Good Feeding -> 0,20 bis 0,30
- Good Housing -> 0,20 bis 0,30
- Good Health -> 0,30 bis 0,40
- Appropriate Behavior -> 0,10 bis 0,20

Nach dieser Anpassung spiegeln die Shapley Values die Vorstellung des Entscheidungsträgers bezüglich der Bedeutung der vier Hauptkriterien wider (Tabelle 15).

**Tabelle 15:** Shapley Values und Interaction Indices nach Anpassung der Shapley Values.

Shapley value	
Good Feeding (1)	0,272
Good Housing (2)	0,250
Good Health (3)	0,378
Appropriat Behaviour (4)	0,100
Interaction Indices	
Interaction <sub>12</sub>	-0,332
Interaction <sub>13</sub>	0,118
Interaction <sub>14</sub>	0,094
Interaction <sub>23</sub>	-0,008
Interaction <sub>24</sub>	0,106
Interaction <sub>34</sub>	0,001

Hat der Entscheidungsträger nun noch andere Vorstellungen bezüglich der Interaktionen können auch hier Anpassungen vorgenommen werden. Bei der Bewertung des Tierwohls sollen alle Interaktionen positiv sein, da alle Hauptkriterien erfüllt werden müssen und keine Kompensation stattfinden darf. Daraus ergibt sich das in Tabelle 16 gezeigte Bild für die numerischen Indizes. Diese entsprechen nun den Präferenzen des Entscheidungsträgers.

**Tabelle 16:** Shapley values und Interaction Indices nach Anpassung der Interaction Indices.

Shapley value	
Good Feeding (1)	0,240
Good Housing (2)	0,259
Good Health (3)	0,400
Appropriat Behaviour (4)	0,101
Interaction Indices	
Interaction <sub>12</sub>	0,010
Interaction <sub>13</sub>	0,010
Interaction <sub>14</sub>	0,084
Interaction <sub>23</sub>	0,010
Interaction <sub>24</sub>	0,010
Interaction <sub>34</sub>	0,010

Mithilfe der Shapley Values und Interaction Indices sowie der in 2.2.2 gezeigten Formel werden die Gesamtnutzenwerte der vier Betriebe berechnet.

**Tabelle 17:** Nutzenwerte der Hauptkriterien und Gesamtnutzenwerte berechnet mit dem gewichteten arithmetischen Mittel und dem Choquet Integral.

Betriebe					gewichtetes arithmetisches Mittel		Choquet integral	
	Good Feeding	Good Housing	Good Health	Appropriat Behaviour	Gesamtnutzenwert	Rangfolge	Gesamtnutzenwert	Rangfolge
Betrieb 1	45	91	92	100	80,5	1.	78,4	1.
Betrieb 2	97	30	70	78	67,6	4.	65,1	4.
Betrieb 3	99	100	63	30	78,0	2.	74,2	3.
Betrieb 4	85	66	88	44	76,2	3.	74,9	2.

Tabelle 17 stellt die Gesamtnutzenwerte berechnet mit dem gewichteten arithmetischen Mittel und dem Choquet Integral gegenüber. Auch wenn in beiden Fällen Betrieb 1 den höchsten Gesamtnutzenwert erhält, zeigen sich sowohl hinsichtlich der berechneten Werte als auch hinsichtlich der resultierenden Rangfolge der Betriebe Unterschiede.

#### *Bewertung des Tierwohls von Schweinemastbetrieben*

Die Entwicklung des Multi-Criteria-Modells erfolgte mithilfe von simulierten Betriebsdaten.

Die Erfassung der Messgrößen nach dem Animal Welfare Assessment Protocol erfolgte auf 8 Mastbetrieben durch eine geschulte Person (wiederholte Besuche, n=44). Für die Transformation der erhobenen Messgrößen in eine normierte Skala wurden die vorgestellten MACBETH-Nutzenfunktionen sowie für einige Messgrößen Entscheidungsbäume aus dem Animal Welfare Assessment Protocol genutzt. Die drei Aggregationsschritte erfolgten durch die mit dem Choquet Integral und dem Minimum Variance-Ansatz berechneten numerischen Indizes Shapley Value und Interaction Index. In den Tabellen 18 bis 22 sind die mit dem Modell berechneten Ergebnisse für vier reale Betriebe zu sehen. Im Hauptkriterium „Good Feeding“ erreichen alle Betriebe den maximalen Wert von 100 (Tabelle 18) und auch im Hauptkriterium „Good Housing“ werden hohe Werte erzielt (82,8 bis 89,5). Hier verhindert das relativ häufige Auftreten von Bursitis ein besseres Ergebnis (Tabelle 19). Beim Hauptkriterium „Good Health“ liegen die Nutzenwerte der Subkriterien „Absence of injuries“ und „Absence of diseases“ bei bis zu 99. Da jedoch auf allen Betrieben das Schwänzekupieren ohne Betäubung erfolgt, liegen die Nutzenwerte des Hauptkriteriums zwischen 71,3 und 74,5 (Tabelle 20). Den geringsten Nutzenwert erreicht das Hauptkriterium „Appropriate Behaviour“ (43,8 bis 66,9). Vor allem in den Subkriterium „Other Behaviour“ und „Qualitative Behaviour Assessment“ werden nur sehr niedrige Nutzenwerte erzielt (Tabelle 21). Die Gesamtnutzenwerte der vier Betriebe weisen mit Werten zwischen 72,3 und 76,0 eine geringe Spannweite auf (Tabelle 22).

**Tabelle 18:** Subkriterien und Nutzenwert des Hauptkriteriums „Good Feeding“ von vier realen Betrieben.

Good Feeding			
Betrieb	Absence of prolonged hunger	Absence of prolonged thirst	Nutzenwert
1	100,0	100,0	100,0
2	100,0	100,0	100,0
3	100,0	100,0	100,0
4	100,0	100,0	100,0

**Tabelle 19:** Subkriterien und Nutzenwert des Hauptkriteriums „Good Housing“ von vier realen Betrieben.

Good Housing				
Betrieb	Comfort around resting	Thermal comfort	Ease of movement	Nutzenwert
1	70,9	100,0	87,1	83,6
2	67,5	100,0	95,2	85,7
3	77,6	100,0	95,2	89,5
4	59,8	100,0	95,2	82,8

**Tabelle 20:** Subkriterien und Nutzenwert des Hauptkriteriums „Good Health“ von vier realen Betrieben.

Betrieb	Good Health			Nutzenwert
	Absence of injuries	Absence of disease	Absence of pain	
1	86,1	97,9	38,0	73,7
2	88,8	97,3	38,0	74,3
3	88,1	98,6	38,0	74,5
4	77,8	98,7	38,0	71,3

**Tabelle 21:** Subkriterien und Nutzenwert des Hauptkriteriums „Appropriate Behaviour“ von vier realen Betrieben.

Betrieb	Appropriate Behaviour				Nutzenwert
	Social behaviour	other behaviour	Human-animal relationship	QBA	
1	66,6	28,8	100,0	23,7	55,6
2	79,0	25,2	34,0	37,9	43,8
3	73,2	37,2	64,7	29,2	50,5
4	81,1	23,2	100,0	52,4	66,9

**Tabelle 22:** Nutzenwerte der Hauptkriterien und Gesamtnutzenwerte von vier realen Betrieben.

Farm	Good Feeding	Good Housing	Good Health	Appropriat Behaviour	Gesamtnutzenwert
1	100,0	83,6	73,7	55,6	74,4
2	100,0	85,7	74,3	43,8	72,3
3	100,0	89,5	74,5	50,5	75,1
4	100,0	82,8	71,3	66,9	76,0

## **2.2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises**

Die wichtigste Position des zahlenmäßigen Nachweises waren die Personalkosten. Die bewilligte Stelle (wissenschaftliche Mitarbeiterin 0,5 E13) wurde von Frau Paula Martin Fernandez. Frau Martin hat das Projekt im Rahmen ihrer Promotion bearbeitet und war für die Entwicklung und Evaluierung des Multi-Criteria-Modells verantwortlich. Sie wurde von Frau Dr. Brosig unterstützt, die ebenfalls über das Projekt finanziert wurde (Projektende).

## **2.3. Notwendigkeit und Angemessenheit der Arbeit**

Die geleistete Arbeit war notwendig und angemessen, um die Ziele des Projektes zu erreichen. Erwartungsgemäß haben die Entwicklung und die Überprüfung des Modells an simulierten Datensätzen den breitesten Raum eingenommen. Abschließend konnte das Multi-Criteria-Modell auch in der Praxis (Schweinemastbetriebe) erprobt werden, was im Projekt zunächst nicht vorgesehen war (aber über eine Umwidmung vom Projektträger unterstützt wurde)

## **2.4. Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse**

Das Multi-Criteria-Modell wurde am Beispiel des WQ-Protokoll für Mastschweine entwickelt. Das Modell ist aber sehr flexibel und kann daher natürlich auch bei anderen Tierarten oder weitergehenden Fragestellungen eingesetzt werden. Wesentliche Voraussetzung sind valide Messwerte bzw. Indikatoren. Da MACBETH auf semantischen Vergleichen basiert, ist die Vorgehensweise für die beteiligten Marktpartner transparent und nachvollziehbar, was insbesondere bei Stakeholdern mit sehr unterschiedlichen Interessen vorteilhaft ist. Weiterhin ist die Methode für die betriebliche Eigenkontrolle bestens geeignet. Einfach zu erfassende Indikatoren auf Betriebsebene (z.B. Lahmheiten) können mit Schlachthofbefunden und der Therapiehäufigkeit in einem Index aggregiert werden. Darüber hinaus könnte dieser Index auch von QS oder Behörden als einfaches Kontrollinstrument herangezogen werden.

Die eigentliche Schwierigkeit in der breiten Anwendung besteht darin, dass keine Software für MACBETH und das Choquet Integral verfügbar ist. Basierend auf den erzielten Ergebnissen im vorliegenden Projekt haben wir einen entsprechenden Antrag bei der BLE eingereicht, der mittlerweile auch genehmigt wurde (Anifair, FKZ: 2817200913). Das Ziel besteht darin, die Methoden in ein flexibles Tool zu implementieren und die Anwendung von Multi-Criteria-Methoden für die Bewertung des Wohlbefindens von Haltungssystemen einem breiten Nutzerkreis zu erschließen.

## **2.5. Eingehende Darstellung des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen**

Es sind keine weiteren Forschungsarbeiten zu den genetischen Beziehungen zwischen den agonistischen Interaktionen und Verhaltenstests (Back- und Human-Approach-Test) bekannt. Forschungsergebnisse sind in den aus dem Projekt hervorgegangenen Veröffentlichungen zu entnehmen.

## 2.6. Veröffentlichungen

### *Dissertation*

Paula Martin Fernandez. Development of a multi-criteria evaluation system to assess animal welfare.

### *Wissenschaftliche Veröffentlichungen (peer review)*

Martin, P., Traulsen, I., Buxade, C., Krieter, J., 2015. Comparison of methods to develop a multi-criteria evaluation system to assess animal welfare. *Annals of Operations Research Journal*, submitted

Martin, P., Traulsen, I., Buxade, C., Krieter, J., 2015. Development of a multi-criteria evaluation system to assess growing pig welfare. *Animal*, submitted

Martin, P., Czycholl, I., Buxade, C., Krieter, J., 2015. Validation of a multicriteria evaluation model for animal welfare. *Animal*, submitted

### *Sonstige Veröffentlichungen*

Martin, P., Buxade, C., Krieter, J., 2012. Comparison of two methods for developing a multicriteria evaluation system to assess animal welfare. 63<sup>rd</sup> EAAP Book of Abstracts No. 18, 207

Martin, P., Buxade, C., Krieter, J., 2012. Two methods for developing a multicriteria evaluation system to assess animal welfare. Vortragstagung der DGfZ und GfT Halle / Wittenberg 12.-13. September 2012

Martin, P., Buxade, C., Krieter, J., 2013. Development of a multicriteria evaluation system to assess animal welfare. 64<sup>th</sup> EAAP Book of Abstracts No. 19, 451

Martin, P., Buxade, C., Krieter, J., 2013. Comparison of two methods for developing a multicriteria evaluation system to assess animal welfare. Book of Abstracts of the 22nd International Conference on Multiple Criteria Decision Making, 17-21 June 2013. Málaga, Spain, p. 172.

Brosig, J., Martin, P., Krieter, J., 2013. Methoden zur Aggregation der Indikatoren des Animal-Welfare Assessment Protocol am Beispiel der Mastschweinehaltung. Vortragstagung der DGfZ und GfT in Göttingen, 4./5. September, B19

## 2.7. Literaturverzeichnis:

Bana e Costa, C.A., de Corte, J-M., Vansnick, J-C., 1999. The MACBETH approach: Basic ideas, software, and an application, in: Meskens, N., Roubens, M., (Eds.), *Advances in Decision Analysis*. Kluwer Academic Publishers, Book Series: *Mathematical Modelling: Theory and Applications*, vol. 4, pp.131-157.

Bana e Costa, C.A., Chagas, M.P., 2004a. A career choice problem: An example of how to use MACBETH to build a quantitative value model based on qualitative value judgments. *European Journal of Operational Research* **153**: 323-331.

Bana e Costa, C.A., de Corte, J-M., Vansnick, J-C., 2004b. On the mathematical foundations of MACBETH, in: Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, M., (Eds.), *MCDMA. Multiple Criteria Decision Analysis*, Kluwer Academic Publishers, 2004, pp. 409 - 442.

Botreau, R., Bonde, M., Butterworth, A., Perny, P., Bracke, M.B.M., Capdeville, J., Veissier, I., 2007a. Aggregation of measures to produce an overall assessment of animal welfare: Part1- A review of existing methods. *Animal* **1**: 1179-1187.

Botreau, R., Bracke, M.B.M., Perny, P., Butterworth, A., Capdeville, J., van Reenen, C.G., Veissier, I., 2007b. Aggregation of measures to produce an overall assessment of animal welfare: Part 2 - Analysis of constraints. *Animal* **1**: 1188-1197.

- Bouyssou, D., Marchant, T., Perny, P., Pirlot, M., Tsoukias, A., Vincke, P., 2006. Evaluation and decision models with multiple criteria: Stepping stones for the analyst, Springer, New York.
- Grabisch M., Kojadinovic I., Meyer M., 2008. A review of capacity identification methods for Choquet Integral based multi-attribute utility theory, Applications of the Kappalab R package, *European Journal of Operational Research*, **186**: 766-785.
- Kojadinovic, I., 2007. Minimum variance capacity identification, *European Journal of Operational Research* **177**: 498–514.
- Linkov, I., Varghese, A., Jamil, S., Seager, T.P., Kiker, G., Bridges, T., 2004. Multi-Criteria Decision Analysis: A framework for structuring remedial decisions at contaminated sites. In *Comparative Risk Assessment and Environmental Decision Making*, p. 15-54. Kluwer Academic Publishers.
- Mayag, B., Grabisch, M., Labreuche, C., 2011. A characterization of the 2-additive Choquet integral through cardinal information. *Fuzzy sets and Systems*. **184**: 84-105.
- Rutherford, K.M.D., Donald, R.D., Lawrence, A.B., Wemelsfelder, F., 2012. Qualitative Behavioural Assessment of emotionality in pigs. *Applied Animal Behaviour Science* **139**: 218-224
- Welfare Quality®, 2009. Welfare Quality® assessment protocol for pigs (sows and piglets, growing and finishing pigs). Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands.
- Wemelsfelder, F., Nevison, I., Lawrence, A.B., 2009. The effect of perceived environmental background on qualitative assessments of pig behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* **78**: 477-484
- Zimmermann, H.-J., Gutsche, L., 1991. Multi-Criteria Analyse - Einführung in die Theorie der Entscheidungen bei Mehrfachzielsetzung. Springer-Verlag.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

## **Veröffentlichung der Ergebnisse von Forschungsvorhaben im BMBF-Programm**

AgroClustEr: Phänomics – Ein systembiologischer Ansatz zur Genotyp-Phänotyp-Abbildung  
im Kontext von Leistung, Gesundheit und Wohlbefinden bei den Nutztieren  
Rind und Schwein- Teilprojekte TP2.3, TP5.1, TP5.4

**Förderkennzeichen:** 0315536D

**Zuwendungsempfänger:** Christian-Albrechts-Universität, 24098 Kiel

**Ausführende Stelle:** Christian-Albrechts-Universität zu Kiel – Agrar- und  
Ernährungswissenschaftliche Fakultät – Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Herman-  
Rodewald-Straße 6, 24118 Kiel

**Projektleitung:** Prof. Dr. Joachim Krieter

**Projektlaufzeit:** 1.2.2010 bis 31.12.2014

„Das diesem Bericht zugrundeliegende BMBF-Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 0315536D gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor“

## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung)  Schlussbericht	
3. Titel  AgroClustEr: Phänomics – Ein systembiologischer Ansatz zur Genotyp-Phänotyp-Abbildung im Kontext von Leistung, Gesundheit und Wohlbefinden bei den Nutztieren Rind und Schwein  Teilprojeket 2.3  Aggressions- und Sozialverhalten beim Schwein		
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)]  Katharina Scheffler, Joachim Krieter	5. Abschlussdatum des Vorhabens  31.12.2014	6. Veröffentlichungsdatum
	7. Form der Publikation  Publikationen in wiss. Zeitschriften, Fachjournale	
	8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)  Christian-Albrechts-Universität, CAU Kiel  Institut für Tierzucht und Tierhaltung	
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  53170 Bonn	9. Ber. Nr. Durchführende Institution	10. Förderkennzeichen  0315536D
	11. Seitenzahl  16	
	13. Literaturangaben	
14. Tabellen  7		15. Abbildungen  2

16. Zusätzliche Angaben

17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)

18. Kurzfassung

Das Ziel des Projekts besteht in der Analyse des agonistischen Verhaltens von Schweinen verschiedener Altersstufen. Mittels Videoaufzeichnungen wurde die Ontogenese der agonistischen Interaktionen bei Neugruppierungen untersucht. Weiterhin wurden die Eignung des Back- und Human-Approach-Tests als Indikatoren für das agonistische Verhalten überprüft. Die Daten wurden an Reinzucht- und Kreuzungstieren der Deutschen Landrasse und Large White erhoben. Der Back-Test wurde bei Saugferkeln zweimal durchgeführt, der Human-Approach-Test zweimal bei Saugferkel, viermal beim Mastschweinen und einmal bei Jungsauen. Das agonistische Verhalten wurde über zwei Tage nach dem Absetzen und der Umstallung in die Mast bzw. in die Jungsauenaufzucht beobachtet. Die Ergebnisse des Back-Tests lassen aufgrund der Heritabilitäten und der genetischen Korrelationen zwischen dem ersten und zweiten Test darauf schließen, dass die Erfassung des Merkmals Anzahl an Befreiungsversuchen und die Durchführung eines Back-Tests ausreichend ist. Auch mit dem Human-Approach-Test konnten bereits bei einmaliger Durchführung (Ferkel, Jungsauen) zuverlässige Resultate erzielt werden. Beide Verhaltenstests ermöglichen eine Vorhersage des agonistischen Verhaltens. Schweine mit starken Reaktionen im Back-Test und einer kürzen Latenz im Human-Approach-Test weisen eine größere Zahl antagonistischer Interaktionen beim Absetzen auf. Die geringen Zusammenhänge zwischen dem Back- und Human-Approach-Test weisen darauf hin, dass beide Tests unterschiedliche Verhaltensweisen beschreiben.

19. Schlagwörter

Agonistisches Verhalten, Back-Test, Human-Approach-Test, Schwein

20. Verlag

21. Preis

## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung)  Schlussbericht
3. Titel  AgroClustEr: Phänomics – Ein systembiologischer Ansatz zur Genotyp-Phänotyp-Abbildung im Kontext von Leistung, Gesundheit und Wohlbefinden bei den Nutztieren Rind und Schwein  Teilprojeket 5.1  Genomische Selektion	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)]  Boysen, Jens; Thaller, Georg	5. Abschlussdatum des Vorhabens  31.12.2014
	6. Veröffentlichungsdatum
	7. Form der Publikation  Publikationen in wiss. Zeitschriften, Fachjournale
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)  Christian-Albrechts-Universität, CAU Kiel  Institut für Tierzucht und Tierhaltung	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen  0315536D
	11. Seitenzahl  14
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  53170 Bonn	13. Literaturangaben
	14. Tabellen  2
	15. Abbildungen  6

16. Zusätzliche Angaben

17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)

18. Kurzfassung

Das Ziel des Projekts bestand in der Entwicklung methodischer Ansätze im Bereich der Genomischen Selektion, um einerseits neue Phänotypen bearbeiten und andererseits spezifische genetische Effekte schätzen zu können. Bezüglich der neuen Phänotypen wurde ein Schwerpunkt auf die Charakterisierung der Eutergesundheit beim Rind gelegt. Dazu wurden verschiedene Variationsmaße geprüft und durch hochdichte Erfassungen gezeigt, wie die Eutergesundheit durch ein intensiveres Monitoring der Zellzahl züchterisch verbessert werden kann. Insbesondere bei Gesundheits- und Verhaltensmerkmalen spielen nicht-additiv genetische Effekte eine große Rolle. Im Projekt wurde ein innovatives Verfahren entwickelt, mit dem es möglich ist, über auf Basis von Vätern und Großvätern abgeleitete Genotypwahrscheinlichkeiten von Kühen Dominanzeffekte zu schätzen. Es zeigte sich, dass die Merkmalsausprägung an einzelnen Genorten nahezu allein durch die Dominanz bestimmt ist. Dabei konnte der Einfluss von Stratifikationen mit Hilfe eines statistischen Ansatzes berücksichtigt werden. Im Weiteren wurden Assoziationsstudien für Verhaltensmerkmale beim Schwein durchgeführt. Dafür lagen Daten über Tests des Aggressionsverhaltens eines Projektpartners vor. Extreme Tierkohorten wurden mit genomweiten SNP-Markern typisiert und ausgewertet. Neben der erwarteten genetischen Komplexität des Merkmals, die auf einen polygenen Hintergrund schließen lässt, konnten Hinweise auf einzelne Kandidatengene identifiziert werden, die funktionell mit dem Verhalten in Verbindung stehen könnten.

19. Schlagwörter

Nicht-additiv genetische Effekte, Eutergesundheitsmerkmale, Assoziationsstudien, Zuchtprogramm

20. Verlag

21. Preis

## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung)  Schlussbericht
3. Titel  AgroClustEr: Phänomics – Ein systembiologischer Ansatz zur Genotyp-Phänotyp-Abbildung im Kontext von Leistung, Gesundheit und Wohlbefinden bei den Nutztieren Rind und Schwein  Teilprojeket 5.4  Entwicklung eines multidimensionalen Bewertungssystems für die Tiergerechtheit mit Hilfe der Multi-Criteria-Analyse	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)]  Paula Martin, Julia Brosig, Joachim Krieter	5. Abschlussdatum des Vorhabens  31.12.2014
	6. Veröffentlichungsdatum
	7. Form der Publikation  Publikationen in wiss. Zeitschriften
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)  Christian-Albrechts-Universität, CAU Kiel  Institut für Tierzucht und Tierhaltung	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen  0315536D
	11. Seitenzahl  25
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  53170 Bonn	13. Literaturangaben
	14. Tabellen  21
	15. Abbildungen  9
16. Zusätzliche Angaben	

17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)

18. Kurzfassung

Das Ziel des Projekts besteht in der Entwicklung eines transparenten und flexiblen Bewertungssystems zur Einschätzung des tierischen Wohlbefindens auf Betrieben. Der Ansatz orientiert sich an dem Welfare Quality® (WQ)-Protokoll für Mastschweine. Dabei wurde berücksichtigt, dass die Parameter (Messwerte, Subkriterien und Hauptkriterien) des Protokolls eine unterschiedliche (kontrollierbare) Gewichtung annehmen sollen und die Kompensation zwischen einzelnen Parametern/Kriterien restringiert werden kann. In der vorliegenden Studie wurde die Multi-Attribute Utility Theorie (MAUT) verwendet. Die Ableitung der Nutzenfunktion erfolgte mit der Standard Sequences- und MACBETH-Methode. Für die Aggregation wurden ebenfalls zwei Funktionen verglichen: Gewichtete Summe und Choquet Integral (CI). Die Verwendung der MACBETH-Methode in Kombination mit dem CI löst dabei am besten die oben beschriebenen Schwierigkeiten, Kontrolle der Gewichtung und Interaktionen zwischen den Parametern. In einer Simulationsstudie wurde zudem gezeigt, dass die MAUT-Methode vergleichbare Ergebnisse liefert wie die Aggregation im WQ-Protokoll, dabei ist die MAUT-Methode für die Stakeholder transparenter, flexibler und jederzeit nachvollziehbar. Das Bewertungssystem wurde abschließend in der Praxis erprobt (44 Besuche auf Mastbetrieben in Schleswig-Holstein), wobei die Messwerte und Struktur (Sub- und Hauptkriterien) des WQ-Protokolls zugrunde gelegt wurden. In Sensitivitätsanalysen wurde deutlich, dass auf Subkriterien- als auch Hauptkriterienebene nur wenige Messwerte die Bewertung des Tierwohls beeinflussen. Die Studie sollte mit einer größeren Anzahl an Betrieben durchgeführt werden, um weitere Informationen über die Verteilung der Tierwohlindikatoren. Die vorgestellte Methode kann auch für die Bewertung des Tierwohls bei anderen Nutztierspezies angewendet werden.

19. Schlagwörter

Tierwohl, Multi-Criteria-Modell, Aggregation, Welfare-Quality® Protokoll

20. Verlag

21. Preis