

Aus dem Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften  
(Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. R. Jahn)

der Naturwissenschaftlichen Fakultät III  
(Dekan: Prof. Dr. P. Wycisk)

der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

**Genetisch-statistische Untersuchungen zum Wachstum  
weiblicher Jungrinder der Rasse Holstein auf Basis von  
zum Zeitpunkt der ersten Besamung erhobenen Gewichten**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades  
doctor agriculturarum (Dr. agr.)

vorgelegt von

Diplom-Agraringenieur Nadine Bergk  
geboren am 11.08.1983 in Zeitz

Gutachter: Prof. Dr. habil. H. H. Swalve  
Prof. Dr. habil. M. Wähner  
PD. Dr. habil. A. Römer

Verteidigung am: 11.07.2011

Halle/Saale 2011



## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Literaturübersicht - Wachstum und Zuchtreife .....</b>	<b>8</b>
2.1. Das Wachstum .....	8
2.2. Die Mammogenese .....	16
2.3. Die Geschlechtsreife .....	26
2.4. Die optimale Aufzuchtintensität und die Beurteilung der Zuchtreife .....	28
2.4.1. Die Aufzuchtintensität während der präpubertalen Phase .....	28
2.4.2. Die Aufzuchtintensität während der postpubertalen Phase .....	36
2.4.3. Gewicht und Alter zur ersten Kalbung .....	41
<b>3. Datenmaterial und Methoden .....</b>	<b>47</b>
3.1. Modellaufbau und Varianzkomponentenschätzung .....	48
3.2. Das Datenmaterial .....	52
3.2.1. Die Datenbasis – das Gewicht zur Erstbesamung .....	52
3.2.2. Die Milchleistung – Testtags- und Gesamtleistung der ersten und zweiten Laktation .....	60
3.2.3. Die Persistenz .....	63
3.2.4. Die Fruchtbarkeit .....	64
3.2.5. Die Kalbmerkmale .....	68
3.2.6. Die ExterieurEinstufung .....	72
3.2.7. Die Abgangsraten .....	74
3.2.8. Die Behandlungsdaten .....	75
<b>4. Ergebnisse .....</b>	<b>81</b>
4.1. Die Jungrindermerkmale – Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme .....	81
4.2. Die Milchleistungsmerkmale der ersten und zweiten Laktation .....	91
4.3. Die Fruchtbarkeit .....	102
4.4. Die Kalbmerkmale .....	120
4.5. Die ExterieurEinstufung .....	127
4.6. Die Abgangsrate .....	141
4.7. Die Erkrankungen während der ersten Laktation .....	145

<b>5. Diskussion.....</b>	<b>152</b>
5.1. Die Jungrindermerkmale - Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme .....	152
5.2. Die Milchleistungsmerkmale.....	154
5.3. Die Fruchtbarkeit.....	158
5.4. Die Kalbmerkmale .....	162
5.5. Die ExterieurEinstufung .....	164
5.6. Die Abgangsrate .....	166
5.7. Die Erkrankungen während der ersten Laktation .....	168
5.8. Die biologische und physiologische Interpretation.....	169
<b>6. Schlußfolgerungen .....</b>	<b>175</b>
<b>7. Zusammenfassung .....</b>	<b>179</b>
<b>8. Summary .....</b>	<b>182</b>
<b>9. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>185</b>
<b>10. Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>199</b>
<b>11. Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>206</b>
<b>12. Anhang .....</b>	<b>215</b>

## Abkürzungsverzeichnis

Liste der verwendeten Abkürzungen in alphabetischer Reihenfolge

Abb.	Abbildung
ADR	Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e. V.
AIC	Akaike Information Criterion
a. p.	ante partum
AS	Aminosäuren
BCS	Body Condition Score
DNA	Desoxyribonukleinsäure
eba	Erstbesamungsalter
ebl	Erstbelegungsalter
ECM	energy corrected milk yield
EGF	Epidermal growth factor
eka	Erstkalbealter
ekg	Eiweißmenge
epr	Eiweißgehalt
FCM	fat corrected milk yield
FFS	Freie Fettsäuren
fkG	Fettmenge
fpr	Fettgehalt
FRTM	fixed regression testday model
FSH	Follikelstimulierendes Hormon
gebGew	Geburtsgewicht
gew	Erstbesamungsgewicht
GH	growth hormone
GHRH	Growth hormone-releasing hormone
GnRH	Gonadotropin-releasing hormone
gz	Güstzeit
$h^2$	Heritabilität
HVL	Hypophysenvorderlappen
IGF	Insulin-like growth factor
IGFBP	Insulin-like growth factor binding protein
LFA	Landesforschungsanstalt
LH	Luteinisierendes Hormon
ltz	Lebenstagszunahme
Max./max.	Maximum/maximal
Min./min.	Minimum/minimal
mkg	Milchmenge
MLP	Milchleistungsprüfung

## Abkürzungsverzeichnis

---

Mo.	Monat
mRNA	messenger Ribonukleinsäure
M-V	Mecklenburg-Vorpommern
nbes	Anzahl an Besamungen, Besamungsindex
NRC	National Research Council
nr56	Non-Return-Rate 56 Tage
pers	Persistenz
PGF <sub>2α</sub>	Prostaglandin F <sub>2α</sub>
p. p.	post partum
r <sub>g</sub>	genetische Korrelation
r <sub>p</sub>	phänotypische Korrelation
REML	Restricted Maximum Likelihood
RMV	Rinderzucht Mecklenburg-Vorpommern GmbH
RNA	Ribonukleinsäure
RRTM	random regression testday model
rz	Rastzeit
schwer	Schwereburtenrate
SCS	Somatic Cell Score
s. e.	standard error
SOCS	Suppressor of Cytokine Signaling
ST	Somatotropin
Tab.	Tabelle
td	Trächtigkeitsdauer
TGF	Transforming growth factor
tgl.	täglich
TMR	Totale Mischration
tot	Totgeburtensrate
UDP	undigestable protein
vit	Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w. V.
vz	Verzögerungszeit
Wo.	Woche
zbz	Zwischenbelegungszeit
zkz	Zwischenkalbezeit
ZNS	Zentrales Nervensystem

## 1. Einleitung

Die Jungrinderaufzucht nimmt in der Milchproduktion eine Schlüsselstellung ein, da in dieser Phase der Grundstein für das spätere Dasein als produktive Milchkuh gelegt wird. Andererseits ist dieser Zeitraum besonders kostenintensiv, da ein Kapitalrückfluss erst nach der ersten Kalbung erfolgt. Daraus resultierend ergibt sich, dass in der Jungrinderaufzucht sowohl physiologische als auch ökonomische Aspekte von Bedeutung sind.

Die optimale Gestaltung der Periode von der Geburt an bis zur ersten Kalbung ist die Voraussetzung für gesunde, leistungsstarke und langlebige Kühe. Sie stellt allerdings auch eine besondere Schwierigkeit dar, da zu geringe Zunahmen eine Verzögerung der Entwicklung zur Folge haben und dadurch letztendlich zusätzliche Kosten verursachen. Zu hohe Zunahmen sind jedoch ebenso kontraproduktiv, da sie die Entwicklung des Milchdrüsengewebes beeinträchtigen können und zu Verfettung führen, was wiederum die verschiedensten Beeinträchtigungen von Fruchtbarkeit, Kalbung und Stoffwechsel zur Folge haben kann. Neuere Untersuchungen belegen, dass eine mehrphasige Untergliederung der Aufzuchtphase zur Optimierung beiträgt. Folgt man den Empfehlungen für die Praxis, so ist ein Erstkalbealter von 24 Monaten anzustreben, um einerseits eine ausreichende Entwicklung des Tieres gewährleisten zu können und andererseits die unproduktive Phase so kurz wie möglich zu halten. Sowohl das Alter zur ersten Belegung als auch das zur ersten Kalbung sind häufig verwendete Maßzahlen, da sie durch die Meldung der Geburt ohnehin vorliegen und außerdem einfach zu kontrollierende Parameter darstellen. Der Nachteil ist, dass keine Aussagen über den Entwicklungszustand möglich sind.

Im Rahmen des Testherden-Programms in Mecklenburg-Vorpommern werden daher ebenfalls die Körpergewichte zur Erstbesamung des Jungrindes erhoben. Seit der Einführung des Programms im Jahr 2005 wurden bisher fast 20.000 Jungrinder gewogen. Auf der Grundlage dieser Datenbasis soll eine umfassende genetisch-statistische Analyse der Zuchtreifemerkmale Erstbesamungsalter und -gewicht durchgeführt werden. Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Darstellung der phänotypischen und genetischen Zusammenhänge zwischen den Parametern der Jungrinderentwicklung und sowohl den Milchleistungsmerkmalen als auch den Kennwerten der funktionalen Merkmale.

## 2. Literaturübersicht - Wachstum und Zuchtreife

Der biologische Prozess des Wachstums ist kennzeichnend für die Jungrinderaufzucht. Insbesondere die Entwicklung der Milchdrüse - die sogenannte Mammogenese - ist in dieser Phase von zentraler Bedeutung, da die optimale Entwicklung des Euters die Voraussetzung für hohe Milchleistungen darstellt. Die Geschlechtsreife führt, neben der Erlangung der vollen Funktionsfähigkeit der primären und sekundären Geschlechtsorgane, auch zu einer Veränderung des Stoffwechsels und beeinflusst dadurch sowohl den allgemeinen Wachstumsprozess als auch die Entwicklung der Milchdrüse. Die Zuchtreife steht in engem Zusammenhang mit der Pubertät, da zum Zeitpunkt der Geschlechtsreife zumindest theoretisch die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Besamung erfüllt werden. Allerdings empfehlen aktuelle Untersuchungen ein deutlich über dem Pubertätsgewicht liegendes Körpergewicht zur ersten Besamung.

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Prozesse - Wachstum, Mammogenese und Geschlechtsreife - beschrieben, die für die Erlangung der Zuchtreife von Bedeutung sind bzw. diese beeinflussen. Im letzten Abschnitt dieses Kapitels wird auf die optimale Aufzuchtintensität und auf die Beurteilung der Zuchtreife näher eingegangen.

### 2.1. Das Wachstum

#### *Definition und allgemeine Grundlagen*

Elementare Prozesse des Wachstums sind Zellvergrößerung (Hypertrophie) und Zellvermehrung (Hyperplasie). Die DNA ist von zentraler Bedeutung, da von ihr sowohl die Replikation für die Zellvermehrung als auch die Transkription für die Proteinbiosynthese ausgehen. Die DNA-Replikation stellt die Grundlage für die mitotische Vermehrung von Zellen dar (KARG, 1994; WITTMANN, 2005). Dementsprechend bildet der Zellzyklus die zentrale Regulationseinheit für die wiederkehrenden Vorgänge von proliferativem Wachstum und Zellteilung. Dieser besteht aus vier Phasen: In der S-Phase führt die Replikation zu einer Verdopplung der DNA-Stränge in den Chromosomen. Danach folgen G<sub>2</sub>-Phase und die mitotische Teilung des Zellkerns (M-Phase). In beiden Tochterkernen liegt nun jeweils eine DNA-Doppelhelix je Chromosom vor (G<sub>1</sub>-Phase). An die G<sub>1</sub>-Phase schließt sich entweder eine Ruhephase (G<sub>0</sub>-Phase) an, die gekennzeichnet ist durch einen reduzierten Stoffwechsel, oder ein neuer Zellzyklus beginnt. Die Ruhephase kann wieder beendet werden und in die G<sub>1</sub>-Phase übergehen, sobald die Bedingungen für eine weitere Teilung erfüllt sind. An mehreren Stellen des Zellzyklus werden solche Restriktions- oder Kontrollpunkte, an denen eine Prüfung der

Außenfaktoren stattfindet, durchlaufen (GELDERMANN, 2005A). Damit Zellen die  $G_1$ -Phase verlassen und die Teilung beginnen können, muss erst die Kompetenz durch Aktivierung von Zellzyklus-Genen erreicht werden. Für diesen Vorgang sind bestimmte Initiatoren, die als Wachstumsfaktoren bezeichnet werden verantwortlich. Ihre Wirkung erfolgt über Zellmembranrezeptoren. Die Interaktion zwischen Wachstumsfaktor und Rezeptor bewirkt eine Aktivierung von tyrosinspezifischen Proteinkinasen (KARG, 1994). Eine Übersicht über die bisher beschriebenen Wachstumsfaktoren gibt Tabelle 2.1.

Der programmierte Zelltod wird Apoptose genannt und ist unabdingbar, um Zellen, die nicht der Norm entsprechen oder ihre Funktion bereits erfüllt haben, zu eliminieren. Diese Aufgabe wird von der Zelle selbst mit Hilfe von Enzymen durchgeführt. Bei höheren Lebewesen wird die Organgröße durch ein regulierendes Gleichgewicht von Zelltod und Zellteilung gewährleistet. Zum Anderen ermöglicht Apoptose erst die spezifische Ausgestaltung anatomischer Merkmale (WITTMANN, 2005).

Wachstum und Differenzierung sind Vorgänge, die häufig im Zusammenhang genannt und in dieser Kombination als Entwicklung bezeichnet werden. Beide Prozesse stehen vor allem in der pränatalen Phase in Verbindung zu einander. Allerdings ist das Zusammenwirken von Proliferation und Differenzierung bisher noch weitgehend ungeklärt. Es wird angenommen, dass Wachstumsfaktoren von zentraler Bedeutung sind (WITTMANN, 2005).

**Tab. 2.1:** Wachstumsfaktoren (KARG, 1994)

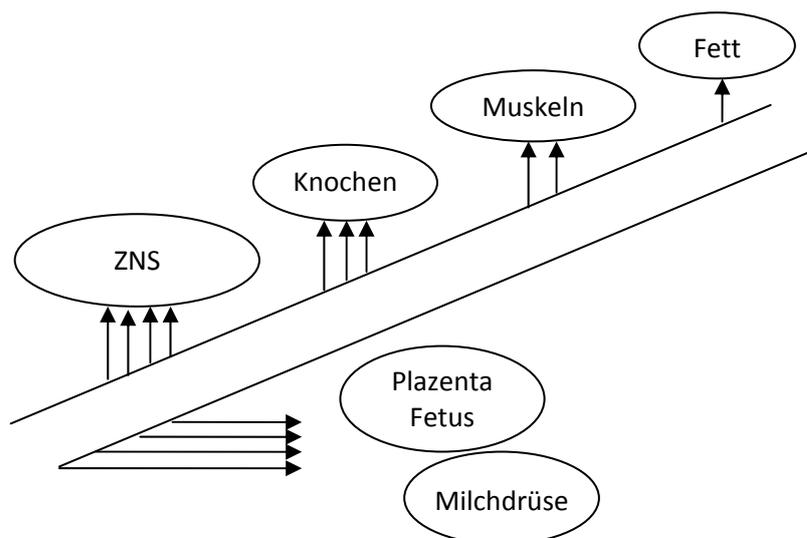
Wachstumsfaktor	Abkürzung	Funktionen
Insulin-like growth factor	IGF-I IGF-II	Mitogen und Stimulation der Zelldifferenzierung
Epidermal growth factor & Transforming growth factor $\alpha$	EGF TGF- $\alpha$	Mitogen für epitheliale und mesodermale Gewebe, Hemmung differenzierter Funktionen im Ovar
Fibroblast growth factor	FGF	Mitogen für mesodermale und endodermale Zellen
Platelet derived growth factor	PDGF	Mitogen für mesodermale Zellen, Chemotaxie für Fibroblasten, glatte Muskelzellen, Monozyten und Neutrophile
Transforming growth factor $\beta$	TGF- $\beta$	Inhibitor für epitheliale Zellproliferation und Muskelzelldifferenzierung

### *Wachstum des Gesamtorganismus*

Für das Wachstum des Gesamtorganismus gelten einige Grundphänomene, die im Zusammenhang mit den genetisch gesteuerten Stoffwechselabläufen gesehen werden müssen (KARG, 1994):

1. Während der prä- und postnatalen Lebenszeit verläuft das Wachstum in charakteristischer Weise. Infolge der Zelldifferenzierung tritt eine Verlangsamung oder ein Anhalten des Wachstums ein, so dass der Körper seine spezifische Form und Größe erhält.
2. Die einzelnen Organe und Gewebe folgen ebenfalls charakteristischen, allometrischen Regeln und weisen spezifische Wachstumsraten auf.
3. Das Wachstum eines Organs oder Körperteils kann individuell verschieden sein.
4. Das Zellwachstum kann prinzipiell als unbegrenzt betrachtet werden.

Da Wachstum ein anaboler Prozess ist, besteht ein Nährstoffbedarf, der über den Erhaltungsbedarf hinaus geht. Die Nahrungszufuhr stellt dabei einen wichtigen wachstumslimitierenden Faktor dar. In Abhängigkeit von der Essentialität der einzelnen Gewebe besteht eine Priorität der Nährstoffversorgung (Abbildung 2.1). Lebenswichtige Organe erhalten mit der höchsten Priorität Nährstoffe. Bei gesteigerter Nährstoffaufnahme setzen Knochen- und Muskelwachstum ein. Die Anlage von Fettdepots erfolgt bei hoher Fütterungsintensität erst dann, wenn alle anderen Bedürfnisse befriedigt sind. Normalerweise erfolgt die Nährstoffzufuhr durch die Futtermittelaufnahme. Sie kann allerdings auch bei suboptimaler Versorgung durch Körperreserven, wie Fettgewebe, Glykogen oder labile Proteine, bereitgestellt werden.



**Abb. 2.1:** Priorität der Nährstoffversorgung der Körpergewebe aufgrund ihrer Stoffwechselrate (KARG, 1994)

Fortpflanzung bedeutet für den weiblichen Organismus eine zusätzliche kompetitive Situation, welche verursacht wird durch eine vorzugsweise Aufnahme von Nährstoffen durch den graviden Uterus und die Milchdrüse, bei gleichzeitiger Erhöhung des Blutstroms durch diese Organe (KARG, 1994). Die Nährstoffverteilung unterliegt genau wie das Wachstum selbst hormoneller Steuerung (Tabelle 2.2).

**Tab. 2.2:** Multifaktorielle Hormonwirkung auf Wachstum, Protein- und Fettansatz (KARG, 1994)  
+ überwiegend anabol, - überwiegend katabol

Hormon	Hauptproduktionsorgan	Einfluss auf	
		Wachstum und Proteinansatz	Fettansatz
Insulin	Pankreas	+	+
Glucagon	Pankreas	( - )	( - )
Somatotropin (ST) = Wachstumshormon (GH)	Hypophysen- vorderlappen	+	-
Somatomedine (IGF-I, IGF-II)	Leber	+	( + )
Adrenalin	Nebennierenmark	+	-
Noradrenalin			
Trijodthyronin	Schilddrüse		
Thyroxin			
niedrig dosiert		+	( - )
hoch dosiert		-	-
Glucocorticoide	Nebennierenrinde		
niedrig dosiert		( ± )	( + )
hoch dosiert		-	( ± )
Androgene	Gonaden	+	( - )
Östrogene	Gonaden, Plazenta	+	( - )

### *Kompensatorisches Wachstum*

Als kompensatorisches Wachstum wird die Fähigkeit zum Aufholwachstum nach vorangegangenem Wachstumsstillstand bzw. Gewichtsreduktion infolge Krankheit oder restriktiver Ernährung bezeichnet. Es sichert das Erreichen des artspezifischen Endzustands (Äquifinalität) und ist abhängig vom Entwicklungsstadium des Tiers, dem Umfang der Fetteinlagerung, Art und Grad des Nahrungsmangels, der Dauer und Intensität der Wachstumsverlangsamung sowie von der Art der Ernährung in der Kompensationsphase. Man kann zwischen vollständiger und unvollständiger Kompensation unterscheiden. Die vollständige Kompensation ist gekennzeichnet durch eine erhöhte Wirksamkeit der

Proteinbiosynthese, während die unvollständige Kompensation mit einem relativ höheren Fettansatz verbunden ist (WICKE UND LENGERKEN, 2006).

Versuche mit einer gestuften Fütterung, in der sich Phasen restriktiver und erhöhter Energieversorgung abwechselten, zeigen, dass die gezielte Nutzung des kompensatorischen Wachstums durchaus Vorteile bieten kann (CHOI ET AL., 1997; FORD AND PARK, 2001). Die Versuchsgruppen erzielten in beiden Studien die höheren durchschnittlichen Wachstumsraten bei reduzierter Futterraufnahme und besaßen somit eine gesteigerte Futtereffizienz gegenüber den Kontrollgruppen, die konventionell nach Empfehlung gefüttert wurden. Das endokrine System wird ernährungsspezifisch beeinflusst: Die Konzentration von Somatotropin im Serum war während der restriktiven Fütterungsphase erhöht, obwohl das Wachstum der Tiere deutlich verlangsamt ablief. Die Mobilisierung körpereigener Energiereserven, um einen Ausgleich der negativen Energiebilanz zu erzielen, könnte eine Erklärung dafür sein. Der Gehalt an Triglyzeriden im Blut war infolge der Fettmobilisation bei der Versuchsgruppe erhöht. Während der Kompensationsphase wies die Versuchsgruppe einen geringeren Somatotropin-Blutspiegel als die Kontrollgruppe auf. Ebenso zeigte die Insulinkonzentration spezifische Schwankungen. Während der restriktiven Phase lag der Blutspiegel der Färsen der Versuchsgruppe unterhalb und während der Phase erhöhter Energieversorgung oberhalb der Tiere in der Kontrollgruppe.

Die Entwicklung der Milchdrüse wird durch die Veränderungen im endokrinen System positiv beeinflusst. Biopsie-Ergebnisse der Tiere, bei denen kompensatorisches Wachstum auftrat, zeigen gegenüber den konventionell gefütterten Tieren höhere Gehalte an DNA, RNA und Protein im Milchdrüsengewebe (CHOI ET AL., 1997). CHOI ET AL. (1997) untersuchten die Fruchtbarkeits- und Kalbmerkmale der Färsen, konnten jedoch keinen Einfluss der unterschiedlichen Fütterungsvarianten nachweisen. Beide Arbeitsgruppen stellten eine signifikante Erhöhung der Milchleistung in der ersten Laktation fest.

### *Das genetische Wachstumspotential*

Die Erbllichkeit von Wachstum und Gewicht zu unterschiedlichen Zeitpunkten wurde in mehreren Studien untersucht. In einem Großteil der veröffentlichten Untersuchungen weist das Gewicht unabhängig von dem betrachteten Zeitraum moderat bis hohe Heritabilitäten auf (BADINGA ET AL., 1985; MOORE ET AL., 1991; LEE ET AL., 1992; GROEN AND VOS, 1995; MÄNTYSAARI ET AL., 2002; BERRY ET AL., 2003; COFFEY ET AL., 2006; BROTHERSTONE ET AL., 2007). Die Schwankungsbreite ist jedoch sehr hoch und reicht im Extrem von 0,14 (LEE ET AL., 1992) bis zu 0,82 (BROTHERSTONE ET AL., 2007). Das Wachstum selbst zeichnet sich durch einen geringen bis

moderaten Erblichkeitsgrad aus und variiert zwischen 0,12 (MÄNTYSAARI ET AL., 2002) und 0,48 (GROEN AND VOS, 1995).

In den Tabellen 2.3 und 2.4 sind die zusammengefassten Ergebnisse von GROEN UND VOS (1995) und COFFEY ET AL. (2006) dargestellt. Sie zeigen, dass sich mit einem steigenden Intervall die genetische Korrelation zwischen den gemessenen Gewichten in zunehmendem Maße verringert. Auch die Resultate der Arbeitsgruppe BROTHERSTONE ET AL. (2007) lassen die Schlussfolgerung zu, dass das Wachstum nicht über den gesamten Zeitraum von den gleichen Genen determiniert ist. Bei z. B. Geburts-, Absetz- und Kalbegewicht handelt es sich demnach nicht um wiederholte Leistungen, sondern um verschiedene Merkmale. Dehnt man den Betrachtungszeitraum aus und stellt Wachstum und Gewicht der Färsen während der Aufzucht und während der ersten Laktation gegenüber, stellt man fest, dass sich die genetischen Korrelationen auf einem moderat negativen Niveau bewegen (Tabelle 2.5). Dieses Ergebnis untermauert die Hypothese, dass das Wachstum während verschiedener Entwicklungsphasen der Steuerung unterschiedlicher Gene unterliegt.

**Tab. 2.3:** Genetische Korrelationen (oberhalb Diagonale) und Heritabilitäten (Diagonale, fett) von Körpergewicht und Wachstum zu unterschiedlichen Zeitpunkten zwischen Geburt und erster Kalbung (GROEN AND VOS, 1995)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
(1) Geburtsgewicht	<b>0,46</b>	0,79	0,53	0,51	0,42	0,38	0,27
(2) Gewicht 10. Woche		<b>0,49</b>	0,84	0,85	0,82	0,75	0,81
(3) Gewicht 50. Woche			<b>0,51</b>	0,94	0,97	0,99	1,00
(4) Erstbesamungsgewicht				<b>0,41</b>	1,00	0,92	1,00
(5) Kalbegewicht					<b>0,64</b>	0,96	1,00
(6) tgl. Zunahme 1						<b>0,48</b>	1,00
(7) tgl. Zunahme 2							<b>0,19</b>

tgl. Zunahme 1 – tägliche Zunahme von Geburt bis zum Alter von 50 Wochen

tgl. Zunahme 2 – tägliche Zunahme von der ersten Besamung bis zum zweiten Tag post partum

**Tab. 2.4:** Genetische (über Diagonale) sowie phänotypische Korrelationen (unterhalb Diagonale) und Heritabilität (Diagonale, fett) von Geburts-, Absetz- und Kalbegewicht (COFFEY ET AL., 2006)

	Geburtsgewicht	Absetzgewicht	Kalbegewicht
Geburtsgewicht	<b>0,53</b>	0,79	0,50
Absetzgewicht	0,73	<b>0,45</b>	0,59
Kalbegewicht	0,30	0,43	<b>0,75</b>

**Tab. 2.5:** Genetische Korrelationen und Heritabilitäten (fett) von Gewicht und Wachstum zu unterschiedlichen Zeitpunkten während der Aufzucht und ersten Laktation (LEE ET AL., 1992)

	$h^2$	Gewicht 26. Wo	Wachstum 26. – 34. Wo	Wachstum 34. – 66. Wo
$h^2$		<b>0,14</b>	<b>0,17</b>	<b>0,22</b>
Wachstum 6. Woche bis Kalbung	<b>0,13</b>	0,35	0,06	0,61
Kalbegewicht	<b>0,37</b>	0,69	0,53	0,92
Wachstum 0 bis 8. Woche p. p.	<b>0,28</b>	-0,06	-0,04	-0,27
Wachstum 8. bis 16. Woche p. p.	<b>0,13</b>	-0,41	-0,26	-0,28

In einem von COFFEY ET AL. (2006) untersuchten Selektionsexperiment wurde anhand von zwei Tiergruppen verglichen, welchen Einfluss die Selektion auf hohe Eiweiß- und Fettmenge auf das Wachstum besitzt. Während die Väter der Kontrollgruppe einen durchschnittlichen Zuchtwert für Fett- plus Eiweißleistung besaßen, wurden als Väter der Versuchsgruppe nur die vier besten Bullen bezüglich Leistung ausgewählt. Zwischen den Wachstumsraten beider Gruppen konnten signifikante Unterschiede festgestellt werden. Von der Geburt an bis zum etwa 625. Tag wuchsen die Jungrinder der auf Leistung selektierten Linie schneller. Obwohl sich die Geburtsgewichte der Kälber nicht unterschieden, wogen die Tiere der Selektionsgruppe aufgrund gesteigerter täglicher Zunahmen ab dem 50. Lebenstag bis zur ersten Kalbung mehr. Während der ersten und zweiten Laktation gaben die Kühe der Kontrollgruppe weniger Milch und realisierten höhere Wachstumsraten als die Tiere der Selektionslinie. In Folge dessen wiesen sie im Alter von 30 bis 40 Monaten ein signifikant höheres Körpergewicht auf. Während der dritten Laktation nahmen die Tiere beider Gruppen in gleichem Maße zu und nach Beendigung dieser Laktation unterschieden sich die Körpergewichte nicht mehr voneinander. Die Begleiterscheinung der Selektion auf Leistung erhöht die Wachstumsraten vor der ersten Kalbung und verringert sie während den ersten beiden Laktationen. Sie beeinflusst jedoch nicht die Masse des ausgewachsenen Tieres. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass Kühe mit höherem genetischen Milchleistungspotential den entsprechenden Reifegrad eher erlangen oder/und, dass sie in der Lage sind eine größere Wachstumsreduktion post partum zu Gunsten der Milchproduktion verkraften zu können. Die Wachstumsdepression dieser Gruppe ging einher mit höherem BCS-Verlust infolge verstärkter Fettmobilisation. Diese Studie liefert einen weiteren Beleg für die These, dass die tägliche Zunahme vor der ersten Kalbung und das Wachstum post partum verschiedene Merkmale sind und stützt daher die von LEE ET AL. (1992) gefundenen negativen genetischen Korrelationen. Die Ergebnisse aus einem ähnlich angelegten dänischen Selektionsexperiment entsprechen dem beschriebenen Zusammenhang zwischen Milchleistung und Wachstum (SEJRSEN ET AL.,

2000). Die besten 10 % der Kühe nehmen im Gegensatz zu den 10 % schlechtesten Tieren im Durchschnitt 100 g/Tag mehr zu, wiegen zur Kalbung 75 kg mehr und haben eine um 6 bis 7 kg höhere tägliche Milchleistung. Die Erhöhung der Milchmenge um 0,61 kg/Tag führt gleichzeitig zu einer Steigerung des genetischen Wachstumspotentials um 10 g/Tag.

In Tabelle 2.6 sind die Ergebnisse verschiedener Studien hinsichtlich der geschätzten genetischen Beziehungen von Wachstums- bzw. Gewichtsmerkmalen und der Milchleistung der ersten Laktation zusammengefasst.

BROTHERSTONE ET AL. (2007) untersuchten die genetischen Beziehungen zwischen Wachstum und Gesundheitsmerkmalen. Das Auftreten von Mastitis ist positiv korreliert (0,237) mit dem Wachstum während der Entwöhnungsphase. Die genetischen Korrelationen zwischen der Erkrankungshäufigkeit der Klauen und dem Wachstum während des Absetzens, dem Absetzgewicht und der maximalen Wachstumsrate sind ebenfalls positiv und betragen 0,651; 0,377 und 0,711. Ein höheres Gewicht zur Kalbung reduziert die Anfälligkeit für Reproduktionsstörungen ( $r_g = -0,61$ ).

**Tab. 2.6:** Genetische Korrelation von Gewicht bzw. Wachstum zur Milchleistung

Merkmal	genetische Korrelation zur Milchmenge	Quelle
Gewicht 26. Woche	0,02	LEE ET AL., 1992
Kalbegewicht	-0,01	LEE ET AL., 1992
Kalbegewicht, Wachstum a. p.	positiv	SEJRSEN ET AL., 2000
Kalbegewicht	0,17	MÄNTYSAARI ET AL., 2002
Kalbegewicht, Wachstum a. p.	positiv	COFFEY ET AL., 2006
Wachstum 34. – 66. Woche	0,14	LEE ET AL., 1992
tgl. Zunahme bis Erstbesamung	0,13	MÄNTYSAARI ET AL., 2002
tgl. Zunahme Erstbesamung – a. p.	0,05	MÄNTYSAARI ET AL., 2002
Wachstum 8. – 16. Woche p. p.	-0,61	LEE ET AL., 1992

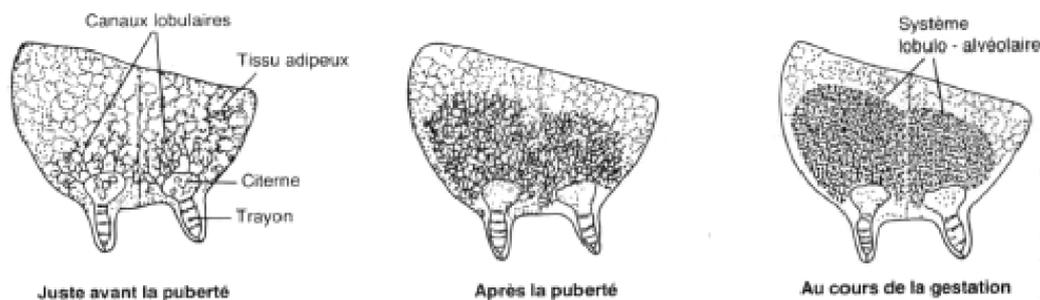
## 2.2. Die Mammogenese

### *Definition und Ablauf*

Die Mammogenese, die in der pränatalen Periode beginnt und bis zum Ende der ersten Gravidität andauert, umfasst die Anlage, die Differenzierung und das Wachstum der Milchdrüse (KNIGHT AND PEAKER, 1982; JAMMES AT DIJANE, 1988; SCHAMS, 1994). Nach SEJRSEN ET AL. (2000) verläuft die Entwicklung der Milchdrüse in bestimmten Phasen, die in enger Beziehung zur reproduktiven Entwicklung stehen. Man kann vier separate Phasen unterscheiden: 1. Kalb (Geburt bis zweiter oder dritter Lebensmonat), 2. die präpubertale Phase (zweiter/dritter Lebensmonat bis zur Pubertät), 3. die postpubertale Phase (Pubertät bis Konzeption) und 4. die Trächtigkeit.

Grundsätzlich ist die Mammaranlage beim weiblichen und männlichen Geschlecht vorhanden. Ontogenetisch lässt sich die Milchdrüse auf langgezogene Verdickungen des Ektoderms zurückführen, welche im frühesten Stadium als Milchlinie bezeichnet werden und beim Embryo schon ab dem 32. Trächtigkeitstag nachweisbar sind. Durch die nachfolgende starke Zellvermehrung bilden sich daraus Milchleisten. In diesem Bereich entstehen in der siebten bis achten Woche die Mammarknospen, welche gegen Ende des fünften Monats die Zitzen ausbilden. Epithelstränge, die sogenannten Primärsprosse, wachsen von der Basis der Mammarknospen in das darunterliegende Gewebe ein und zweigen sich weiter in Sekundärsprosse auf. Sie sind die Anlagen des Ausführungssystems der Milchdrüse. Während der Fetalzeit wird die Form des Euters bestimmt. Als Platzhalter fungiert dabei der Fettkörper. Durch Bindegewebe erfolgt die Einteilung in die einzelnen Viertel bzw. in Lobi und Lobuli (KNIGHT AND PEAKER, 1982; JAMMES ET DIJANE, 1988; SCHAMS, 1994). Zum Zeitpunkt der Geburt sind sowohl äußere Gestalt als auch Nichtepithelgewebe vollentwickelt. Die allometrische Wachstumsphase, in der eine weitere Verzweigung des Gangsystems (Tertiärsprosse) sowie die Fett- und Bindegewebsproliferation erfolgt, beginnt im Alter von zwei bis drei Monaten und endet mit dem Eintritt der Pubertät oder kurz danach. Die gesamte Milchdrüse wiegt zu diesem Zeitpunkt 2 bis 3 kg und das Parenchym, welches in seiner Zusammensetzung aus 10 – 20 % Epithelzellen, 40 – 50 % Bindegewebe und 30 – 40 % Fettgewebe besteht, hat ein Gewicht zwischen 0,5 und 1 kg. Im Vergleich dazu besitzt das Euter in der Laktation eine Masse von bis zu 25 kg und das Parenchym besteht aus 40 – 50 % Epithelzellen, 15 – 20 % Lumen, 40 % Bindegewebe und nahezu keinem Fett (SEJRSEN AND PURUP, 1997; SEJRSEN ET AL., 2000). Bei einigen Arten wurde festgestellt, dass der Umfang der Fetteinlagerungen das Wachstum der Milchgänge limitieren kann. Beim Rind ist diese Abhängigkeit unwahrscheinlich, da das Parenchym nur ein Drittel des Euters ausmacht, und die Milchgänge immer von Bindegewebe

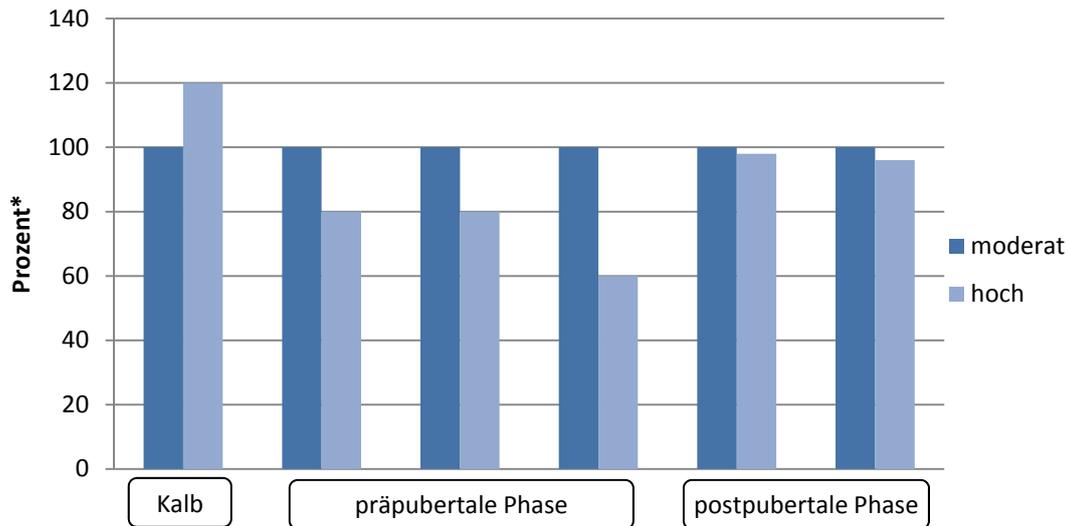
umgeben zu sein scheinen (SEJRSEN AND PURUP, 1997). Mit dem Einsetzen der zyklischen Eierstockfunktion erfährt die Milchdrüse ein isometrisches Wachstum in Form weiterer Ausbildung des Gangsystems bis hin zur endgültigen Form und der beginnenden Entwicklung des Drüsensystems. Eine mögliche Erklärung dafür, die aber, da die genauen Ursachen bisher nicht geklärt werden konnten, umstritten ist, könnte die asynchron verlaufende Sekretion von Östrogen und Progesteron darstellen (SEJRSEN AND PURUP, 1997). Während der ersten Trächtigkeit beginnt die zweite allometrische Wachstumsphase, von der ein entscheidender Impuls für die weitere Differenzierung ausgeht: Das Aussprossen der Gänge beginnt und die End- und Seitensprossen wachsen zu Acini aus, welche durch Lumenvergrößerung zu Alveolen werden. Der Aufbau des lobulo-alveolären Gewebes findet vor allem in der zweiten Hälfte der Trächtigkeit statt (TUCKER, 1981; JAMMES AND DIJANE, 1988; SCHAMS, 1994). Die Abbildung 2.2 zeigt die schematische Darstellung der Entwicklung der Milchdrüse in den Phasen vor und während der Pubertät sowie während der ersten Trächtigkeit. Da die Mammogenese bis zur ersten Kalbung abgeschlossen ist, ist es wahrscheinlich, dass Einflüsse, die in dieser Zeit wirken, auch Einfluss auf die Milchleistung besitzen können (SEJRSEN ET AL., 2000).



**Abb. 2.2:** Entwicklung des lobulo-alveolären Systems während der Mammogenese (JAMMES ET DIJANE, 1988; nach einer Abbildung von Turner, 1952)

### *Einfluss der Fütterungsintensität in der präpubertären Phase*

Der genaue Zeitpunkt der Festlegung des Milchpotentials ist umstritten, es wird aber vermutet, dass die Phase vor dem Erreichen der Geschlechtsreife die sensible Phase für die Entwicklung des Milchleistungspotentials darstellt. Abbildung 2.3 zeigt, dass die Fütterungsintensität in der Lage ist das Wachstum und die Entwicklung des Euters zu beeinflussen. Nur die Unterschiede zwischen hoher und moderater Fütterungsgruppe während der präpubertären Phase sind signifikant. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die kritische Zeit der Mammogenese im Alter von zwei bis drei Monaten beginnt und etwa zwei Monate



**Abb. 2.3:** Wachstum der Milchdrüse beim Milchrind während unterschiedlicher Entwicklungsstadien in Abhängigkeit von der Fütterungsintensität (Zusammenstellung verschiedener Versuchsergebnisse nach SEJRSEN ET AL., 2000)

\*Die moderate Fütterungsgruppe dient in dieser Darstellung jeweils als Kontrollgruppe und als Referenzbezug für die Beurteilung des Wachstums der Milchdrüse derjenigen Tiere auf einem hohen Fütterungsniveau. Für die Abbildung der Unterschiede des Milchdrüsenwachstums zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe wird die Euterentwicklung der Kontrolltiere auf einen Standardwert von 100 % gesetzt.

nach dem Auftreten der ersten Brunst endet. Unter 90 kg wurde kein Fütterungseinfluss nachgewiesen (SEJRSEN AND PURUP, 1997; SEJRSEN ET AL., 2000).

Im Gegensatz dazu geht aus den Ergebnissen von BROWN ET AL. (2005) hervor, dass die Fütterung schon in einer sehr frühen Phase auf die Entwicklung der Milchdrüse einwirkt. Kälber, die zwischen zweiter und achter Lebenswoche hohe Zunahmen erreichten, hatten nicht nur ein höheres Parenchymgewicht sondern auch höhere DNA- und RNA-Gehalte im Parenchym. Der prozentuale Anteil an Epithelzellen variierte nicht. In der zweiten betrachteten Periode zwischen der achten und 14. Woche wurden keine Unterschiede zwischen den Gruppen gefunden.

Einige Versuche zeigen, dass tägliche Zunahmen auf hohem Niveau einen negativen Effekt auf die Entwicklung der Milchdrüse haben können, der auch während der Trächtigkeit und der ersten Laktation bestehen bleibt. Es konnten ebenfalls Unterschiede in Form und Größe des Euters zwischen den Tieren auf hohem und denen auf moderatem Versorgungsniveau festgestellt werden (TUCKER, 1981; KNIGHT AND PEAKER, 1982; SEJRSEN UND PURUP, 1997; SILVA ET AL., 2002; THORN ET AL., 2006; MEYER ET AL., 2006A). In einem dänischen Versuch mit drei verschiedenen Rassen und insgesamt 450 Tieren wiesen die Gruppen mit der höchsten Fütterungsintensität die geringste Milchleistung in der ersten Laktation unabhängig von der

jeweiligen Rasse auf. Der negative Fütterungseffekt konnte bei Tieren der Rasse Dänisch Jersey ab 350 g/Tag, bei Dänischem Rotvieh ab 550 g/Tag und bei Dänisch Holstein ab 650 g/Tag Zunahme beobachtet werden (SEJRSEN ET AL., 2000). Andere Versuche zeigen hingegen keine negative Beeinflussung (CAPUCO ET AL., 1995; RADCLIFF ET AL., 1997, DANIELS ET AL., 2009).

Es gibt mehrere Erklärungsansätze weshalb die Ergebnisse der einzelnen Studien zum Teil widersprüchlich sind. Die Untersuchung der Entwicklung des Euters, wenn sie direkt erfasst wird, erfordert die Schlachtung der Tiere. Wird die nachfolgende Leistung während der Laktation erhoben, so werden Vergleichstiere aus derselben Gruppe herangezogen. Da aber auch das genetische Wachstumspotential die Reaktion auf die Fütterung und das Wachstum der Milchdrüse bestimmt, sind Wechselwirkungen denkbar, die gleichzeitig jedoch nur schwer zu kalkulieren sind. Gleiches gilt in demselben Maß für die Zusammenstellung der einzelnen Vergleichsgruppen. SEJRSEN ET AL. (2000) nennen eine kritische Zeitperiode zwischen dem zweiten Lebensmonat und dem Eintritt in die Geschlechtsreife. Manche Studien beginnen in einem wesentlich höheren Alter. Es besteht die Möglichkeit, dass der negative Effekt hoher Wachstumsraten in den verschiedenen Phasen der präpubertalen Entwicklung unterschiedlich ausgeprägt ist. Inwiefern es zu kompensatorischen Wachstum kommen kann und welche Faktoren die Milchdrüse postpubertal beeinflussen, bedarf ebenfalls weiterer Untersuchungen.

Obwohl die reduzierte Differenzierung des Euters vor der Geschlechtsreife mit der Milchleistung negativ korreliert zu sein scheint, konnte bisher noch nicht abschließend geklärt werden, ob diese Reduktion die Ursache dafür darstellt oder bleibende Veränderungen im endokrinen System verantwortlich sind. Ein Hinweis für die Hypothese von Veränderungen im endokrinen System lässt sich bei THIBAUT ET AL. (2003) finden: Die Gruppe mit einer erhöhten Fettkonzentration im Futter gab weniger Milch (der Unterschied war allerdings nicht signifikant) und hatte höhere Zunahmen in der Früh-laktation. Obwohl das mittlere Kalbegewicht von Kontroll- und Versuchsgruppe sich nicht unterschied, wogen die Kühe, die präpubertal den höheren Fettanteil im Futter hatten, in der 18. Laktationswoche 27 kg mehr als die Tiere der Kontrollgruppe. Die Differenz konnte zudem statistisch gesichert werden. CHOI ET AL. (1997) weisen nach, dass kompensatorisches Wachstum das endokrine System charakteristisch beeinflusst und eine positive Wirkung auf die Mammogenese haben kann. Allerdings wurden nur einige wenige Tiere untersucht und der Untersuchungszeitraum lag zwischen sechstem und 18. Monat.

Zum Teil wirkt der Versuchsaufbau und/oder -durchführung selbst nachteilig auf die Resultate: So wurden z. B. die angestrebten Zunahmen nicht erreicht, was zur Folge hat, dass sich die verschiedenen Fütterungsgruppen nur noch geringfügig voneinander unterschieden.

Andererseits kann man vermuten, dass Unterschiede das Signifikanzniveau aufgrund eines zu geringen Stichprobenumfangs nicht erreichten.

Es wird ebenfalls der Einfluss der unterschiedlicher Futterzusammensetzung und der einzelnen Futtermittel während der präpubertalen Phase auf die Entwicklung der Milchdrüse diskutiert.

Daraus resultieren weitere Schwierigkeiten in der Interpretation und der Vergleichbarkeit der angestellten Untersuchungen. SILVA ET AL. (2002) verglichen die Wirkung von unterschiedlicher Proteinversorgung bei einem hohen Energieniveau und stellten fest, dass weder Wachstumsrate noch Proteinversorgung in Beziehung zur Euterentwicklung stehen. Bei der statistischen Auswertung ergab sich für den fixen Effekt der Proteinversorgungsstufe ein Prüfwert von 0,11, was man als Trend interpretieren könnte. Festzuhalten bleibt, dass das Signifikanzniveau wahrscheinlich aufgrund der geringen Versuchsstichprobe von nur insgesamt 46 Jungrindern nicht erreicht wurde. Weitere Ergebnisse dieses Versuchs waren, dass sich der Körperfettgehalt negativ auf die Parenchymentwicklung auswirkt und mit der Wachstumsrate negativ korreliert ist. Daraus lassen sich folgende Beziehungen untereinander ableiten: Eine hohe Wachstumsrate geht mit einem geringen Fettgehalt im Körper und einem gut entwickelten Parenchym einher. Einen ähnlichen Zusammenhang konnten LAMMERS UND HEINRICHS (2000) finden, die die Auswirkungen von verschiedenen Rationszusammensetzungen untersuchten, die sich hinsichtlich des Verhältnisses der Energiedichte zu Rohproteingehalt unterschieden: Eine verbesserte Versorgung mit Rohprotein führt zu höheren Trockenmasseaufnahmen und höheren täglichen Zunahmen der Tiere. Mit steigendem Rohproteingehalt nimmt das strukturelle Wachstum zu und der BCS linear ab. Daraus resultiert eine Verbesserung der Körperentwicklung. Als indirektes Maß für die Entwicklung des Euters wurde die Länge der Zitzen gemessen, da sie eine positive Korrelation mit dem Entwicklungszustand des Gangsystems aufweist. Die Zitzen der Tiere in der Gruppe mit dem höchsten Energie-Rohprotein-Verhältnis waren um 35 bis 38 % länger als die der Tiere der Gruppe mit dem niedrigsten Verhältnis. Die Studie von LAMMERS UND HEINRICHS (2000) legt zudem nahe, dass es wahrscheinlich Wechselwirkungen zwischen Futterinhaltsstoffen und dem Energieniveau gibt. Von WHITLOCK ET AL. (2002) stellten fest, dass ein niedriger Rohproteingehalt im Futter das Parenchymgewicht tendenziell negativ beeinflusst. Bei frühreifen Tieren kann eine zu geringe Proteinversorgung limitierend wirken.

Auch der UDP-Gehalt des Rohproteins könnte eine Rolle spielen, da bei der Fütterungsgruppe mit dem niedrigsten UDP-Gehalt gegenüber der mit dem höchsten Gehalt sowohl Eutertrockenmasse als auch Fettkörper- und Parenchymgewicht tendenziell höher waren. Auf die durchschnittlichen Mengenmerkmale der ersten Laktation hatte die Rohproteinversorgung

allerdings keine Auswirkungen. Die Gruppe mit dem höheren UDP-Gehalt produzierte tendenziell eine höhere Eiweißmenge als die Vergleichsgruppe (DOBOS ET AL., 2000).

THIBAUT ET AL. (2003) untersuchten den Effekt unterschiedlicher Fettkonzentrationen im Futter. Dabei konnten keine Auswirkungen auf den Entwicklungsstand des Eutergewebes im Alter von vier Monaten dargestellt werden. Auch im Alter von zwölf Monaten gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gewichten von Euter, Parenchym und Stroma zwischen den beiden Gruppen. Im Parenchym der Jungrinder der Versuchsgruppe, bei der gegenüber der Kontrollgruppe der Futterfettgehalt durch Supplementierung von Sojaöl um 20 % höher lag, konnte ein geringerer Fettgehalt und eine höhere DNA-Konzentration festgestellt werden. Die Anzahl an Epithelzellen im Parenchym wurde dagegen nicht beeinflusst. Bei der Kontrollgruppe war der Anteil des Fettgewebes am Parenchym erhöht und der Bindegewebsanteil vermindert. Allerdings waren bei der Versuchsgruppe alle Entwicklungsparameter der Milchdrüse in der Tendenz besser. Bei der Betrachtung der Milchleistung zwischen der vierten bis 18. Laktationswoche unterschied sich die Kontrollgruppe zwar positiv - aber nicht signifikant - von der Versuchsgruppe. Die erste Laktation beendeten nur 28 Kühe, die der Kontrollgruppe angehörten, und 16 Kühe aus der Versuchsgruppe.

MCFADDEN ET AL. (1990) führten eine Studie zum Einfluss unterschiedlicher Zunahmen, der Applikation von Wachstumshormonen und der Fütterung ungesättigter Fettsäuren an Lämmern durch. Die Quelle der ungesättigten Fettsäuren war formaldehydbehandelte Sonnenblumensaat. Fasst man die Ergebnisse zusammen, so kommt man zu dem Schluss, dass die Fütterung ungesättigter Fettsäuren einen positiven Effekt auf die Entwicklung der Milchdrüse hat. Die Gruppe, deren Futter 30 % Sonnenblumensaat enthielt, zeichnete sich durch ein niedrigeres Fettkörpergewicht, die höchste parenchymale fettfreie Trockenmasse und einen höheren Gehalt an Nukleinsäuren im Parenchym aus.

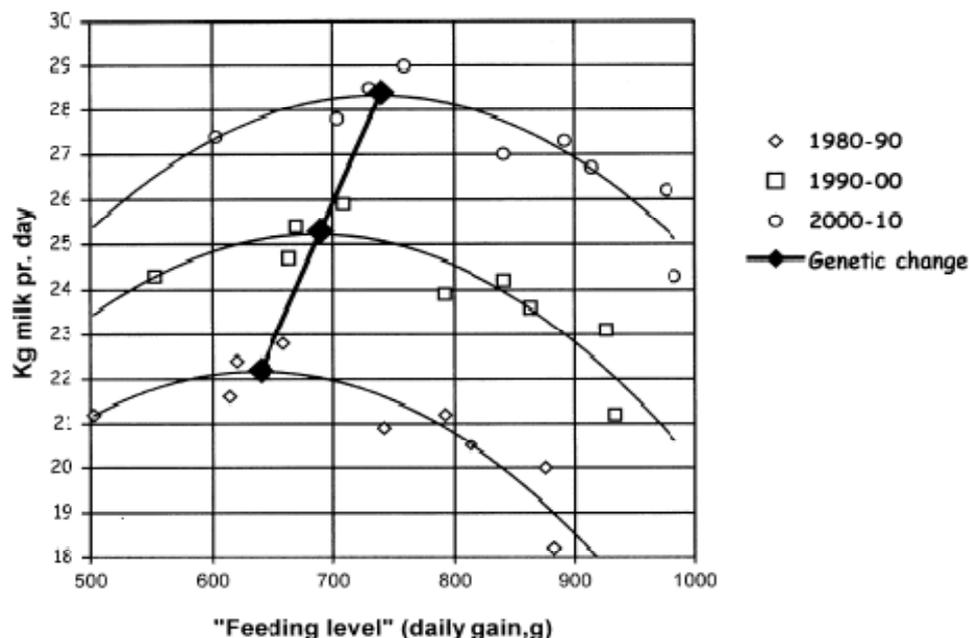
In einer anderen Studie wurden insgesamt vier verschiedene Fütterungsvarianten miteinander verglichen (CAPUCO ET AL., 1995). Luzerne- und Maissilage wurden an Jungrinder der Rasse Holstein verfüttert. Es wurden außerdem zwei verschiedene Wachstumsraten - moderat und hoch - je Futtergrundlage angestrebt. Während die Höhe der täglichen Zunahme bei der Fütterung von Luzernesilage keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen verursachte, war die Fütterungsintensität auf Basis einer Maissilage von Bedeutung. In der Fütterungsgruppe Maissilage unterschieden sich die Rinder mit hoher Wachstumsrate von den Tieren mit einer niedrigen durch ein höheres Gewicht der Milchdrüse, einen geringeren Gehalt an parenchymaler DNA und RNA, einen verringerten Anteil von Stroma und Epithel sowie

einen erhöhten Fettanteil im Parenchym. Das Eutergewicht bei mit Maissilage gefütterten Rindern war höher als das der Jungtiere, deren Ration aus Luzerne bestand.

MEYER ET AL. (2006B) kamen zu dem Ergebnis, dass es keinen fütterungsbedingten Effekt auf den Verlauf der iso- und allometrischen Wachstumskurve gibt. Beide untersuchten Fütterungsgruppen beendeten die allometrische Wachstumsphase zwischen 250 und 300 kg Körpergewicht, allerdings unabhängig vom Eintritt der Geschlechtsreife. Auch Färsen, die zwar das durchschnittliche Pubertätsgewicht erreicht hatten, bei denen aber noch kein Östrus aufgetreten war, hatten die Phase des allometrischen Wachstums beendet. Dieses Ergebnis legt die Vermutung nah, dass das physiologische Alter zum Eintritt der Pubertät einen wichtigen Regulator für die Entwicklung der Milchdrüse darstellt. Da der Zeitpunkt des Eintritts der Geschlechtsreife abhängig vom Gewicht ist, ist eine klare Abgrenzung zwischen den Effekten von Wachstumsrate und Alter jedoch schwierig, besonders da die Physiologie der Mammogenese noch nicht abschließend geklärt werden konnte.

#### *Das genetische Potential von Wachstum und Milchleistung*

Das genetische Wachstumspotential und die Milchleistung sind positiv mit einander korreliert. Die Selektion auf eine Erhöhung der Leistung führt daher gleichzeitig zu einer Erhöhung des Wachstumspotentials (Abbildung 2.4) (COFFEY ET AL., 2006; LEE ET AL., 1992; MÄNTYSAARI ET AL., 2002; SEJRSEN ET AL., 2000).



**Abb. 2.4:** Erhöhung der optimalen täglichen Zunahme in Abhängigkeit von der Veränderung des genetischen Milchleistungspotentials (SEJRSEN ET AL., 2000)

Das hat zum Einen zur Folge, dass die optimale Fütterungsintensität stark abhängig vom Genotyp ist und zum Anderen, dass sich das Optimum der Wachstumsrate erhöht. In der praktischen Jungrinderaufzucht bedeuten diese Zusammenhänge, dass Tiere mit einem niedrigeren Wachstumspotential überfüttert werden und aufgrund dieses Energieüberschusses eventuell eine Verschlechterung der Milchdrüsenentwicklung erfahren, während Tiere ihr hohes Potential aufgrund zu geringer Futtermittellieferung nicht realisieren können. Durch die Erhöhung der genetischen Wachstumsveranlagung wird die wiederholte Überprüfung der Empfehlungen für Fütterung und optimale Wachstumsintensität erforderlich.

### *Hormonelle Regulation der Mammogenese*

Steroidhormone, insbesondere Östrogene, sind für die hormonelle Regulation von Bedeutung. Östrogene stimulieren beim Rind beide Teile des Drüsenparenchyms. Eine optimale Entwicklung wird aber nur durch die kombinierte Einwirkung von Östrogenen und Gestagenen erzielt (TUCKER, 1981; KNIGHT AND PEAKER, 1982; JAMMES ET DIJANE, 1988; SCHAMS, 1994). Nach der Theorie von PURUP ET AL. (2000) gibt es folgende Mechanismen für die Östrogenwirkung: Zum Einen besteht die Möglichkeit, dass ein direkter Effekt vorhanden ist, was gestützt wird durch die Tatsache, dass Estradiolrezeptoren im Eutergewebe nachgewiesen werden konnten (TUCKER, 1981; JAMMES ET DIJANE, 1988). Zum Anderen könnte eine indirekte Wirkung aufgrund auto- und/oder parakriner Sekretion von Wachstumsfaktoren im Stroma bestehen. Färsen, die einer Ovariectomie unterzogen worden waren, besaßen 85 bis 90 % weniger Parenchym als die Kontrolltiere. Das Drüsenwachstum konnte durch die Applikation von Östrogen wieder angeregt werden. Jungrinder, denen vor der Geschlechtsreife die Ovarien entfernt worden waren, wiesen eine signifikant geringere Estradiolkonzentration im Blut auf. Allerdings war die Konzentrationsänderung so gering, dass es zweifelhaft ist, dass sie allein für diese umfassende Wachstumsreduktion verantwortlich ist (AKERS ET AL., 2000; PURUP ET AL., 2000).

Das essentielle Hormon für die Ausbildung der Milchdrüse ist Prolaktin. Ein placentäres Laktogen konnte zwar nachgewiesen werden, hat aber aufgrund der geringen Menge nur einen geringen Effekt. Placentäres Laktogen bindet an Prolaktinrezeptoren und entfaltet eine prolaktinähnliche Wirkung auf die Entwicklung des Euters, weshalb ihm eine unterstützende Funktion zugeschrieben wird (TUCKER, 1981; AKERS, 1985; KNIGHT AND PEAKER, 1988; SCHAMS, 1994).

Der Blutspiegel von Somatotropin (ST) ist positiv korreliert mit dem Wachstum der Milchdrüse (KNIGHT AND PEAKER, 1988; CAPUCO ET AL. 1995; RADCLIFF ET AL., 1997; AKERS ET AL., 2000; PURUP ET AL., 2000). Bisher fehlt der Beweis einer direkten Wirkung, da im Eutergewebe kein Rezeptor

nachgewiesen werden konnte (CAPUCO ET AL., 1995; PURUP ET AL., 2000). Zudem hatte die Zugabe von ST auf die DNA-Synthese in In-Vitro-Versuchen mit Milchdrüsengewebe und Epithelzellkulturen keinen Einfluss. Eine Hypothese ist, dass der Insulin-like growth factor I (IGF-I) als Mediator dient. Dafür spricht, dass IGF-I-Rezeptoren im Milchdrüsengewebe nachgewiesen werden konnten, der IGF-I-Spiegel im Blut durch ST beeinflusst wird und, dass in vitro eine Wirkung auf die Epithelzellproliferation dargestellt werden konnte (SEJRSEN AND PURUP, 1997; AKERS ET AL., 2000; PURUP ET AL., 2000; SEJRSEN ET AL., 2000). Die Anzahl an Rezeptoren ist bei Jungrindern um das Vier- bis Fünffache höher als bei laktierenden Kühen. Der Hauptbildungsort von IGF-I im Blut ist die Leber, daneben wird es aber auch lokal u. a. im Stroma des Euters gebildet und von den Acini sezerniert. In In-Vitro-Versuchen wurde eine positive Beziehung zwischen sowohl ST- als auch IGF-I-Konzentration und dem Wachstum der Milchdrüse gefunden. In vivo konnte ebenfalls ein positiver Zusammenhang zwischen der Entwicklung und ST im Blut nachgewiesen werden. Die IGF-I-Konzentration ist in vivo im Gegensatz dazu jedoch negativ mit der Entwicklung der Milchdrüse korreliert, da bei erhöhtem Fütterungsniveau die Konzentration von ST im Blut sinkt und die von IGF-I ansteigt. Eine mögliche Erklärung für diese Diskrepanz zwischen den Beziehungen in vivo und in vitro ist eine abnehmende Sensibilität des Milchdrüsengewebes gegenüber IGF-I. Die Wirkung von IGF-I und IGF-II wird durch den IGF-I-Rezeptor vermittelt. In einem Fütterungsversuch konnte beobachtet werden, dass Fütterung auf hohem Niveau die mRNA-Synthese des Rezeptors steigert, die spezifische Bindung von IGF-I jedoch nicht verändert. Die mitogene Antwort auf IGF-I wird dadurch reduziert. Eine andere vorstellbare Ursache für die widersprüchlichen Ergebnisse könnte eine lokale Modifikation der IGF-I-Wirkung auf Ebene der Translation, IGF-I-Bindung oder des Postrezeptors (intrazelluläre Signaltransduktion) sein. Das IGF-I-Bindungsprotein-3 (IGFBP-3) könnte für diese Veränderung eine Rolle spielen, da eine Konzentrationserhöhung von IGFBP-3 bei gesteigerter Fütterungsintensität beobachtet werden konnte, was auf die Wirkung von IGF-I im Milchdrüsengewebe einen inhibierenden Effekt besitzt (AKERS ET AL., 2000; PURUP ET AL., 2000).

Ins Betrachtungsfeld ist ebenfalls der Transforming growth factor  $\beta$  (TGF- $\beta$ ) gerückt, da bekannt ist, dass er als Inhibitor für epitheliale Zellproliferation und Muskelzellendifferenzierung fungiert (KARG, 1994; TUCKER, 2000). Bei Mäusen wurde eine inhibierende Wirkung auf die Epithelzellproliferation und die Morphogenese der Milchgänge gefunden. Die Gruppe der TGF- $\beta$  besteht aus fünf multifunktionalen Proteinen mit Wirkung auf zahlreiche Zellfunktionen. TGF- $\beta$ 1 ist am besten beschrieben. Es bindet an spezifische Membranrezeptoren, die in fast allen Zellen vorhanden sind und wird in inaktiver Form sezerniert. Bisher ist nur wenig über die Rolle bekannt, die es bei Kühen spielt. Möglicherweise ist es an der Regulation der

Mammogenese in den frühen Phasen beteiligt, da bei Jungrindern vor und während der Pubertät eine höhere Anzahl an Rezeptoren als bei laktierenden Kühen gefunden wurden. Zudem ist die Expression von TGF- $\beta$ 1 bei nichttragenden Jungrindern und während der Involution in der Milchdrüse höher als innerhalb der Laktation. In Studien, die malignes Wachstum betreffen, wurden Wechselwirkungen zwischen TGF- $\beta$ 1 und IGFBP-3 beobachtet. Im In-Vitro-Versuch mit Milchdrüsenepithelzellen erhöht IGF-I wie bereits erwähnt die DNA-Synthese. Eine Zugabe von TGF- $\beta$ 1 kann den stimulierenden Effekt von IGF-I jedoch vollständig ausschalten. Aufgrund dieses Ergebnisses liegt die Vermutung nah, dass TGF- $\beta$ 1 möglicherweise an der Regulation der Mammogenese zumindest bis zum Erreichen der Geschlechtsreife beteiligt ist. Ein hohes Niveau der Energieversorgung kann einen Anstieg von TGF- $\beta$ 1 im Serum verursachen. Allerdings sind die Ergebnisse der beiden angestregten Untersuchungen widersprüchlich, so dass dieser Sachverhalt noch weiterer Prüfung bedarf (PURUP ET AL., 2000).

In Epithelzellen von Menschen und Mäusen konnte außerdem eine Aktivität des Epidermal growth factor (EGF) nachgewiesen werden. Der mitogene Effekt des EGF allein ist gering, erhöht sich jedoch in Anwesenheit bestimmter Faktoren wie z. B. Insulin oder IGF-I. In diesem Zusammenhang ist auch der Transforming growth factor  $\alpha$  (TGF-  $\alpha$ ) zu nennen, da er eine dem EGF-ähnlich stimulierende Wirkung auf die Entwicklung des lobulo-alveolären System besitzt und ebenfalls an den EGF-Rezeptor bindet (FORSYTH, 1989).

Weitere beteiligte Hormone sind Glucocorticosteroide und Trijodthyronin (TUCKER, 1981; JAMMES ET DIJANE, 1988; SCHAMS, 1994). Die Serumkonzentration von Trijodthyronin und Thyroxin schwankt in Abhängigkeit vom eingesetzten Futtermittel und den erzielten täglichen Zunahmen. Bei der Fütterung von Luzerne sind im Gegensatz zu der von Mais beide Hormonkonzentrationen höher. Die Serumkonzentration steigt ebenfalls mit zunehmender Aufzuchtintensität (CAPUCO ET AL., 1995). Wie die Schilddrüsenhormone die Differenzierung der Milchdrüse beeinflussen, ist bisher nicht geklärt. Allerdings konnte an Ratten, die an Hypothyreose litten, eine reduzierte Entwicklung des lobulo-alveolären Systems beobachtet werden. Die Applikation von Trijodthyronin führte zur Wiederaufnahme der Differenzierungsvorgänge (TUCKER, 1981). Cortisol ist das dominierende Glucocortikoid und beeinflusst die Differenzierungsvorgänge während der Mammogenese positiv. Die Wirkung erfolgt über das Endoplasmatische Retikulum und den GOLGI-Apparat und ist essentiell für die spätere Milcheiweißsynthese, da dadurch erst die Wirkung von Prolaktin ermöglicht wird (TUCKER, 2000).

Während der Trächtigkeit und Laktation konnte eine Insulin-Empfindlichkeit der Milchdrüse nachgewiesen werden (TUCKER, 1981). In In-Vitro-Versuchen zeigten Epithelzellen höhere

Mitoseaktivitäten in Anwesenheit von Insulin. In vivo ist Insulin jedoch nicht essentiell für die Mammogenese.

SILVA ET AL. (2008) und THORN ET AL. (2006) untersuchten die Wirkung von Leptin. Eine Steigerung der Fütterungsintensität erhöht sowohl die systemische als auch die lokale Leptinproduktion (MEYER ET AL., 2006B; THORN ET AL., 2006). Leptininfusionen ins Euterviertel reduzieren die Anzahl der Zellen in der S-Phase des Zellzyklus und beschleunigen die Apoptose (SILVA ET AL., 2008). In anderen Zellsystemen ist Leptin an der Signalübertragung beteiligt. In Epithelzellen erfolgte bei Zugabe von Leptin keine Änderung der Phosphorylierung von Cytokinen. Auch andere Übertragungswege, wie z.B. SOCS3 oder IGF-I, scheiden aus, da ebenfalls kein anhaltender Effekt gefunden werden konnte. Epithelzellen können als Hauptort der Leptinexpression ausgeschlossen werden, da weder Leptin-mRNA noch die mRNA des Rezeptors nachgewiesen werden konnte (THORN ET AL., 2006). SILVA ET AL. (2008) stellten fest, dass eine hohe Leptinkonzentration im Euter die Proliferation der Epithelzellen verringert. Inwiefern dieses Ergebnis übertragbar ist, ist fraglich, da der Versuch mit hohen Konzentrationen durchgeführt wurde, die unter Normalbedingungen nicht erreicht werden.

### 2.3. Die Geschlechtsreife

Die Geschlechtsreife stellt den Abschluss eines Reifungsprozesses dar, der bereits in der Fetalphase beginnt. Die Pubertät führt zur Erlangung der vollen Funktionsfähigkeit der primären und sekundären Geschlechtsorgane sowie zur Ausprägung der somatischen Geschlechtsmerkmale und den geschlechtsspezifischen Verhaltensformen (DÖCKE, 1994).

Zwei zentrale Mechanismen kontrollieren die Sexualentwicklung:

1. Die zentralnerval bedingte Hemmung der GnRH- und Gonadotropinsekretion postnatal.
2. Die Desensibilisierung des Hypothalamus-Hypophysensystems gegenüber der Wirkung der gonaden Steroidhormone im negativen Feedback präpubertal.

Der Beginn der Pubertät benötigt physiologisch die Entwicklung spezifischer hypothalamischer Neurone, die GnRH in genügenden Mengen und mit ausreichender Pulsfrequenz sezernieren. GnRH bewirkt eine Stimulierung der Gonadotropinsekretion der Hypophyse. Gonadotropine sind verantwortlich für die Sicherstellung der Gametogenese und der Steroidhormonsynthese sowie für die Entwicklung der Reproduktionsorgane. Die Ausreifung der GnRH-Neurone ist abhängig von der Relation von Körperoberfläche zu Körpergewicht, von Umwelteinflüssen und dem Genotyp.

Den Pubertätsbeginn markiert das Auftreten der ersten Brunst. Allerdings findet zu diesem Zeitpunkt meist noch keine Ovulation statt, da die reproduktive Kapazität noch nicht in vollem

Umfang erreicht ist. Während in der peripubertalen Phase die GnRH-Pulse zunächst durch die Sekretion von FSH aus dem Hypophysenvorderlappen (HVL) beantwortet werden, verbleibt die LH-Ausschüttung auf moderatem Niveau. Das Vorhandensein von GnRH führt in dieser frühen pubertalen Phase auch zur Induktion seiner eigenen Rezeptoren an den Zellen des HVL, so dass die gonadotropen Zellen in die Lage versetzt werden ihre Antwortkapazität auf die zunehmenden GnRH-Pulse steigern zu können. Die durch FSH stimulierten, heranreifenden Follikel sezernieren Östrogen und Inhibin. Die Erhöhung der Östrogenkonzentration verursacht einen Desensibilisierungsprozess, der die Empfindlichkeit gegenüber seinem eigenen Gonadotropin- und vor allem LH-hemmenden Effekt zunehmend verringert. Nach dem Ausreifen des positiven Feedbacks bewirkt Östrogen eine Erhöhung der sekretorischen LH-Antwort auf die GnRH-Pulse. Inhibin wirkt durch einen negativen Feedback in zunehmendem Umfang reduzierend auf die FSH-Antwort. Die Ausreifung der Peptid-Steroidhormon-Wechselwirkung wird begleitet von der Modifikation der LH-Moleküle. Es tritt eine Veränderung der Glykosylierung ein, die sie biologisch potenter macht, so dass das Auslösen der ersten Ovulation möglich wird (DÖCKE, 1994; MEINECKE, 2005).

Das Alter zur Geschlechtsreife wird unter anderem auch von der Rasse beeinflusst. Milchrindrassen sind in der Regel frühreifer als Fleischrindrassen. Die erste Brunst tritt bei Färsen von großen Milchrindrassen im Alter von sieben bis neun Monaten auf, wo hingegen die Tiere, die zu Fleischrindrassen gehören, zwölf bis 13 Monate alt sind (MEINECKE, 2005). Allerdings ist die Altersspanne innerhalb einer Rasse sehr groß und reicht z. B. bei Holstein von fünf bis 20 Monate. Die Hauptursache für die große Variation ist die Fütterungsintensität, da das Gewicht den Zeitpunkt des Auftretens des ersten Östrus stärker beeinflusst als das Alter (SEJRSEN AND PURUP, 1997). Die Geschlechtsreife tritt bei Milchrassen ein, wenn 35 – 45 % des durchschnittlichen Gewichts eines ausgewachsenen Tieres erreicht sind (GELDERMANN, 2005B). Das durchschnittliche Pubertätsgewicht liegt bei Holstein daher bei 250 – 280 kg. Viele Fütterungsversuche zeigen, dass bei gesteigertem Wachstum die Geschlechtsreife früher eintritt, dass Gewicht zum Zeitpunkt der Pubertät jedoch unbeeinflusst bleibt (SEJRSEN AND PURUP, 1997; MEYER ET AL., 2006AB; RADCLIFF ET AL., 1997). RADCLIFF ET AL. (1997) konnten zeigen, dass die tägliche Injektion von bovinen Somatotropin das Körpergewicht und die Kreuzbeinhöhe steigert, aber das Alter zur Pubertät nicht verändert. Auch Futtermittel können Einfluss auf das Körpergewicht zur Geschlechtsreife ausüben. Hohe tägliche Zunahmen, die auf Futterbasis von Mais erzielt werden, verringern das Pubertätsgewicht (CAPUCO ET AL., 1995).

## **2.4. Die optimale Aufzuchtintensität und die Beurteilung der Zuchtreife**

Die Betrachtung der Mammogenese zeigt exemplarisch am Beispiel der Milchdrüse, dass die Fütterungsintensität auf die Entwicklung von Geweben Einfluss nehmen kann. Die Aufzuchtintensität ist von großem praktischen Interesse, da die Dauer der Spanne zwischen Geburt und der ersten Laktation die Aufzuchtkosten wesentlich beeinflusst. Andererseits konnte in verschiedenen Studien ein negativer Effekt hoher Lebensstagnahmen auf die Milchleistung der nachfolgenden Laktation festgestellt werden. Es stellt sich daher die Frage nach der optimalen Gestaltung des Aufzuchtmanagements.

Von der eigenen Geburt bis zur ersten Kalbung einer Kuh vergehen in der Regel mehr als zwei Jahre. Anhand der reproduktiven Entwicklung können zwei verschiedene Phasen während dieser Zeit unterschieden werden: die präpubertale und die postpubertale Phase.

### **2.4.1. Die Aufzuchtintensität während der präpubertalen Phase**

#### *Wachstum und Entwicklung*

Der Eintritt der Geschlechtsreife steht in enger Beziehung zum Körpergewicht. Eine Steigerung der täglichen Zunahmen führt deshalb unweigerlich dazu, dass dieses Gewicht zu einem früheren Zeitpunkt erreicht wird (LAMMERS ET AL., 1999; MACDONALD ET AL., 2005; LE COZLER ET AL., 2009). Das Gewicht selbst wird jedoch nicht beeinflusst (LAMMERS ET AL., 1999; LE COZLER ET AL., 2009). Die Ergebnisse von DACCARETT ET AL. (1993) zeigen exemplarisch den Einfluss unterschiedlicher Fütterungsintensitäten auf die physische Entwicklung weiblicher Jungrinder (Tabelle 2.7): Hohe Wachstumsraten während der präpubertalen Phase beeinflussen positiv die Entwicklung von Skelett und Körpergewicht. Das Risiko einer übermäßigen Fetteinlagerung ist gering, obwohl der mittlere BCS sich in beiden Gruppen signifikant unterschied. Die Körpergröße des ausgewachsenen Tiers scheint jedoch nicht verändert zu werden, da schon im Alter von zwei Jahren keine signifikante Differenz mehr nachgewiesen werden konnten. Im Wesentlichen stimmen diese Aussagen mit den Resultaten weiterer Veröffentlichungen überein (VAN AMBURGH ET AL., 1998; ABENI ET AL., 2000; BULANG UND FISCHER, 2007). LAMMERS ET AL. (1999) untersuchten die Auswirkungen von moderaten und hohen Zunahmen auf das Euter. Sie stellten fest, dass bei Tieren mit hohen Zunahmen sich der Abstand zwischen den Strichen des Vordereuters sowie zwischen den Strichen des Vorder- und Hintereuters und der Euterumfang während der Versuchsphase stärker vergrößerte als bei moderat aufgezogenen Tieren. Nach Beendigung des Fütterungsversuchs verringerten sich zwar die Differenzen

zwischen beiden Gruppen, dennoch verfügten die Tiere mit hohen präpubertalen Zunahmen über größere Euter als die Vergleichstiere. Eine mögliche Ursache könnte eine verstärkte Fetteinlagerung in die Milchdrüse sein.

**Tab. 2.7:** Entwicklung von Körpergewicht, verschiedener Größenparameter sowie BCS in Abhängigkeit vom Fütterungsniveau; Versuchsdauer ab dritten bis 24. Monat (DACCARETT ET AL., 1993); \*kursive Angaben sind nicht signifikant

(1) Fütterung entspricht der Empfehlung des National Research Council (NRC);

(2) Fütterung übersteigt die Empfehlung des NRC um 15%

	6 Monate		12 Monate		24 Monate	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Körpergewicht [kg]	155	170	281	314	528	582
Größe [cm]	102	105	119	122	<i>134*</i>	<i>135*</i>
Rumpflänge [cm]	102	110	135	138	193	200
Brustumfang [cm]	124	129	155	161	163	168
BCS	2,95	3,00	2,96	3,07	3,30	3,60

Wie sich unterschiedliche präpubertale Wachstumsraten auf die weitere Entwicklung nach der Geschlechtsreife auswirken ist umstritten, da widersprüchliche Ergebnisse existieren. In einigen Studien trat kompensatorisches Wachstum auf nachdem der Fütterungsversuch beendet worden war (VAN AMBURGH ET AL., 1998; WALDO ET AL., 1998; LAMMERS ET AL., 1999). In Tabelle 2.8 sind die tägliche Zunahme nach dem Versuchsende bis zur Kalbung und die Entwicklung von Gewicht und BCS während der ersten Laktation anhand der Ergebnisse von VAN AMBURGH ET AL. (1998) aufgezeigt. Die Ergebnisse von LAMMERS ET AL. (1999) ähneln den in der Tabelle 2.8 dargestellten sehr stark: Die Kühe der Gruppe, die während der präpubertalen Periode weniger zunahmen, kompensierten die Entwicklungsverzögerung indem sie zwischen Pubertät und Kalbung höhere tägliche Zunahmen realisierten, obwohl die ehemaligen Gruppen in dieser Zeit die gleiche Behandlung und Fütterung erfuhren. Das hat zur Folge, dass diese Kühe zur ersten Kalbung signifikant mehr wogen. Möglicherweise nehmen die Jungrinder auf hohem präpubertalen Versorgungsniveau postpubertal weniger zu, da sie einen vergleichsweise höheren Erhaltungsbedarf decken müssen. Die Kühe der unterschiedlichen Gruppen mobilisierten in vergleichbarer Weise Körperreserven. Trotzdem waren am Ende der Laktation keine Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen hinsichtlich des Körpergewichts mehr feststellbar. Das könnte eine Erklärung bieten, weshalb Kühe mit hohen präpubertalen Zunahmen weniger Milch geben: Sie kompensieren das Defizit ihres Körpergewichts zur Kalbung indem sie einen höheren Anteil der aufgenommenen Energie in den Aufbau von Körpergewebe zu Ungunsten der Milchproduktion investieren.

**Tab. 2.8:** Lebenstagszunahme während der ersten Trächtigkeit sowie Entwicklung von Körpergewicht und BCS nach der ersten Kalbung in Abhängigkeit verschiedener täglicher Zunahmen im präpubertalen Zeitraum (VAN AMBURGH ET AL., 1998); unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede mit  $P \leq 0,05$

	tägliche Zunahmen <sup>4)</sup>		
	600 g/Tag	800 g/Tag	1000 g/Tag
tägl. Zunahme nach Versuchsende [g/d] <sup>1)</sup>	670 a	640 b	580 c
Kalbgewicht [kg]	550 a	529 b	520 c
max. Gewichtsverlust [kg] <sup>2)</sup>	53	55	61
Gewicht Nadir [kg]	497 a	474 b	459 c
Gewicht 40. Laktationswoche [kg]	574	573	565
Veränderung Körpergewicht ab Nadir [kg]	77 c	99 bc	106 ab
BCS Kalbung	3,8 a	3,5 b	3,9 a
max. BCS-Verlust <sup>3)</sup>	1,3	1,2	1,3
BCS Nadir	2,5	2,3	2,6
BCS 40. Laktationswoche	3,5 a	3,2 b	3,6 a
Veränderung BCS ab Nadir	1,0	0,9	1,0

<sup>1)</sup> im Zeitraum zwischen positiver Trächtigkeitsuntersuchung und Kalbung

<sup>2)</sup> berechnet aus Differenz vom niedrigsten erfassten Körpergewicht während Laktation und Kalbegewicht

<sup>3)</sup> berechnet aus Differenz vom niedrigsten erfassten BCS während Laktation und BCS zur Kalbung

<sup>4)</sup> präpubertale tägliche Zunahmen zwischen 90 kg und 320 kg Körpergewicht

BULANG UND FISCHER (2007) stellten fest, dass intensiv aufgezogene Kühe während der ersten Laktation einen geringeren Brustumfang aufwiesen. Mittlere Kreuzbeinhöhe und Beckenbodenbreite beider Gruppen war jedoch nicht verschieden. In anderen Studien konnte keine Kompensation der Wachstumsverzögerung nachgewiesen werden (PIRLO ET AL., 1997; McDONALD ET AL., 2005), was zur Folge hat, dass die Unterschiede zwischen moderat und intensiv aufgezogenen Tieren bestehen blieben. MACDONALD ET AL. (2005) konnten sogar einen Langzeiteffekt der Aufzuchtintensität auf die Gewichtsentwicklung belegen.

Die Ursache der unterschiedlichen Ergebnisse könnte die Verwendung verschiedener Futtermittel bzw. unterschiedlicher Futterzusammensetzungen sein, da diese sowohl einen Einfluss auf die Entwicklung des Körpergewichts als auch auf die des Skeletts ausüben. Im Versuch von WALDO ET AL. (1998) wurde neben dem Einfluss geringer bzw. hoher präpubertaler Zunahmen auch die Wirkung unterschiedlicher Futtermittel untersucht: Eine Gruppe erhielt Luzernesilage und die andere wurde mit einer Totalen Mischration (TMR) aus Maissilage und Sojaschrot gefüttert. Beide Gruppen wurden zusätzlich jeweils in niedriges und hohes Versorgungsniveau unterteilt. Nach Versuchsende bis zur Kalbung trat in beiden Gruppen kompensatorisches Wachstum auf, allerdings in unterschiedlich starker Ausprägung. Die

Fütterungsgruppe auf Luzerne-Basis realisierte ein höheres Wachstum sowohl absolut als auch im Vergleich der Differenz zur Wachstumsrate der Tiere auf hohem präpubertalen Fütterungsniveau. Betrachtet man nur diese Gruppe stimmen die Ergebnisse mit denen von VAN AMBURGH ET AL. (1998) und LAMMERS ET AL. (1999) überein. Andererseits weisen die Ergebnisse der Tiere, die auf der Basis der TMR aufgezogen worden waren, eine Vergleichbarkeit mit den Resultaten von PIRLO ET AL. (1997) sowie McDONALD ET AL. (2005) auf, da die Unterschiede zwischen geringem und hohem Fütterungsniveau bestehen blieben und die Tiere, die die höheren Zunahmen präpubertal erzielten, auch zur Kalbung mehr wogen.

#### *Einfluss auf Milchleistung und funktionale Merkmale*

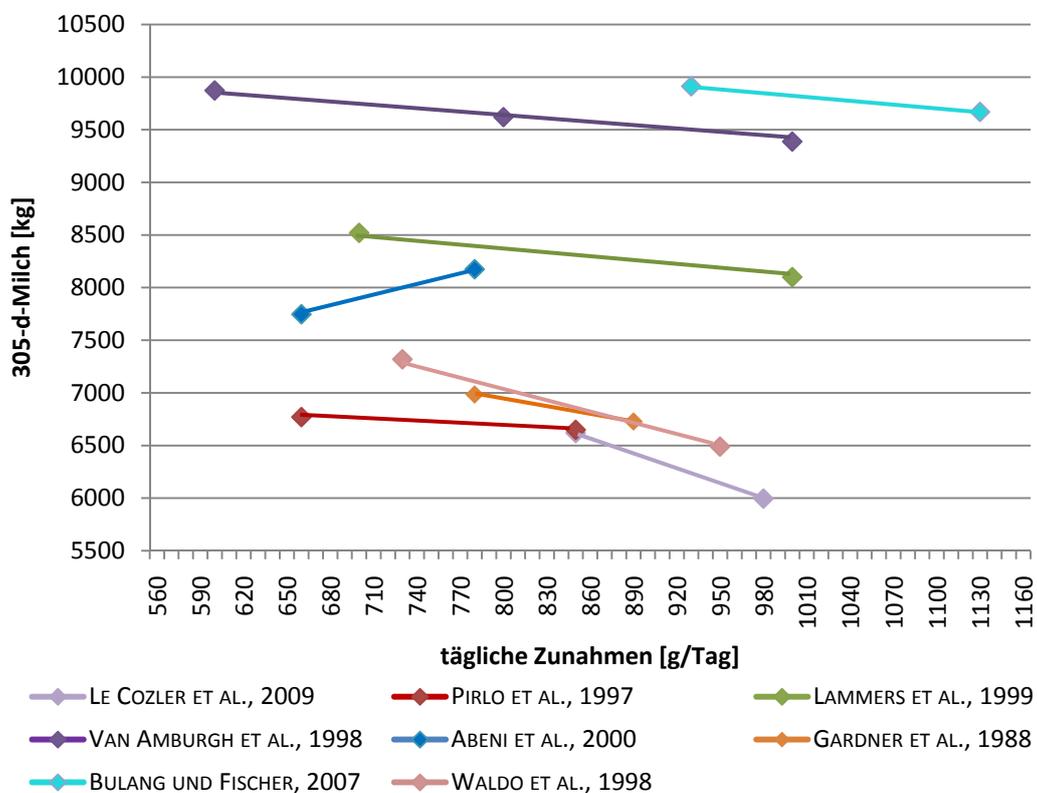
Im Zeitraum vorm Erreichen der Geschlechtsreife findet die erste allometrische Wachstumsphase der Milchdrüse statt, deshalb wird dieser Periode eine besondere Bedeutung zugeschrieben. Einige Untersuchungsergebnisse legen nahe, dass Wachstumsraten jenseits des Optimums die Entwicklung des Euters beeinträchtigen und dadurch das Milchleistungspotential nachhaltig negativ beeinflussen können. SEJRSEN ET AL. (2000) geben an, dass ein negativer Effekt bei Dänischen Holstein bei der Überschreitung der täglichen Zunahmen von 650 g/Tag auftrat. Eine alternative Erklärung finden hingegen MEYER ET AL. (2006B), die das physiologische Alter als den bedeutenderen Regulator der Mammogenese diskutieren. Da aber Pubertätsalter und präpubertale Wachstumsrate eng mit einander verbunden sind, ist eine Abgrenzung zwischen beiden Effekten schwierig. Die optimale Wachstumsintensität kann jedoch nicht als fix betrachtet werden: Aufgrund der positiven genetischen Korrelation zwischen Wachstums- und Milchleistungspotential führt die intensive Selektion auf Milchleistung gleichzeitig zur Erhöhung der optimalen Wachstumsrate (Abbildung 2.4).

Tabelle 2.9 zeigt eine Übersicht über die Ergebnisse verschiedener Versuche in Bezug auf die Wirkung unterschiedlicher präpubertaler Wachstumsraten auf die Milchleistung der ersten Laktation. Im Einzelnen sind die Ergebnisse in Abbildung 2.5 dargestellt. Der überwiegende Teil der Veröffentlichungen weist auf einen negativen Einfluss von erhöhten präpubertalen Zunahmen hin, obwohl zum Teil das Signifikanzniveau nicht erreicht wurde. Mehrere Erklärungsmöglichkeiten kommen dafür in Frage: Da derartige Versuche recht langwierig und aufwändig sind, wurde in den meisten Fällen nur eine geringe Anzahl Tiere untersucht. Ein geringer Stichprobenumfang kann sich als nachteilig erweisen, da existierende Unterschiede nicht statistisch gesichert werden können. Einige Arbeitsgruppen wie z. B. VAN AMBURGH ET AL. (1998) korrigierten die Milchleistung um das Kalbegewicht. Diese Art von Modellanpassung ist umstritten, da das Gewicht als Resultat der Wachstumsrate betrachtet werden kann. Für das

Ergebnis von Wachstumsstudien ist es ebenfalls wichtig darauf zu achten, dass die Gruppen hinsichtlich ihrer genetischen Veranlagung ausgeglichen sind. PIRLO ET AL. (1997) erwähnen als einzige Arbeitsgruppe, dass der Pedigree-Index für Milchleistung bei der Gruppenzusammenstellung beachtet wurde.

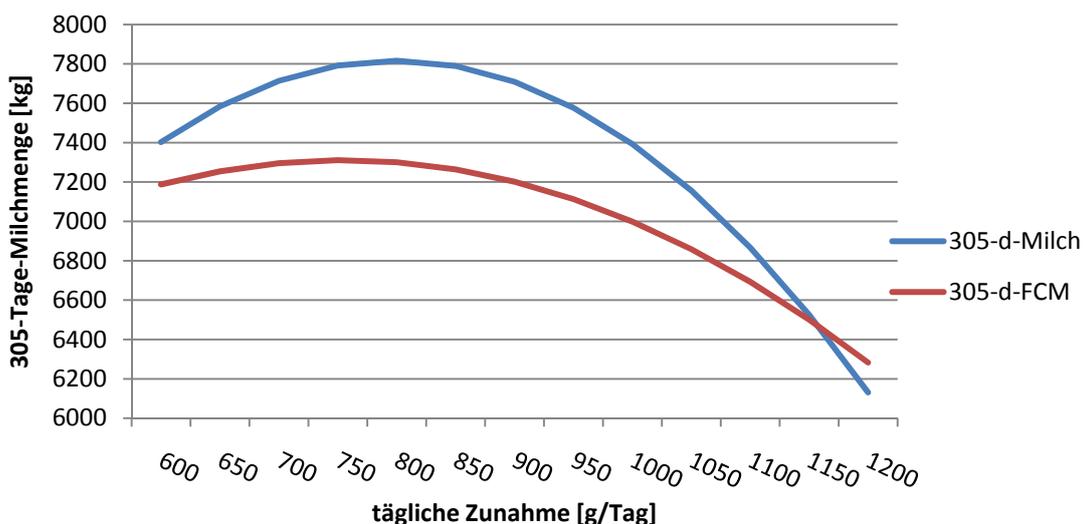
**Tab. 2.9:** Übersicht über die Ergebnisse verschiedener Studien, die den Einfluss der präpubertalen Wachstumsrate auf die Milchleistung der ersten Laktation untersuchten; Einfluss auf Milchleistung: + positiv, (+) positiv nicht signifikant; - negativ, (-) negativ nicht signifikant; ± kein Einfluss nachweisbar; \* vor Korrektur für Kalbegewicht

Quelle	Versuchsdauer	Wachstumsraten [g/Tag]*	Einfluss auf Milchleistung
ABENI ET AL., 2000	ab 150 kg, 7 Mo. lang	667; 775	(+)
BULANG UND FISCHER, 2007	7. bis 12. Mo.	932; 1128	-
GARDNER ET AL., 1988	6. Wo. bis 340 kg	780; 890	(-)
LAMMERS ET AL., 1999	4,5. bis 9,5. Mo.	700; 1000	-
LE COZLER ET AL., 2009	4. bis 12. Mo.	850; 978	-
MACDONALD ET AL., 2005	100 bis 200 kg	400; 600; 800	±*
PIRLO ET AL., 1997	90 bis 300 kg	659; 848	(-)
VAN AMBURGH ET AL., 1998	90 bis 320 kg	600; 800; 1000	-*
WALDO ET AL., 1998	175 bis 325 kg	725; 950	(-)



**Abb. 2.5:** Einfluss der präpubertalen Wachstumsrate auf die Milchleistung der ersten Laktation dargestellt anhand der Ergebnisse ausgewählter Veröffentlichungen (Tabelle 2.9)

ZANTON UND HEINRICHS (2005) führten anhand von zehn aktuellen Untersuchungen eine Metaanalyse durch und entwickelten ein Modell, welches die quadratische Beziehung zwischen Milchleistung und Wachstumsrate wiedergibt. Die Abbildung 2.6 zeigt zum Einen, dass ein Optimum hinsichtlich der präpubertalen Wachstumsintensität existiert und, dass Tiere mit unterschiedlichen Zunahmen, die sich auf dem auf- und absteigenden Ast der Kurve gegenüberliegen, über eine ähnliche Milchleistung in der ersten Laktation verfügen. Um einen quadratischen Zusammenhang darstellen zu können, ist ein Versuchsdesign mit mehr als zwei Varianten von unterschiedlichen täglichen Zunahmen erforderlich. Ein Großteil der Untersuchungen betrachtete jedoch nur zwei Gruppen mit entweder hohen oder niedrigen Wachstumsraten und ist deshalb ungeeignet, einen biologischen Zusammenhang darzustellen, bei dem ein Optimum vorhanden ist. Der Vorteil einer Metaanalyse, wie sie ZANTON UND HEINRICHS (2005) durchführten, ist, dass eine relativ große Bandbreite an unterschiedlichen Zunahmen abdeckt werden kann, so dass das auf dieser Grundlage entwickelte Modell die physiologischen Beziehungen wahrscheinlich besser beschreibt und den tatsächlichen biologischen Beziehungen näher kommt. Es ist zudem in der Lage die unterschiedlichen Ergebnisse der einzelnen Studien zu erklären. In der Zusammenfassung von SEJRSEN ET AL. (2000) wird übereinstimmend von einem quadratischen Zusammenhang zwischen Wachstum und Milchleistung berichtet. Die optimale Wachstumsintensität, um die Milchleistung der ersten Laktation zu maximieren, liegt bei 799 g/Tag bzw., wenn die Milchleistung um das Gewicht zur Kalbung korrigiert wurde, bei 836 g/Tag (ZANTON AND HEINRICHS, 2005).



**Abb. 2.6:** 305-Tage-Milch- und 305-Tage-FCM-Menge in Abhängigkeit von der täglichen Zunahme während der präpubertalen Phase (ZANTON AND HEINRICHS, 2005)

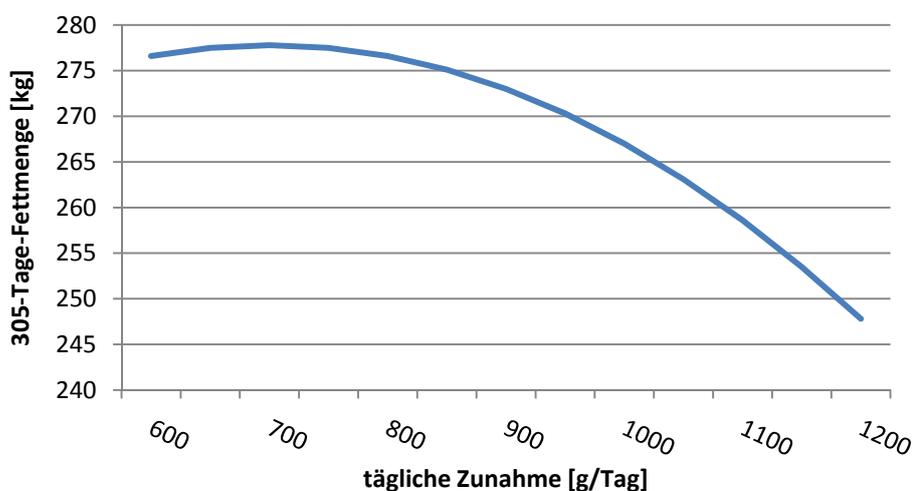
$$305\text{-d-Milch} = 1135 + 16,7278 * \text{tgl. Zunahme} - 0,01047 * (\text{tgl. Zunahme})^2$$

$$305\text{-d-FCM} = 4362 + 7,817 * \text{tgl. Zunahme} - 0,00518 * (\text{tgl. Zunahme})^2$$

Die fettkorrigierte Milch zeigt in Abhängigkeit von der täglichen Zunahme einen ähnlichen Kurvenverlauf, der jedoch flacher und leicht nach links verschoben ist. Eine Wachstumsrate von 755 g/Tag bzw. 825 g/Tag, bei Korrektur für das Kalbegewicht, maximiert die fettkorrigierte Milchmenge (FCM).

Aus den Ergebnissen der einzelnen Studien über die Auswirkung unterschiedlicher täglicher Zunahmen auf die Zusammensetzung der Milch lässt sich kein einheitliches Bild ableiten. Während in einigen Veröffentlichungen kein Einfluss auf die Inhaltsstoffe erkennbar ist (VAN AMBURGH ET AL., 1998; WALDO ET AL., 1998; MACDONALD ET AL., 2005;), wird in anderen eine signifikante Auswirkung gefunden. LAMMERS ET AL. (1999) und PIRLO ET AL. (1997) stimmen überein, dass der Fettgehalt keine Beeinflussung zeigt und, dass sich der Eiweißgehalt mit steigenden Zunahmen verringert. ABENI ET AL. (2000) schlussfolgern dagegen aus ihrem Versuch, dass sich geringe Zunahmen tendenziell positiv auf den Fettgehalt der Milch auswirken, der Eiweißgehalt im Gegensatz dazu jedoch unverändert bleibt.

Die Metaanalyse (ZANTON AND HEINRICHS, 2005) ergab, dass sowohl Fett- als auch Eiweißgehalt eine signifikante quadratische Abhängigkeit von der präpubertalen Wachstumsrate aufweisen. Die maximale Eiweißmenge wird bei Zunahmen von 836 g/Tag erzielt. Der Einfluss auf den Eiweißgehalt ist zwar signifikant, aber dennoch so gering, dass seine biologische Relevanz bezweifelt werden muss. Dagegen scheint der Fettgehalt durch geringe Milchleistung begünstigt zu werden, denn mit zunehmender Milchleistung sinkt dieser ab. In Abbildung 2.7 ist die Fettmenge in Abhängigkeit von der Wachstumsrate dargestellt. Sie zeigt, dass aufgrund des vorher beschriebenen Zusammenhangs der Kurvenverlauf relativ flach ist und die produzierte Fettmenge weitgehend konstant bleibt.



**Abb. 2.7:** 305-Tage-Fettmenge in Abhängigkeit von der täglichen Zunahme während der präpubertalen Phase (ZANTON AND HEINRICHS, 2005)

$$305\text{-d-Fett} = 219 + 0,168 * \text{tgl. Zunahme} - 0,00012 * (\text{tgl. Zunahme})^2$$

Die Zellzahl wird durch unterschiedliche Wachstumsraten nicht beeinflusst (PIRLO ET AL., 1997; LAMMERS ET AL., 1999).

Mehrere Untersuchungen liefen über den Zeitraum der ersten Laktation hinaus, um einen eventuellen Langzeiteffekt überprüfen zu können. LE COZLER ET AL. (2009) stellten fest, dass der negative Effekt einer intensiven Aufzucht auf die Milchmenge auch über die erste Laktation hinaus bestehen bleibt. Im Gegensatz dazu konstatieren VAN AMBURGH ET AL. (1998), dass ein negativer Effekt in der ersten Laktation auftritt (ohne die Anpassung für das Kalbegewicht im Modell), jedoch in der zweiten Laktation nicht bestehen bleibt und demzufolge keine Unterschiede mehr zwischen den Gruppen feststellbar sind. GARDNER ET AL. (1988) untersuchten die Auswirkungen auf fünf Laktationen und stellten weder in der Ersten noch in den Folgenden Unterschiede fest.

Vergleicht man die Fruchtbarkeit der Färsen miteinander, die in der Phase vor dem Eintritt der Geschlechtsreife unterschiedliche Wachstumsraten erzielten, so gibt der überwiegende Teil der Veröffentlichungen an, dass keine Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen festgestellt werden konnten (PIRLO ET AL., 1997; VAN AMBURGH ET AL., 1998; ABENI ET AL., 2000). Im Gegensatz dazu hatte die intensiv aufgezogene Gruppe im Versuch von BULANG UND FISCHER (2007) einen signifikant höheren Konzeptionserfolg. Die Fruchtbarkeit während der ersten Laktation scheint durch hohe präpubertale Zunahmen positiv beeinflusst zu werden (VAN AMBURGH ET AL., 1998; LE COZLER ET AL., 2009).

Hinsichtlich des Kalbeverlaufs konnten GARDNER ET AL. (1988) keinen Unterschied zwischen der Gruppe mit hoher bzw. niedriger Wachstumsrate feststellen. Das Geburtsgewicht der Kälber wurde ebenfalls nicht beeinflusst. BULANG UND FISCHER (2007) dagegen fanden einen Trend, dass intensiv aufgezogene Tiere schwerer abkalbten (14 % mehr Schwergewürten) und eine höhere Totgeburtensrate (+ 8,7 %) besaßen.

Sowohl GARDNER ET AL. (1988) als auch MACDONALD ET AL. (2005) fanden keine Unterschiede hinsichtlich des produktiven Lebens der Kühe. Im Versuch von GARDNER ET AL. (1988) beendeten 18 % bzw. 19 % der Tiere, die sich während der präpubertalen Phase auf hohem bzw. niedrigem Versorgungsniveau befanden, die fünfte Laktation. Allerdings unterschieden sich die beiden Fütterungsgruppen nur geringfügig von einander, denn Differenz der durchschnittlichen täglichen Zunahme lag bei nur 110 g/Tag. Auch auf die Häufigkeit der Abgangsursachen wurde kein Einfluss festgestellt. Da die Studie von MACDONALD ET AL. (2005) unter neuseeländischen Bedingungen durchgeführt wurde, ist eine Vergleichbarkeit kaum gewährleistet. Die Ergebnisse von LE COZLER ET AL. (2009) zeigen dagegen, dass die Aufzuchtintensität Auswirkungen auf das produktive Leben und die Lebensleistung haben kann. Die auf niedrigem Niveau aufgezogenen Kühe verließen die Herde nach 2,72 Laktationen

und hatten ein produktives Leben von 894 Tagen. Kühe, die hohe tägliche Zunahmen erzielten, verblieben nur 2,32 Laktationen in der Herde und gingen nach 709 Tagen nach der ersten Kalbung ab. In diesem Zeitraum produzierten die Tiere mit geringer präpubertaler Wachstumsintensität 19.630 kg Milch, während die Kühe mit hohen Lebenstagzunahmen nur 14.734 kg Milch gaben. Die Differenzen konnten jedoch nicht statistisch gesichert werden und sind somit nur als Tendenz zu verstehen.

#### 2.4.2. Die Aufzuchtintensität während der postpubertalen Phase

##### *Wachstum und Entwicklung*

Die Daten der Studie von HOFFMAN ET AL. (1996) zeigen exemplarisch den Einfluss unterschiedlicher täglicher Zunahmen im Zeitraum zwischen Pubertät und erster Kalbung (Tabelle 2.10). GRUMMER ET AL. (1995) wählten einen wesentlich kürzeren Betrachtungszeitraum, nämlich vom 170. Trächtigkeitstag an bis zur Kalbung, und kommen zu ähnlichen Ergebnissen, was Gewicht prä und post partum sowie BCS anbelangt. MÄNTYSAARI ET AL. (1999) und LACASSE ET AL. (1993) teilten den Versuchszeitraum in zwei Phasen ein. Betrachtet man in diesen Studien, nur die Gruppen, die während beider Perioden die gleiche Behandlung erfuhren, wodurch das Auftreten von Interaktionen ausgeschlossen werden kann, stellt man ebenfalls fest, dass Tiere auf hohem Versorgungsniveau zur Kalbung schwerer sind und über größere Fetteinlagerungen verfügen. Jedoch konnte im Gegensatz zu den Ergebnissen von HOFFMAN ET AL. (1996) kein positiver Effekt erhöhter Wachstumsraten auf die Entwicklung des Skeletts ermittelt werden. Tiere, die während der ersten Phase moderat und in der zweiten Phase auf hohem Niveau gefüttert wurden, konnten den Entwicklungsrückstand kompensieren

**Tab. 2.10:** Einfluss moderater und hoher postpubertaler<sup>1)</sup> täglicher Zunahmen auf den Entwicklungszustand von Holsteinfärsen zur Kalbung (HOFFMAN ET AL., 1996)

	tägliche Zunahmen postpubertal	
	moderat	hoch
Kalbealter [Monate]	23,6 a	20,6 b
tägl. Zunahme [g/Tag] <sup>1)</sup>	792 a	969 b
Kalbegewicht prä partum <sup>2)</sup> [kg]	638	622
Kalbegewicht post partum <sup>3)</sup> [kg]	580 a	551 b
Größe [cm]	138 a	135 b
BCS	3,4 a	3,5 b
Becken prä partum [cm <sup>2</sup> ]	269 a	259 b

<sup>1)</sup> im Zeitraum von der Pubertät bis zur Kalbung

<sup>2)</sup> 10 Tage vor Kalbung

<sup>3)</sup> 7 Tage nach Kalbung

und wiesen zur Kalbung ein ähnliches Körpergewicht auf wie Rinder, die während der gesamten Dauer hohe tägliche Zunahmen erzielten (LACASSE ET AL., 1993; MÄNTYSSARI ET AL., 1999). Diese Gruppe besitzt eine höhere Futtereffizienz, da sie weniger Energie je kg Gewichtszunahme benötigte. Obwohl hinsichtlich Kalbegewicht Unterschiede zwischen den einzelnen Studien bestehen, kann übereinstimmend eine erhöhte Gewichtsreduktion post partum bei den auf hohem Niveau aufgezogenen Tieren festgestellt werden. Ursächlich dafür ist vermutlich eine höhere Fettmobilisation (LACASSE ET AL., 1993; GRUMMER ET AL., 1995; HOFFMAN ET AL., 1996; MÄNTYSAARI ET AL.; 1999).

MÄNTYSAARI ET AL. (1999) initiierten einen zweiphasigen Fütterungsversuch während der ersten Trächtigkeit (1. Phase: 2. - 6. Trächtigkeitsmonat; 2. Phase: 7. - 9. Trächtigkeitsmonat)(Tabelle 2.11). Die Gruppen mit hohen Zuwachsraten vor der Kalbung (M:H und H:H) sind in der Lage ein höheres Maß an körpereigenen Fettreserven zu mobilisieren. Das Kalbegewicht dieser Gruppen unterschied sich nicht. Dennoch scheinen die Tiere, die in der ersten Phase moderat aufgezogen wurden, einen höheren Reifegrad zu besitzen (obwohl die Unterschiede nicht die Signifikanz erreichten), da sie bei einem vergleichbaren BCS nach 160 Melktagen mehr wogen. Die mobilisierbare Körpermasse ist positiv korreliert mit dem zur Kalbung erhobenen BCS. Die moderat gefütterten Gruppen - unabhängig vom Zeitraum - verloren post partum weniger Gewicht und realisierten höhere tägliche Zunahmen. Außerdem wurde festgestellt, dass diese Tiere nach der Kalbung mehr Trockenmasse aufnahmen (GRUMMER ET AL., 1995; MÄNTYSAARI ET AL., 1999). LACASSE ET AL. (1993) konnten jedoch keinen Unterschied nachweisen.

**Tab. 2.11:** Einfluss des Versorgungsniveaus während der ersten Trächtigkeit auf die Gewichtsentwicklung und die Mobilisation von Körperreserven im Verlauf der ersten Laktation (MÄNTYSAARI ET AL., 1999)

1. Phase: 2. – 6. Trächtigkeitsmonat; 2. Phase: 7. – 9. Trächtigkeitsmonat;

M - moderates und H - hohes Fütterungsniveau;

Einfluss des Fütterungsniveaus unterteilt nach 1. und 2. Phase: \*\*  $P \leq 0,01$ ; \*  $P \leq 0,05$

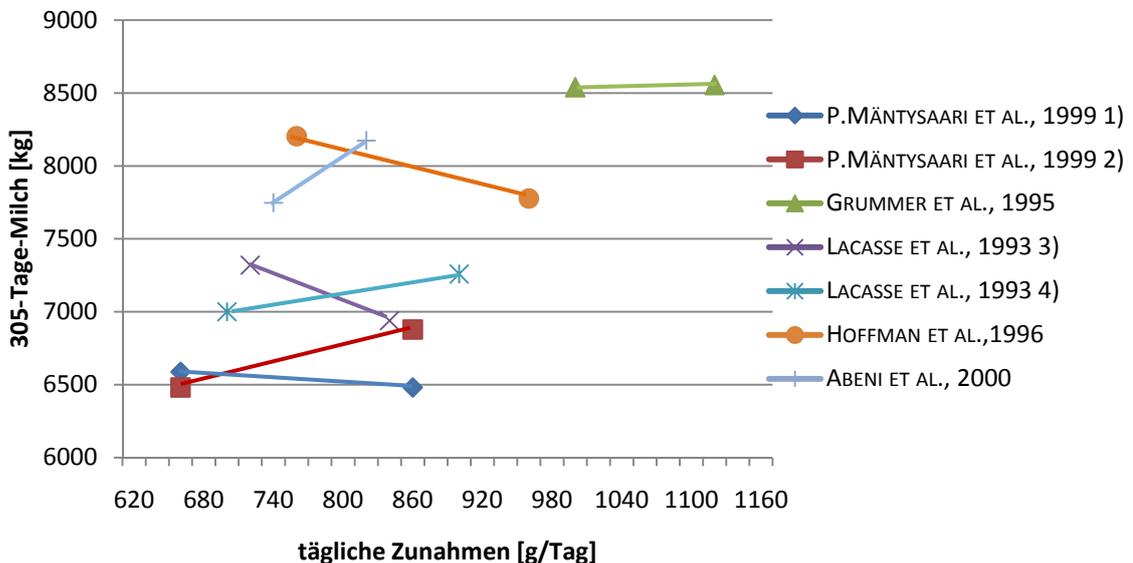
	Versorgungsniveau während Trächtigkeit (1. Phase: 2. Phase)				P < F	
	M:M	M:H	H:M	H:H	1. Phase	2. Phase
Kalbegewicht [kg]	462	498	480	499		**
Gewicht 160. Melktag [kg]	513	520	505	492		
tägl. Zunahme (bis 160. Melktag) [g/d]	0,31	0,12	0,15	-0,04	**	**
mobilisierte Körpermasse [kg]	0,0	11,6	10,1	28,4	**	**
BCS (160. Melktag)	3,20	2,92	3,03	2,83		*

*Einfluss auf Milchleistung und funktionale Merkmale*

Anhand der Literaturrecherche ergibt sich auf den ersten Blick kein einheitliches Bild ob und wie das Wachstum zwischen Pubertät und erster Kalbung die Milchleistung der ersten Laktation beeinflusst. Die verschiedenen Ergebnisse sind in Tabelle 2.12 zusammengefasst und in Abbildung 2.8 dargestellt.

**Tab. 2.12:** Einfluss der postpubertalen Wachstumsrate auf die Milchleistung der ersten Laktation dargestellt anhand der Ergebnisse verschiedener Veröffentlichungen  
+ positiv; - negativ; (+) bzw. (-) positiv bzw. negativ, aber nicht signifikant; ± kein Einfluss

Quelle	Versuchsdauer	Zunahmen [g/Tag]	Einfluss auf Milchleistung
MACDONALD ET AL., 2005	200 kg bis 22 Monate	500; 700	+
ABENI ET AL., 2000	ab 300 kg, 7 Mo. lang	748; 824	±
HOFFMAN ET AL., 1996	Pubertät bis Kalbung	750; 950	(-)
LACASSE ET AL., 1993	1 Jahr alt bis 3. Trächtigsmonat	720; 830	(-)
LACASSE ET AL., 1993	3. Trächtigsmonat bis Kalbung	695; 895	(+)
GRUMMER ET AL., 1995	6. Trächtigsmonat bis Kalbung	1000; 1120	±
MÄNTYSAARI ET AL., 1999	2. – 6. Trächtigsmonat	650; 850	±
MÄNTYSAARI ET AL., 1999	7. – 9. Trächtigsmonat	650; 850	+



**Abb. 2.8:** Einfluss der postpubertalen Wachstumsrate auf die Milchleistung der ersten Laktation dargestellt anhand der Ergebnisse ausgewählter Veröffentlichungen (Tabelle 2.10)

- 1) 2. bis 6. Trächtigsmonat
- 2) 7. bis 9. Trächtigsmonat
- 3) 1 Jahr alt bis 3. Trächtigsmonat (2. isometrische Phase der Mammogenese)
- 4) 3. Trächtigsmonat bis Kalbung (2. allometrische Phase der Mammogenese)

In der Entwicklungsphase zwischen Pubertät und Kalbung findet die zweite iso- und allometrische Wachstumsphase der Milchdrüse statt. Die zweite isometrische Phase ist im Zeitraum von der Pubertät bis zum dritten Trächtigkeitsmonat angesiedelt. Die zweite allometrische Phase erfolgt ab dem zweiten Drittel der Trächtigkeit (LACASSE ET AL., 1993). Möglicherweise beeinflusst die Energieversorgung während dieser Perioden ebenfalls die Entwicklung des Euters.

Versuche, die den Fütterungseinfluss ab dem zweiten Trächtigkeitsdrittel betrachten, konnten entweder keinen Einfluss (GRUMMER ET AL., 1995) oder einen zumindest tendenziell positiven Effekt feststellen (LACASSE ET AL., 1993; MÄNTYSAARI ET AL., 1999)<sup>1</sup>. Der Versuch von MÄNTYSAARI ET AL. (1999) ergab, dass Tiere, die vom siebten Trächtigkeitsmonat bis zur Kalbung auf hohem Niveau gefüttert wurden, elf Prozent mehr Milch produzierten, als Tiere, die im Vergleichszeitraum auf einem geringeren Niveau aufgezogen wurden. Bei einem früheren Untersuchungszeitraum wurde eher ein negativer Zusammenhang gefunden (LACASSE ET AL., 1993; HOFFMAN ET AL., 1996; MÄNTYSAARI ET AL., 1999)<sup>2</sup>. Eine Interpretation der einzelnen Ergebnisse ist jedoch schwierig, da aufgrund der unterschiedlichen Versuchsdauer die Vergleichbarkeit eingeschränkt ist.

Nur LACASSE ET AL. (1993) untersuchten explizit die zweite iso- und allometrische Phase der Mammogenese. Ein von der Entwicklungsphase abhängiger Effekt könnte erklären, warum die einzelnen Versuche zu zum Teil gegensätzlichen Ergebnissen kommen. Eine alternative Erklärung für die höhere Milchleistung der intensiv aufgezogenen Tiere könnte auch sein, dass höhere Fettreserven vor der Kalbung eine verstärkte Mobilisation von Energie post partum ermöglichen (MÄNTYSAARI ET AL., 1999). GRUMMER ET AL. (1995) beschrieb, dass die Gruppe, die hohe Zunahmen prä partum erzielte, bei gleicher Milchmenge mehr Gewicht verlor. Diese Gruppe hatte in den ersten acht Wochen der Laktationen sogar eine geringere Milchmenge, zeichnete sich aber durch höhere Persistenz aus. Diese Ergebnisse stimmen mit denen von HOFFMAN ET AL. (1996) überein, obwohl sich die Versuchszeiträume unterscheiden. Für eine höhere Mobilisation von Körpermasse spricht auch der höhere Fettgehalt der Milch (GRUMMER ET AL., 1995; MÄNTYSAARI ET AL., 1999). In den Versuchen von HOFFMAN ET AL. (1996) und ABENI ET AL. (2000) besaßen die moderaten Fütterungsgruppen einen tendenziell höheren Fettgehalt. Da die Physiologie bisher ungeklärt ist, kann über den Grund für diese unterschiedlichen Resultate nur Vermutungen angestellt werden. Möglicherweise wird ein negativer Einfluss hoher Fütterungsintensitäten auf die Milchleistung festgestellt, weil die Anfälligkeit für das

---

<sup>1</sup> LACASSE ET AL. (1993), MÄNTYSAARI ET AL. (1999): 2. Fütterungsphase

<sup>2</sup> LACASSE ET AL. (1993), MÄNTYSAARI ET AL. (1999): 1. Fütterungsphase

Auftreten bestimmter Krankheiten innerhalb dieser Gruppen erhöht ist (Tabelle 2.13). Bei Kühen, die in der ersten Phase auf hohem Niveau aufgezogen wurden, tritt signifikant häufiger eine Labmagenverlagerung auf. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Nachgeburt sich nicht vollständig von der Gebärmutter löst, ist bei Tieren auf moderatem Fütterungsniveau in der zweiten Phase höher.

**Tab. 2.13:** Einfluss des Versorgungsniveaus während der zweiten iso- und allometrischen Phase der Mammogenese auf das Auftreten bestimmter Erkrankungen während der ersten Laktation (Anteil betroffener Kühe in %) (LACASSE ET AL., 1993)

H = hohes, M = moderates Versorgungsniveau; \*\*  $P \leq 0,01$

	Versorgungsniveau				P < F		
	isometrische Phase		allometrische Phase		1	2	1 x 2
	H:H	H:M	M:H	M:M			
Labmagenverlagerung	50,0	30,7	9,1	7,7	**	0,40	0,70
Metritis	50,0	23,1	27,3	21,4	0,40	0,25	0,50
Nachgeburtverhalten	10,0	15,4	0,0	21,4	0,90	0,15	0,40

Sowohl LACASSE ET AL. (1993) als auch HOFFMAN ET AL. (1996) konnten keinen Effekt der postpubertalen Wachstumsrate auf das Geburtsgewicht der Kälber und den Kalbeverlauf nachweisen.

Auf die Fruchtbarkeitsmerkmale biologische Rastzeit und Gützeit konnte kein Effekt des postpubertalen Versorgungsniveaus belegt werden. Allerdings verringert die Fütterung auf hohem Niveau zwischen Pubertät und drittem Trächtigkeitsmonat den Konzeptionserfolg während der ersten Laktation. In der zweiten Phase (dritter Trächtigkeitsmonat bis Kalbung) verlängern hohe Wachstumsraten das Intervall zwischen Kalbung und dem Auftreten der ersten Brunst (LACASSE ET AL., 1993).

MÄNTYSAARI ET AL. (1999) konnten nachweisen, dass eine hohe Fütterungsintensität unabhängig vom Laktationsstadium die Konzentration von  $\beta$ -Hydroxybutyrat und freien Fettsäuren im Plasma während der Frühaktation erhöht. Der Effekt ist allerdings zwischen zweiten und sechsten Trächtigkeitsmonat größer. Der Blutspiegel von  $\beta$ -Hydroxybutyrat und freien Fettsäuren ist positiv mit dem BCS und der mobilisierbaren Körpermasse korreliert. Sie stellen deshalb einen Indikator für den Nutzungsgrad von körpereigenen Reserven dar. Die Konzentration von Glukose, Prolaktin und Wachstumshormon im Plasma wird nicht verändert. Ein hohes Fütterungsniveau gegen Ende der Trächtigkeit führt zu einer Erhöhung der Insulinspiegel vor der Kalbung und post partum zu einer Erniedrigung.

### 2.4.3. Gewicht und Alter zur ersten Kalbung

Erstkalbealter und Kalbegewicht resultieren aus den Wachstumsraten zwischen Geburt und erster Kalbung. Sie dienen in der Praxis oftmals zur indirekten Beurteilung der optimalen Zuchtreife, da es sich insbesondere beim Alter um eine einfach zu kontrollierende Größe handelt und ohnehin vorliegt, da die Geburt eines Tieres meldepflichtig ist.

#### *Heritabilität und genetische Beziehungen*

Auch die Vielzahl an Studien, die sich entweder mit Alter oder Gewicht oder mit beiden Parametern beschäftigen, spiegelt zum Einen die praktische Relevanz der Thematik und zum Anderen die relativ einfache Merkmalerhebung wider (Tabelle 2.14). Die geschätzten Heritabilitäten von Erstkalbealter und Kalbegewicht variieren stark und decken dabei den gesamten Bereich von nicht bis hoch heritabel ab. Die Erblichkeit des Erstkalbealters schwankt von 0,04 (MOORE ET AL., 1991) bis 0,47 (RUIZ-SANCHEZ ET AL., 2007) und die Extrema der Schätzwerte für die Heritabilität des Kalbegewichts liegen bei 0,16 (MÄNTYSAARI ET AL., 2002) und 0,76 (COFFEY ET AL., 2006).

**Tab. 2.14:** Die geschätzten Heritabilitäten von Erstkalbealter und Kalbegewicht sowie deren genetische Korrelation zur Milchleistung

Merkmal	Heritabilität	genetische Korrelation mit Milchmenge	Quelle
Erstkalbealter	0,04	-0,04	MOORE ET AL., 1991
	0,05	0,07	MÄNTYSAARI ET AL., 2002
	0,09		MOORE ET AL., 1990
	0,22		ALLAIRE AND LIN, 1977
	0,34	0,20	LEE, 1976
	0,47	-0,44	RUIZ-SANCHEZ ET AL., 2007
	Kalbegewicht	0,16	0,17
0,25		-0,09	BADINGA ET AL., 1985
0,35		-0,33	MOORE ET AL., 1991
0,37		-0,01	LEE ET AL., 1992
0,39			BERRY ET AL., 2003
0,41			MOORE ET AL., 1990
0,61/0,64			GROEN AND VOS, 1995
0,76		positiv	COFFEY ET AL., 2006

\* Ayrshire und Holstein

RUIZ-SANCHEZ ET AL. (2007) untersuchten anhand von Felddaten erstlaktierender Kühe, die im Rahmen des Dairy Herd Improvement Programms erfasst wurden, den Einfluss von Genotyp-Umwelt-Interaktionen auf das Erstkalbealter (Tabelle 2.15). In Herden mit einem geringen Leistungsniveau sind die Tiere zur Kalbung älter, gleichzeitig ist die Umweltvarianz höher und dadurch die Heritabilität geringer. Als mögliche Ursache kommt ein weniger striktes Management in diesen Betrieben in Frage. Die Differenz der geschätzten Varianzkomponenten zwischen Herden mit hohem und niedrigem Leistungsniveau liefert einen Nachweis für die Existenz von Interaktionen zwischen Genotyp und Umwelt. Bei der Analyse der Gesamtdaten wird die höchste Heritabilität geschätzt. RUIZ-SANCHEZ ET AL. (2007) schlussfolgern daraus, dass Milchleistung und Erstkalbealter in einer nichtlinearen Beziehung zu einander stehen und daher ein Optimum existiert. Die Ergebnisse anderer Arbeitsgruppen sprechen dagegen eher für eine anhaltend positive Beziehung (PIRLO ET AL., 2000; ETTEMA AND SANTOS, 2004; BERRY AND CROMBIE, 2009; SVENSSON AND HULTGREN, 2008). Auch eine andere Erklärung für den von RUIZ-SANCHEZ ET AL. (2007) gefundenen Zusammenhang ist denkbar: Hochleistende Herden verfügen über eine gute Managementpraxis und es kann unterstellt werden, dass sich diese Betriebe an den Empfehlungen für das Jungrindermanagement orientieren. In Folge dessen wird die Variabilität des Merkmals Erstkalbealter eingeschränkt und dadurch die Schätzung der Heritabilität negativ beeinflusst.

**Tab. 2.15:** Heritabilität und Varianzkomponenten des Erstkalbealters sowie die genetische und phänotypische Korrelation zur Milchmenge in Abhängigkeit des Leistungsniveaus der Herde (RUIZ-SANCHEZ ET AL., 2007)

	Gesamtdaten	Herden mit	
		geringem Leistungsniveau	hohem Leistungsniveau
mittleres Kalbealter	821 ± 100	867 ± 106	793 ± 88
Heritabilität	0,474	0,195	0,329
genetische Korrelation	-0,443	-0,309	-0,523
phänotypische Korrelation	-0,111	-0,056	-0,130
Vatervarianz	685,7	309,43	405,33
Umweltvarianz	5.105,9	6.046,12	4.527,13

Die wenigen Veröffentlichungen, die die genetische Beziehung zwischen Milchleistung und Erstkalbealter bzw. Kalbegewicht untersuchten, kommen zu widersprüchlichen Ergebnissen. Die genetische Korrelation zwischen Erstkalbealter und Milchmenge schwankt von einem moderat positiven (LEE, 1976) bis zu einem moderat negativen Niveau (RUIZ-SANCHEZ ET AL., 2007). Während COFFEY ET AL. (2006), MÄNTYSAARI ET AL. (2002) und auch SEJRSEN ET AL. (2000) von einer positiven Korrelation von Leistungspotential und Kalbegewicht ausgehen, schätzten

MOORE ET AL. (1991) Werte auf moderat negativen Niveau. Eine mögliche Erklärung für diese große Variationsbreite könnte die Zeitspanne sein, die zwischen den Versuchen liegt, da Korrelationen nicht starr sind, sondern sich aufgrund von Selektion im Laufe der Zeit verändern. In zwei Selektionsexperimenten konnten positive Beziehungen zwischen Wachstum bis zur ersten Kalbung und der Milchleistung während der ersten Laktation nachgewiesen werden (SEJRSEN ET AL., 2000; COFFEY ET AL., 2006).

Über die genetische Korrelation zwischen Alter und Gewicht zur ersten Kalbung gibt es nur wenig veröffentlichte Ergebnisse. Sowohl die Schlussfolgerungen, die aus den Ergebnissen der Selektionsexperimente gezogen werden können, als auch die Schätzungen von MOORE ET AL. (1990, 1991) sprechen für einen negativen Zusammenhang.

Die genetischen Beziehungen zu Merkmalen der Fruchtbarkeit waren Untersuchungsgegenstand von MOORE ET AL. (1990) (Tabelle 2.16) und BERRY ET AL. (2003) (Tabelle 2.17). Anhand dieser Ergebnisse sind die Beziehungen zwischen Erstkalbealter und den verschiedenen Fruchtbarkeitsparametern als eher günstig einzuschätzen. Hinsichtlich der Beziehungen zum Kalbegewicht sind die Resultate nicht schlüssig, da MOORE ET AL. (1990) einen günstigen Einfluss feststellen und im Gegensatz dazu BERRY ET AL. (2003) einen ungünstigen Zusammenhang finden.

**Tab. 2.16:** Genetische Korrelationen zwischen verschiedenen Fruchtbarkeitsmerkmalen und Erstkalbealter bzw. Kalbegewicht (MOORE ET AL., 1990)

	genetische Korrelation	
	Erstkalbealter	Kalbegewicht
Rastzeit	-0,26	0,12
Güstzeit	-0,06	-0,07
Besamungsindex	0,08	-0,30
Trächtigkeitsdauer	0,58	-0,16
Trockenstehdauer	0,26	-0,10

**Tab. 2.17:** Genetische Korrelationen zwischen verschiedenen Fruchtbarkeitsmerkmalen und Kalbegewicht (BERRY ET AL., 2003)

Fruchtbarkeitsmerkmal	genetische Korrelation zum Kalbegewicht
Rastzeit	-0,28
Verzögerungszeit	0,32
Erstbesamungserfolg	-0,11
Besamungsindex	0,07

*Phänotypische Beziehungen – der Einfluss von Erstkalbealter und Kalbegewicht*

Die Literaturrecherche zeigt übereinstimmend einen positiven phänotypischen Zusammenhang zwischen Erstkalbealter und Milchleistung der ersten Laktation (PIRLO ET AL., 2000; ETTEMA UND SANTOS, 2004; BERRY AND CROMBIE, 2009; SVENSSON AND HULTGREN; 2008)(Tabelle 2.18 und 2.19). Allerdings schwächt sich die positive Beziehung mit zunehmendem Erstkalbealter ab (Tabelle 2.18 und 2.19).

PIRLO ET AL. (2000) stellten die mit einem höheren Erstkalbealter zunehmenden AufzuchtKosten den gestiegenen Einnahmen durch höhere Milchleistung gegenüber. Sie ermittelten ein aus ökonomischer Sichtweise optimales Alter zur ersten Kalbung von 24 Monaten, da in diesem Alter die größte positive Differenz zwischen Milcherlös und Kosten durch die Aufzucht besteht. Das Ergebnis gilt aber nur unter den vorausgesetzten Rahmenbedingungen. Die Vorzüglichkeit eines bestimmten Alters hängt stark von den zu kalkulierenden Kosten für die Jungrinderaufzucht und Einnahmen durch den Verkauf der erzeugten Milch ab. Nicht zu vergessen ist, dass der Senkung des Erstkalbealters biologische Grenzen gesetzt sind.

BERRY UND CROMBIE (2009) berechneten mittels linearer Regression einen Anstieg der Laktationsleistung um 1,82 kg Milch bei Erhöhung des Kalbealters um einen Tag. Zwischen dem Erstkalbealter und dem Fettgehalt der Milch besteht ein positiver phänotypischer Zusammenhang, während zum Eiweißgehalt negative phänotypische Korrelationen bestehen (PIRLO ET AL., 2000). Hinsichtlich des durchschnittlichen SCS während der Laktation gab es keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Altersklassen (BERRY AND CROMBIE, 2009; ETTEMA AND SANTOS, 2004). Der Effekt von Alter und Gewicht ist dabei aber nur schwierig voneinander abgrenzbar, da Tiere, die bei der Kalbung älter sind, in der Regel auch mehr wiegen als jüngere (Tabelle 2.19). Das Erstkalbealter besitzt einen signifikanten Einfluss auf die Milchleistung, allerdings ist die Beziehung zwischen produzierter Milchmenge und Gewicht enger (FISHER ET AL., 1983; KEOWN AND EVERETT, 1986).

**Tab. 2.18:** Einfluss verschiedener Kalbealtersklassen auf die energiekorrigierte Milchmenge der ersten Laktation auf der Basis von Felddaten von Schwedisch Rotbunt und Schwedisch Holstein (SVENSSON AND HULTGREN, 2008)

Erstkalbealter	305-Tage-ECM (Differenz) [mkg]
≤ 783 Tage	0
784 bis 839 Tage	166
840 bis 930 Tage	544
< 930 Tage	875

**Tab. 2.19:** Einfluss des Erstkalbealters auf Kalbmerkmale, Reproduktions- und Milchleistung sowie Erkrankungshäufigkeit und Abgangsrate anhand drei verschiedener Altersgruppen (ETTEMA AND SANTOS, 2004)

unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede mit  $P \leq 0,05$ ;

a\*, b\* kennzeichnen Unterschiede mit  $0,05 < P \leq 0,10$

	Erstkalbealter		
	gering	mittel	hoch
Ø Erstkalbealter [Tage]	680	724	791
Ø Kalbegewicht [kg]	570,9	603,3	650,4
Ø Größe [cm]	135,2	136,2	137,2
Erstbesamungserfolg Färsen [%]	76,9 a	64,4 a	44,9 b
<b>Kalbmerkmale</b>			
Kalbeverlauf <sup>1)</sup>	1,94	1,84	1,66
Totgeburtenrate [%]	16,1 a	19,8 a	13,5 b
<b>Milchleistung</b>			
Milchmenge [kg]	10.354	10.664	10.757
<b>Fruchtbarkeitsmerkmale erste Laktation</b>			
Rastzeit <sup>2)</sup>	65,4 ±0,8	65,9±0,6	66,3±0,8
Erstbesamungserfolg [%]	27,9 a	36,9 b	30,8 a
tragend am 310. Melktag	77,9 a	83,4 b	80,5 ab
Besamungsindex	3,27 a	2,85 b	3,23 a
Aborte [%]	9,8	9,8	10,3
Güstzeit - trag. Kühe [Tage]	121,6	118,6	123,3
Güstzeit - alle Kühe [Tage]	160,9 b	148,6 a	154,5 ab
<b>Erkrankungen</b>			
Nachgeburtverhalten [%]	3,5	2,6	3,7
Labmagenverlagerung [%]	2,5	2,8	3,4
Lahmheit [%]	k. A.	13,6 a*	16,6 b*
Mastitis [%]	20,6 b*	18,7 a*	19,0 ab
<b>Abgänge</b>			
Sterblichkeit [%]	4,9	4,2	2,5
Abgänge <sup>3)</sup> [%]	21,8	21,1	22,2

<sup>1)</sup> Kalbeverlauf: Skala 0 bis 3 (0 = ohne Hilfe -> 3 = tierärztliche Geburtshilfe)

<sup>2)</sup> generelle Zyklussteuerung ab 30. Melktag durch Injektion von PGF<sub>2α</sub>

<sup>3)</sup> Abgänge innerhalb 310 Tage post partum

KEOWN UND EVERETT (1986) berechneten den Verlauf der Milchleistungskurve der ersten Laktation in Abhängigkeit vom Gewicht der Kuh zur Kalbung. Der Anstieg der Milchleistung verläuft im Abschnitt von 408 bis 567 kg Kalbegewicht schnell und verlangsamt sich danach bis zu einem Gewicht von 658 kg, wo eine Stagnation bzw. leichte Abnahme der produzierten Milchmenge eintritt. Eine Kuh, die zur ersten Kalbung 567 kg wiegt produziert 806 kg mehr Milch als eine Kuh mit einem Kalbegewicht von 408 kg. Aufgrund des Zusammenhangs zwischen Alter und Gewicht zur Leistung empfehlen sie als Aufzuchtziel dem Gewicht eine höhere Bedeutung als dem Alter beizumessen. In einer aktuelleren Studie von VAN AMBURGH ET AL. (1998) wird empfohlen, dass Färsen mindestens 525 kg post partum ( $\approx 82\%$  der Masse des ausgewachsenen Tiers) wiegen sollten, um eine optimale Laktationsleistung zu erzielen. ZANTON UND HEINRICHS (2005) beschreiben ebenfalls einen positiven Zusammenhang zwischen Kalbegewicht und Milchleistung. Eine Erhöhung des Kalbegewichts führt tendenziell zu einer Steigerung der Proteinmenge und steigert linear die produzierte Fettmenge. Diese Beziehungen können jedoch nur unter Vorbehalt gelten, da die in der Metaanalyse verwendeten Veröffentlichungen nicht in der Lage sind, eine große Bandbreite verschiedener Gewichte abzudecken (von 477 bis 550 kg).

Zur Abhängigkeit des Kalbeverlaufs vom Erstkalbealter gibt es widersprüchliche Ergebnisse. Während die einen keinen Einfluss feststellen konnten (ETTEMA AND SANTOS, 2004; THOMPSON ET AL., 1983) (Tabelle 2.19), finden BERRY UND CROMBIE (2009) signifikante Unterschiede. Sind die Färsen zur Kalbung älter, scheint die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Totgeburt zu sinken (ETTEMA AND SANTOS, 2004). Bei der Untersuchung des Effekts von Gewicht und BCS zur Kalbung auf das Auftreten von Schwer- und Totgeburten konnte keine Abhängigkeit dargestellt werden (BERRY ET AL., 2007). Im Versuch von ETTEMA UND SANTOS (2004) sind die Tiere in der mittleren Gruppe ca. zwei Jahre alt, wenn sie zum ersten Mal abkalben (Tabelle 2.19). Bei der Betrachtung von Fruchtbarkeitsmerkmalen und der Häufigkeit des Auftretens der milchkuhtypischen Krankheiten schneiden sie mindestens tendenziell besser ab als die Kühe, der beiden anderen Gruppen. Anhand der dargestellten Zusammenfassung der verschiedenen Studien scheint sowohl aus ökonomischer als auch aus biologischer Sicht die Empfehlung sinnvoll zu sein, ein mittleres Erstkalbealter von 24 Monaten anzustreben.

### 3. Datenmaterial und Methoden

Eine Alternative zur herkömmlichen Form der Nachkommenprüfung und der damit verbundenen ‚flächendeckenden‘ Erfassung von Daten stellt die Datenerhebung in vertraglich gebundenen Herden, sogenannten Testherden, dar. Die Rinderzucht Mecklenburg-Vorpommern GmbH (RMV) initiierte 2005 das Programm Produktion und Fitness (ProFit) mit der züchterischen Zielstellung, die Lebensleistung der Milchkuh zu verbessern. Im Rahmen des Programms werden in derzeit 21 partizipierenden Herdbuchbetrieben neben den üblichen Daten auch weitere funktionale Merkmale, wie z.B. das Gewicht des Jungrindes zur ersten Besamung, erfasst. Der Jahresabschluss der Milchleistungsprüfung (MLP) am 31.08.2009 weist eine durchschnittliche Milchleistung von 9.960 kg je Kuh aus. Im Mittel besitzt eine Testherde eine Herdengröße von 781 Kühen.

Vom Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w. V. (vit) wurden die Testtagsleistungen, die Daten der Fruchtbarkeit, der Kalbung und Nutzungsdauer, die Ergebnisse der Exterieurklassifizierung sowie die Abstammungsinformationen sämtlicher Kühe aus allen 21 Testherden des RMV überstellt. Das Material umfasst die Kalbe- bzw. Besamungsjahrgänge (je nach Datei) ab 2000 bis zum Datenschnitt der Zuchtwertschätzung im Januar 2010. Da diese Daten auch in die Zuchtwertschätzung einfließen, sind sie nach den Vorgaben des vit aufbereitet und auf Plausibilität geprüft. Aus den Herdenmanagementprogrammen wurden die Wiege- und Behandlungsdaten, die bis Januar 2010 angefallen waren, übernommen.

### 3.1. Modellaufbau und Varianzkomponentenschätzung

#### *Das gemischte lineare Modell*

In der Tierzucht werden häufig gemischte Modelle für die Varianzkomponenten- und Zuchtwertschätzung verwendet. Mit ihrer Hilfe kann der Einfluss fixer und zufälliger Effekte auf ein kontinuierliches Merkmal gleichzeitig in einem Modell betrachtet werden, wobei typischerweise die systematisierbaren Umwelteinflüsse als fix und die Tiere als zufällig angesehen werden. Das gemischte lineare Tiermodell in Matrixschreibweise lautet:

$$y = Xb + Za + e$$

mit:

- y - Vektor der Beobachtungswerte
- b - Vektor der fixen Effekte
- a - Vektor der zufälligen additiv-genetischen Tiereffekte
- e - Vektor der zufälligen Resteffekte
- X, Z - Designmatrizen der fixen bzw. zufälligen Effekte

Die Erwartungswerte und Varianzen der zufälligen Effekte sind folgendermaßen definiert:

$$E \begin{bmatrix} y \\ a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xb \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad \text{Var} \begin{bmatrix} y \\ a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V & ZG & R \\ GZ' & G & 0 \\ R & 0 & R \end{bmatrix}$$

Hierbei ist V die Varianz/Kovarianzmatrix der Beobachtungswerte y, G die Varianz/Kovarianzmatrix der zufälligen Effekte und R die Varianz/Kovarianzmatrix der Restfehler. Die Grundannahmen sind:

$$V = ZGZ' + R$$

$$\text{Var}(a) = A\sigma_a^2 = G$$

$$\text{Var}(e) = I\sigma_e^2 = R$$

wobei A die Verwandtschaftsmatrix bezeichnet, die die additiv-genetischen Verwandtschaftskoeffizienten zwischen allen Tieren enthält und I als Einheitsmatrix, entsprechend der Anzahl der Effekte, definiert ist. Unter der Voraussetzung der Gültigkeit der genannten Grundannahmen für Erwartungswerte und Varianzen ergeben sich nach HENDERSON (1973) folgende Mischmodellgleichungen (MMG):

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + G_A^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b \\ a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{bmatrix}$$

Das beschriebene gemischte lineare Tiermodell kann bei Bedarf durch zusätzliche Effekte erweitert werden. Im Fall von wiederholten Leistungen je Tier, wie sie z. B. bei Testtagsleistungen auftreten, wird ein permanenter Umwelteffekt ergänzt. Es können ebenfalls Maternaleffekte berücksichtigt werden.

### *Das Schwellenwertmodell*

Einige Parameter wie z. B. Non-Return-Rate sowie Abgangs- und Erkrankungsrate sind als binäre Merkmale definiert, d. h. die beobachteten Werte können nur 0 oder 1 annehmen. Nach GIANOLA (1982) können binomialverteilte Daten mit Hilfe eines Schwellenwertmodells beschrieben werden. Es wird vorausgesetzt, dass dem Beobachtungswert  $y_j$  eine nichtbeobachtbare Zufallsgröße  $z_j$  mit Erwartungswert  $\eta_j$  und Varianz = 1 unterliegt.

Es gilt: 
$$z_j = \eta_j + e_j$$

Zwischen den Variablen besteht folgende Beziehung:

$$y_j = \begin{cases} 0 & \text{falls } z_j \leq \tau_0 \\ 1 & \text{falls } z_j > \tau_0 \end{cases}$$

Dann gilt:

$$\begin{aligned} E(y_j) &= \Pr(y_j = 1) = \Pr(z_j - \eta_j > \tau_0 - \eta_j) \\ &= 1 - \Phi(\tau_0 - \eta_j) = \Phi(\eta_j - \tau_0) \end{aligned}$$

Der gewählte Probitansatz kann als Schwellenwertmodell aufgefasst werden, wenn als Schwellenwert  $\tau_0 = 0$  definiert wird. Für die Erwartungswerte resultiert daraus:

$$\begin{aligned} E(y_j) &= \Pr(y_j = 1) = \Pr(z_j - \eta_j > -\eta_j) \\ &= 1 - \Phi(-\eta_j) = \Phi(\eta_j) \end{aligned}$$

### *Datenaufbereitung und -auswertung sowie Modellselektion*

Für Datenaufbereitung, -auswertung und Modellselektion wurde das Programmpaket SAS 9.1. (SAS INSTITUTE INC., 2004) verwendet. Als Kriterium, um die Anpassung eines Modells bestimmen zu können, wurden der F-Test zur Feststellung der Signifikanz des jeweiligen zu prüfenden Effekts und das Akaike Information Criterion (AIC) herangezogen. Das AIC lautet unter Verwendung der REML-Methode:

$$AIC = -2 \log(L) + 2q$$

Hierbei ist L das Maximum der Likelihood der REML-Methode und q die effektive Anzahl der Kovarianzparameter im Modell. Mittels F-Test wurde für jedes Merkmal eine Fülle von fixen Effekten auf einen möglicherweise signifikanten Einfluss hin getestet. Unabhängig vom AIC verblieben alle Effekte mit  $p \leq 0,10$  im Modell des entsprechenden Merkmals bzw. wurden bei Nichterfüllung dieser Konvention aus selbigem entfernt.

Für die Bestimmung der Güte der Modellanpassung und die Effektschätzung wird für alle kontinuierlichen Merkmale die Prozedur Proc Mixed und für alle binomialverteilten Merkmale die Prozedur Proc Glimmix verwendet. Im SAS 9.1 (SAS INSTITUTE INC., 2004) wird die REML-Methode nach PATTERSON UND THOMPSON (1971) verwendet.

Die Prüfung der phänotypischen Beziehungen zwischen Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebenstazunahme und das jeweils betrachtete Merkmal gliedert sich in zwei Schritte:

1) Überprüfung des phänotypischen Zusammenhangs mittels F-Test

Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstazunahme fließen sowohl als Kovariable als auch als fixer Klasseneffekt ins Modell der verschiedenen Merkmale ein. Die Klasseneinteilung der Jungrindermerkmale wird im Abschnitt 3.2.1 beschrieben.

2) Berechnung und Darstellung der LSMEANS

Die LSMEANS der einzelnen Effektstufen der drei Jungrindermerkmale werden für die zu prüfenden Merkmale berechnet und graphisch dargestellt, was den Vorteil hat, dass auch nichtlineare Beziehungen abgebildet werden können.

### Varianzkomponentenschätzung

Die Schätzung der genetisch-statistischen Parameter für alle kontinuierlichen Merkmale wurde mit Hilfe des Programms VCE6 (GROENEVELD ET AL., 2008) durchgeführt. Für die Umcodierung der Daten sowie zur Zuchtwertschätzung diente das Programm PEST (GROENEVELD ET AL., 1990). Da die Varianzkomponenten- und Zuchtwertschätzung binomialverteilter Merkmale in VCE6 nicht implementiert ist, wurde ASReml 3.0 (GILMOUR ET AL., 2009) für diese Problemstellung genutzt. Die Schätzung von Modellen mit direkten und Maternaleffekten erfolgte ebenfalls mit diesem Programm.

Die Heritabilität wird aus den geschätzten Varianzkomponenten wie folgt berechnet:

– im Tier- bzw. Vatermodell:

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_e^2} \quad \text{bzw.} \quad h^2 = \frac{4\sigma_s^2}{\sigma_s^2 + \sigma_e^2}$$

– im Vater-Großvatermodell:

Die Lösungen für Vater- und Großvatervarianz bzw. deren Kovarianz werden in direkte (D) und maternale Effekte (M) umgerechnet (WILLHAM, 1972):

$$\begin{bmatrix} \sigma_D^2 \\ \sigma_{DM} \\ \sigma_M^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 & 0 & 0 \\ -2 & 4 & 0 \\ 1 & 4 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_s^2 \\ \sigma_{s,mgs} \\ \sigma_{mgs}^2 \end{bmatrix}$$

Die phänotypische Varianz ergibt sich aus:

$$\sigma_p^2 = \sigma_s^2 + 2\sigma_{s,mgs} + \sigma_{mgs}^2 + \sigma_e^2$$

Die direkte und maternale Heritabilität kann dann dementsprechend berechnet werden:

$$h_D^2 = \frac{\sigma_D^2}{\sigma_p^2} \quad \text{bzw.} \quad h_M^2 = \frac{\sigma_M^2}{\sigma_p^2}$$

$\sigma_a^2$  - additiv-genetische Varianz

$\sigma_{mgs}^2$  - Großvatervarianz

$\sigma_s^2$  - Vatervarianz

$\sigma_p^2$  - phänotypische Varianz

$\sigma_e^2$  - Restvarianz

Für die Schätzung von genetischer und phänotypischer Korrelation zwischen zwei Merkmalen wurden jeweils bivariate Schätzläufe durchgeführt. Unter Verwendung der Varianzkomponente des Tiers ( $\sigma_a^2$ ) bzw. des Vaters ( $\sigma_s^2$ ) ist die genetische Korrelation der Merkmale X und Y folgendermaßen definiert:

$$r_g(X, Y) = \frac{\text{COV}_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

Die Verwendung von Vater-Großvatermodellen zusammen mit Vatermodellen in multivariaten Schätzungen erfordert genau wie im univariaten Schätzlauf die Umrechnung der Varianzen / Kovarianzen in direkte und maternale Effekte. Die additiv-genetischen Kovarianzen ergeben sich aus (vereinfacht nach LUO ET AL., 2002):

$$\begin{bmatrix} \sigma_{D_x D_y} \\ \sigma_{D_x M_y} \\ \sigma_{M_x D_y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 & 0 & 0 \\ -2 & 4 & 0 \\ -2 & 0 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_{s_x s_y} \\ \sigma_{s_x mgs_y} \\ \sigma_{mgs_x s_y} \end{bmatrix}$$

## 3.2. Das Datenmaterial

### 3.2.1. Die Datenbasis – das Gewicht zur Erstbesamung

Die vom vit überstellte Fruchtbarkeitsdatei enthält die Besamungsdaten von 60.916 (alle Färsenbesamungen) bzw. 49.974 Färsen (mit registrierter nachfolgender Kalbung) ab dem Jahresbeginn 2000.

Die Betriebe waren angehalten worden, die Gewichte der Jungrinder zur ersten Besamung zu erfassen. Da aus betrieblichen Gründen die Wiegung nicht immer zum Termin der Erstbesamung erfolgen konnte, war es nötig eine Differenz zwischen Wiege- und Besamungsdatum festzulegen, innerhalb der das erfasste Gewicht als Erstbesamungsgewicht betrachtet werden kann. Die erlaubte maximale Abweichung beider Daten von einander beträgt 50 Tage. Das Alter zur Erstbesamung schwankt zwischen 300 und 720 Tagen und das Gewicht variiert von 280 bis 650 kg. Das maximal zulässige Erstkalbealter beträgt bei unzensierten Daten 1.300 Tage. Im Datenmaterial sind nur Kühe der Rasse Deutsche Holstein vertreten. Zwei der Betriebe wogen schon ab 2000 einen Teil ihrer Jungrinder, so dass für diese Erstbesamungsgewichte vorliegen. Um jedoch die Vergleichbarkeit der Daten gewährleisten zu können, werden nur die Jungrinder, die ab 2004 zum ersten Mal besamt wurden, berücksichtigt.

Als zusätzliches Merkmal wurde die Lebenstagszunahme von der Geburt bis zur Erstbesamung berechnet:

$$\text{Lebenstagszunahme} = \frac{\text{Erstbesamungsgewicht} - \text{Geburtsgewicht}}{\text{Erstbesamungsalter}}$$

Die sogenannte Lebenstagszunahme stellt in der vorliegenden Arbeit einen Index dar, der den Vorteil bietet, die Effekte von Alter und Gewicht kombiniert betrachten zu können. Als obere Grenze der Lebenstagszunahme sind 1,3 kg definiert. Im Rahmen des ProFit-Programmes werden auch die Gewichte der Kälber zur Geburt erhoben. Allerdings liegen nur für wenige Färsen beide Gewichtsangaben, also sowohl Geburts- als auch Erstbesamungsgewicht, vor. Deshalb wurde als Geburtsgewicht für alle Tiere pauschal 40 kg angenommen.

Aufgrund der beschriebenen Editierungsmaßnahmen ergibt sich ein umfangreiches Ausgangsmaterial mit Daten von 19.572 Tieren, für die ein Erstbesamungsgewicht erhoben wurde. Betrachtet man nur unzensierte Daten, d. h. von Färsen mit registrierter nachfolgender Kalbung, sind 14.154 Beobachtungen vorhanden.

### *Die Auswahl der Betriebe anhand der Datenqualität*

In Tabelle 3.2 sind die 17 datenliefernden Betriebe im Einzelnen dargestellt. Bei den Testherden des RMV handelt es durchweg um Großbetriebe. Die große Schwankung der Tierzahl je Betrieb ist dem Umstand geschuldet, dass einige Betriebe schon seit einigen Jahren ihre Färsen zur ersten Besamung wiegen, andere jedoch erst später damit begonnen haben. Die Herde ‚S‘ ist nur der Vollständigkeit halber aufgeführt. Sie muss von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen werden, da keine kontinuierliche Erhebung der Erstbesamungsgewichte stattfindet.

Bei eingehender Betrachtung des Merkmals Erstbesamungsgewicht fallen die Betriebe ‚T‘ und ‚U‘ durch eine sehr geringe Standardabweichung des Mittelwerts auf, die deutlich unter der der anderen Betriebe liegt (Tabelle 3.2; blau gekennzeichnet). Die graphische Darstellung von Alter und Gewicht zur ersten Besamung in den Abbildungen 3.1 und 3.2 verdeutlicht, dass das Jungrindermanagement dieser Betriebe sehr strikt auf das Erreichen eines bestimmten Erstbesamungsgewichts ausgerichtet ist. Es besteht die Möglichkeit, dass die dadurch verursachte Einschränkung der Variabilität einen negativen Einfluss auf die Schätzung der Varianzkomponenten ausübt.

Um diese Vermutung zu überprüfen, wurden vier verschiedene Datensätze auf der Grundlage aller verfügbaren Daten ab 2004 als erstes Besamungsjahr zusammengestellt:

- (1) Datenmaterial ohne die fraglichen Betriebe ‚T‘ und ‚U‘
- (2) Datenmaterial (1) mit Betrieb ‚T‘
- (3) Datenmaterial (1) mit Betrieb ‚U‘
- (4) Datenmaterial mit allen Betrieben

Das verwendete Modell zur Beschreibung des Erstbesamungsgewichts wird im nachfolgenden Abschnitt näher erläutert. Zur Aufbereitung des Pedigrees wurde ein Institut-internes Programm verwendet. Ausgehend von den Abstammungsinformationen der vom vit gelieferten Datei ergibt sich ein Pedigree im Umfang von 120.398 Tieren.

Die Tabelle 3.1 zeigt die verschiedenen Ergebnisse der genetisch-statistischen Analyse des Erstbesamungsgewichts basierend auf den vier unterschiedlichen Datengrundlagen. Auf der Basis des ersten Datenmaterials, aus dem beide fraglichen Betriebe ausgeschlossen worden sind, werden erwartungsgemäß die höchste additiv-genetische Varianz und somit auch die höchste Heritabilität geschätzt. Wird dieses Datenmaterial ergänzt durch die Daten des Betriebs ‚T‘ (2. Editierungsvariante) oder ‚U‘ (3. Editierungsvariante), so sinkt die additiv-genetische Varianz. Besonders negativ auf die Schätzung der Heritabilität wirkt sich die Ergänzung der Datengrundlage um die Beobachtungen des Betriebs ‚U‘ aus. Stellt man die

Ergebnisse der ersten und vierten Variante gegenüber, stellen sich erhebliche Differenzen zwischen den geschätzten Werten dar. Um verzerrte Schätzungen der genetisch-statistischen Parameter zu vermeiden, ist es daher angebracht, die Daten dieser beiden Betriebe von der weiteren Auswertung auszuschließen.

**Tab. 3.1:** Ergebnisse der genetisch-statistischen Analyse des Merkmals Erstbesamungsgewicht, geschätzt anhand von vier verschiedenen Datenmaterialien

	(1)	(2)	(3)	(4)
n	12.952	15.390	17.104	19.542
$\sigma_a^2$	166,3	141,7	99,3	89,3
$\sigma_r^2$	559,4	508,4	470,7	438,5
$h^2$	0,229	0,218	0,174	0,169
$s_e$	0,023	0,022	0,018	0,017

(1) Datenmaterial ohne Betriebe ,T' und ,U'

(2) Datenmaterial (1) mit Betrieb ,T'

(3) Datenmaterial (1) mit Betrieb ,U'

(4) Datenmaterial mit allen Betrieben

### *Die Datenbasis für die weitere Auswertung*

Bei der Erstellung der Datenbasis für die weitere Auswertung wird auf Jungrinder, für die nur zensierte Beobachtungen vorliegen, verzichtet, da ihre Fruchtbarkeitsdaten noch nicht überprüfbar sind und sie über keine weiteren Leistungsdaten verfügen. Das ursprüngliche Datenmaterial wird durch den Ausschluss der Betriebe ,T' und ,U' eingeschränkt, um der Gefahr verzerrter Schätzungen der Varianzkomponenten vorbeugend zu begegnen. Da der Effekt Herde-Jahr-Saison der Erstbesamung für die Modellierung von Bedeutung ist, wird eine Mindestanzahl von vier Tieren innerhalb dieser Effektstufe festgelegt. Durch diese Schritte der Datenaufbereitung ergibt sich für die weitere Auswertung eine Datenbasis bestehend aus 10.040 Tieren von 14 Betrieben.

Das Pedigree der Jungrinder, die die Datenbasis bilden, wurde auf der Grundlage der Abstammungsinformationen vom vit mit Hilfe eines Institut-internen Programms aufbereitet. Die neu erstellte Pedigreedatei enthält, inklusive der Rinder, die die Datenbasis bilden, 66.555 Tiere, von denen 36.376 ingezüchtet sind. Der Inzuchtgrad beträgt im Mittel 2,81, bei einem Maximum von 29,82.

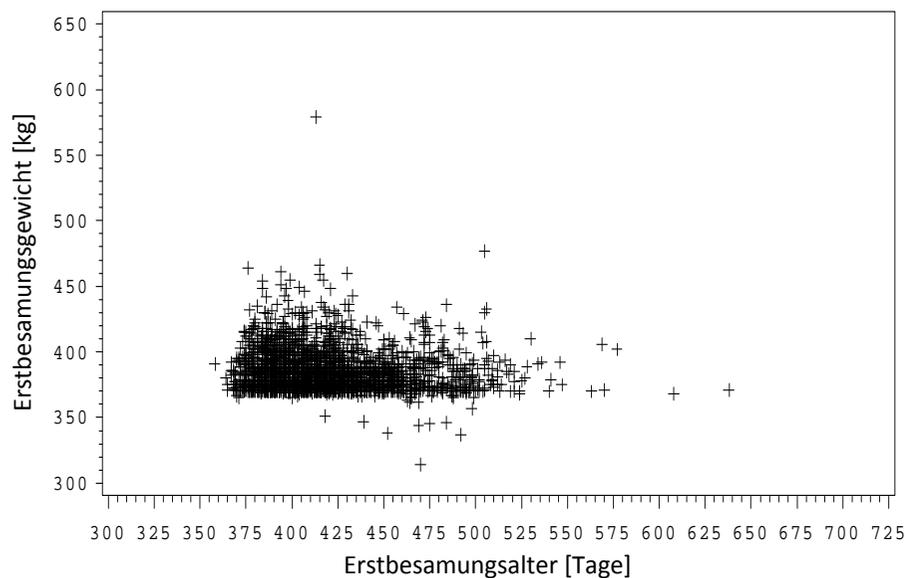
**Tab. 3.2:** Übersicht über die Betriebscharakteristika der Jungrindermerkmale Erstbesamungsalter und -gewicht sowie Lebenstagszunahme anhand aller vorliegenden bzw. nur unzensierten Beobachtungen (Mittelwert mit Standardabweichung sowie Minimum und Maximum)

Die blau gekennzeichneten Betriebe wurden von der weiteren Auswertung ausgeschlossen.

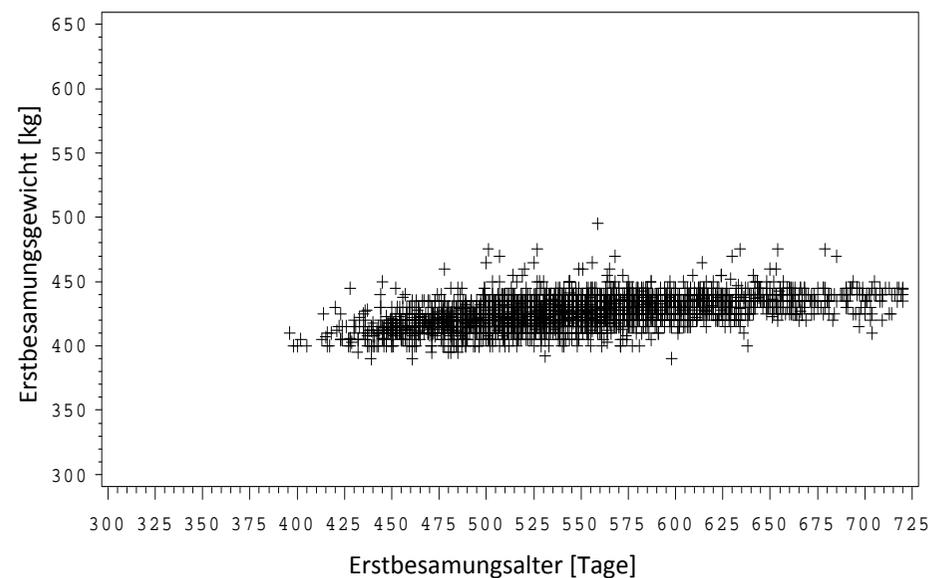
Betrieb	Merkmal	alle Daten				unzensierte Daten			
		Anzahl	Mittelwert	Minimum	Maximum	Anzahl	Mittelwert	Minimum	Maximum
A	gew [kg]		447 ± 51	303	572		448 ± 53	303	572
	eba [Tage]	135	516 ± 45	425	625	121	518 ± 46	425	625
	ltz [kg/Tag]		0,778 ± 0,10	0,544	1,051		0,773 ± 0,10	0,544	1,051
S	gew [kg]		470 ± 52	410	531		470 ± 52	410	531
	eba [Tage]	5	524 ± 48	471	579	5	524 ± 48	471	579
	ltz [kg/Tag]		0,876 ± 0,11	0,791	1,077		0,876 ± 0,11	0,791	1,077
T	gew [kg]		382 ± 13	338	466		382 ± 13	338	466
	eba [Tage]	2.446	427 ± 37	365	613	2.096	426 ± 37	367	613
	ltz [kg/Tag]		0,843 ± 0,08	0,532	1,151		0,844 ± 0,08	0,532	1,151
H	gew [kg]		439 ± 49	324	608		432 ± 47	324	608
	eba [Tage]	768	472 ± 54	355	719	604	465 ± 52	355	719
	ltz [kg/Tag]		0,869 ± 0,09	0,556	1,146		0,867 ± 0,09	0,556	1,146
M	gew [kg]		431 ± 33	310	560		431 ± 33	310	560
	eba [Tage]	2.603	463 ± 31	361	611	2.046	459 ± 31	361	585
	ltz [kg/Tag]		0,881 ± 0,08	0,572	1,140		0,890 ± 0,08	0,574	1,140
C	gew [kg]		417 ± 34	320	528		419 ± 35	325	528
	eba [Tage]	415	499 ± 32	420	634	348	501 ± 32	423	634
	ltz [kg/Tag]		0,784 ± 0,09	0,562	1,016		0,783 ± 0,09	0,562	1,016
U	gew [kg]		423 ± 12	390	495		425 ± 11	390	495
	eba [Tage]	4.153	539 ± 59	386	720	1.991	543 ± 60	386	720
	ltz [kg/Tag]		0,717 ± 0,07	0,522	0,957		0,716 ± 0,07	0,522	0,957

Betrieb	Merkmal	alle Daten				unzensurierte Daten			
		Anzahl	Mittelwert	Minimum	Maximum	Anzahl	Mittelwert	Minimum	Maximum
J	gew [kg]		400 ± 34	309	568		401 ± 36	309	568
	eba [Tage]	972	490 ± 52	364	720	610	484 ± 52	364	720
	ltz [kg/Tag]		0,764 ± 0,08	0,421	1,033		0,774 ± 0,08	0,502	1,033
K	gew [kg]		413 ± 32	312	570		413 ± 33	312	570
	eba [Tage]	907	442 ± 30	356	564	722	441 ± 30	358	547
	ltz [kg/Tag]		0,886 ± 0,08	0,572	1,171		0,887 ± 0,08	0,612	1,171
L	gew [kg]		435 ± 33	370	572		434 ± 32	370	550
	eba [Tage]	718	571 ± 45	426	713	583	564 ± 44	426	692
	ltz [kg/Tag]		0,721 ± 0,07	0,514	0,981		0,725 ± 0,07	0,514	0,981
P	gew [kg]		397 ± 31	316	545		399 ± 31	316	545
	eba [Tage]	931	466 ± 48	366	673	770	467 ± 48	366	673
	ltz [kg/Tag]		0,822 ± 0,08	0,552	1,082		0,823 ± 0,08	0,552	1,082
G	gew [kg]		392 ± 23	350	435		389 ± 23	350	435
	eba [Tage]	110	482 ± 46	379	627	76	482 ± 50	379	627
	ltz [kg/Tag]		0,774 ± 0,07	0,570	0,924		0,768 ± 0,08	0,570	0,924
O	gew [kg]		411 ± 27	295	515		412 ± 28	330	510
	eba [Tage]	979	463 ± 25	392	637	731	462 ± 24	392	627
	ltz [kg/Tag]		0,839 ± 0,07	0,564	1,079		0,843 ± 0,07	0,564	1,079
I	gew [kg]		385 ± 34	297	562		384 ± 34	297	562
	eba [Tage]	1.751	464 ± 32	362	628	1.438	466 ± 32	372	603
	ltz [kg/Tag]		0,780 ± 0,07	0,537	1,083		0,774 ± 0,07	0,537	1,083
B	gew [kg]		393 ± 40	280	530		389 ± 38	280	510
	eba [Tage]	211	422 ± 38	335	514	184	421 ± 37	335	501
	ltz [kg/Tag]		0,878 ± 0,09	0,643	1,076		0,870 ± 0,08	0,643	1,061

Betrieb	Merkmal	alle Daten				unzensurierte Daten			
		Anzahl	Mittelwert	Minimum	Maximum	Anzahl	Mittelwert	Minimum	Maximum
R	gew [kg]		391 ± 27	320	506		390 ± 27	320	506
	eba [Tage]	835	441 ± 40	329	639	719	440 ± 40	329	639
	ltz [kg/Tag]		0,849 ± 0,08	0,553	1,117		0,850 ± 0,08	0,553	1,117
D	gew [kg]		397 ± 23	290	496		394 ± 22	290	496
	eba [Tage]	1.633	499 ± 58	339	717	1.110	494 ± 59	339	717
	ltz [kg/Tag]		0,744 ± 0,09	0,427	1,020		0,746 ± 0,09	0,427	1,011



**Abb. 3.1:** Rohdaten des Betriebs ‚T‘ - Verteilung des Erstbesamungsgewichts in Abhängigkeit vom Alter zur ersten Besamung



**Abb.3.2:** Rohdaten des Betriebs ‚U‘ - Verteilung des Erstbesamungsgewichts in Abhängigkeit vom Alter zur ersten Besamung

### *Die Modelle von Erstbesamungsalter und –gewicht sowie Lebenstagszunahme*

Die folgenden Modelle dienen zur Analyse von Erstbesamungsalter (eba), -gewicht (gew) und Lebenstagszunahme (ltz):

$$\text{gew}_{ijklm} = \text{hys}_i + \text{wa} + \text{diff} + \text{besamer}_j + \text{bul\_art}_k + a_m + e_{ijklm}$$

$$\text{eba}_{ijklm} = \text{hys}_i + \text{besamer}_j + \text{bul\_art}_k + a_m + e_{ijklm}$$

$$\text{ltz}_{ijklm} = \text{hys}_i + \text{diff}_l + \text{besamer}_j + \text{bul\_art}_k + a_m + e_{ijklm}$$

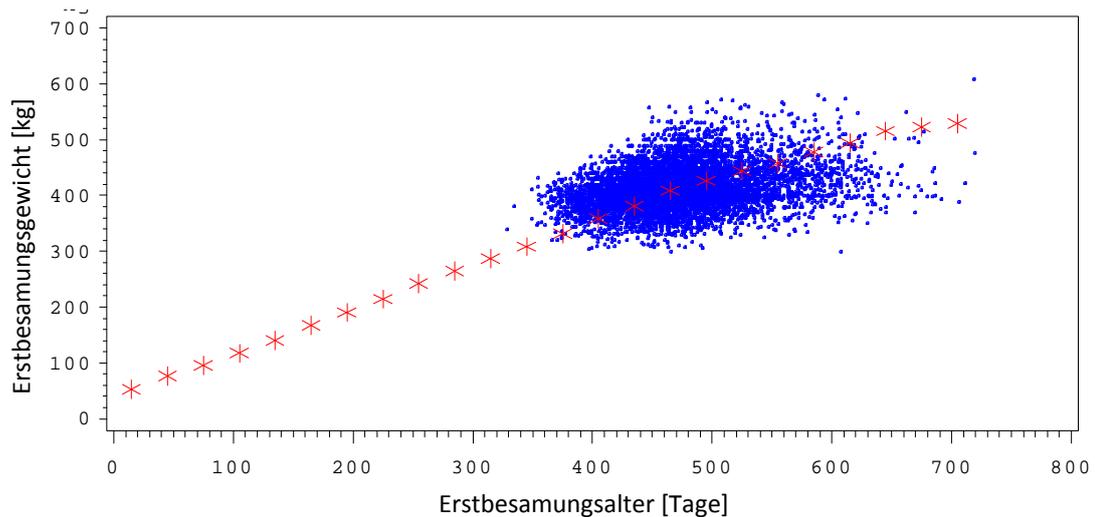
Die verwendeten Abkürzungen der Effekte sind folgendermaßen definiert:

- $\text{hys}_i$  - fixer Effekt Herde-Jahr-Saison der ersten Besamung ( $i = 1, \dots, 197$ )
- $\text{wa}$  - Kovariable Wiegealter
- $\text{diff} / \text{diff}_l$  - Kovariable / fixer Effekt Differenz Erstbesamung-Wiegung ( $l = -50, \dots, 50$ )
- $\text{besamer}_j$  - fixer Effekt des Besamungstechnikers ( $j = 1, \dots, 46$ )
- $\text{bul\_art}_k$  - fixer Effekt der Art des Belegungsbullen ( $k = 1, \dots, 3$ )
- $a_m$  - additiv-genetischer Effekt
- $e$  - zufälliger Resteffekt

Die Art des Belegungsbullen bildet den fixen Effekt mit der geringsten Anzahl an Klassenstufen. Die Varianten geprüfter Vererber, Testbulle oder Deckbulle werden dabei berücksichtigt.

Mit Hilfe der erstellten Modelle wird sowohl der Einfluss der fixen Effekte auf das entsprechende Merkmal geprüft, als auch die Varianzkomponentenschätzung durchgeführt. Bei der multivariaten Schätzung der genetisch-statistischen Parameter aller drei Merkmale zusammen, wurde das Wiegealter als Kovariable aus dem Modell des Erstbesamungsgewichts herausgenommen, da der Alterseffekt vom Merkmal Erstbesamungsalter repräsentiert wird.

Das Wiegealter fließt ins Modell des Erstbesamungsgewichts als lineare Kovariable ein. Bei der Modellerstellung wurde ebenfalls die Möglichkeit einer quadratischen Abhängigkeit überprüft. Sowohl das Ergebnis des F-Tests als auch das AIC sprachen dafür, dass die lineare Regression besser geeignet ist für die Beschreibung des Merkmals. Die Abbildung 3.3 zeigt die erhobenen Erstbesamungsgewichte in Abhängigkeit vom Alter sowie den Verlauf der Gewichtsentwicklung von der Geburt an bis zum Alter von 700 Tagen exemplarisch anhand einer Referenzquelle (HEINRICHS AND LOSINGER, 1998). Auch in dieser Darstellung ist erkennbar, dass das Gros der Beobachtungen im linearen Abschnitt der Wachstumskurve anzusiedeln ist.



**Abb. 3.3:** Verteilung des Erstbesamungsgewichts in Abhängigkeit vom Alter zur ersten Besamung (blau) sowie die Gewichtsentwicklung von der Geburt bis zum Alter von 700 Tagen anhand einer von HEINRICHS UND LOSINGER (1998) veröffentlichten Studie, die exemplarisch als Referenzquelle dienen soll (rot)

#### *Effektstufen von Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme*

Die phänotypischen Beziehungen zwischen den Jungrindermerkmalen Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebenstagszunahme und sowohl Leistungs- als auch funktionalen Merkmalen sind neben der genetisch-statistischen Analyse ebenfalls Untersuchungsgegenstand. Die Jungrindermerkmale wurden äquidistant in maximal neun verschiedenen Effektstufen unterteilt (Tabelle 3.3). Die Überprüfung des phänotypischen Zusammenhangs mit Hilfe eines fixen Klasseneffekts im Modell des entsprechenden Merkmals bietet den Vorteil, dass auch nichtlineare Beziehungen abgebildet werden können.

**Tab. 3.3:** Einteilungskriterien von Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme in die einzelnen Effektstufen

Effektstufe	Gültigkeitsbereich		
	Erstbesamungsalter [Tage]	Erstbesamungsgewicht [kg]	Lebenstagszunahme [kg / Tag]
1	< 410	< 370	< 0,7
2	≥ 410, < 430	≥ 370, < 385	≥ 0,7; < 0,75
3	≥ 430, < 450	≥ 385, < 400	≥ 0,75; < 0,8
4	≥ 450, < 470	≥ 400, < 415	≥ 0,8; < 0,85
5	≥ 470, < 490	≥ 415, < 430	≥ 0,85; < 0,9
6	≥ 490, < 510	≥ 430, < 445	≥ 0,9; < 0,95
7	≥ 510, < 530	≥ 445, < 460	≥ 0,95
8	≥ 530, < 550	≥ 460, < 475	
9	≥ 550	≥ 475	

### 3.2.2. Die Milchleistung – Testtags- und Gesamtleistung der ersten und zweiten Laktation

#### Die Testtagsleistungen

##### *Die Testtagsleistungen der ersten Laktation*

Ausgehend von der erstellten Datenbasis mit 10.040 Jungrindern und den Leistungsinformationen aus der offiziellen Zuchtwertschätzung ergibt sich ein uneditierter Datenumfang für die Auswertung der Milchleistungsmerkmale von 80.081 Testtagsleistungen von 9.521 Kühen. Nach dem Ausschluss von Betriebswechslern verbleiben davon noch 73.721 Testtagsleistungen, die von 8.837 Tieren erbracht wurden. Weitere Aufbereitungsmaßnahmen sind: Die Beschränkung der Zwischenkalbezeit auf 0, d. h. eine nachfolgende Kalbung wurde noch nicht registriert, oder auf Werte zwischen 250 und 700 Tagen. Das Kalbealter darf zwischen 20 und 40 Monaten variieren. Da ein Testtagsmodell mit der Laktationskurvenfunktion nach ALI UND SCHAEFFER (1987) verwendet wird, wird eine Mindestanzahl von fünf Testtagen je Kuh und ein Minimum von zwei Herdentesttagen festgelegt. Der editierte Datensatz enthält 7.005 Kühe mit 69.380 Testtagsleistungen. Zwei der 17 im Material vertretenen Betriebe weisen jeweils zwei verschiedene Abrechnungseinheiten auf, die auch in der Auswertung als eigenständige Herden betrachtet werden. Die Unterteilung ist bedingt durch das Vorhandensein mehrerer Betriebsstätten oder durch die unterschiedliche Melkfrequenz verschiedener Gruppen.

Die Zellzahl wird wie allgemein üblich in den Somatic Cell Score (SCS) transformiert:

$$SCS = \log_2 \left( \frac{\text{Zellzahl}}{100.000} \right) + 3$$

Als zusätzliches Merkmal wird die energiekorrigierte Milchmenge berechnet:

$$ECM = \text{mkg} * \frac{0,38 * f\% + 0,21 * e\% + 1,05}{3,28}$$

##### *Die Testtagsleistungen der zweiten Laktation*

Analog zur Vorgehensweise zur Erstellung der Leistungsdatei der ersten Laktation, werden die Datenbasis und die vom vit stammenden MLP-Ergebnisse verknüpft. Vor der Editierung umfasst das Material 37.017 Testtagsleistungen von 4.699 Kühen in der zweiten Laktation. Die Tiere, die innerhalb der Laktation den Betrieb wechselten, wurden aus dem Datenmaterial entfernt. Das Kalbealter variiert zwischen 32 und 56 Monaten. Die Zwischenkalbezeit, sofern sie erhoben werden konnte, darf im Bereich zwischen 250 und 800 Tagen liegen. Da auch für die zweite Laktation das Testtagsmodell mit dem fixen Effekt des Herdentesttags und der Laktationskurvenfunktion nach ALI UND SCHAEFFER (1987) genutzt wird, gelten bezüglich dieser Effekte die gleichen Konventionen wie für die erste Laktation. Die Zellzahl wurde wie schon

beschrieben in den Somatic Cell Score transformiert und die energiekorrigierte Milchmenge als zusätzlicher Parameter berechnet.

Das für die Auswertung aufbereitete Datenmaterial umfasst 33.984 Beobachtungen von 3.577 Kühen aus 16 Betrieben, wobei ein Betrieb in zwei verschiedene Abrechnungseinheiten unterteilt ist.

#### *Das Modell für die Auswertung der Testtagsleistungen*

Für die Auswertung der Leistungsmerkmale Milch- (mkg), Eiweiß- (ekg) und Fettmenge (fkg) sowie Eiweiß- (e%) und Fettgehalt (f%) und SCS wurde folgendes Fixed-Regression-Testtagsmodell verwendet:

$$Y_{ijklmnop} = \text{htt}_{i_{1,2}} + \sum_{j=1}^4 b_j X_j + \text{kjs}_{k_{1,2}} + \text{alter}_{l_{1,2}} + \text{zkz}_{m_{1,2}} + \text{freq}_{n_1} + a_o + pe_p + e_{ijklmnop}$$

Hierbei sind:

$Y_{ijklmnop}$  - abhängige Variable (mkg, ecm, ekg, fkg, epr, fpr, scs)

$\text{htt}_{i_{1,2}}$  - fixer Effekt des Herdentesttags ( $i_1 = 1, \dots, 719$ ;  $i_2 = 1, \dots, 480$ )

- fixer Effekt der Summe der Regressionskoeffizienten der Polynome der

$\sum_{j=1}^4 b_j X_j$  Laktationskurvenfunktion nach ALI UND SCHAEFFER (1987)

$X_1 = \text{Melktag}/400$ ;  $X_2 = (\text{Melktag}/400)^2$ ;  $X_3 = \log(\text{Melktag}/400)$ ;

$X_4 = [\log(\text{Melktag}/400)]^2$

$\text{kjs}_{k_{1,2}}$  - fixer Effekt der Kalbejahr-Saison ( $k_1 = 1, \dots, 19$ ;  $k_2 = 1, \dots, 16$ )

$\text{alter}_{l_{1,2}}$  - fixer Effekt des Kalbealters ( $l_1 = 1, \dots, 20$ ;  $l_2 = 1, \dots, 23$ )

$\text{zkz}_{m_{1,2}}$  - fixer Effekt der Zwischenkalbezeit ( $m_{1,2} = 1, \dots, 8$ )

$\text{freq}_{n_1}$  - fixer Effekt der Melkfrequenz ( $n_1 = 2, 3$ )

$a_o$  - additiv-genetischer Effekt

$pe_p$  - permanenter Umwelteffekt

$e_{ijklmnop}$  - zufälliger Resteffekt

Bezogen auf das vorliegende Datenmaterial besitzt die Melkfrequenz nur in der ersten Laktation einen signifikanten Einfluss auf die Mengenmerkmale und den SCS. Aus dem Modell, das für die Auswertung von Eiweiß- und Fettgehalt in der ersten Laktation und für sämtliche Merkmale der zweiten Laktation dient, wurde deshalb der fixe Effekt der Melkfrequenz entfernt.

Das Fixed-Regression-Testtagsmodell (FRTM) stellt eine vereinfachte Version des Random-Regression-Testtagsmodells (RRTM), welches mittlerweile zur routinemäßigen

Zuchtwertschätzung verwendet wird, dar. Das FRTM unterstellt die Existenz einer einheitlichen Laktationskurve (SWALVE, 2000). Sowohl Tier- als auch permanenter Umwelteffekt werden innerhalb der Laktation als konstant betrachtet. Heterogene Varianzen werden nicht berücksichtigt. Physiologisch betrachtet bedeutet das FRTM, dass es sich bei Testtagsleistungen um wiederholte Leistungen desselben Merkmals handelt. Die Korrelation zwischen zwei Testtagtagen ist deshalb immer gleich. Das RRTM ermöglicht die Schätzung individueller Laktationskurven indem die Varianz-Kovarianz-Struktur der Testtagsleistungen beachtet wird. Die Überlegenheit des RRTM wird jedoch durch einen wesentlich höheren Rechenaufwand begleitet.

Die Grundlage für die Auswahl der Testherden in Mecklenburg-Vorpommern bildet eine Untersuchung zur Heterogenität der Varianzen von Milchleistungsmerkmalen (BRÜGEMANN, 2008). Als Parameter diente unter anderem die Heritabilität, die anhand eines FRTM geschätzt wurde.

Da die Parameterschätzung der Testtagsleistungen nicht Hauptgegenstand der vorliegenden Untersuchung ist, wurde das weniger aufwändige FRTM für die Auswertung gewählt. Es ergibt sich daraus ebenfalls die Möglichkeit eines Vergleichs mit der vorausgegangen Arbeit.

### Die 305-Tage-Leistung der ersten und zweiten Laktation

Aufbauend auf der Datei der aufbereiteten Testtagsleistungen wurde die Hochrechnung der 305-Tage-Leistung von Milch- (mkg305), Eiweiß- (ekg305) und Fettmenge (fkg305) vorgenommen. Von Eiweiß- (epr305) und Fettgehalt (fpr305) sowie SCS (scs305) wurden die mittleren Werte innerhalb der entsprechenden Laktation berechnet. Für jede Kuh müssen mindestens acht Testtage und insgesamt 250 Melktage vorliegen, damit die hochgerechneten Milchleistungsmerkmale als Laktationsleistung betrachtet werden können. Es wurden maximal 13 Testtage in die Hochrechnung einbezogen. Tiere mit einer 305-Tage-Milchleistung unter 3000 kg wurden aus dem Material gelöscht. Als Minimalanforderung müssen jeweils zwei Beobachtungen je Herde-Jahr-Saison der ersten bzw. zweiten Kalbung vorliegen.

Nach den beschriebenen Aufbereitung verbleiben für die Auswertung der 305-Tage-Leistung der ersten Laktation 5.942 Beobachtungen von 17 Betrieben (zwei Betriebe à zwei Abrechnungseinheiten). Für die Auswertung der zweiten Laktation stehen 2.768 Gesamtleistungen von 16 Betrieben bzw. 17 Herden zur Verfügung.

*Die Modelle für die Auswertung der 305-Tage-Leistung*

Die Auswertung der 305-Tage-Leistung der 1. Laktation erfolgt mit Hilfe folgender Modelle:

$$\text{mkg305, ekg305} = \text{hys}_i + \text{zkz}_j + \text{melktag}_k + a_m + e_{ijkm}$$

$$\text{fkg305} = \text{hys}_i + \text{zkz}_j + \text{melktag}_k + \text{eka}_l + a_m + e_{ijklm}$$

$$\text{epr305, scs305} = \text{hys}_i + \text{zkz}_j + a_m + e_{im}$$

$$\text{fpr305} = \text{hys}_i + \text{zkz}_j + \text{eka}_l + a_m + e_{ijlm}$$

Hierbei sind:

$\text{hys}_i$  - fixer Effekt der Herde-Jahr-Saison der ersten Kalbung ( $i = 1, \dots, 193$ )

$\text{zkz}_j$  - fixer Effekt der Zwischenkalbezeit ( $j = 1, \dots, 8$ )

$\text{melktag}_k$  - fixer Effekt der Anzahl Melktage ( $k = 250, \dots, 305$ )

$\text{eka}_l$  - fixer Effekt des Erstkalbealters ( $l = 20, \dots, 37$ )

$a_m$  - additiv-genetischer Effekt

$e$  - zufälliger Resteffekt

Für die Auswertung der Milchleistungsmerkmale der zweiten Laktation wurden diese Modelle erstellt:

$$\text{mkg305, ekg305, fkg305} = \text{hys}_i + \text{zkz}_j + \text{melktag}_k + \text{alter}_l + a_m + e_{ijklm}$$

$$\text{epr305} = \text{hys}_i + \text{zkz}_j + \text{alter}_l + a_m + e_{iklm}$$

$$\text{fpr305} = \text{hys}_i + \text{zkz}_i + \text{alter}_l + \text{melktag} + a_m + e_{ikm}$$

$$\text{scs305} = \text{hys}_i + \text{zkz}_j + \text{melktag}_k + a_m + e_{im}$$

Dabei sind:

$\text{hys}_i$  - fixer Effekt der Herde-Jahr-Saison der zweiten Kalbung ( $i = 1, \dots, 125$ )

$\text{zkz}_j$  - fixer Effekt der Zwischenkalbezeit ( $j = 1, \dots, 8$ )

$\text{melktag}_k$  - Kovariable / fixer Effekt der Anzahl Melktage ( $k = 250, \dots, 305$ )

$\text{alter}_l$  - fixer Effekt des Kalbealters ( $l = 32, \dots, 56$ )

$a_m$  - additiv-genetischer Effekt

$e$  - zufälliger Resteffekt

**3.2.3. Die Persistenz**

Das für die Auswertung der Testtagsleistungen gewählte Testtagsmodell mit fixer Regression ermöglicht nicht die Schätzung individueller Laktationskurven und lässt daher keine Aussagen über die Persistenz zu. Es ist deshalb notwendig, einen geeigneten Parameter zur Beschreibung des Verlaufs der Laktationskurve zu bestimmen. GENGLER ET AL. (1995) veröffentlichten eine Vergleichsarbeit über die Güte der Anpassung verschiedener

Berechnungsvorschriften. Die folgende Modellierung stellte sich dabei als die am besten geeignete Variante heraus, um Persistenz (pers) beschreiben zu können:

$$\text{pers} = -1/305 \sqrt{\text{ecm}1^2/100 + \text{ecm}2^2/100 + \text{ecm}3^2/305 - \text{ecm}305^2/305}$$

Die Formel basiert auf den Standardabweichungen der Teilleistungen innerhalb der Laktation: ecm1 entspricht der 100-Tage-Leistung, ecm2 ist die zwischen 101. und 200. Laktationstag erbrachte Leistung und ecm3 ist dementsprechend die im letzten Laktationsdrittel geleistete Milchmenge. Anstelle der tatsächlichen Milchmenge wird die Energie-korrigierte Milchleistung (ecm) des jeweiligen Laktationsstadiums verwendet. Die Teilleistungen wurden mit Hilfe eines Hochrechnungsverfahrens ermittelt. Es gelten dabei die gleichen Editierungsvorschriften wie für die Berechnung der 305-Tage-Leistung.

#### *Das Modell für die Auswertung der Persistenz*

Das Modell für die Beschreibung der Persistenz in beiden Laktationen lautet folgendermaßen:

$$\text{pers} = \text{hys}_{i_{1,2}} + \text{zkz}_{j_{1,2}} + \text{alter}_{l_{1,2}} + a_m + e_{ijlm}$$

Hierbei sind:

$\text{hys}_i$  - fixer Effekt der Herde-Jahr-Saison der Kalbung ( $i_1 = 1, \dots, 193$ ;  $i_2 = 1, \dots, 125$ )

$\text{zkz}_j$  - fixer Effekt der Zwischenkalbezeit ( $j_{1,2} = 1, \dots, 8$ )

$\text{alter}_{l_{1,2}}$  - fixer Effekt des Kalbealters ( $l_1 = 20, \dots, 37$ ;  $l_2 = 32, \dots, 56$ )

$a_m$  - additiv-genetischer Effekt

$e_{ijlm}$  - zufälliger Resteffekt

### **3.2.4. Die Fruchtbarkeit**

#### Die Fruchtbarkeit der Jungrinder

Die Erstellung der Datenbasis, auf der alle weiteren Auswertungen aufbauen, erfolgte auf der Grundlage der vom vit überstellten Fruchtbarkeitsdatei. Daraus resultiert zum Einen, dass alle Tiere mit einem Erstbesamungsgewicht zumindest auch über Fruchtbarkeitsdaten der Färsenbesamung verfügen und zum Anderen, dass eine Aufbereitung der Fruchtbarkeitsmerkmale zunächst nicht nötig ist, da diese Daten in der offiziellen Zuchtwertschätzung Verwendung finden, und deshalb schon überprüft und gegebenenfalls bereinigt worden sind.

Für die Merkmale Erstkalbealter (eka), Zwischenbelegungszeit (zbz), Verzögerungszeit (vz), Besamungsindex (nbes) und Non-Return-Rate (nr56) ist eine Einschränkung des Datenmaterials nötig, da auf einigen Betrieben Deckbullen eingesetzt werden. Die verlässliche

Erfassung der genannten Merkmale ist unter diesen Umständen in Frage zu stellen, und stark abhängig von den betrieblichen Gegebenheiten sowie dem Management. Da diese im Nachhinein nur schwer nachvollziehbar sind, wurden die betreffenden Beobachtungen sicherheitshalber nicht in die Analyse einbezogen. Zudem wurden alle unvollständigen Datensätze ausgeschlossen. Es ergibt sich dadurch ein zweiter etwas kleinerer Datensatz im Umfang von 9.669 Tieren.

Für die Non-Return-Rate als binäres Merkmal sind besondere Aufbereitungsmaßnahmen nötig, um die Anforderungen eines Schwellenwertmodells zu erfüllen. Die Daten wurden mit der Maßgabe bereinigt, dass die Voraussetzung einer vollen Klassenbesetzung erfüllt wird. Das Material umfasst 9.756 Färsen.

#### *Die Modelle für die Auswertung der Fruchtbarkeitsmerkmale der Jungrinder*

Die Auswertung der kontinuierlichen Merkmale Erstbesamungs- und Erstkalbealter, Verzögerungs- und Zwischenbelegungszeit sowie Anzahl Besamungen erfolgte mit Hilfe folgender Modelle:

$$eba = hys_i + besamer_j + bul\_art_k + a_m + e_{ijkm}$$

$$eka = hys_i + td + vz + k\_vater_l + a_m + e_{ilm}$$

$$vz, nbes = hys_i + besamer_j + a_m + e_{ijm}$$

$$zbz = hys_i + a_m + e_{im}$$

Die Effekte<sup>3</sup> sind:

$hys_i$  - fixer Effekt der Herde-Jahr-Saison der Erstbesamung ( $i = 1, \dots, 194$ )

$besamer_j$  - fixer Effekt des Besamungstechnikers ( $j = 1, \dots, 43$ )

$bul\_art_k$  - fixer Effekt Art des Belegungsbullens ( $k = 1, 2$ )

$k\_vater_l$  - fixer Effekt des Vater des Kalbs ( $l = 1, \dots, 447$ )

$td$  - Kovariable Trächtigkeitsdauer

$vz$  - Kovariable Verzögerungszeit

$a_m$  - additiv-genetischer Effekt

$e$  - zufälliger Resteffekt

Die Non-Return-Rate innerhalb 56 Tage ist ein binäres Merkmal. Deshalb findet in diesem Fall ein Schwellenwertmodell zur Beschreibung Anwendung:

$$nr56 = \Phi(hy_g + s_h + a_m)$$

<sup>3</sup> Im univariaten Fall trifft die Anzahl der Effektstufen nicht für das Modell zur Beschreibung des Erstbesamungsalters zu. In diesem Fall gelten die Angaben aus Kapitel 3.2.1

- $h_{y_g}$  - fixer Effekt Herdenjahr der Erstbesamung ( $g = 1, \dots, 52$ )  
 $s_h$  - fixer Effekt Saison der Erstbesamung ( $h = 1, \dots, 4$ )  
 $a_m$  - additiv-genetischer Effekt

### Die Fruchtbarkeit während der ersten und zweiten Laktation

Für die Auswertung der Fruchtbarkeitsleistung während der ersten beiden Laktationen wurden die entsprechenden Daten der Jungrinder mit einem bekannten Erstbesamungsgewicht aus der vit-Fruchtbarkeitsdatei separiert. Um zensierte Daten auszuschließen, wurden nur die Beobachtungen von Kühen einbezogen, die eine nachfolgende Kalbung aufweisen können. Daraus ergibt sich eine Ausgangsbasis für die erste Laktation von 4.792 Kühen und für die zweite Laktation von 1.775. Es wurden jeweils insgesamt drei verschiedene Datenmaterialien erstellt:

- (1) Für die Merkmale Rast- ( $rz$ ) und Gützeit ( $gz$ ) sowie das Erstbelegungsalter ( $ebi$ ) stehen 4.782 Beobachtungen in der ersten Laktation bzw. 1.767 in der zweiten Laktation zur Verfügung. Die Klasse der Herde-Jahr-Saison der Erstbelegung nach der Kalbung muss mit mindestens zwei Vergleichstieren besetzt sein.
- (2) Für die Auswertung von Verzögerungs- ( $vz$ ), Zwischenbelegungs- ( $zbz$ ) und Zwischenkalbezeit ( $zkz$ ) sowie der Besamungsanzahl ( $nbes$ ) in der ersten und zweiten Laktation ergibt sich ein, im Vergleich zum Datenmaterial (1) der jeweiligen Laktation, etwas geringerer Datenumfang von 4.673 bzw. 1.732 Tieren. Kühe, die mit Deckbullen angepaart worden sind, werden aufgrund der dadurch eingeschränkten Erfassbarkeit dieser Merkmale ausgeschlossen. Innerhalb eines Betriebs müssen mindestens zwei Beobachtungen je Jahr-Saison der ersten Belegung post partum vorhanden sein.
- (3) Die Datei für die Analyse der Non-Return-Rate ( $nr56$ ) verfügt über 4.710 (erste Laktation) bzw. 1.747 (zweite Laktation) Datensätze.<sup>4</sup> Belegungen von Bullen, die im Natursprung decken, werden auch hier von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Da es sich bei der Non-Return-Rate um ein binäres Merkmal handelt, wird für die Auswertung ein Schwellenwertmodell benutzt. Daraus resultierend ergibt sich die Anforderung einer vollen Klassenbesetzung an das Datenmaterial. Die Daten wurden dahingehend optimiert. Das Belegungsjahr innerhalb einer Herde muss zudem mindestens zehn Beobachtungen umfassen.

---

<sup>4</sup> In der vorliegenden Untersuchung wird gemäß dem internationalen Standard die Non-Return-Rate innerhalb von 56 Tagen nach der Erstbesamung p. p. verwendet.

*Die Modelle für die Auswertung der verschiedene Fruchtbarkeitsmerkmale*

## (1) Die Modelle zur Beschreibung von Rast- und Günstzeit sowie Erstbelegungsalter

- der ersten Laktation:

$$rz = \text{hys\_b}_{e_1} + \text{ebl}_{f_1} + \text{bulle}_g + a_m + e_{efgm}$$

$$gz = \text{hys\_b}_{e_1} + \text{ebl}_{f_1} + \text{bul\_art}_h + a_m + e_{efhm}$$

$$\text{ebl} = \text{hys\_b}_{e_1} + a_m + e_{em}$$

- der zweiten Laktation:

$$rz = \text{hys\_b}_{e_2} + \text{ebl} + \text{besamer}_n + a_m + e_{emn}$$

$$gz = \text{hys\_b}_{e_2} + \text{ebl}_{f_2} + a_m + e_{efm}$$

$$\text{ebl} = \text{hys\_b}_{e_2} + \text{besamer}_n + a_m + e_{emn}$$

Die Effekte sind:

$\text{hys\_b}_{e_{1,2}}$	- fixer Effekt der Herde-Jahr-Saison der ersten Belegung p. p. ( $e_1 = 1, \dots, 164$ ; $e_2 = 1, \dots, 97$ )
$\text{ebl}_{f_{1,2}}$	- fixer Effekt des Erstbelegungsalters ( $f_1 = 1, \dots, 7$ ; $f_2 = 1, \dots, 5$ )
$\text{bulle}_g$	- fixer Effekt des Belegungsbullens ( $g = 1, \dots, 378$ )
$\text{bul\_art}_h$	- fixer Effekt Art des Belegungsbullens ( $h = 1, \dots, 3$ )
$\text{besamer}_n$	- fixer Effekt des Besamungstechnikers ( $n = 1, \dots, 35$ )
$a_m$	- additiv-genetischer Effekt
$e$	- zufälliger Resteffekt

## (2) Die Modelle zur Beschreibung von Verzögerungs-, Zwischenbelegungs- und Zwischenkalbezeit sowie der Anzahl der Besamungen

- der ersten Laktation:

$$vz = \text{hys\_b}_{i_1} + \text{besamer}_{j_1} + a_m + e_{efm}$$

$$zbz = \text{hys\_b}_{i_1} + a_m + e_{em}$$

$$\text{nbes} = \text{hys\_b}_{i_1} + \text{besamer}_{j_1} + a_m + e_{efm}$$

$$\text{zkz} = \text{hys\_b}_{i_1} + \text{besamer}_{j_1} + \text{td} + \text{k\_vater}_k + \text{ebl}_{f_1} + a_m + e_{efgjm}$$

- der zweiten Laktation:

$$vz = \text{hys\_b}_{i_2} + \text{besamer}_{j_2} + a_m + e_{im}$$

$$zbz = \text{hys\_b}_{i_2} + a_m + e_{ikm}$$

$$\text{nbes} = \text{hys\_b}_{i_2} + a_m + e_{ikm}$$

$$\text{zkz} = \text{hys\_b}_{i_2} + \text{besamer}_{j_2} + \text{ebl} + vz + \text{td}_1 + a_m + e_{ijkmn}$$

Die Effekte sind:

$hys\_b_{i_1,2}$	- fixer Effekt der Herde-Jahr-Saison der ersten Belegung p. p. ( $i_1 = 1, \dots, 164$ ; $i_2 = 1, \dots, \dots$ )
$ebl_{f_1,2}$	- fixer Effekt des Erstbelegungsalters ( $f_1 = 1, \dots, 7$ ; $f_2 = 1, \dots, 5$ )
$besamer_j$	- fixer Effekt des Besamungstechnikers ( $j_1 = 1, \dots, 43$ ; $j_2 = 1, \dots, 32$ )
$k\_vater_k$	- fixer Effekt des Vater des Kalbs ( $k = 1, \dots, 400$ )
$td$	- Kovariable Trächtigkeitsdauer
$a_m$	- additiv-genetischer Effekt
$e$	- zufälliger Resteffekt

(3) Die Non-Return-Rate, als einziges binäres Fruchtbarkeitsmerkmal, wird mit Hilfe eines Schwellenwertmodells beschrieben:

- erste Laktation:  $nr56 = \Phi(hy\_b_{c_1} + bs_{d_1} + ebl + a_m)$
- zweite Laktation:  $nr56 = \Phi(hy\_b_{c_2} + bs_{d_2} + a_m)$

Hierbei sind:

$\Phi$	- Probit-Link-Funktion
$hy\_b_{c_1,2}$	- fixer Effekt des Belegungsjahrs innerhalb der Herde ( $c_1 = 1, \dots, 41$ ; $c_2 = 1, \dots, 26$ )
$bs_{d_1,2}$	- fixer Effekt der Belegungssaison ( $d_{1,2} = 1, \dots, 4$ )
$ebl$	- Kovariable Erstbelegungsalter

### 3.2.5. Die Kalbmerkmale

#### Die Geburt der Tiere der Datenbasis

Um Informationen über die Geburt der Tiere mit bekanntem Erstbesamungsgewicht zu erhalten, wird die Basisdatei mit der vit-Kalbedatei auf Basis Kalb verknüpft. 9.609 Tiere besitzen einen Eintrag in der Kalbedatei über ihre eigene Geburt. Folgende Merkmale sollen auf ihren Einfluss auf die drei Jungrindermerkmale untersucht werden: die Parität der Mutter, die Trächtigkeitsdauer, der Kalbeverlauf und die Art der Trächtigkeit - normal oder Mehrling. Nur wenige Kühe haben mehr als sieben Kalbungen aufzuweisen. Deshalb werden alle Paritäten über sieben in einer Klasse (7+) zusammengefasst. Der Kalbeverlauf wird in ein binäres Merkmal überführt (Tabelle 3.4): Die Verlaufsschlüssel ,1' (leicht) und ,2' (normal) werden als Normalgeburt aufgefasst, wohingegen die Klasse ,3' (schwer) als Schweregeburt codiert wird. Die Klassen ,0' (keine Angabe) und ,4' (OP) werden aus dem Datensatz entfernt. Die Trächtigkeit mit Mehrlingskälbern wird ebenfalls als Binärmerkmal betrachtet. 127 der zur ersten Besamung gewogenen Jungrinder kamen als Zwillingenkälber auf die Welt.

Aus dem Herdenmanagementprogramm konnten von 2.208 Jungrindern der Datenbasis die Geburtsgewichte entnommen werden. Als Geburtsgewicht gelten alle Gewichte, die bis zum fünften Lebensstag erhoben worden sind und mehr als 20 kg betragen. Nach einem Abgleich mit der vit-Kalbedatei verbleiben 2.134 Beobachtungen.

Alle genannten Parameter fließen in die Modelle der Jungrindermerkmale als fixe Klasseneffekte ein. Für Trächtigkeitsdauer und Geburtsgewicht wird ebenfalls eine Varianzkomponentenschätzung durchgeführt.

**Tab. 3.4:** Der Kalbeverlaufsschlüssel und das binäre Merkmal Schweregeburt

Verlauf	Anzahl	Editierung Schwereburtenrate	Merkmal Schweregeburt 0 / 1
0 – keine Angabe	95	löschen	-
1 – leicht	7.274	Normalgeburt	9.180
2 – normal	1.906		
3 – schwer	318	Schweregeburt	318
4 – operativer Eingriff	14	löschen	-

#### *Die Modelle zur Auswertung von Trächtigkeitsdauer und Geburtsgewicht*

Für die Auswertung von Trächtigkeitsdauer und Geburtsgewicht wurden folgende Modelle erstellt:

$$td = hys\_g_{e_1} + par_f + zw_g + a_m + e_{efgm}$$

$$gebGew = hys\_g_{e_2} + par_f + zw_g + td_h + a_m + e_{efgm}$$

Die fixen bzw. zufälligen Effekte sind:

$hys\_g_e$  - fixer Effekt Herde-Jahr-Saison der Geburt ( $e_1 = 1, \dots, 243$ ;  $e_2 = 1, \dots, 59$ )

$par_f$  - fixer Effekt der Parität der Mutter ( $f = 1, \dots, 7+$ )

$zw_g$  - fixer Effekt Mehrlingsträchtigkeit ( $g = 0, 1$ )

$td_h$  - fixer Effekt der Trächtigkeitsdauer ( $h = 265, \dots, 295$ )

$a_m$  - additiv-genetischer Effekt

$e$  - zufälliger Resteffekt

#### Die Merkmale der ersten und zweiten Kalbung

Für die Erstellung der Datengrundlage zur Auswertung der Kalbemerkmale wurde die Basisdatei um die Kalbedaten der entsprechenden vom vit überstellten Datei ergänzt. Es existieren für nahezu alle Kühe der Datenbasis Einträge zur ersten Kalbung: Die so erstellte Kalbedatei enthält Beobachtungen von 10.020 Erstkalbinnen von 17 Betrieben. Das Datenmaterial zur zweiten Kalbung umfasst 4.967 Abkalbungen, die ebenfalls aus 17 Betrieben stammen. Die Tabellen 3.5 und 3.6 geben einen Überblick über das Geschlechterverhältnis und

den Kalbeverlauf beider Kalbungen. Zwei grundlegende Aufbereitungsschritte sind zum Einen der Ausschluss aller Mehrlingsgeburten und zum Anderen das Entfernen aller Geburten, bei denen operative Eingriffe nötig waren bzw. keine Angaben gemacht wurden. Die Trächtigkeit mit Mehrlingen tritt bei Kühen und insbesondere bei Erstkalbinnen selten auf. In diesem Material machen sie gerade einmal knapp ein Prozent aller Geburten aus. Etwa 3,5% der Zweitkalbskühe waren mit Zwillingen trächtig. Mehrlingskälber verursachen oftmals schwerere Geburten und die Wahrscheinlichkeit, dass sie tot oder lebensschwach zur Welt kommen, ist höher. Da die Ursache, die einen Kaiserschnitt oder eine Fetotomie erforderlich macht, nicht erfasst wird, müssen Kalbungen, die mit ‚4‘ verschlüsselt sind, ausgeschlossen werden. Man kann im Nachhinein nicht mehr feststellen, ob pathologische Veränderungen oder z. B. absolut zu große Früchte den Anlass dazu gaben. Das Material wurde desweiteren auf Kälber beschränkt, die einen Holsteinbull zum Vater haben. Die aufbereitete Datei enthält für die erste Kalbung 9.864 und für die Zweite 4.780 Beobachtungen.

Die Tot- und Schweregeburtenrate dienen als Parameter für die Auswertung der Kalbung. Die Verschlüsselung, wie sie in der Ursprungsdatei verwendet wird, ist dafür allerdings nicht geeignet. Der Verbleibsschlüssel wurde umgewandelt in das binäre Merkmal Totgeburt. Kälber, die tot geboren werden oder innerhalb 48 Stunden nach der Geburt verenden, werden als Totgeburten registriert.

**Tab. 3.5:** Geschlechterverhältnis der Kälber der ersten und zweiten Kalbung

♂ - männlich; ♀ - weiblich; ♂♂, ♂♀, ♀♀ - Zwillingengeburt mit entsprechender Geschlechterkombination

	erste Kalbung		zweite Kalbung	
	Anzahl	prozentualer Anteil	Anzahl	prozentualer Anteil
♂	4.918	49,1 %	2.593	52,2 %
♀	5.010	50,0 %	2.199	44,3 %
♂♂	19		53	
♀♀	27	0,9 %	49	3,5 %
♀♂	46		72	

Der Kalbeverlauf wird für die Analyse ebenfalls in ein binäres Merkmal transformiert: Die beiden Schlüssel ‚1‘ und ‚2‘ werden als normale Geburt aufgefasst. Kalbungen, deren Verlauf mit ‚3‘ angegeben ist, werden als Schweregeburten behandelt. Die Auswertung der beiden binären Merkmale erfolgt mit Hilfe eines Schwellenwertmodells. Das Modell stellt die Anforderung einer vollen Klassenbesetzung an die Datenstruktur. Als Minimum müssen mindestens zehn Beobachtungen je Jahr und Betrieb vorliegen. Für die Analyse der

Totgeburtenrate stehen für die erste und zweite Kalbung 9.779 bzw. 4.485 Datensätze zur Verfügung. Die Datei für die Auswertung der Schweregeburtenrate umfasst 9.476 bzw. 3.972 Beobachtungen.

Als weiteres Merkmal wurde die Trächtigkeitsdauer betrachtet. Innerhalb einer Jahr-Saison der Kalbung müssen je Betrieb mindestens zwei Vergleichstiere vorhanden sein. Daraus ergibt sich für die Auswertung der Trächtigkeitsdauer ein Datenumfang von 9.530 Beobachtungen für die erste Kalbung und 4.602 für die Zweite.

In den Testherden des RMV wird als eine weitere Größe das Geburtsgewicht der Kälber erfasst. Dadurch sind von 2.823 bzw. 1.727 Kälbern der Erst- und Zweitkalbskühe die Geburtsgewichte bekannt.

**Tab. 3.6:** Der Kalbeverlauf nach vit-Schlüssel und das Binärmerkmal Schweregeburtenrate

Verlauf	Anzahl		Editierung Schweregeburtenrate
	1. Kalbung	2. Kalbung	
0 – keine Angabe	69	49	löschen
1 – leicht	5.188	3.665	Normalgeburtenrate
2 – normal	3.251	927	
3 – schwer	1.460	317	Schweregeburtenrate
4 – operativer Eingriff	52	9	löschen

Die Binärmerkmale Tot- und Schweregeburtenrate werden mittels Schwellenwertmodell beschrieben. Da für die Kalbmerkmale sowohl direkte als auch maternale Effekte von Bedeutung sind, werden die zufälligen Effekte des Kalbvaters und des maternalen Großvaters im Modell verwendet.

(1) Die Tot- und Schweregeburtenrate der Erstkalbinnen:

$$\text{tot} = \Phi(\text{hy}_{k_{a_1}} + \text{ks}_h + \text{geschlecht}_{i_1} + \text{td}_{b_1} + s_n + \text{mgs}_o)$$

$$\text{schwer} = \Phi(\text{hy}_{k_{c_1}} + \text{ks}_h + \text{geschlecht}_{i_1} + \text{td}_{d_1} + s_n + \text{mgs}_o)$$

(2) Die Tot- und Schweregeburtenrate der Zweitkalbskühe:

$$\text{tot} = \Phi(\text{hy}_{k_{a_2}} + \text{alter}_f + \text{geschlecht}_{i_2} + \text{td}_{b_2} + s_n + \text{mgs}_o)$$

$$\text{schwer} = \Phi(\text{hy}_{k_{c_2}} + \text{alter}_f + \text{geschlecht}_{i_2} + \text{td}_{d_2} + s_n + \text{mgs}_o)$$

Die fixen bzw. zufälligen Effekte sind:

$\Phi$  - Probit-Link-Funktion

$\text{hy}_{k_{a_{1,2}}}$  - fixer Effekt Herde-Jahr der Kalbung ( $a_1 = 1, \dots, 63$ ;  $a_2 = 1, \dots, 39$ )

$\text{hy}_{k_{c_{1,2}}}$  - fixer Effekt Herde-Jahr der Kalbung ( $c_1 = 1, \dots, 59$ ;  $c_2 = 1, \dots, 33$ )

$\text{ks}_h$  - fixer Effekt der Kalbesaison ( $h = 1, \dots, 4$ )

$\text{geschlecht}_{i_{1,2}}$  - fixer Effekt des Geschlecht des Kalbs ( $i_{1,2} = 1, 2$ )

$td_{b_{1,2}} / td_{d_{1,2}}$	- fixer Effekt der Trächtigkeitsdauer ( $b_1= 1, \dots, 22$ ; $b_2= 1, \dots, 24$ ; $d_1= 1, \dots, 21$ ; $d_2= 1, \dots, 25$ )
$alter_f$	- fixer Effekt des Kalbealters ( $f = 1, \dots, 7$ )
$s_n$	- zufälliger Effekt des Vaters (Kalbvater)
$mgs_o$	- zufälliger Effekt des maternalen Großvaters (Kuhvater)

### *Die Modelle zur Auswertung von Trächtigkeitsdauer und Geburtsgewicht*

Die kontinuierlichen Merkmale Trächtigkeitsdauer und Geburtsgewicht werden mit Hilfe eines gemischten linearen Modells analysiert. Da neben direkten auch Maternaleffekte eine Rolle spielen, wird ein Vater-Großvatermodell angewendet.

$$td = hys_{k_{e_{1,2}}} + geschlecht_{i_{1,2}} + alter_{f_2} + s_n + mgs_o + e_{eifno}$$

$$gebGew = hys_{k_{g_{1,2}}} + geschlecht_{i_{1,2}} + td_{k_{1,2}} + s_n + mgs_o + e_{gikno}$$

Die fixen bzw. zufälligen Effekte sind:

$hys_{k_{e_{1,2}}}$	- fixer Effekt der Herde-Jahr-Saison der Kalbung ( $e_1= 1, \dots, 231$ ; $e_2= 1, \dots, 171$ )
$hys_{k_{g_{1,2}}}$	- fixer Effekt der Herde-Jahr-Saison der Kalbung ( $g_1= 1, \dots, 66$ ; $g_2= 1, \dots, 57$ )
$geschlecht_{i_{1,2}}$	- fixer Effekt des Geschlecht des Kalbs ( $k_{1,2} = 1, 2$ )
$alter_{f_2}$	- fixer Effekt des Kalbealters ( $f_2= 1, \dots, 7$ )
$td_{k_{1,2}}$	- fixer Effekt der Trächtigkeitsdauer ( $k_1= 1, \dots, 22$ ; $k_2= 1, \dots, 31$ )
$s_n$	- zufälliger Effekt des Vaters (Kalbvater)
$mgs_o$	- zufälliger Effekt des maternalen Großvaters (Kuhvater)
$e$	- zufälliger Resteffekt

### **3.2.6. Die ExterieurEinstufung**

Für die Zusammenstellung des Datenmaterials zur Auswertung des Exterieurs wurden Basis- und die entsprechende vit-Datei miteinander verknüpft. 5.801 der 10.040 Basistiere besitzen Ergebnisse aus der Exterieurbeurteilung. Für die ExterieurEinstufung waren insgesamt vier verschiedene Einstufer verantwortlich. Davon ist einer allerdings mit nur drei Einträgen in der Datei vertreten. Diese Beobachtungen werden mangels Vergleichbarkeit von der Auswertung ausgeschlossen. Jede Klasse des fixen Effekts des Einstufungsjahrs innerhalb des Betriebs muss wenigstens zwei Vergleichstiere aufweisen. Das aufbereitete Datenmaterial zur Auswertung der Ergebnisse der Exterieurbeurteilung enthält Beobachtungen von 5.796 Erstlaktierenden, die von 17 Betrieben stammen.

*Die Modelle zur Auswertung der Ergebnisse der ExterieurEinstufung*

Für die Gesamt- bzw. Einzelnote des entsprechenden Merkmals wurde jeweils ein separates Modell zur Beschreibung entwickelt:

$$\begin{aligned}
 \text{Körper} &= hy_{e_i} + es_j + einstufer_k + eka_l + dim_n + a_m + e_{ijklmn} \\
 \text{Typ} &= hy_{e_i} + einstufer_k + dim_n + a_m + e_{ikmn} \\
 \text{Euter} &= hy_{e_i} + einstufer_k + eka_l + dim_n + a_m + e_{iklmn} \\
 \text{Fundament} &= hy_{e_i} + es_j + einstufer_k + eka_l + dim_n + a_m + e_{ijklmn} \\
 \text{Milchcharakter} &= hy_{e_i} + es_j + einstufer_k + a_m + e_{ijkm} \\
 \text{Körpertiefe} &= hy_{e_i} + es_j + einstufer_k + eka_l + dim_n + a_m + e_{ijklmn} \\
 \text{Stärke} &= hy_{e_i} + einstufer_k + eka_l + dim_n + a_m + e_{iklmn} \\
 \text{Beckenneigung} &= hy_{e_i} + eka_l + a_m + e_{ilm} \\
 \text{Beckenbreite} &= hy_{e_i} + es_j + einstufer_k + eka_l + a_m + e_{ijklm} \\
 \text{Hinterbeinwinkelung} &= hy_{e_i} + einstufer_k + eka_l + a_m + e_{iklm} \\
 \text{Klauen} &= hy_{e_i} + es_j + einstufer_k + a_m + e_{ijkm} \\
 \text{Sprunggelenk} &= hy_{e_i} + es_j + eka_l + a_m + e_{ijlm} \\
 \text{Hinterbeinstellung} &= hy_{e_i} + eka_l + dim_n + a_m + e_{ilmn} \\
 \text{Hintereuterhöhe} &= hy_{e_i} + einstufer_k + eka_l + dim_n + a_m + e_{iklmn} \\
 \text{Zentralband} &= hy_{e_i} + einstufer_k + eka_l + dim_n + a_m + e_{iklmn} \\
 \text{Strichplatzierung, vorn} &= hy_{e_i} + es_j + einstufer_k + eka_l + dim_n + a_m + e_{ijklmn} \\
 \text{Vordereuteraufhängung} &= hy_{e_i} + einstufer_k + eka_l + a_m + e_{iklm} \\
 \text{Eutertiefe} &= hy_{e_i} + einstufer_k + dim_n + a_m + e_{ikmn} \\
 \text{Strichlänge} &= hy_{e_i} + es_j + einstufer_k + dim_n + a_m + e_{ijkmn} \\
 \text{Strichplatzierung, hinten} &= hy_{e_i} + es_j + eka_l + dim_n + a_m + e_{ijlmn} \\
 \text{Klauenwinkel} &= hy_{e_i} + einstufer_k + eka_l + a_m + e_{ijkm} \\
 \text{BCS} &= hy_{e_i} + einstufer_k + eka_l + dim_n + a_m + e_{iklmn} \\
 \text{Bewegung} &= hy_{e_i} + einstufer_k + eka_l + dim_n + a_m + e_{iklmn} \\
 \text{Größe} &= hy_{e_i} + es_j + einstufer_k + eka_l + dim_n + a_m + e_{ijklmn}
 \end{aligned}$$

Die Effekte sind:

- $hy_{e_i}$  - fixer Effekt des Herdenjahres der Einstufung ( $i = 1, \dots, 56$ )
- $es_j$  - fixer Effekt der Einstufungssaison ( $j = 1, \dots, 4$ )
- $einstufer_k$  - fixer Effekt der Kombination Einstufer innerhalb Jahr ( $k = 1, \dots, 11$ )
- $eka_l$  - fixer Effekt des Erstkalbealters ( $l = 1, \dots, 10$ )
- $dim_n$  - fixer Effekt des Laktationsstadiums ( $n = 1, \dots, 5$ )

$a_m$	- additiv-genetischer Effekt
$e$	- zufälliger Resteffekt

### 3.2.7. Die Abgangsraten

9.528 der Tiere der Datenbasis sind in der Nutzungsdauerdatei des vit vertreten. Als Abgänge werden nur Tiere gewertet, die gemerzt wurden. Kühe, die als Zuchttiere den Betrieb verließen, werden von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen, da es sich nicht um ‚echte‘ Abgänge, sondern um zensierte Daten handelt. Nach diesem Aufbereitungsschritt verbleiben als Datengrundlage 9.152 Beobachtungen. Bis zum letzten erfassten Abgangsdatum (23.10.2009) sind insgesamt 3.165 der Tiere abgegangen.

Die Abgangsrate ist als binäres Merkmal definiert: Die Kuh befindet sich zum jeweils betrachteten Zeitpunkt noch im Betrieb oder ist bereits abgegangen. Diese Betrachtungsweise setzt die Definition einer Serviceperiode voraus, da der Kuh erst einmal die zeitliche Möglichkeit eingeräumt werden muss abzugehen. Ausgehend vom Zeitpunkt der ersten Kalbung werden mehrere Serviceperioden berechnet: (1) 100 Tage, (2) 200 Tage, (3) 300 Tage, (4) 450 Tage, (5) 600 Tage. Dementsprechend werden fünf verschiedene Datenmaterialien erstellt, in die nur Tiere einfließen, die die jeweilige Zeitspanne bereits vollendet haben bzw. innerhalb dieser abgegangen sind.

#### (1) Serviceperiode 100 Tage p. p.

Betrachtet man den Zeitraum der ersten 100 Tage der ersten Laktation ergibt sich ein Datenmaterial bestehend aus 8.010 Kühen, die diese Periode abgeschlossen haben und 513 Tieren, die abgegangen sind.

Das Schwellenwertmodell, das bei binär verteilten Merkmalen verwendet wird, benötigt die volle Klassenbesetzung der im Modell verwendeten Effekte. Außerdem muss als zusätzliche Forderung jede Klasse des fixen Effekts des Herdenjahres der ersten Kalbung mit mindestens zehn Beobachtungen besetzt sein. Dieser und alle nachfolgenden Datensätze werden nach den beschriebenen Maßnahmen aufbereitet. Für das Datenmaterial zur Auswertung der Abgangsrate innerhalb 100 Tage p. p. resultiert daraus ein Umfang von 8.371 Beobachtungen.

#### (2) Serviceperiode 200 Tage p. p.

Der uneditierte Datensatz des Betrachtungszeitraums 200 Tage p. p. umfasst 7.820 Kühe, von denen 720 als gemerzt eingetragen sind. Nach der Aufbereitung verbleiben 7.691 Beobachtungen zur Analyse.

(3) Serviceperiode 300 Tage p. p.

Für die Betrachtung der Serviceperiode 300 p. p. stehen Beobachtungen von 6.216 lebenden und 837 gemerzten Tieren zur Verfügung. Das aufbereitete Datenmaterial enthält 7.007 Kühe.

(4) Serviceperiode 450 Tage p. p.

Den Zeitraum bis zum 450. Tag nach der ersten Kalbung haben 4.751 Kühe lebend beendet. 1.180 Kühe sind dagegen in dieser Phase abgegangen. Nach der Aufbereitung hat das Datenmaterial zur Auswertung der Abgangsrate der Serviceperiode 450 Tage p. p. einen Umfang von 5.913 Beobachtungen.

(5) Serviceperiode 600 Tage p. p.

Für die Betrachtung der Serviceperiode 600 Tage p. p. stehen Beobachtungen von 3.437 lebenden und 1.363 abgegangen Kühen zur Verfügung. Der aufbereitete Datensatz umfasst 4.762 Tiere.

*Das Modell zur Auswertung der Abgangsrate*

Zur Auswertung der Abgangsrate der fünf unterschiedlichen Serviceperioden wird folgendes Schwellenwertmodell verwendet:

$$\text{abgang} = \Phi(\text{hy\_k}_{i_{1-5}} + \text{ks}_{j_{1-5}} + \text{eka} + \text{a}_m)$$

Die Effekte sind:

- $\Phi$  - Probit-Link-Funktion
- $\text{hy\_k}_{i_{1-5}}$  - fixer Effekt des Kalbejahrs innerhalb Betrieb  
( $i_1 = 1, \dots, 59$ ;  $i_2 = 1, \dots, 58$ ;  $i_3 = 1, \dots, 47$ ;  $i_4 = 1, \dots, 48$ ;  $i_5 = 1, \dots, 44$ )
- $\text{ks}_{j_{1-5}}$  - fixer Effekt der Kalbesaison ( $j_{1-5} = 1, \dots, 4$ )
- $\text{eka}$  - Kovariable Erstkalbealter
- $\text{a}_m$  - additiv-genetischer Effekt

Für die Auswertung der Abgangsrate nach 100 Tagen p. p. wird aufgrund der geringen Anzahl abgegangener Tiere ein Vatermodell verwendet. Anstelle des additiv-genetischen Effekts tritt der zufällige Effekt des Vaters.

**3.2.8. Die Behandlungsdaten**

Die Datei, welche die Behandlungsdaten aller Testherden des RMV beinhaltet, enthält insgesamt 1.672.583 Einträge. Bezogen auf die Tiere der Datenbasis ergibt sich ein Datenumfang von 246.216 Beobachtungen. In dieser Datei befinden sich 9.980 Kühe, die zwischen einer und 176 Behandlungen erhalten haben.

Um die jeweilige Behandlung in Beziehung zur entsprechenden Laktation setzen zu können, wurden die Kalbedaten aus der vit-Fruchtbarkeitsdatei hinzugefügt. Für jede Kuh existiert damit eine Liste ihrer registrierten Kalbungen. Die Daten sind allerdings, dadurch dass nur drei Laktationen in die Zuchtwertschätzung einfließen und die Tiere zudem verschieden alt sind, zwangsläufig mehr oder weniger unvollständig. Dadurch tritt der Umstand ein, dass das Intervall zwischen zwei Kalbungen nicht immer berechnet werden kann, da die nachfolgende Kalbung fehlt. In diesem Fall ist eine Behandlung nicht mehr eindeutig zuordenbar und die Bestimmung eines imaginären Endpunkts der Laktation notwendig. Um zum Einen Fehlzuordnungen vorzubeugen und zum Anderen ein definiertes Zeitintervall zu betrachten, werden alle Behandlungen, die nach dem 305. Melktag erfolgten, gelöscht. Nach dieser Aufbereitungsmaßnahme umfasst die Datei noch 221.566 Datensätze.

Die Behandlungsdatei enthält meist ein Sammelsurium aus allen dokumentationspflichtigen, weil Medikament-gestützten, Behandlungen und zusätzlich je nach Motivation der Betriebsleitung auch Befunde, die z. B. im Rahmen bakteriologischer Milchuntersuchungen gewonnen wurden. Zu den dokumentationspflichtigen Behandlungen zählen ebenfalls alle Prophylaxemaßnahmen, wie z. B. sämtliche Impfungen und Vitaminprophylaxen, und auch das Trockenstellen, wenn ein antibiotikahaltiges Präparat verwendet wird. Um das Datenmaterial um diese vorbeugenden Maßnahmen reduzieren zu können, wurden alle Behandlungen, für die kein zentraler Diagnoseschlüssel nach Staufenbiel (ADR, 2008) angegeben ist, entfernt. Die Datei umfasst dann noch 115.283 Datensätze, die sich folgendermaßen auf die einzelnen Laktationen verteilen:

- (0) zwischen Geburt und 1. Kalbung: 30.701 Behandlungen  
→ 17.958 relevante Diagnosen von 4.767 Jungtieren
- (1) 1. Laktation: 42.519 Beobachtungen  
→ 37.606 relevante Diagnosen von 7.512 Erstlaktierenden
- (2) 2. Laktation: 27.969 Beobachtungen  
→ 26.335 relevante Diagnosen von 4.018 Zweitkalbskühen
- (3) 3. Laktation: 11.590 Beobachtungen
- (4) 4. Laktation: 2.504 Beobachtungen

Basierend auf den Datensätze (0) bis (2) fließen alle relevanten Diagnosen in die jeweils entsprechenden Teildatenmaterialien ein. Bei den ausgeschlossenen Diagnoseschlüsseln nach Staufenbiel handelt es sich vorwiegend um stark verallgemeinernde Angaben (z. B. 1.06. → Respirationsapparat) oder um die Angaben wie ‚Sonstiges‘ oder ‚keine Diagnose möglich‘. Auf die Auswertung der dritten und vierten Laktation wird verzichtet, da in beiden Fällen noch zu wenige Tiere zur Verfügung stehen.

### Die Erkrankungen der Kälber und Jungrinder

Das auf alle wichtigen Diagnosen reduzierte Datenmaterial (0) erstreckt sich über die Zeitspanne von der Geburt bis zur ersten Kalbung und beinhaltet damit mindestens zwei wesentlich unterschiedliche Entwicklungsstadien: Die prä- und postpubertale Entwicklungsphase bis zur Zuchtreife und die Entwicklung während der ersten Gravidität. Das Alter am Tag der Behandlung wird mit dem Erstbesamungsalter des Tiers abgeglichen und die Beobachtung wird je nach Ergebnis einem der beiden Datensätze (vor oder nach der Erstbesamung) zugeordnet.

Durch die Dokumentationspflicht aller einem Tier verabreichten Medikamente fallen je Erkrankung meist mehrere Einträge im Herdenmanagementprogramm an. Da die Vergleichbarkeit bei der Betrachtung von Behandlungen nicht gegeben ist, insbesondere weil die Daten von unterschiedlichen Betrieben stammen, werden diese auf die zu Grunde liegende Erkrankung reduziert. Die Erkrankung eines Jungrinds selbst wird dabei als binäres Merkmal aufgefasst, d. h. es interessiert also nicht wie oft dieselbe Diagnose anfällt, sondern nur ob sie innerhalb des definierten Zeitraums überhaupt gestellt wurde. Für die Betrachtung der Phase zwischen Geburt und erster Belegung ergibt sich so zunächst ein Datenumfang von 5.355 Beobachtungen (Tabelle 3.7). Es ist zulässig, dass ein Tier innerhalb dieses Datensatzes mit mehreren verschiedenen Krankheiten vertreten sein kann. Für die einzelne Erkrankung kann es jedoch nur einmalig einen Eintrag erhalten. Im Zeitraum zwischen Erstbesamung und erster Kalbung wurden 1.802 Erkrankungen dokumentiert. Durch die Erstellung der verschiedenen Behandlungsdateien der einzelnen Entwicklungsabschnitte bzw. Laktationen sind darin nur Tiere enthalten, für die eine Behandlung registriert wurde.

**Tab. 3.7:** Absolute Häufigkeit der wichtigsten Erkrankungen im Zeitraum zwischen Geburt und erster Kalbung

	Datensatz		
	alle Daten	vor Erstbesamung	nach Erstbesamung
Beobachtungen insgesamt	7.156	5.355	1.802
davon:			
Bronchopneumonie	2.314	2.306	8
Enteritis	1.803	1.577	226
Trichophytie	1.023	861	162
Eitrige Klauenerkrankungen	641	156	485
Zyklusstörungen	318	154	171
Arthrose/Arthritis	208	118	90
Mastitis	200	7	193

Deshalb werden die beiden Datensätze ‚Erkrankungen vor Erstbesamung‘ und ‚Erkrankungen nach Erstbesamung‘ wiederum mit der Basisdatei verknüpft. Es erfolgt eine Umcodierung, separat für jede einzelne Krankheit, in 0 – das Tier war nicht daran erkrankt und 1 – das Tier wurde mit dieser Diagnose behandelt.

#### *Die Auswertung der Erkrankungen der Kälber und Jungrinder*

Erkrankungen in der Phase zwischen Geburt und erster Besamung können die Entwicklung verzögern und sich dadurch negativ auf die Zuchtreife auswirken. Es ist deshalb zu prüfen, ob Differenzen hinsichtlich Erstbesamungsalter, -gewicht und/oder Lebenstagszunahme zwischen gesunden und erkrankten Tieren festgestellt werden können. Die Erkrankungen Bronchopneumonie, Enteritis, Trichophytie, Arthrose/Arthritis sowie Eitrige Klauenkrankheiten fließen jeweils als fixer Effekt mit zwei Klassen (0 – gesund, 1 – krank) in die betreffenden Modelle ein.

Die Krankheiten zwischen Erstbesamung und erster Kalbung stehen in einem anderen Ursache-Wirkungsverhältnis. In diesem Fall müsste untersucht werden inwiefern Erstbesamungsalter, -gewicht oder Lebenstagszunahme einen Einfluss auf die jeweilige Erkrankung ausüben. Aufgrund der allgemein niedrigen Erkrankungshäufigkeit wird jedoch auf eine Auswertung verzichtet.

#### Die Erkrankungen während der ersten und zweiten Laktation

Alle relevanten Behandlungen der Datensätze (1) und (2) werden als Grundlage verwendet für die Erstellung der Teildatenmaterialien der Erkrankungen während der ersten bzw. zweiten Laktation. Das Teildatenmaterial der Erkrankungen der ersten Laktation umfasst insgesamt 37.606 Behandlungen. Während der zweiten Laktation wurden 26.335 Behandlungen dokumentiert, die relevant sind. Da eine Behandlung nicht gleich zu setzen ist mit der Erkrankung selbst, ist es notwendig die beiden Datenmaterialien auf die einzelnen Krankheiten je Tier zu reduzieren. Eine Krankheit wird dabei als Alles-oder-Nichts-Merkmal aufgefasst. Es ist also nicht von Bedeutung, wie oft dieselbe Diagnose je Tier auftaucht, sondern ob sie überhaupt gestellt wurde oder nicht. Die auf diese Weise aufbereiteten Datensätze enthalten 13.615 Einzeldiagnosen von 7.512 Erstlaktierenden (eine bis sieben verschiedene Diagnosen je Tier) bzw. 8.111 Einzeldiagnosen von 4.018 Zweitkalbskühen (maximal acht verschiedene Diagnosen je Tier). In dem einzelnen Teildatenmaterial kann ein Tier je Krankheit nur einmal vertreten sein. Da allerdings mehrere wichtige Erkrankungen der Milchkuh betrachtet werden, kann ein Tier dementsprechend viele Beobachtungen liefern.

Im nächsten Schritt wird die Basisdatei mit beiden Datensätzen verknüpft, da aufgrund der Zusammenstellung der Behandlungsdatei nur die Tiere darin vertreten sind, für die Behandlungen dokumentiert wurden. Es erfolgt zudem eine Umcodierung für jede Krankheit separat in 0 – das Tier war daran nicht erkrankt und 1 – für das Tier wurde die entsprechende Diagnose gestellt. Im Gegensatz zur Auswertung der Jungrindererkrankungen kann bei der Auswertung der beiden Laktationen nicht auf die Definition einer Serviceperiode verzichtet werden, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass alle Tiere den betrachteten Zeitraum schon abgeschlossen haben. Die Serviceperiode stellt sicher, dass zensierte Beobachtungen nicht mit in die Auswertung einfließen, und gewährleistet, dass das einzelne Tier überhaupt die zeitliche Möglichkeit hatte, um erkranken und behandelt werden zu können. Der Datensatz der ersten Laktation umfasst 8.463 Kühe, die mindestens den 200. Melktag erreicht haben. Die Serviceperiode der zweiten Laktation wurde auf 150. Tage post partum festgelegt, da der Großteil aller Erkrankungen gehäuft im ersten Laktationsdrittel auftritt. Auf die Auswertung der zweiten Laktation muss zurzeit noch verzichtet werden, da nur 4.057 Tiere zur Verfügung stehen würden.

#### *Die Auswertung der Erkrankungen während der ersten Laktation*

Für die Auswertung der Erkrankungen während der ersten Laktation wird für jede einzelne Erkrankung eine eigene Datei erstellt. Die Umwandlung der Behandlungsdaten in ein binomialverteiltes Merkmal erfordert die Anwendung eines Schwellenwertmodells zur Beschreibung. Das Schwellenwertmodell stellt die Anforderung einer vollen Klassenbesetzung an das Datenmaterial. Die Datensätze der einzelnen Krankheiten wurden dahingehend überprüft und gegebenenfalls optimiert. Die Mindestforderung an die Klassenbesetzung des Herde- bzw. Herdenjahreffekts beträgt zehn Beobachtungen.

Die verschiedenen Krankheitskomplexe werden mit Hilfe eines Vatermodells beschrieben:

$$y = \Phi (hy_j + ks_l + s_n)$$

Für Nichteitrige Klauenerkrankungen wird ein etwas verändertes Schwellenwertmodell angewendet, da die Datenstruktur keinen kombinierten Herdenjahreffekt zulässt:

$$y = \Phi (h_i + ky_l + s_n)$$

Folgende Variablen werden in beiden Modellen verwendet:

- y            - abhängige Variable
- $\Phi$             - Probit-Link-Funktion des Schwellenwertmodells
- $h_i$             - fixer Effekt des Betriebs, in dem die Kalbung registriert wurde ( $i = 1, \dots, 17$ )
- $hy_{kj}$         - fixer Effekt des Herdenjahrs der Kalbung ( $j = 1, \dots, 85$ )

$k_{y_k}$	- fixer Effekt des Kalbejahrs ( $k = 1, \dots, 5$ )
$k_{s_l}$	- fixer Effekt der Kalbesaison ( $l = 1, \dots, 4$ )
$s_n$	- zufälliger Effekt des Vaters

Folgende Krankheitskomplexe<sup>5</sup> werden betrachtet:

- *Endometritis*  
Die Entzündung des Endometriums ist eine der häufigsten Fruchtbarkeitserkrankungen. Für die Auswertung stehen 8.285 Beobachtungen zur Verfügung (2.262 erkrankte Kühe).
- *Eitrige Klauenerkrankungen*  
Der Erkrankungskomplex Eitrige Klauenerkrankungen umfasst 8.232 Beobachtungen (1.421 Erkrankungen).
- *Nichteitrige Klauenerkrankungen*  
Das Datenmaterial umfasst 8.299 Beobachtungen in der ersten Laktation (388 Erkrankungen).
- *Mastitis*  
Für die erste Laktation ergibt sich ein Datenumfang von 8.412 Beobachtungen (2.498 Erkrankungen).
- *Puerperalstörungen*  
Nachgeburtverhalten und akute, toxische Metritiden sind vor allem verantwortlich für Störungen im Verlauf des Puerperiums. 8.030 Kühe in der ersten Laktation sind für die Auswertung von Puerperalstörungen vorhanden.
- *Zyklusstörungen*  
Für die Auswertung der Zyklusstörungen stehen Beobachtungen von 8.412 Erstlaktierenden zur Verfügung.

---

<sup>5</sup> Die Krankheitskomplexe fassen verschiedene Erkrankungen zusammen. Im Anhang in den Tabellen 12.15 bis 12.23 sind die Diagnosen inklusive des zentralen Diagnoseschlüssels nach Staufenbiel (ADR, 2008) aufgeführt, die einen Komplex bilden.

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Die Jungrindermerkmale – Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme

#### *Die Jungrindermerkmale*

Im Mittel werden die Jungrinder im Alter von 471 Tagen ( $\pm 50$  Tage) und mit einem Gewicht von 409 kg ( $\pm 38$  kg) zum ersten Mal besamt. Die Häufigkeitsverteilung beider Merkmale ist in den Abbildungen 4.1 und 4.2 dargestellt und veranschaulicht die hohe Variationsbreite der genannten Parameter. Das Erstbesamungsalter schwankt zwischen 329 und 720 Tagen. Das minimale Erstbesamungsgewicht erreicht nur 280 kg. Das Maximum beträgt dagegen 608 kg. Von der Geburt an bis zum Zeitpunkt der Erstbesamung nahmen die Tiere durchschnittlich 822 g/Tag ( $\pm 100$  g/Tag) zu. Die Lebenstagszunahme variiert von einem minimalen Wert von 427 g/Tag bis zu einem Maximum von 1.171 g/Tag. Die Darstellung der Häufigkeitsverteilung zeigt dabei, dass dieses Merkmal dem Ideal der Normalverteilung nah kommt.

Die im gesamten, unzensierten Datenmaterial vertretenen Betriebe unterscheiden sich hinsichtlich Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme stark voneinander, so dass verschiedene Managementstrategien unterstellt werden können (Tabelle 3.2). Die Mittelwerte des Erstbesamungsalters weisen im Extremfall eine Differenz von über 140 Tagen auf (,B' 421 Tage, ,L' 564 Tage). Das mittlere Erstbesamungsgewicht variiert zwischen 382 kg (,T') und 448 kg (,A') und die durchschnittliche Lebenstagszunahme schwankt im Bereich von 716 g/Tag (,U') bis 890 g/Tag (,M').

Tabelle 4.1. zeigt die Ergebnisse der uni- und multivariaten Varianzkomponentenschätzung für Alter, Gewicht und Lebenstagszunahme zur bzw. bis zur ersten Besamung des Jungrindes. Diese Merkmale, die als Indikatoren für die Entwicklung des Rindes zum Zeitpunkt der Zuchtreife dienen, zeichnen sich durch moderate Heritabilitäten aus. Während Gewicht und Lebenstagszunahme hoch positiv miteinander korreliert sind, bewegen sich ihre genetischen Korrelationen zum Erstbesamungsalter auf mittlerem bis hohem negativen Niveau.

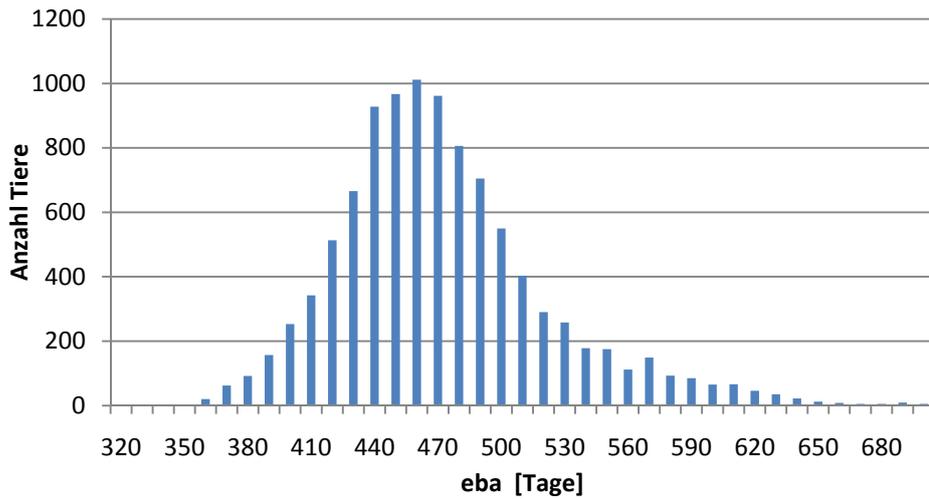
**Tab. 4.1:** Schätzwerte für die Heritabilität ( $h^2$ , Diagonale; univariat/multivariat), genetische ( $r_g$ , oberhalb Diagonale) und phänotypische Korrelationen ( $r_p$ , unterhalb der Diagonale) von Alter und Gewicht zur Erstbesamung sowie Lebenstagszunahme; Standardfehler in Klammern

	eba	gew	ltz
eba	<b>0,229 / 0,227</b> (0,03)	- 0,341 (0,11)	-0,843 (0,03)
gew	0,251	<b>0,228 / 0,170</b> (0,02)	0,788 (0,05)
ltz	-0,622	0,586	<b>0,374 / 0,375</b> (0,03)

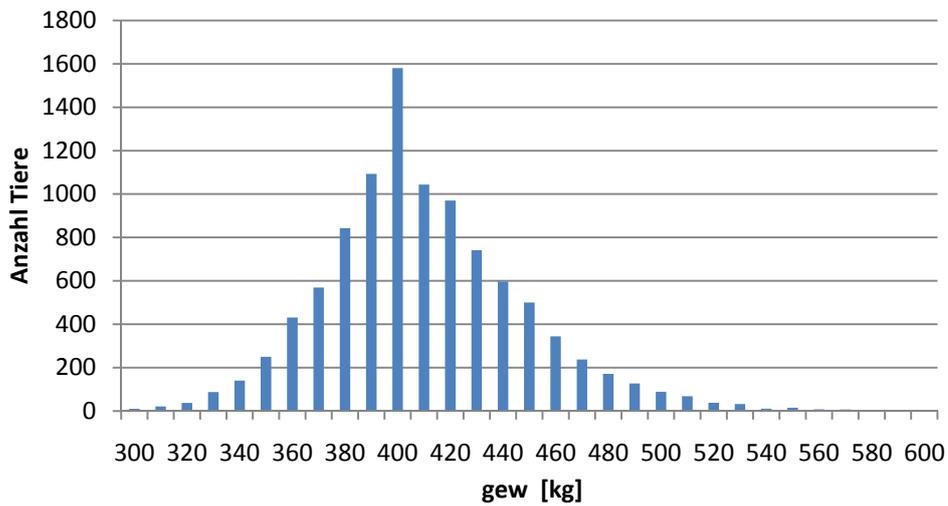
Heritabilitäten auf Basis Einzelbetrieb konnten für zwölf Betriebe geschätzt werden. Um eine ausreichend große Datenbasis für den jeweiligen Betrieb gewährleisten zu können, wurde auf alle vorhandenen Daten zurückgegriffen. Die einzelbetrieblichen Ergebnisse sind in Tabelle 4.2 dargestellt. Die Schätzungen für das Erstbesamungsalter reichen von 0,10 bis 0,64. Der genetische Anteil an der Gesamtvarianz des Merkmals Gewicht zur ersten Besamung schwankt von 0,06 bis 0,41 und die Lebenstagszunahme ist im Bereich zwischen 0,10 und 0,65 heritabel.

**Tab. 4.2:** Schätzwerte für die Heritabilität von Erstbesamungsalter und -gewicht sowie Lebenstagszunahme auf Basis Einzelbetrieb; Standardfehler in Klammern

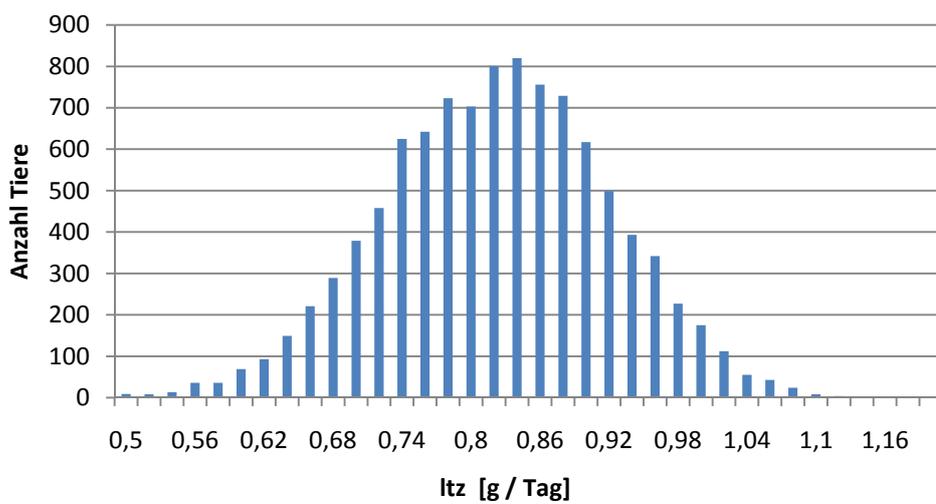
Betrieb	Anzahl Tiere	eba	gew	ltz
D	1.633	0,642 (0,10)	0,060 (0,05)	0,653 (0,11)
H	768	0,098 (0,09)	0,415 (0,08)	0,379 (0,09)
I	1.749	0,102 (0,05)	0,325 (0,07)	0,370 (0,06)
J	971	0,313 (0,10)	0,397 (0,09)	0,541 (0,10)
K	907	0,130 (0,08)	0,247 (0,07)	0,350 (0,08)
L	717	0,400 (0,12)	0,237 (0,17)	0,558 (0,14)
M	2.603	0,149 (0,04)	0,249 (0,04)	0,447 (0,05)
O	979	0,364 (0,12)	0,103 (0,06)	0,177 (0,08)
P	929	0,247 (0,10)	0,269 (0,09)	0,421 (0,10)
R	833	0	0,133 (0,09)	0,097 (0,11)
T	2.438	0,255 (0,07)	0,190 (0,05)	0,392 (0,06)
U	4.152	0,449 (0,05)	0,057 (0,03)	0,428 (0,06)



**Abb. 4.1:** Häufigkeitsverteilung des Erstbesamungsalters



**Abb. 4.2:** Häufigkeitsverteilung des Erstbesamungsgewichts



**Abb. 4.3:** Häufigkeitsverteilung der Lebenstagszunahme

### *Die Einflussfaktoren auf die Jungrinderentwicklung*

Verschiedene Parameter wurden auf einen möglichen Einfluss auf die Merkmale der Jungrinderentwicklung hin getestet: der Geburtsverlauf, die Parität der Mutter, die Geburt von Mehrlingskälbern, die Trächtigkeitsdauer sowie das Geburtsgewicht. Mit Ausnahme des Geburtsverlaufs beeinflussen alle der genannten Faktoren sowohl Erstbesamungsalter und -gewicht als auch Lebenstagszunahme signifikant bis hoch signifikant.

Der Einfluss der Parität der Mutter auf die Jungrindermerkmale ist in den Abbildungen 4.4 bis 4.6 dargestellt. Jungrinder, die von Erstkalbinnen zur Welt gebracht wurden, zeichnen sich durch die geringste Lebenstagszunahme aus, was auf eine verzögerte Entwicklung hinweist. Jungrinder von Zweitkalbskühen werden in einem geringen Alter bei zugleich hohem Gewicht zum ersten Mal besamt. Ihre Entwicklung bis zum Erreichen der Zuchtreife verläuft am raschesten. Mit zunehmender Parität ab der zweiten Kalbung steigt das Erstbesamungsalter wieder an, wodurch die Lebenstagszunahme kontinuierlich abnimmt. Das Erstbesamungsgewicht bleibt in der Spanne zwischen zweiter und sechster Kalbung weitgehend konstant. Jungrinder, die der siebten bzw. höheren Paritäten entstammen, wiegen zur Erstbesamung weniger. Einschränkend muss allerdings erwähnt werden, dass die für diese Klasse zugrunde liegende Tierzahl relativ gering ist und nicht alle Betriebe dafür Daten liefern können.

Die phänotypische Beziehung von Geburtsverlauf und der Art der Trächtigkeit zu den Merkmalen der Zuchtreife ist in den Abbildungen 4.7 bis 4.9 aufgezeigt. Schweregeborene Kälber scheinen tendenziell jünger und schwerer zum Zeitpunkt der Erstbesamung zu sein. Die geringen Unterschiede im Vergleich zu normalgeborenen Kälbern sind statistisch jedoch nicht gesichert.

Zwillingskälber sind erwartungsgemäß älter und leichter, wenn sie die Zuchtreife erreichen. Ihre täglichen Zunahmen liegen deutlich unter dem Wert, den Einlingskälber erreichen.

Die Abbildungen 4.10 bis 4.12 dokumentieren den phänotypischen Zusammenhang zwischen Erstbesamungsalter, -gewicht bzw. Lebenstagszunahme und der Trächtigkeitsdauer. Mit zunehmender Tragzeit sinkt das Erstbesamungsalter kontinuierlich, wohingegen das Erstbesamungsgewicht und dadurch auch die Lebenstagszunahme ansteigen. Die stärkere Streuung in den äußeren Klassen ist dem Umstand geschuldet, dass diese merkmalsbedingt geringer besetzt sind. Dennoch ist der Trend eindeutig erkennbar: Kälber, deren Tragzeit länger ist, wachsen schneller und erreichen die Zuchtreife eher bei einem gleichzeitig höheren Gewicht. Das Merkmal Trächtigkeitsdauer ist hoch heritabel und mit dem Gewicht zur ersten Besamung und der Lebenstagszunahme auf niedrigem Niveau positiv korreliert (Tabelle 4.3).

**Tab. 4.3:** Schätzwerte für Heritabilitäten für Trächtigkeitsdauer sowie genetische und phänotypische Korrelationen zu Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme; Standardfehler in Klammern

	h <sup>2</sup>	eba		gew		ltz	
		r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>	r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>	r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>
Trächtigkeitsdauer	0,580 (0,03)	-0,033 (0,05)	-0,051	0,193 (0,07)	0,062	0,172 (0,06)	0,087
Geburtsgewicht	0,457 (0,06)	-0,365 (0,08)	-0,208	0,375 (0,10)	0,193	0,427 (0,10)	0,272

Für einen Teil der Jungrinder mit Erstbesamungsgewicht ist ebenfalls das Geburtsgewicht bekannt. Die Abbildungen 4.13 bis 4.15 zeigen, dass zwischen Erstbesamungsalter und Geburtsgewicht ein negativer Zusammenhang besteht, d. h. mit steigendem Geburtsgewicht sinkt das Alter zur ersten Besamung. Sowohl Erstbesamungsgewicht als auch Lebenstagszunahme steigen mit zunehmendem Geburtsgewicht an. Die genetischen Korrelationen bestätigen den phänotypischen Trend (Tabelle 4.3): Zum Erstbesamungsgewicht bestehen moderat negative genetische Beziehungen. Das Erstbesamungsgewicht und die Lebenstagszunahme sind mit dem Geburtsgewicht moderat positiv verknüpft. Das Geburtsgewicht selbst ist hochheritabel.

Krankheiten können die Entwicklung nachhaltig beeinträchtigen, deshalb ist auch ihr Einfluss auf das Erreichen der Zuchtreife zu überprüfen. Die häufigsten Erkrankungen im Zeitraum zwischen Geburt und erster Belegung sind vor allem die Kälberkrankheiten Bronchopneumonie, Enteritis und Trichophytie (Tabelle 4.4). 91 % der Bronchopneumonieerkrankungen treten bis zum 100. Lebenstag auf. Enteritis ist fast ausschließlich ein Problem während der Tränkephase (92 % der Erkrankungen bis zum 75. Lebenstag). Die Trichophytie, oder sogenannte Kälberflechte, wird gehäuft zwischen den ersten Lebenstagen und dem Alter von 200 Tagen festgestellt. Eitrige Klauen- und Gelenkerkrankungen treten erst zu einem späteren Zeitpunkt vermehrt auf. Wobei Arthrose bzw. Arthritis keine eindeutigen Häufungen im Intervall zeigen, sondern als Diagnose über den gesamten Zeitraum verteilt auftreten.

In Tabelle 4.5 sind die LSMEANS für Alter und Gewicht zur ersten Besamung sowie für die Lebenstagszunahme in Abhängigkeit verschiedener Krankheiten dargestellt. An Arthritis/Arthrose, Klauenkrankheiten und Trichophytie erkrankte Tiere haben gegenüber gesunden ein signifikant höheres Erstbesamungsalter. Bronchopneumonie-erkrankte Tiere weisen ein signifikant geringeres Erstbesamungsgewicht und dadurch bedingt eine ebenfalls signifikant geringere Lebenstagszunahme auf. Einen statistisch gesicherten negativen Effekt auf die Lebenstagszunahme haben zudem Arthritis-/Arthrose- und Trichophytie-Erkrankungen.

**Tab. 4.4:** Erkrankungen im Zeitraum zwischen Geburt und erster Besamung – absolute sowie relative Anzahl gesunder bzw. erkrankter Jungrinder und das mittlere Alter der erkrankten Tiere

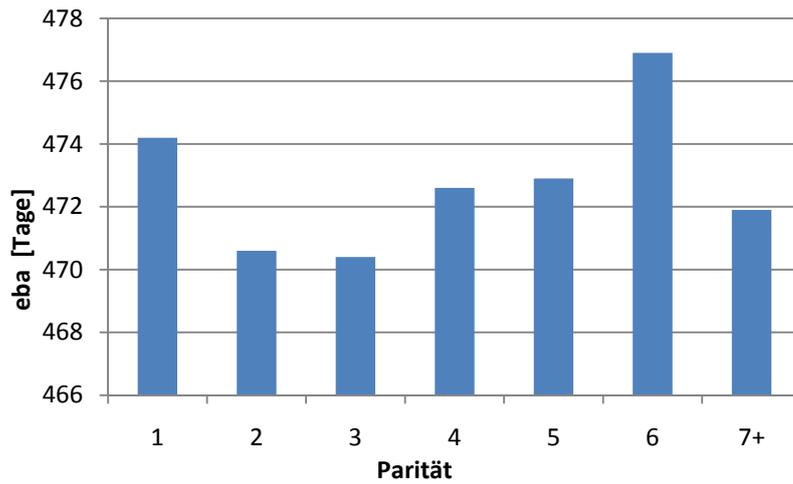
	gesund	krank	mittleres Alter erkrankter Tiere
Bronchopneumonie	7.734	2.306 (23,0 %)	47 ± 54 Tage
Enteritis	8.463	1.577 (15,7 %)	33 ± 84 Tage
Trichophytie	9.179	861 (8,6%)	65 ± 74 Tage
Eitrige Klauenerkrankungen	9.884	156 (1,5 %)	380 ± 87 Tage
Arthrose/Arthritis	9.922	118 (1,2 %)	330 ± 130 Tage

Es ist unwahrscheinlich, dass die Trichophytie selbst einen so großen Einfluss auf die Entwicklung ausübt. Es ist eher davon auszugehen, da es sich bei Trichophytie zum Einen um eine Faktorenkrankheit und zum Andern um einen Hautpilz handelt, dass diese Hauterkrankung nur symptomatisch ist für sowieso schon geschwächte und in ihrer Entwicklung beeinträchtigte Tiere.

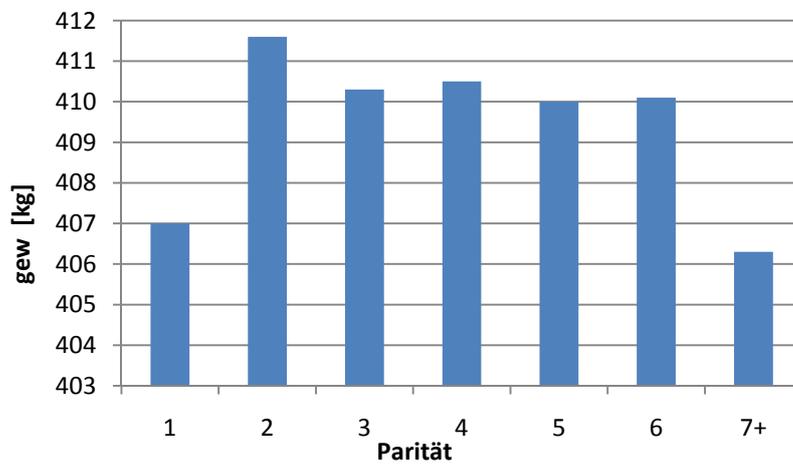
An Enteritis erkrankte Kälber haben im Gegensatz zu den vorher genannten Krankheiten ein geringeres mittleres Erstbesamungsalter als die gesunde Tiergruppe. Enteritis ist eine gut und schnell zu erkennende Krankheit und je nach Ursache relativ gut zu behandeln. Ein möglicher Erklärungsansatz ist, dass erkrankte Tiere, insofern sie überleben, durch intensiven Einsatz therapeutischer Maßnahmen keine Entwicklungsverzögerung erleben, sondern im Gegenteil das Wachstum positiv beeinflusst wird.

**Tab. 4.5:** Einfluss der häufigsten Erkrankungen im Zeitraum zwischen Geburt und erster Besamung auf Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme (LSMEANS); signifikante Unterschiede: \*\*  $p \leq 0,01$

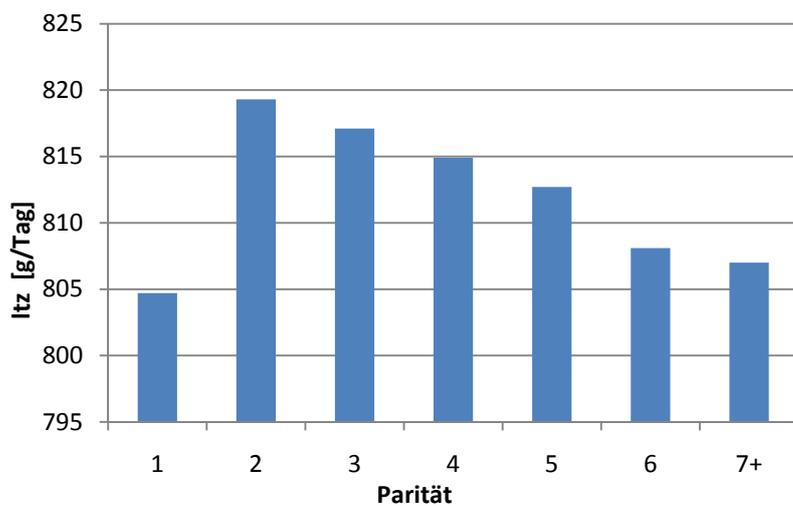
	eba [Tage]		gew [kg]		ltz [g/Tag]	
	gesund	erkrankt	gesund	erkrankt	gesund	erkrankt
Arthrose/Arthritis	472,3**	491,8	409,7	406,1	812,1**	783,3
Bronchopneumonie	472,2	473,1	410,3**	407,1	813,5**	805,8
Enteritis	472,8**	469,2	409,8	408,9	811,9	813,0
Klauenerkrankungen	472,2**	480,7	409,6	410,8	812,1	806,8
Trichophytie	471,3**	483,6	409,8	408,1	813,8**	794,4



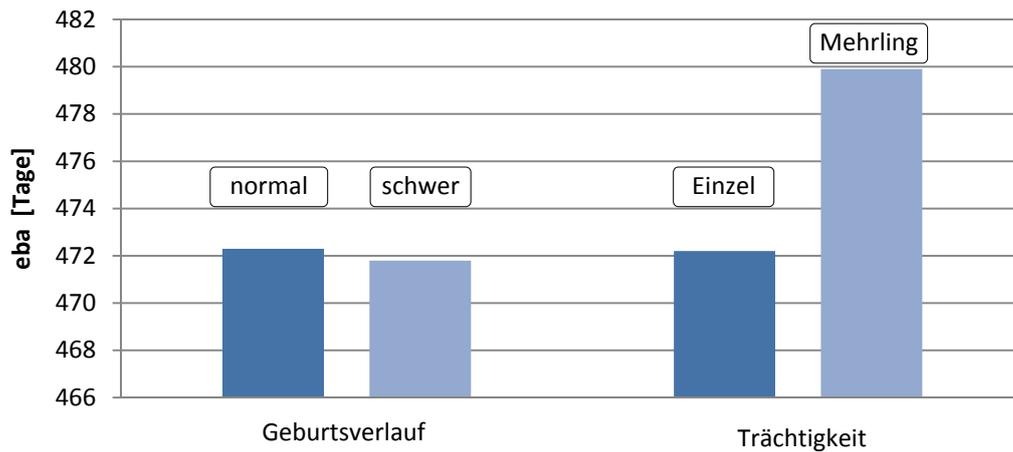
**Abb. 4.4:** Erstbesamungsalter des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Parität der Mutter (in Klassen)



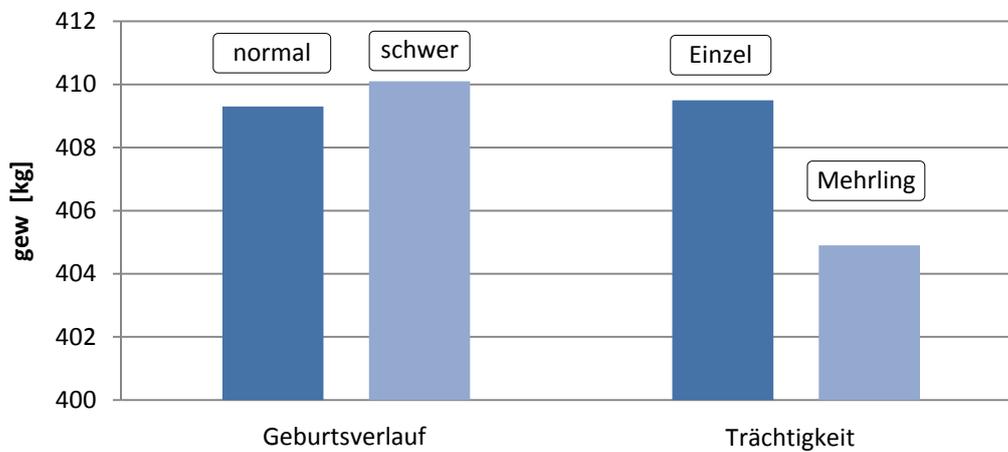
**Abb. 4.5:** Erstbesamungsgewicht des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Parität der Mutter (in Klassen)



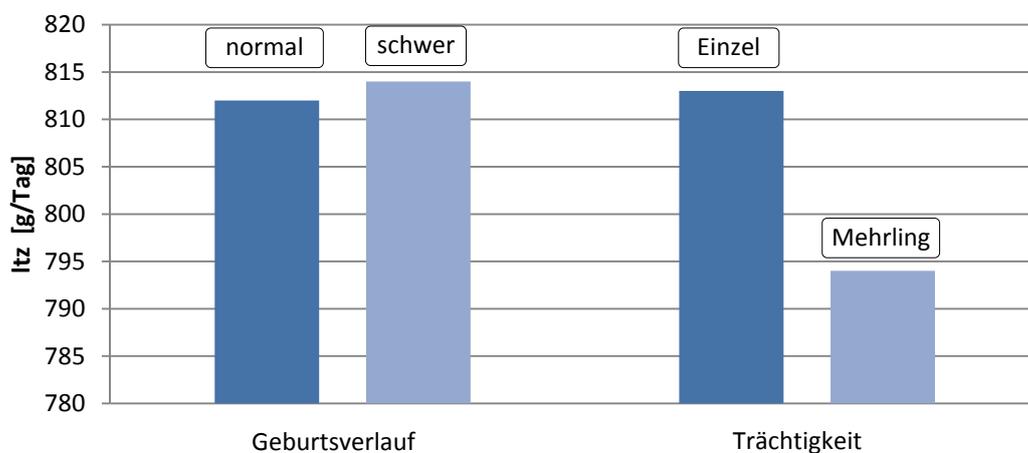
**Abb. 4.6:** Lebenstagszunahme des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Parität der Mutter (in Klassen)



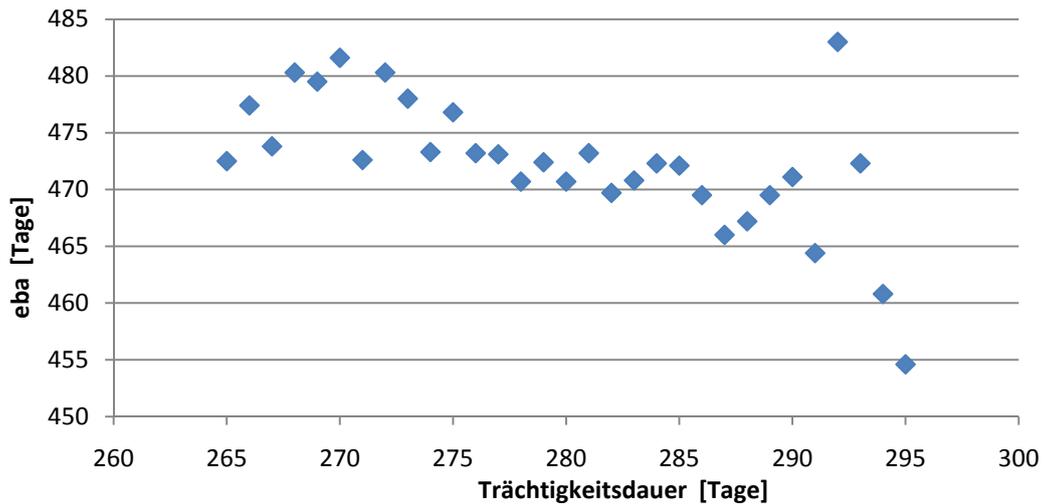
**Abb. 4.7:** Erstbesamungsalter des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Art des Geburtsverlaufs (Normal- bzw. Schweregeburt, in Klassen) und der Art der Trächtigkeit (Einzel- bzw. Mehrlingsträchtigkeit, in Klassen)



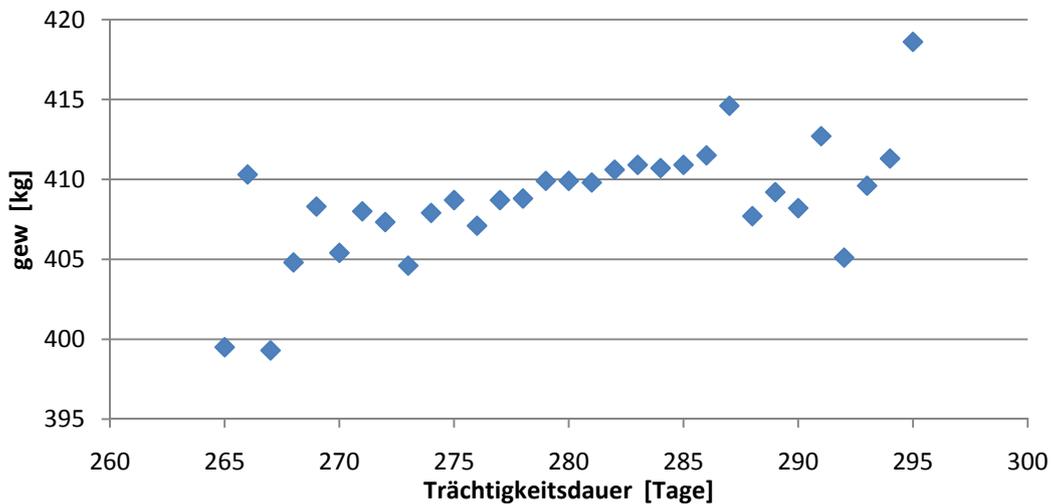
**Abb. 4.8:** Erstbesamungsgewicht des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Art des Geburtsverlaufs (Normal- bzw. Schweregeburt, in Klassen) und der Art der Trächtigkeit (Einzel- bzw. Mehrlingsträchtigkeit, in Klassen)



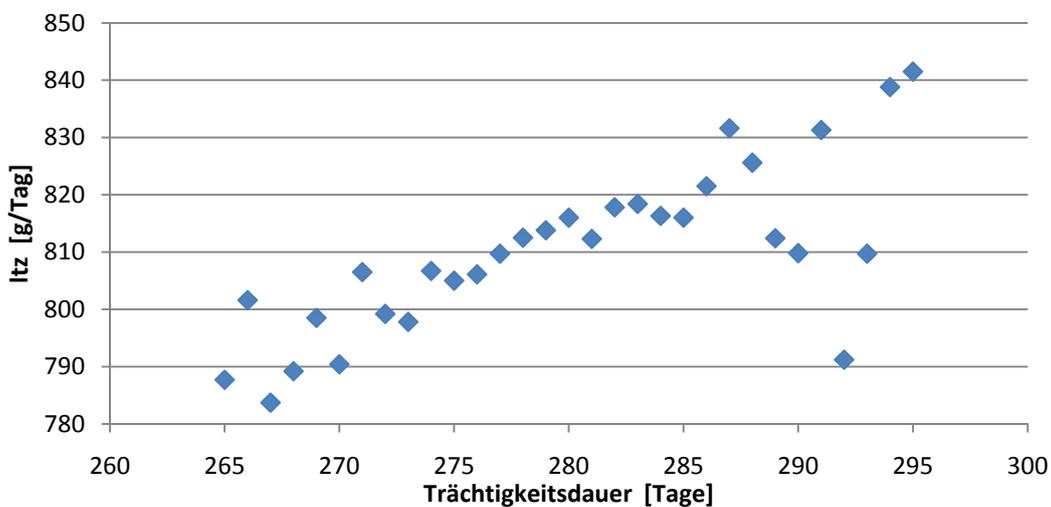
**Abb. 4.9:** Lebenstagszunahme des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Art des Geburtsverlaufs (Normal- bzw. Schweregeburt, in Klassen) und der Art der Trächtigkeit (Einzel- bzw. Mehrlingsträchtigkeit, in Klassen)



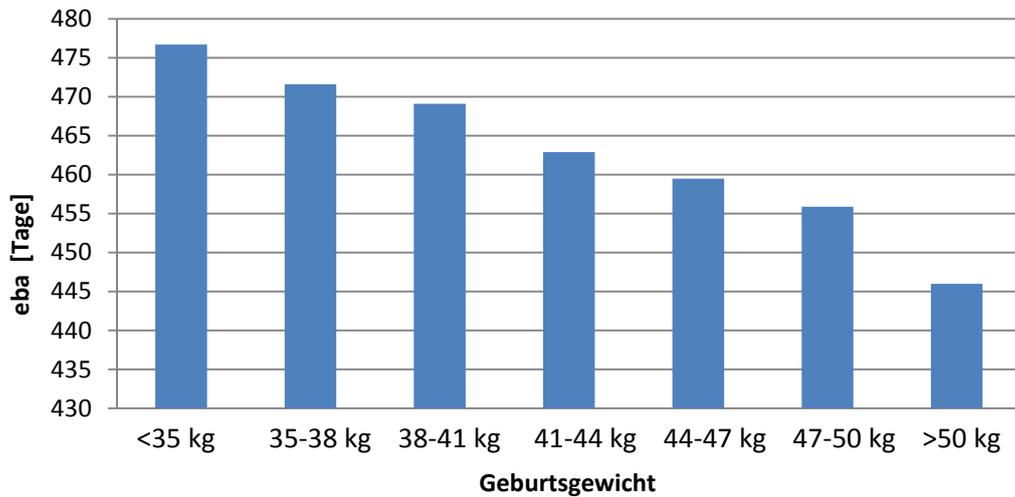
**Abb. 4.10:** Erstbesamungsalter des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Trächtigkeitsdauer der Mutter (in Klassen)



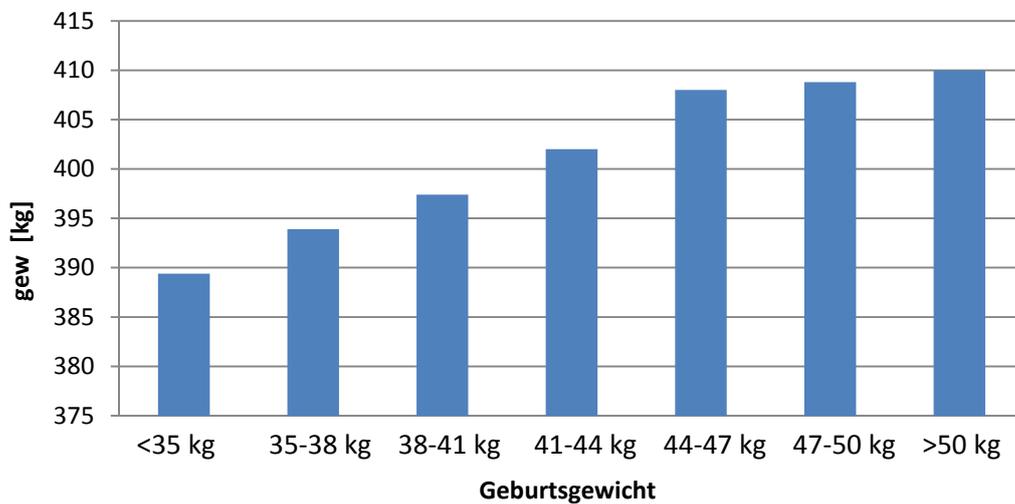
**Abb. 4.11:** Erstbesamungsgewicht des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Trächtigkeitsdauer der Mutter (in Klassen)



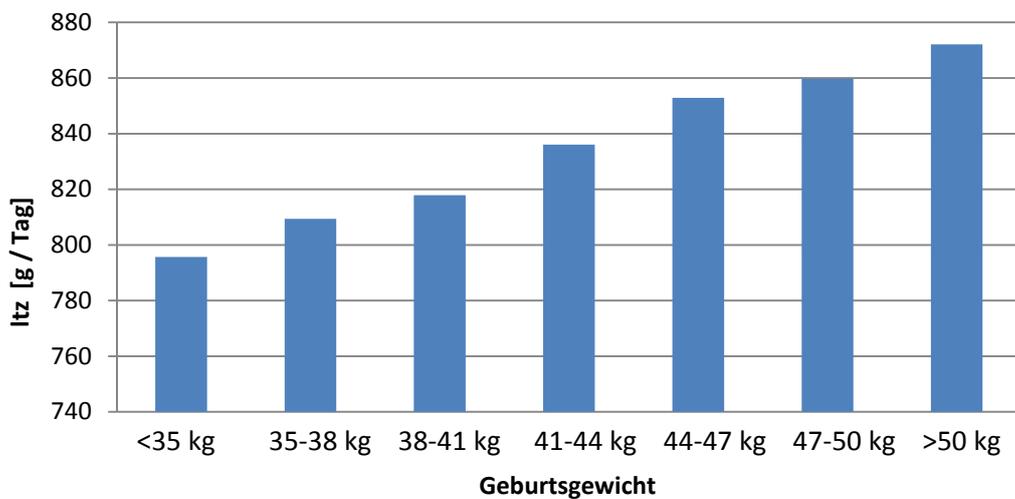
**Abb. 4.12:** Lebenstagszunahme des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Trächtigkeitsdauer der Mutter (in Klassen)



**Abb. 4.13:** Erstbesamungsalter des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Geburtsgewicht (in Klassen)



**Abb. 4.14:** Das Erstbesamungsgewicht des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Geburtsgewicht (in Klassen)



**Abb. 4.15:** Die Lebenstagszunahme des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Geburtsgewicht (in Klassen)

## 4.2. Die Milchleistungsmerkmale der ersten und zweiten Laktation

Die Testherden bilden einen Querschnitt durch die leistungsstärksten Herden in Mecklenburg-Vorpommern. Die Tabelle 4.6 gibt einen Überblick über die Mittelwerte der Milchleistungsmerkmale von sowohl Testtagsleistung als auch der errechneten 305-Tage-Leistung inklusive der Extreme des verwendeten Datenmaterials, welches die Mehrheit der Testherden beinhaltet. Die mittlere Testtagsleistung der ersten Laktation beträgt 29,3 kg Milch. In der zweiten Laktation steigt die tägliche Milchleistung auf 33,1 kg an. Die Variationsbreite zwischen den betrieblichen Mittelwerten reicht von 23,6 kg bis 35,3 kg in der ersten Laktation. Im Betrieb mit der geringsten Herdenleistung beträgt das durchschnittliche Testtagsgemelk in der zweiten Laktation 27,0 kg Milch. Der beste Betrieb erreicht eine durchschnittliche Testtagsleistung von 41,8 kg Milch.

Beim Vergleich der mittleren Fett- und Eiweißgehalte der ersten beiden Laktationen miteinander, so ist ebenfalls in der zweiten Laktation eine Erhöhung von 3,96 % auf 4,04 % bzw. von 3,37 % auf 3,46 % festzustellen. Der mittlere Eiweißgehalt des Einzelbetriebs schwankt zwischen 3,17 % und 3,55 % in der ersten Laktation bzw. zwischen 3,28 % und 3,63 % in der zweiten. Da der Fettgehalt, genauso wie der Eiweißgehalt stark abhängig ist vom Fütterungsmanagement, weist auch dieser im Vergleich der Betriebsmittelwerte eine hohe Spanne zwischen Minimum (3,64 %) und Maximum (4,18 %) auf, die sich in der zweiten Laktation noch vergrößert (3,69 % bis 4,34 %). Der SCS, der als indirekter Parameter zur Beurteilung der Eutergesundheit dient, ist im Durchschnitt bei Erstlaktierenden niedriger (2,41) als bei Kühen in der zweiten Laktation (2,73). Im Betriebsmittel ergibt sich eine Variation zwischen 2,05 und 3,25 in der ersten Laktation. In der zweiten Laktation beträgt der SCS im Betriebsdurchschnitt im Minimum 2,01 und erreicht ein Maximum von 3,87.

Eine detaillierte Übersicht über die einzelnen Milchleistungsparameter von sowohl Testtags- als auch 305-Tage-Leistung der verschiedenen Betriebe, deren Daten in diese Auswertung einfließen, geben im Anhang die Tabellen 12.7 bis 12.10.

**Tab. 4.6:** Durchschnittswerte inklusive Standardabweichung der Milchleistungsmerkmale mit Minima und Maxima von Testtags- sowie 305-Tage-Leistung der ersten und zweiten Laktation

	Merkmal	1. Laktation			2. Laktation		
		Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum
Testtagsleistungen	Milchmenge [kg]	29,3 ± 6,8	2,3	66,8	33,1 ± 9,7	2,0	70,2
	ECM [kg]	28,8 ± 5,7	2,7	70,5	32,9 ± 8,6	2,0	70,9
	Eiweißmenge [g]	977 ± 200	85	2.086	1.122 ± 280	67	2.368
	Fettmenge [g]	1.135 ± 238	123	3.200	1.303 ± 360	81	3.394
	Eiweißgehalt [%]	3,37 ± 0,34	2,20	6,09	3,46 ± 0,37	2,12	6,26
	Fettgehalt [%]	3,96 ± 0,70	1,63	9,71	4,04 ± 0,74	1,66	9,16
	SCS	2,41 ± 1,51	-3,64	9,64	2,73 ± 1,74	-3,64	9,64
305-Tage-Leistung	Milchmenge [kg]	8.979 ± 1.569	3.231	14.755	10.156 ± 1.837	3.992	16.801
	Eiweißmenge [g]	296,8 ± 47,3	112	472	343 ± 56,6	120	529
	Fettmenge [g]	344,9 ± 54,6	138	590	397 ± 67,8	157	621
	Eiweißgehalt [%]	3,34 ± 0,22	2,61	4,17	3,43 ± 0,23	2,73	4,53
	Fettgehalt [%]	3,92 ± 0,48	2,44	5,70	4,01 ± 0,52	2,22	5,90
	SCS	2,36 ± 1,11	-0,17	7,4	2,65 ± 1,24	0,11	7,56

*Die phänotypischen Beziehungen*

Die in den Tabellen 4.7 und 4.8 dargestellten Ergebnisse des F-Tests, zeigen inwiefern eine signifikante phänotypische Beziehung zwischen Erstbesamungsalter, -gewicht und/oder Lebenstagszunahme und den Milchleistungsmerkmalen der Testtagsleistungen bzw. der hochgerechneten 305-Tage-Leistung der ersten und zweiten Laktation besteht. Die drei Jungrindermerkmale besitzen auf alle betrachteten Parameter der Testtagsleistungen einen signifikanten Einfluss, der in beiden Laktationen gleichermaßen festzustellen ist. Die Betrachtung der 305-Tage-Leistung dagegen zeigt in einigen Merkmalen keinen signifikanten Zusammenhang. Ursächlich für diesen Unterschied sind die veränderte Qualität des Merkmals - Durchschnittswerte weisen einen geringeren Informationsgehalt auf als Testtagsleistungen - und der wesentlich geringere Stichprobenumfang. In den Abbildungen 4.16 bis 4.33 ist deshalb der phänotypische Trend der Milchleistungsparameter der Testtagsleistungen in Abhängigkeit von den drei Jungrindermerkmalen graphisch dargestellt.

Das Erstbesamungsalter steht mit der produzierten Milch-, Fett und Eiweißmenge in einem negativen phänotypischen Zusammenhang: mit steigendem Alter zur Erstbesamung nimmt die Menge von Milch, Fett und Eiweiß annähernd linear ab. In der zweiten Laktation stellt sich diese negative Beziehung sogar noch ausgeprägter dar als in der ersten. Während der Eiweißgehalt der ersten Laktation bei einem höheren Erstbesamungsalter leicht verringert ist, kann in der zweiten Laktation eine positive Beziehung festgestellt werden. Der Fettgehalt wird in der ersten Laktation von einem steigenden Erstbesamungsalter positiv beeinflusst. In der zweiten Laktation weisen die Tiere mit einem geringen Alter zur Erstbesamung einen geringeren Fettgehalt in der Milch auf. Ein über die Altersklasse ‚3‘ hinaus steigendes Erstbesamungsalter führt dagegen nicht zu einer weiteren Steigerung des Fettgehalts der Milch. Mit steigendem Erstbesamungsalter verringert sich der SCS. Diese negative Abhängigkeit ist in der zweiten Laktation ebenfalls stärker ausgeprägt.

Milch-, Fett- und Eiweißmenge beider Laktationen erhöhen sich leicht bei steigendem Erstbesamungsgewicht. Der Eiweißgehalt steigt, ebenfalls in beiden Laktationen, linear mit zunehmendem Gewicht an. Zwischen Fettgehalt und Gewicht zur Erstbesamung besteht ein geringer, wenn auch signifikanter Zusammenhang. In der ersten Laktation weisen Tiere mit hohem Erstbesamungsgewicht einen höheren SCS auf als Kühe, die mit einem geringeren Gewicht zum ersten Mal besamt werden. Auch in der zweiten Laktation ist ein Anstieg des SCS bei einer Erhöhung des Erstbesamungsgewichts erkennbar. Allerdings besitzen auch Tiere mit sehr geringem Erstbesamungsgewicht einen erhöhten SCS.

Mit steigender Lebenstagszunahme steigen Milch-, Fett- und Eiweißmenge linear an. Zwischen Lebenstagszunahme und den Inhaltsstoffen besteht in der ersten Laktation eine gering positive

Beziehung. In der zweiten Laktation sind dagegen kaum noch Unterschiede zwischen den einzelnen Klassen im Bezug auf Fett- und Eiweißgehalt auszumachen. Der SCS steigt in beiden Laktationen mit zunehmender Lebensstagnahme stetig an.

**Tab. 4.7:** Phänotypische Beziehungen zwischen Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebensstagnahme und den Milchleistungsmerkmalen der Testtagsleistung der ersten und zweiten Laktation;

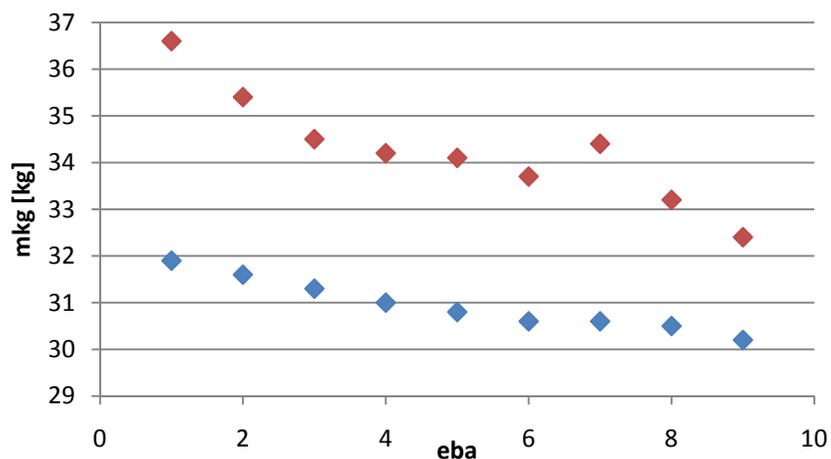
Ergebnisse des F-Tests mit folgenden Signifikanzgrenzen: \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*  $p \leq 0,05$ ; (\*)  $p \leq 0,10$ ; wobei eba, gew, ltz als Kovariable / fixer Effekt in Klassen im entsprechenden Modell

	mkg	ekg	fkg	epr	fpr	scs
1. Laktation						
eba	** / **	** / **	** / **	** / **	(*) / **	** / **
gew	** / **	** / **	** / **	** / **	** / **	** / **
ltz	** / **	** / **	** / **	** / **	** / **	** / **
2. Laktation						
eba	** / **	** / **	** / **	** / **	(*) / **	** / **
gew	** / **	** / **	** / **	** / **	** / **	** / **
ltz	** / **	** / **	** / **	** / **	0,42 / **	** / **

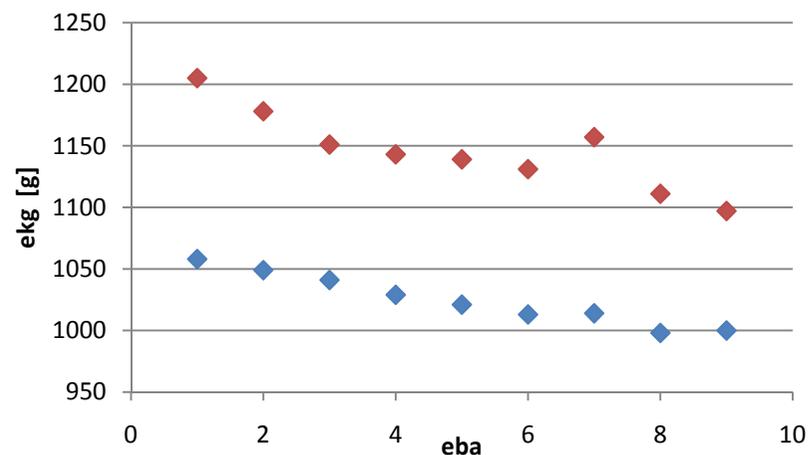
**Tab. 4.8:** Phänotypische Beziehungen zwischen Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebensstagnahme und den Milchleistungsmerkmalen der 305-Tage-Leistung der ersten und zweiten Laktation;

Ergebnisse des F-Tests mit folgenden Signifikanzgrenzen: \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*  $p \leq 0,05$ ; (\*)  $p \leq 0,10$ ; wobei eba, gew, ltz als Kovariable / fixer Effekt in Klassen im entsprechenden Modell

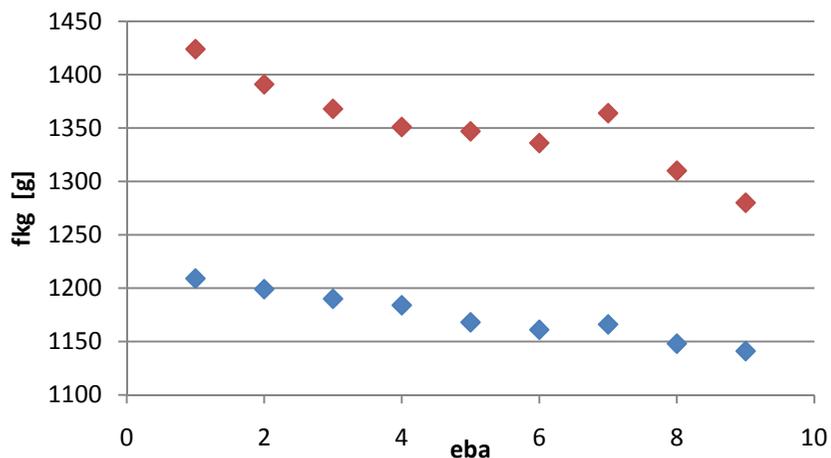
	mkg	ekg	fkg	epr	fpr	scs	pers
1. Laktation							
eba	* / 0,36	* / 0,25	** / **	0,24/0,23	0,52/0,64	* / (*)	0,23/0,41
gew	** / **	** / **	** / **	** / **	* / *	** / **	0,18/0,33
ltz	** / **	** / **	** / **	** / **	(*) / 0,21	** / **	**/0,17
2. Laktation							
eba	** / **	** / **	** / **	** / **	0,36/0,83	** / 0,25	* / 0,20
gew	0,12/0,66	** / *	** / 0,14	** / **	* / *	0,34/0,17	** / *
ltz	** / **	** / **	** / **	0,23/0,38	0,83/0,33	** / (*)	** / **



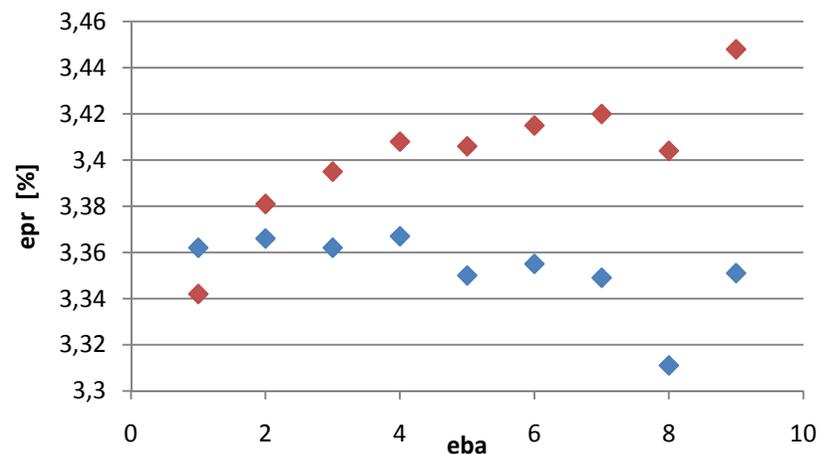
**Abb. 4.16:** Milchmenge der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



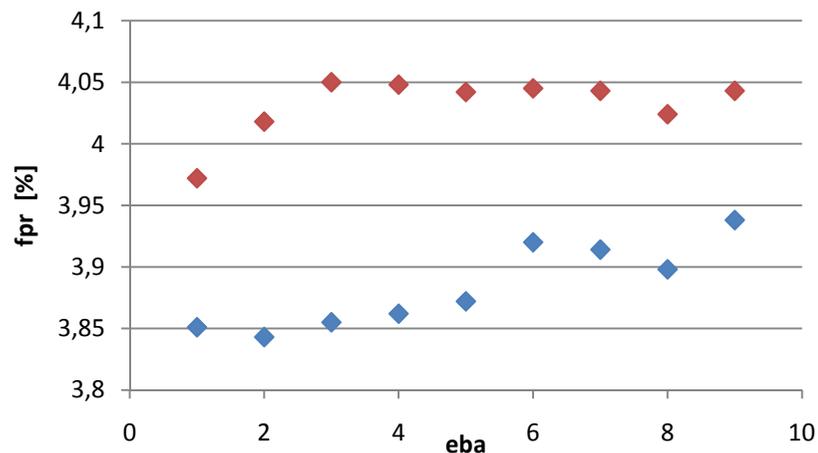
**Abb. 4.17:** Eiweißmenge der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



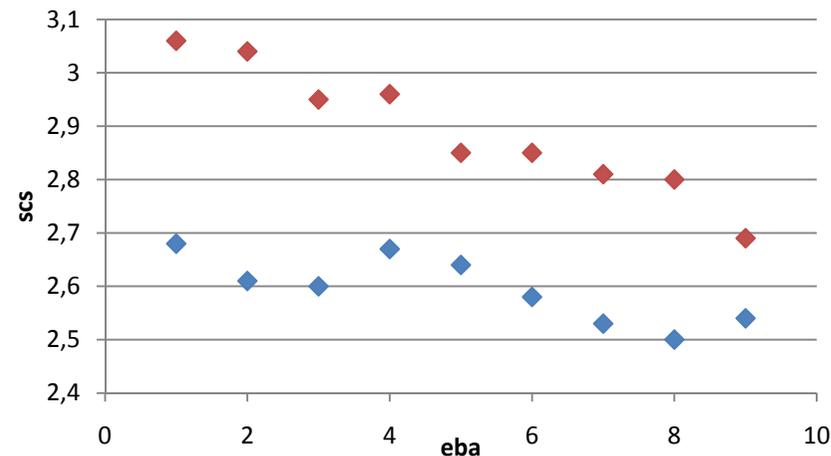
**Abb. 4.18:** Fettmenge der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



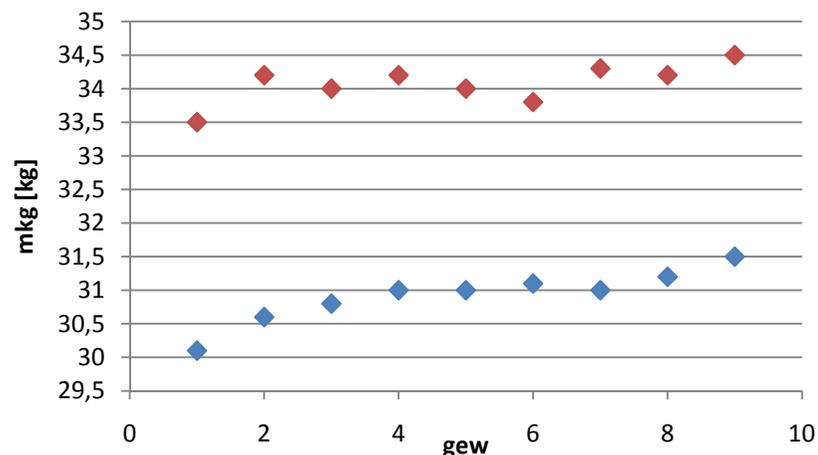
**Abb. 4.19:** Eiweißgehalt der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



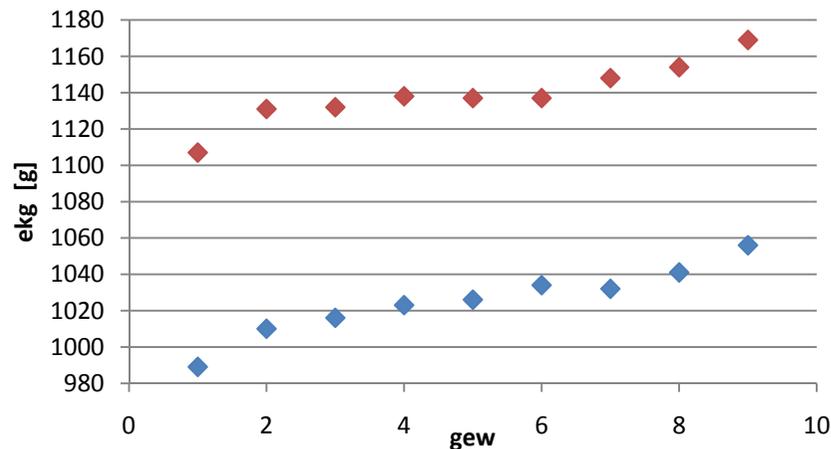
**Abb. 4.20:** Fettgehalt der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



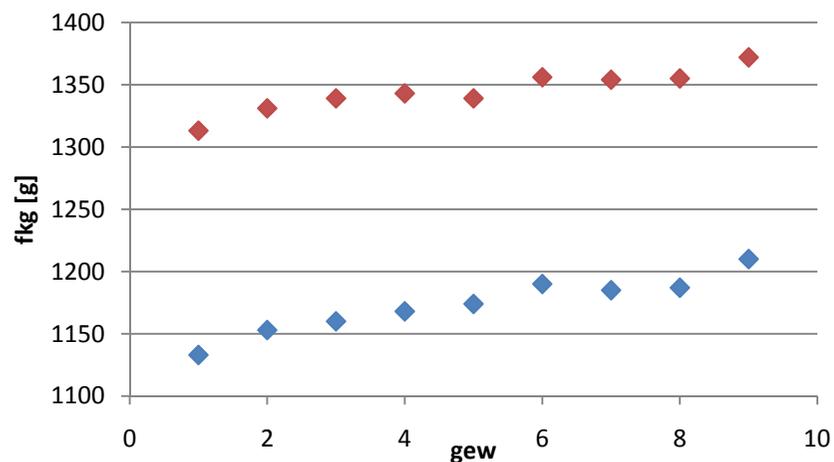
**Abb. 4.21:** SCS der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



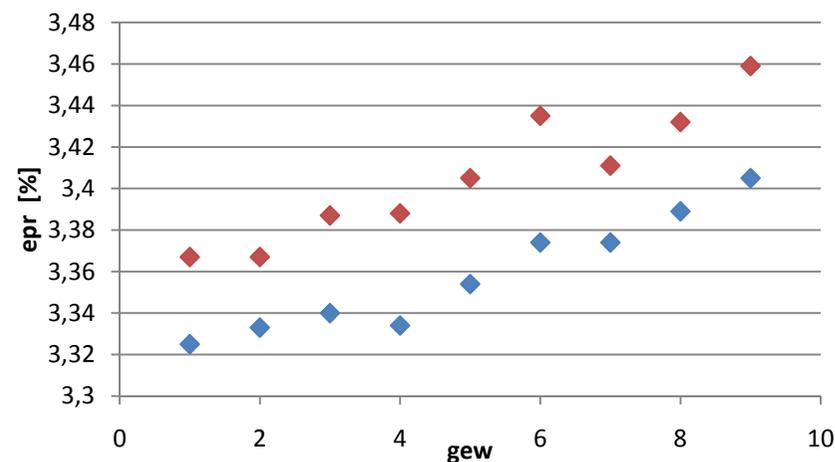
**Abb. 4.22:** Milchmenge der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



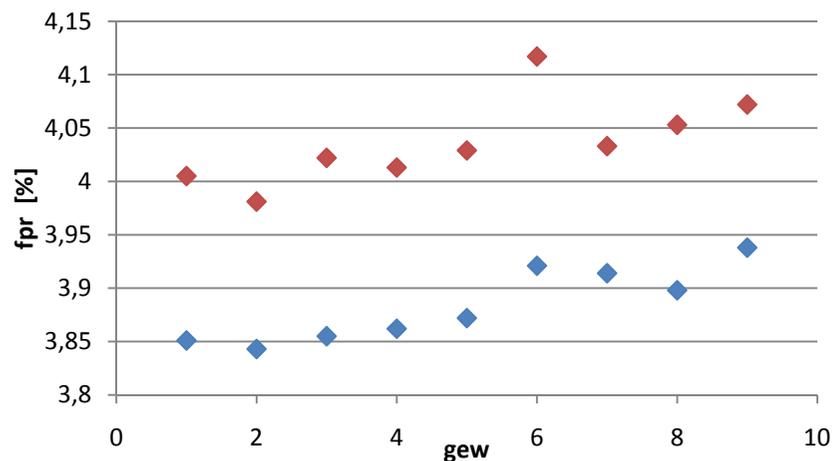
**Abb. 4.23:** Eiweißmenge der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



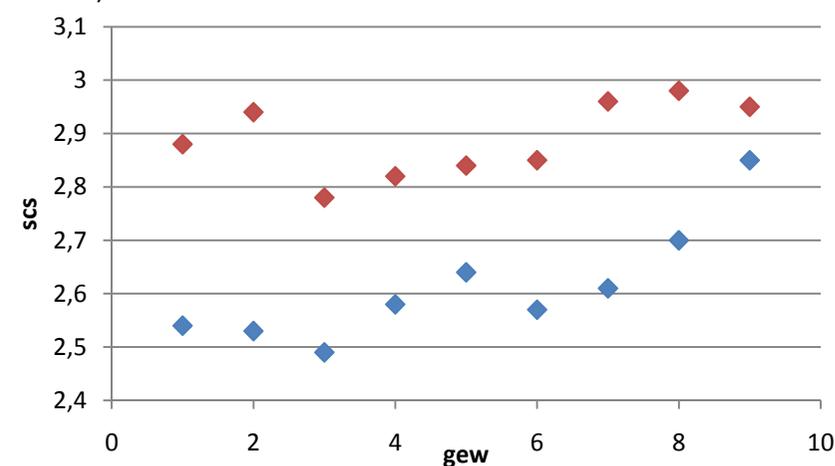
**Abb. 4.24:** Fettmenge der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



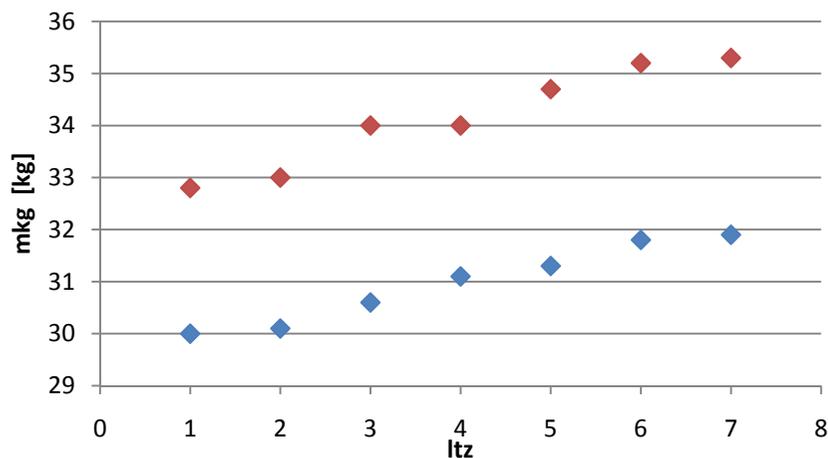
**Abb. 4.25:** Eiweißgehalt der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



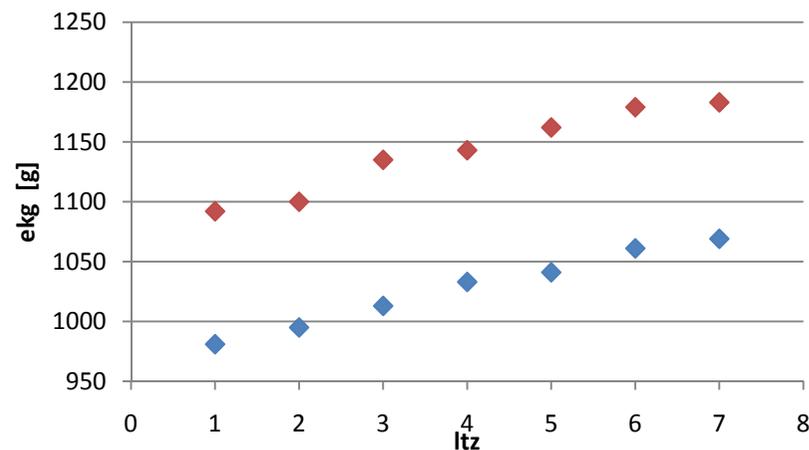
**Abb. 4.26:** Fettgehalt der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



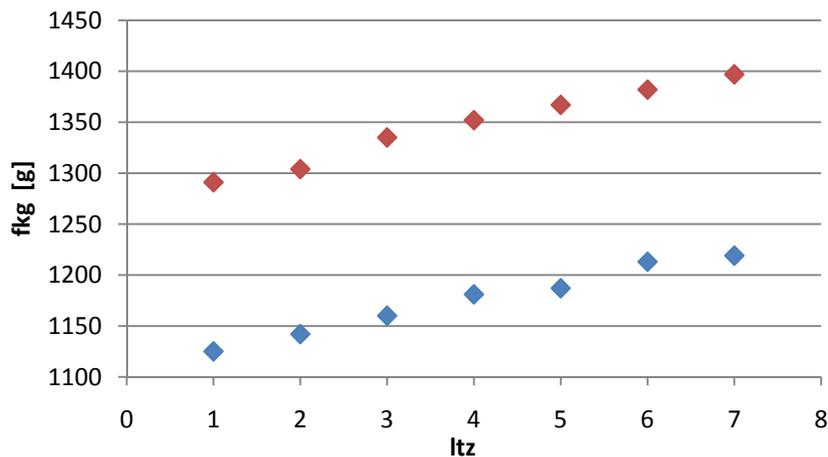
**Abb. 4.27:** SCS der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



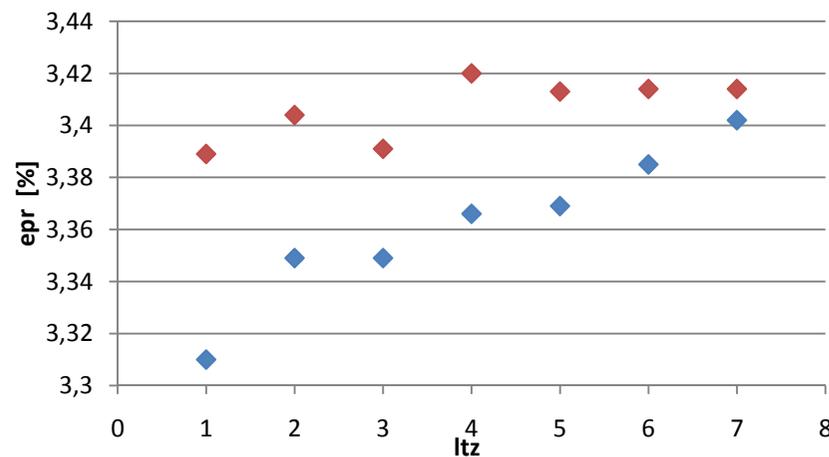
**Abb. 4.28:** Milchmenge der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebensstagszunahme (in Klassen)



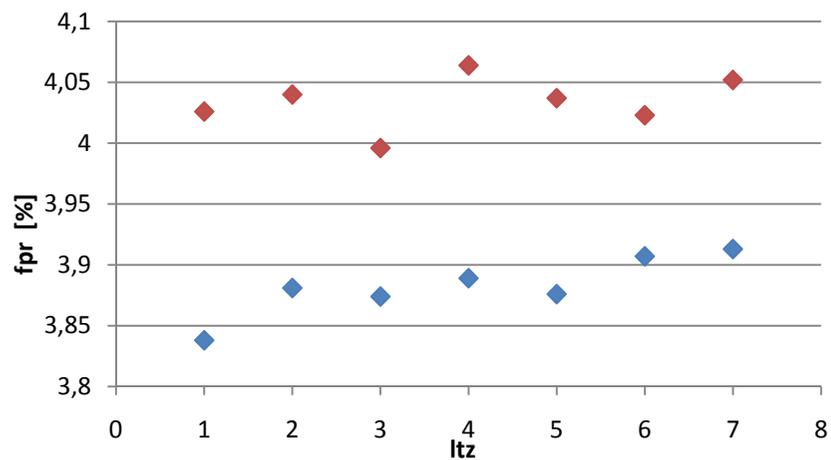
**Abb. 4.29:** Eiweißmenge der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebensstagszunahme (in Klassen)



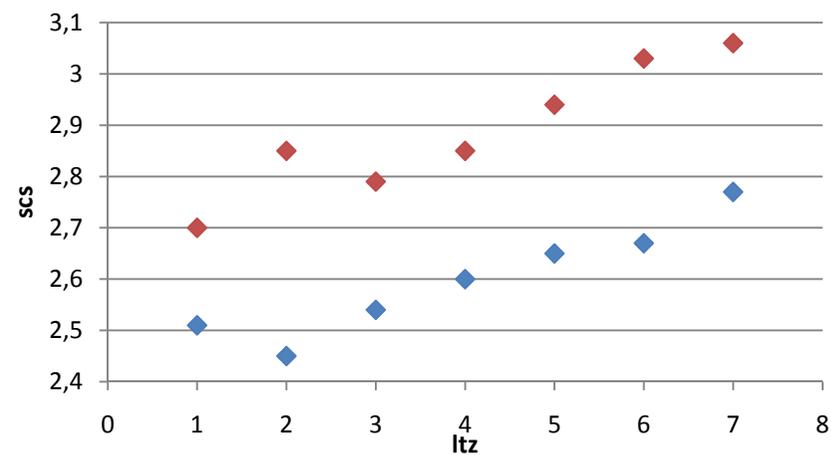
**Abb. 4.30:** Fettmenge der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebensstagszunahme (in Klassen)



**Abb. 4.31:** Eiweißgehalt der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebensstagszunahme (in Klassen)



**Abb. 4.32:** Fettgehalt der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebensstagszunahme (in Klassen)



**Abb. 4.33:** SCS der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebensstagszunahme (in Klassen)

*Die genetischen Beziehungen*

Die Mengenmerkmale und Milchhaltsstoffe zeichnen sich durch moderate bis hohe Heritabilitäten aus. Dagegen sind SCS und Persistenz nur gering heritabel. Eine Übersicht über die Ergebnisse der Varianzkomponentenschätzung für die Milchleistungsmerkmale der ersten und zweiten Laktation geben die Tabellen 4.9 und 4.10.

Die genetische Korrelation zwischen Erstbesamungsalter und den Mengenmerkmalen ist in beiden Laktationen moderat negativ. Das Alter zur ersten Besamung ist gering positiv korreliert mit den Milchhaltsstoffen und der Persistenz der ersten Laktation. Zum SCS der ersten Laktation bestehen geringe negative genetische Beziehungen.

Die Mengenmerkmale sind mit Erstbesamungsgewicht und Lebenstagszunahme moderat positiv korreliert, wobei die genetische Korrelation zur Lebenstagszunahme stärker ausgeprägt ist. Das Erstbesamungsgewicht weist keine nennenswerten Beziehungen zu sowohl Inhaltsstoffen als auch SCS auf. Eine kleine Veränderung der genetischen Beziehungen des Gewichts zur ersten Besamung zeigt sich in der zweiten Laktationen: Zum Fettgehalt besteht nun eine geringe negative Beziehung. In der ersten Laktationen ergeben sich geringe negative bzw. positive Beziehungen zwischen Lebenstagszunahme und Fettgehalt sowie SCS. In der zweiten Laktationen besteht zusätzlich eine geringe negative Korrelation zum Eiweißgehalt. Ein nennenswerter Zusammenhang mit dem SCS ist jedoch nicht mehr feststellbar. Die negative genetische Korrelation zwischen Lebenstagszunahme und Erstbesamungsgewicht zur Persistenz sinkt bei der Betrachtung von erster und zweiter Laktation von einem moderaten auf ein geringes Niveau ab.

**Tab. 4.9:** Schätzwerte für die Heritabilität der Milchleistungsparameter der 305-Tage-Leistung der ersten Laktation sowie deren genetische und phänotypische Korrelationen mit Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme; Standardfehler in Klammern

	h <sup>2</sup>	eba		gew		ltz	
		r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>	r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>	r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>
mkg	0,410 (0,05)	-0,430 (0,10)	-0,047	0,228 (0,10)	0,124	0,316 (0,09)	0,129
ekg	0,324 (0,05)	-0,522 (0,11)	-0,044	0,277 (0,10)	0,177	0,400 (0,09)	0,172
fkkg	0,340 (0,05)	-0,447 (0,09)	-0,111	0,231 (0,10)	0,159	0,346 (0,09)	0,196
epr	0,623 (0,05)	0,053 (0,04)	0,019	-0,025 (0,06)	0,071	-0,018 (0,08)	0,051
fpr	0,681 (0,05)	0,126 (0,09)	0,002	-0,047 (0,09)	0,021	-0,073 (0,08)	0,017
scs	0,165 (0,03)	-0,226 (0,14)	-0,036	0,016 (0,13)	0,056	0,093 (0,12)	0,069
pers	0,042 (0,02)	0,199 (0,22)	0,025	-0,221 (0,19)	-0,032	-0,248 (0,18)	-0,050

**Tab. 4.10:** Schätzwerte für die Heritabilität der Milchleistungsparameter der 305-Tage-Leistung der zweiten Laktation sowie deren genetische und phänotypische Korrelationen mit Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme; Standardfehler in Klammern

	h <sup>2</sup>	eba		gew		ltz	
		r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>	r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>	r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>
mkg	0,367 (0,06)	-0,320 (0,13)	-0,134	0,286 (0,09)	0,093	0,341 (0,12)	0,144
ekg	0,291 (0,05)	-0,339 (0,14)	-0,117	0,358 (0,08)	0,131	0,397 (0,12)	0,172
fkkg	0,167 (0,05)	-0,335 (0,17)	-0,129	0,290 (0,18)	0,103	0,387 (0,13)	0,156
epr	0,578 (0,07)	0,175 (0,10)	0,084	-0,051 (0,15)	0,058	-0,112 (0,11)	0,016
fpr	0,505 (0,07)	0,141 (0,13)	0,028	-0,113 (0,14)	0,009	-0,118 (0,12)	0,004
scs	0,132 (0,04)	0,017 (0,20)	-0,052	0,067 (0,20)	0,054	-0,013 (0,18)	0,072
pers	0,182 (0,05)	0,041 (0,18)	0,065	-0,094 (0,19)	-0,092	-0,109 (0,16)	-0,110

### 4.3. Die Fruchtbarkeit

#### 4.3.1. Die Fruchtbarkeit der Jungrinder

Für die Beurteilung der Fruchtbarkeit der Jungrinder wurden folgende Parameter herangezogen: Erstbesamungs- (eba) und Erstkalbalter (eka), die Indexparameter Anzahl Besamungen oder Besamungsindex (nbes) und Non-Return-Rate innerhalb 56 Tage (nr56) sowie die Intervallmerkmale Verzögerungs- (vz) und Zwischenbelegungszeit (zbz). Tabelle 4.11 vermittelt anhand von Mittelwerten inklusive Standardabweichung sowie Minima und Maxima einen Überblick über das für die Auswertung zur Verfügung stehende Datenmaterial. Das durchschnittliche Erstbesamungsalter beträgt 471 Tage. Aufgrund der unterschiedlichen Strategien im Jungrindermanagement der verschiedenen Betriebe ergibt sich bei der Betrachtung der Mittelwerte auf der Basis des Einzelbetriebs eine große Variationsbreite zwischen 421 und 564 Tagen. Daraus resultierend ergibt sich ein mittleres Erstkalbalter von 771 Tagen, wobei die Betriebsmittel im Bereich zwischen 716 und 859 Tagen schwanken. Im Durchschnitt sind 1,54 Besamungen notwendig, um eine erfolgreiche Konzeption zu erreichen. Der Besamungsindex variiert im betrieblichen Mittel von 1,40 bis 1,86. Die mittlere Non-Return-Rate innerhalb 56 Tage weist im Minimum einen Wert von 0,39 auf und erreicht maximal 0,76. Der Durchschnitt der Non-Return-Rate 56 Tage im Gesamtdatenmaterial liegt bei 0,72. Die Betriebsmittelwerte der Fruchtbarkeitskennwerte der Jungrinder sind im Detail im Anhang in Tabelle 12.6 nachzulesen.

**Tab. 4.11:** Fruchtbarkeitskennwerte der Jungrinder - Mittelwert mit Standardabweichung sowie Minimum und Maximum

	Anzahl	Mittelwert	Minimum	Maximum
eba [Tage]	10.040	471 ± 50	329	720
eka [Tage]		771 ± 65	609	1180
zbz [Tage]	9.669	14,5 ± 28,7	0	306
vz [Tage]		21,5 ± 42,5	0	334
nbes		1,54 ± 0,95	1	9
nr56	9.756	0,72 ± 0,45	0	1

#### *Die phänotypischen Beziehungen*

Für die Prüfung der Beziehungen, die zwischen den Merkmalen der Zuchtreife und den Fruchtbarkeitsparametern der Jungrinder auf phänotypischer Ebene bestehen, wurde das Modell des entsprechenden Fruchtbarkeitsmerkmals um den zu prüfenden Effekt von Erstbesamungsalter und -gewicht sowie Lebensstagnahme erweitert. Die Ergebnisse des F-Tests sind in Tabelle 4.12 dargestellt.

**Tab. 4.12:** Phänotypische Beziehung zwischen Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebenstagszunahme und den Fruchtbarkeitsmerkmalen der Jungrinder; Ergebnisse des F-Tests mit folgenden Signifikanzgrenzen: \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*  $p \leq 0,05$ ; (\*)  $p \leq 0,10$ ; wobei eba, gew, ltz als Kovariable / fixer Effekt in Klassen im entsprechenden Modell

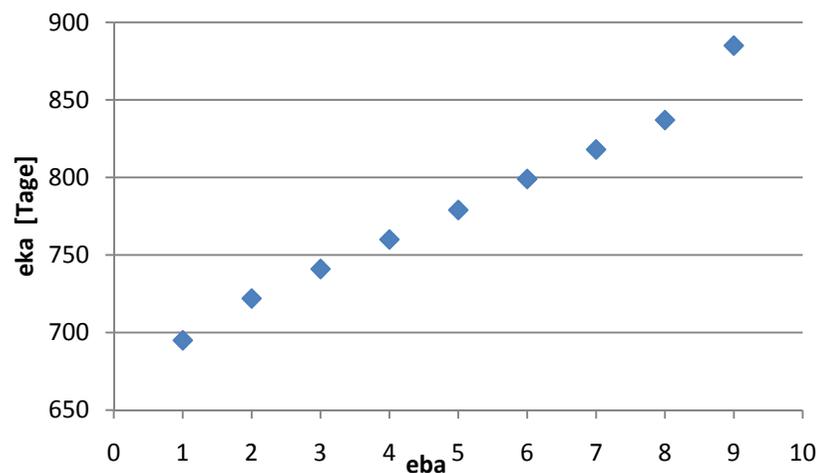
	eka	nbes	nr56	vz	zbz
eba	** / **	** / **	0,15 / **	(*) / *	0,41 / 0,86
gew	** / **	0,76 / 0,99	0,49 / 0,72	0,82 / 0,95	0,81 / 0,92
ltz	** / **	* / (*)	(*) / 0,35	(*) / (*)	0,20 / *

Die einzelnen Parameter der Färsenfruchtbarkeit (LSMEANS) sind in Abhängigkeit von den verschiedenen Effektstufen von Alter und Gewicht zur ersten Besamung bzw. von der Lebenstagszunahme in den Abbildungen 4.34 bis 4.45 dargestellt.

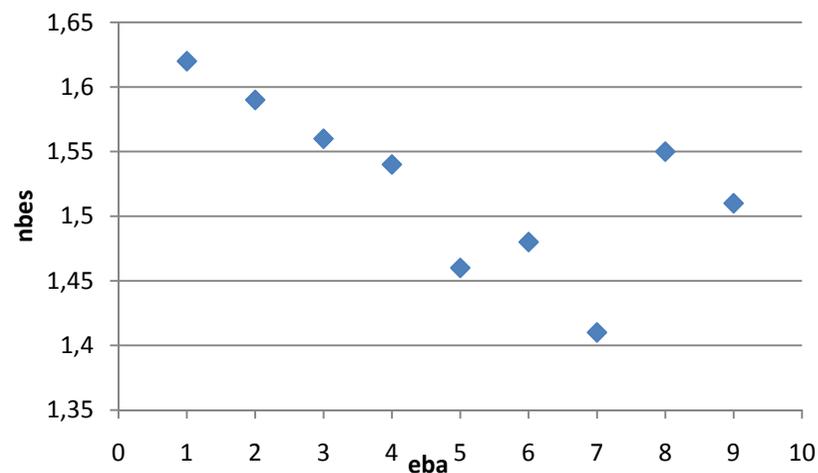
Erstbesamungs- und Erstkalbealter stehen aus sachlogischer Sicht in enger Beziehung zu einander: So steigt zwangsläufig das Alter zum Zeitpunkt der ersten Kalbung mit zunehmendem Erstbesamungsalter kontinuierlich an. Das Alter zur ersten Besamung beeinflusst sowohl die Anzahl an Besamungen zur erfolgreichen Konzeption als auch die Non-Return-Rate 56 Tage und die Verzögerungszeit. Aus der graphischen Darstellung lässt sich eine auf diese Merkmale günstig auswirkende Beziehung ableiten: bis zur Effektstufe ‚7‘ nehmen Besamungsindex und Verzögerungszeit ab. Die Non-Return-Rate steigt an. Ein darüber hinaus steigendes Alter führt zu einer Verschlechterung aller der genannten Merkmale. Der geschilderte Zusammenhang lässt die Vermutung zu, dass das Erstbesamungsalter zumindest in Beziehung zu diesen Fruchtbarkeitsparametern ein Optimalmerkmal darstellt. Auf die Zwischenbelegungszeit besteht kein erkennbarer Einfluss.

Mit zunehmendem Erstbesamungsgewicht steigt auch das Erstkalbealter an. Sowohl die Ergebnisse des F-Tests als auch die Abbildungen deuten daraufhin, dass darüber hinaus kein Zusammenhang zwischen dem Gewicht zur Erstbesamung und den weiteren, hier betrachteten Merkmalen der Fruchtbarkeit besteht.

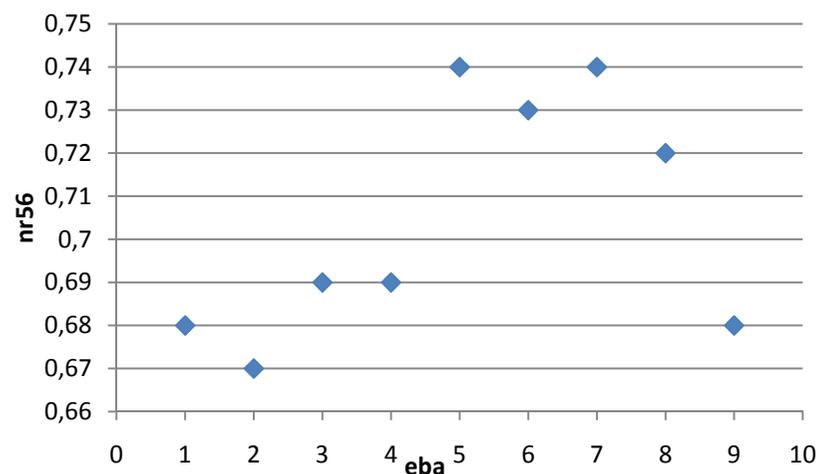
Erstkalbealter und Lebenstagszunahme stehen auf phänotypischer Ebene in einer negativen Beziehung zu einander: mit steigender Lebenstagszunahme sinkt das Alter zur ersten Abkalbung. Ein Anstieg der Lebenstagszunahme führt außerdem zu einer Erhöhung des Besamungsindex und dadurch zu einer Verringerung der Non-Return-Rate. Bezüglich der Verzögerungszeit zeigt die Lebenstagszunahme den Charakter eines Optimalmerkmals: bis zur Klassenstufe ‚3‘ sinkt die Zeit zwischen erster und erfolgreicher Belegung, um dann mit steigender Effektstufe wieder zuzunehmen. Die graphische Darstellung der LSMEANS der Zwischenbelegungszeit in Abhängigkeit von den einzelnen Effektstufen der Lebenstagszunahme zeigt einen der Beziehung zur Verzögerungszeit ähnlichen Trend.



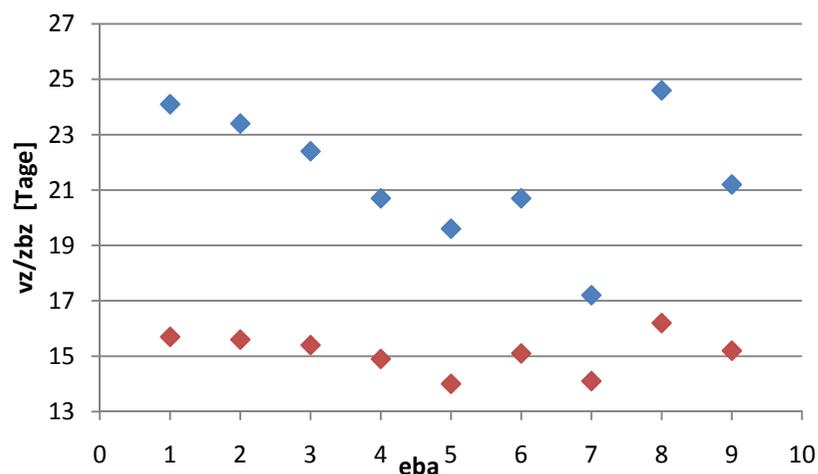
**Abb. 4.34:** Erstkalbealter (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



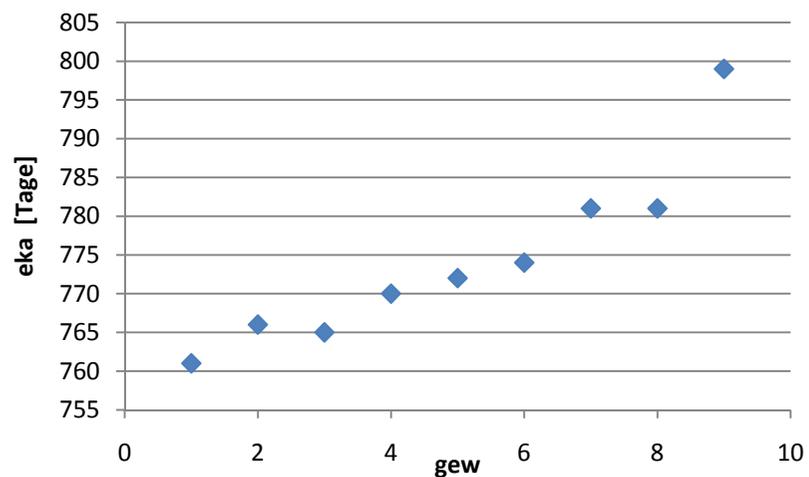
**Abb. 4.35:** Besamungsindex (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



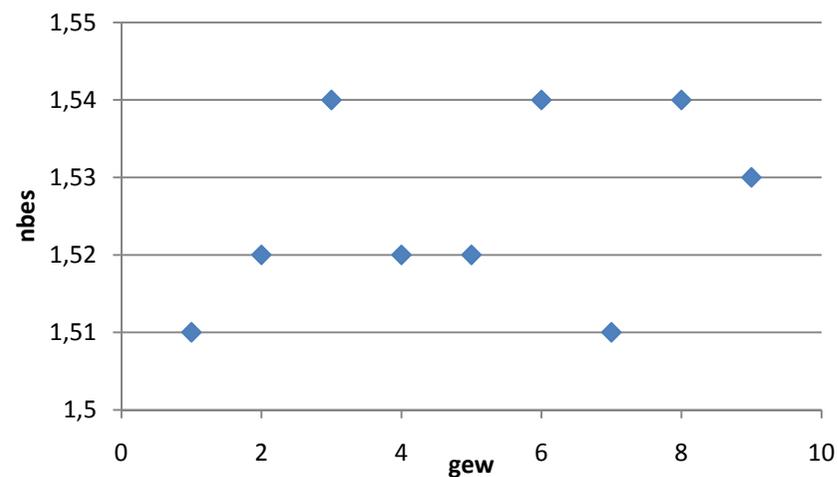
**Abb. 4.36:** Non-Return-Rate (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



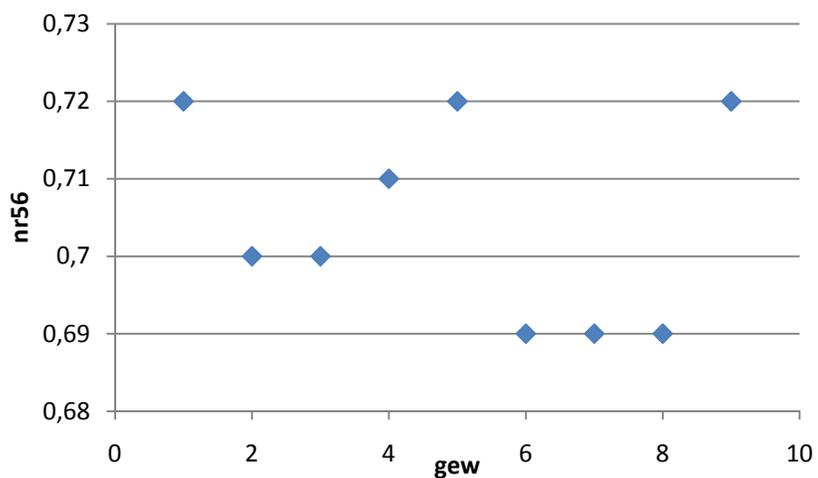
**Abb. 4.37:** Verzögerungszeit (♦) und Zwischenbelegungszeit (♦) (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



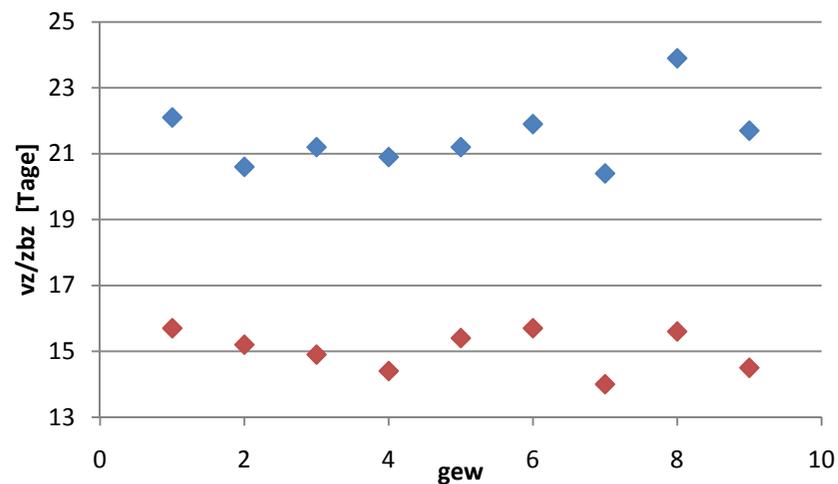
**Abb. 4.38:** Erstkalbealter (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



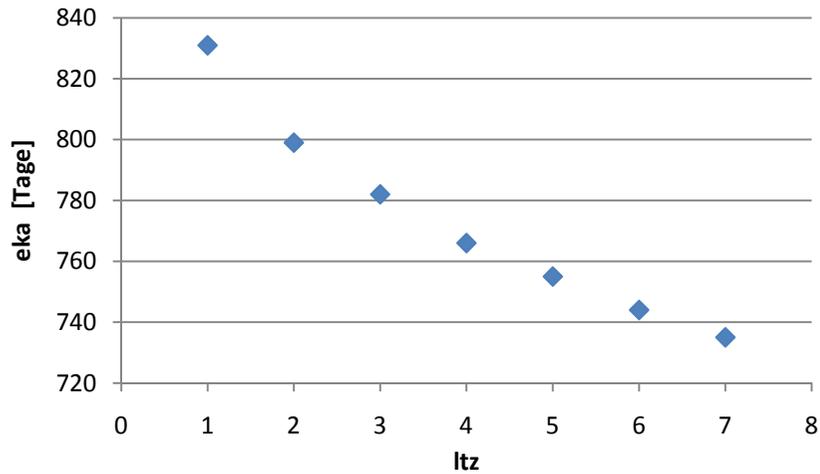
**Abb. 4.39:** Besamungsindex (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



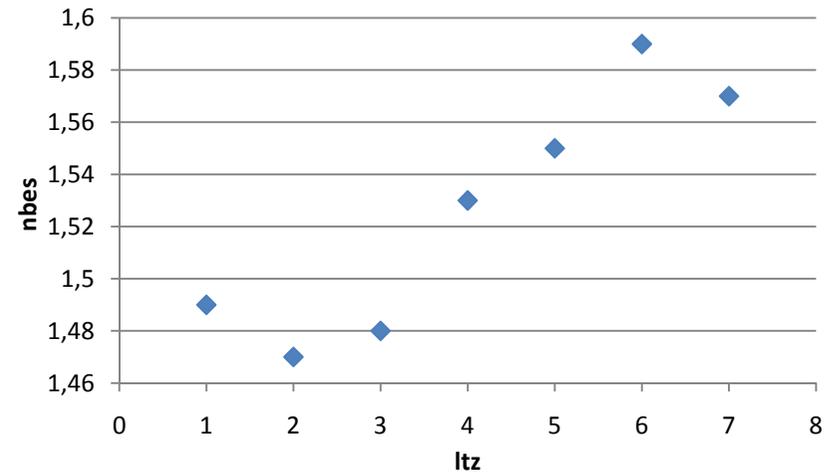
**Abb. 4.40:** Non-Return-Rate (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



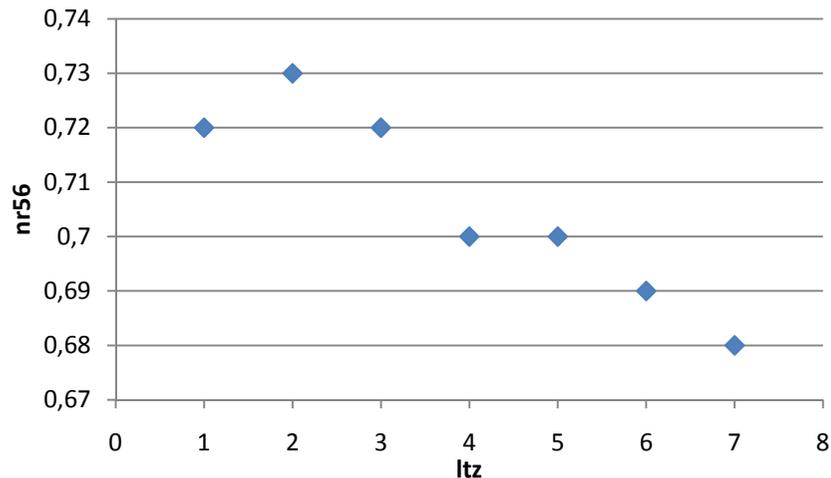
**Abb. 4.41:** Verzögerungs- (◆) und Zwischenbelegungszeit (◆) (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



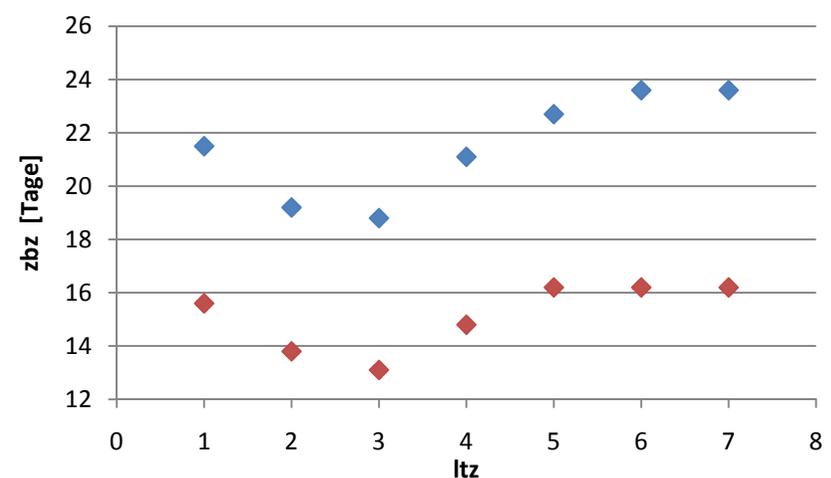
**Abb. 4.42:** Erstkalbealter (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)



**Abb. 4.43:** Besamungsindex (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)



**Abb. 4.44:** Non-Return-Rate (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)



**Abb. 4.45:** Verzögerungs- (◆) und Zwischenbelegungszeit (◆) (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)

*Die genetischen Beziehungen*

Die Heritabilität des Erstkalbealters liegt in einem moderaten Bereich und bildet damit die Ausnahmeerscheinung in der Reihe der Fruchtbarkeitsmerkmale der Jungrinder. Da das Erstkalbealter in enger Beziehung zu den Entwicklungsparametern der Jungrinder steht, ist das Ergebnis der Varianzkomponentenschätzung jedoch erwartungsgemäß. Die Anzahl an Besamungen, die Verzögerungs- und Zwischenbelegungszeit sowie die Non-Return-Rate sind Merkmale, die nur zu einem geringen Teil heritabel sind. Die Ergebnisse der genetisch-statistischen Analyse der Fruchtbarkeitsmerkmale der Jungrinder sind in Tabelle 4.13 dargestellt.

Das Erstbesamungsalter ist moderat negativ genetisch korreliert mit Besamungsanzahl sowie Verzögerungs- und Zwischenbelegungszeit. Die phänotypischen Korrelationen zu den genannten Merkmalen sind unbedeutend. Die genetische Korrelation zwischen dem Alter zur Erstbesamung und der Non-Return-Rate ist moderat positiv.

Das Erstbesamungsgewicht ist mit Erstkalbealter und Non-Return-Rate hoch bzw. moderat negativ korreliert. Die Korrelationen auf phänotypischer Ebene sind ebenfalls negativ. Die genetische Beziehung zwischen dem Gewicht zur ersten Besamung und den Merkmalen Besamungsindex sowie Verzögerungs- und Zwischenbelegungszeit ist auf moderat positivem Niveau. Der phänotypische Zusammenhang ist dagegen gering und bestätigt die in den Abbildungen 4.34 bis 4.46 dargestellten Beziehungen. Lebenstagszunahme und Erstkalbealter stehen sowohl auf phänotypischer als auch auf genetischer Ebene in moderat bis hoher negativer Beziehung zu einander. Besamungsanzahl, Verzögerungs- und Zwischenbelegungszeit sind moderat positiv korreliert mit der Lebenstagszunahme. Die phänotypischen Beziehungen sind gering. Die Standardfehler, insbesondere der der genetischen Korrelation zur Zwischenbelegungszeit, sind relativ hoch, weshalb die Aussagefähigkeit der geschätzten Parameter als eingeschränkt aufzufassen ist.

**Tab. 4.13:** Schätzwerte für Heritabilitäten der Fruchtbarkeitsmerkmale der Jungrinder sowie für deren genetische und phänotypische Korrelationen zu Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme; Standardfehler in Klammern

	$h^2$	eba		gew		ltz	
		$r_g$	$r_p$	$r_g$	$r_p$	$r_g$	$r_p$
eka	0,230 (0,04)	0,964 (0,03)	0,917	-0,679 (0,07)	-0,147	-0,866 (0,03)	-0,629
nbes	0,036 (0,01)	-0,489 (0,19)	-0,034	0,320 (0,15)	0,010	0,424 (0,15)	0,029
vz	0,023 (0,01)	-0,438 (0,23)	-0,024	0,254 (0,19)	0,006	0,348 (0,17)	0,020
zbz	0,006 (0,01)	-0,562 (0,42)	-0,013	0,527 (0,43)	0,060	0,582 (0,49)	0,015
nr56	0,024 (0,01)	0,395 (0,22)	0,026	-0,439 (0,17)	-0,020	-0,502 (0,16)	-0,038

#### 4.3.2. Die Fruchtbarkeit während erster und zweiter Laktation

Für die Beurteilung der Fruchtbarkeit der Kühe wurden die dazu üblichen Parameter gewählt: Rast- (rz), Güst- (gz), Verzögerungs- (vz), Zwischenbelegungs- (zbz) und Zwischenkalbezeit (zgz) sowie Besamungsindex (nbes), Erstbelegungsalter (ebl) und Non-Return-Rate innerhalb 56 Tage nach Erstbelegung (nr56). Die Mittelwerte inklusive Standardabweichung sowie der Variationsbereich der genannten Fruchtbarkeitskennwerte beider Laktationen gibt Tabelle 4.14 wieder. Betrachtet man die einzelbetrieblichen Mittelwerte fallen die zum Teil erheblichen Unterschiede ins Auge (Anhang, Tabellen 12.11 und 12.12): Die Differenz zwischen den beiden Extremen der mittleren Rastzeit liegt bei 30 Tagen (65 bis 95 Tage). Der Abstand erhöht sich sogar bei Betrachtung der mittleren Güstzeit auf 41 Tage (96 bis 137 Tage). Das durchschnittliche Erstbelegungsalter schwankt zwischen 777 und 937 Tagen. Die Verzögerungszeit schwankt im betrieblichen Mittel um über 20 Tage (23 bis 55 Tage). Die durchschnittliche Zwischenkalbezeit beträgt im Minimum 376 Tage und erreicht einen maximalen Wert von 419 Tagen. Im Minimum erreicht die Non-Return-Rate innerhalb 56 Tage nach der Belegung 0,40. Ihr Maximum liegt bei 0,65. Die Betriebsmittelwerte des Besamungsindex variiert zwischen 1,73 und 2,62.

Die Daten zur Auswertung der Fruchtbarkeit während der zweiten Laktation stammen von 13 Betrieben. Die Schwankungsbreite der einzelbetrieblichen Mittelwerte hat sich im Vergleich zur ersten Laktation noch vergrößert: Der Unterschied zwischen minimaler (65 Tage) und maximaler mittlerer Rastzeit (102 Tage) beträgt nun 37 Tage. Auch die Differenz zwischen den beiden Extremen der Güstzeit erhöht sich um weitere 29 Tage auf 70 Tage (93 bis 163 Tage). Zwischen dem Minimum des Erstbelegungsalters (1.162 Tage) und dem Maximum mit 1.163

**Tab. 4.14:** Fruchtbarkeitsmerkmale der ersten und zweiten Laktation - Mittelwert mit Standardabweichung sowie Minimum und Maximum

	Merkmal	Anzahl	Mittelwert	Minimum	Maximum
1. Laktation	rz [Tage]		76 ± 29	21	250
	gz [Tage]	4.782	114 ± 59	31	319
	ebl [Tage]		847 ± 72	652	1.269
	nr56	4.710	0,58 ± 0,49	0	1
	vz [Tage]		38 ± 51	0	281
	zbz [Tage]	4.673	21 ± 28	0	275
	zkz [Tage]		394 ± 58	298	599
	nbes		2,02 ± 1,35	1	10
2. Laktation	rz [Tage]		75 ± 28	31	225
	gz [Tage]	1.767	117 ± 59	31	319
	ebl [Tage]		1.232 ± 91	1.048	1.617
	nr56	1.747	0,53 ± 0,50	0	1
	vz [Tage]		41 ± 51	0	255
	zbz [Tage]	1.732	23 ± 28	0	217
	zkz [Tage]		396 ± 59	311	596
	nbes		2,09 ± 1,35	1	9

Tagen liegen knapp über 200 Tage. Die durchschnittliche Verzögerungszeit variiert von 28 bis 48 Tage. Das Minimum der Zwischenkalbezeit beträgt 381 Tage. Der mittlere maximale Abstand zwischen zweiter und dritter Kalbung sind 409 Tage. Ihr Minimum erreicht die Non-Return-Rate bei 0,31, das Maximum bei 0,59. Die Betriebsmittel der Anzahl Besamungen schwanken zwischen 1,89 und 2,46.

Bei der Betrachtung der Durchschnittswerte muss jedoch einschränkend festgehalten werden, dass es zum Teil erhebliche Unterschiede bezüglich der Tierzahl pro Betrieb gibt, die hinter diesen Werten stehen.

#### *Die phänotypischen Beziehungen*

Die Ergebnisse der Überprüfung der Beziehungen auf phänotypischer Ebene zwischen den Merkmalen der Zuchtreife und den Fruchtbarkeitsparametern der Kühe während der ersten und zweiten Laktation sind in den Tabellen 4.15a und 4.15b dargestellt.

Das Erstbesamungsalter übt auf Rast- und Gützeit sowohl in der ersten als auch in der zweiten Laktation einen hoch signifikanten Einfluss aus. Die Abbildungen 4.46 und 4.53 zeigen, dass mit zunehmendem Erstbesamungsalter Rast- und Gützeit in beiden Laktationen sinken. Der Kurvenverlauf beider Merkmale ist in der zweiten Laktation jedoch flacher als in der ersten. Erstbesamungs- und Erstbelegungsalter stehen aus sachlogischen Gründen in enger Beziehung

zu einander: mit zunehmendem Alter zur Erstbesamung nimmt zwangsläufig auch das Alter zur ersten Belegung nach der Kalbung zu. Die graphische Darstellung der Abhängigkeit der Non-Return-Rate in der ersten Laktation zeigt einen wellenförmigen Verlauf mit zwei Minima (Altersklasse ,1' und ,6') und zwei Maxima (Altersklasse ,3' und ,7'). Die Non-Return-Rate der zweiten Laktation zeigt dagegen einen deutlichen Trend, dass mit steigendem Erstbesamungsalter auch die Non-Return-Rate zunimmt. Der Besamungsindex nimmt mit steigendem Alter zur ersten Besamung ab. Die Verzögerungszeit zeigt tendenziell einen negativen Trend, d. h. eine Erhöhung des Erstbesamungsalters bewirkt eine Verkürzung der Zeit zwischen erster und erfolgreicher Besamung. Diese Tendenz ist einerseits in der Abbildung 4.51 andererseits anhand der Ergebnisse des F-Tests erkennbar. Die Darstellung der Zwischenbelegungszeit zeigt einen wellenförmigen Verlauf des Graphen für beide Laktationen, mit Minima in Altersklasse ,4' und ,8'. Die Zwischenkalbezeit steht mit dem Erstbesamungsalter in hoch signifikanter Beziehung. Eine Erhöhung des Erstbesamungsalters verringert den Abstand zwischen erster und zweiter bzw. zwischen zweiter und dritter Kalbung.

Das Erstbesamungsgewicht steht entsprechend der Ergebnisse des F-Tests in Beziehung zu den Merkmalen Rast- und Verzögerungszeit in der ersten Laktation und Erstbelegungsalter in beiden Laktationen. Mit zunehmender Effektstufe des Gewichts zur Erstbesamung sinkt die Rastzeit der ersten Laktation kontinuierlich ab (Abbildung 4.54). Die Rastzeit der zweiten Laktation wird hingegen nicht vom Erstbesamungsgewicht beeinflusst. Mit zunehmendem Gewicht zur Erstbesamung steigen das Erstbelegungsalter beider Laktationen (Abbildung 4.56) und die Verzögerungszeit (Abbildung 4.59) in der ersten Laktation leicht an. In den Darstellungen der weiteren Fruchtbarkeitsmerkmale sind keine Trends erkennbar.

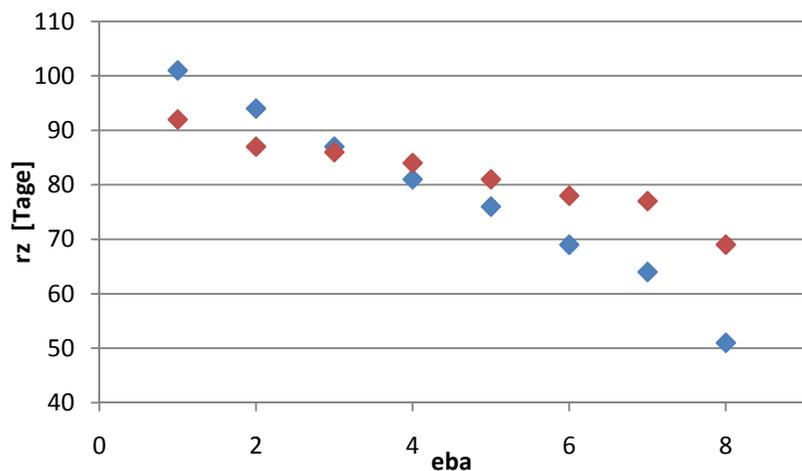
Anhand der Abbildungen 4.62 bis 4.69 ist erkennbar, dass die Lebenstagszunahme nahezu alle Fruchtbarkeitsparameter in beiden Laktationen beeinflusst. Die einzige Ausnahme bildet in dieser Beziehung die Zwischenbelegungszeit. Mit zunehmender Lebenstagszunahme erhöhen sich sowohl Rast- und Güst- als auch Zwischenkalbezeit kontinuierlich und auch Besamungsindex und Verzögerungszeit steigen leicht an. Die Non-Return-Rate zeigt einen gegenläufigen Trend: Sie verringert sich bei einem Anstieg der Lebenstagszunahme.

**Tab. 4.15a:** Phänotypischer Zusammenhang von Erstbesamungsalter und -gewicht sowie Lebenstagszunahme und den Fruchtbarkeitsmerkmale der ersten und zweiten Laktation  
Ergebnisse des F-Tests mit folgenden Signifikanzgrenzen: \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*  $p \leq 0,05$ ; (\*)  $p \leq 0,10$ ;  
wobei eba, gew, ltz als Kovariable / fixer Effekt in Klassen im entsprechenden Modell

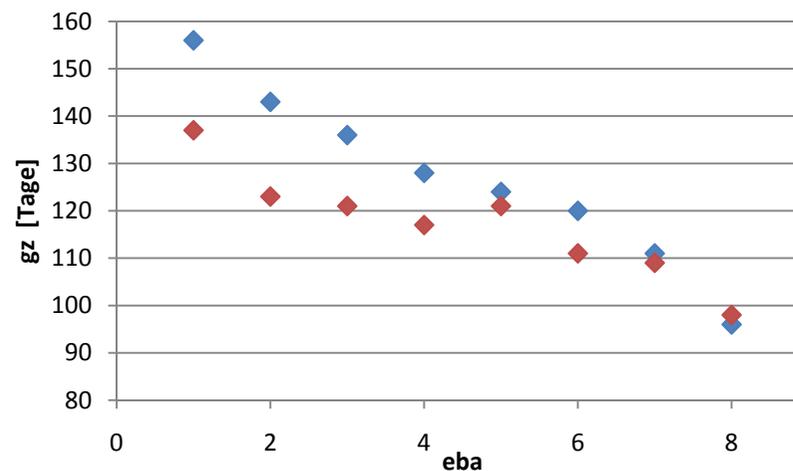
		rz	gz	ebl	nr56
1. Laktation	eba	** / **	** / **	** / **	0,93 / (*)
	gew	** / **	0,75 / 0,90	** / **	0,17 / 0,80
	ltz	** / **	** / **	** / **	0,13 / 0,52
2. Laktation	eba	** / **	** / **	** / **	** / 0,37
	gew	0,74 / 0,99	0,74 / 0,59	** / **	0,60 / 0,67
	ltz	** / **	** / **	** / **	** / (*)

**Tab. 4.15b:** Phänotypischer Zusammenhang von Erstbesamungsalter und -gewicht sowie Lebenstagszunahme und den Fruchtbarkeitsmerkmale der ersten und zweiten Laktation  
Ergebnisse des F-Tests mit folgenden Signifikanzgrenzen: \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*  $p \leq 0,05$ ; (\*)  $p \leq 0,10$ ;  
wobei eba, gew, ltz als Kovariable / fixer Effekt in Klassen im entsprechenden Modell

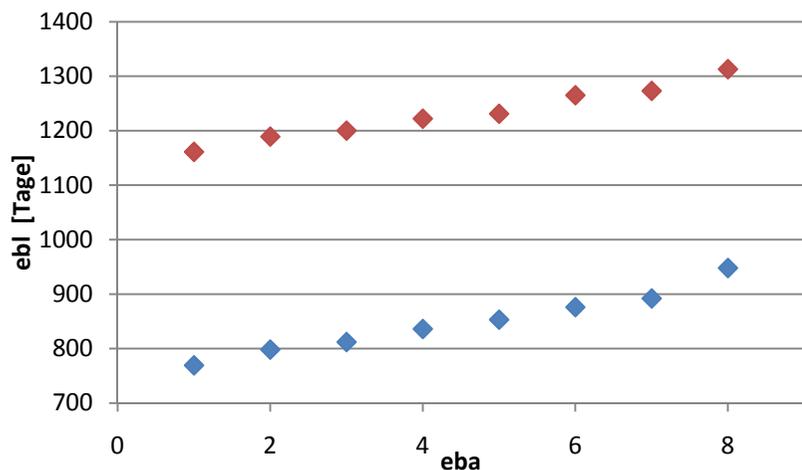
		nbes	vz	zbx	zkz
1. Laktation	eba	* / 0,13	0,13 / 0,29	0,45 / 0,32	** / **
	gew	0,15 / 0,82	(*) / 0,82	0,82 / 0,99	0,39 / 0,40
	ltz	** / 0,11	* / 0,17	0,37 / 0,50	** / **
2. Laktation	eba	* / 0,48	* / 0,33	0,14 / 0,12	** / **
	gew	0,50 / 0,30	0,81 / 0,67	0,96 / 0,97	0,85 / 0,97
	ltz	0,36 / 0,21	0,12 / 0,17	0,12 / 0,11	** / **



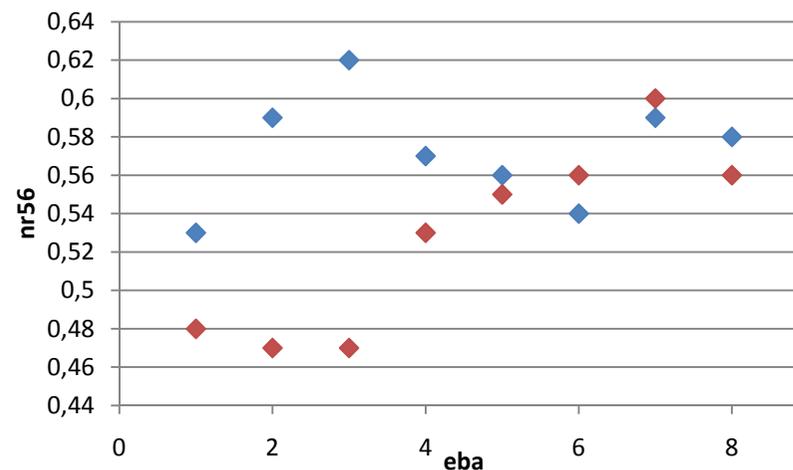
**Abb. 4.46:** Rastzeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



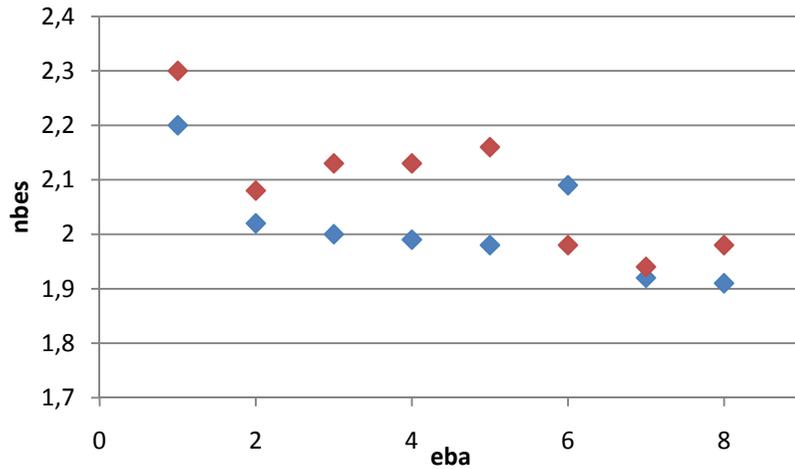
**Abb. 4.47:** Gützeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



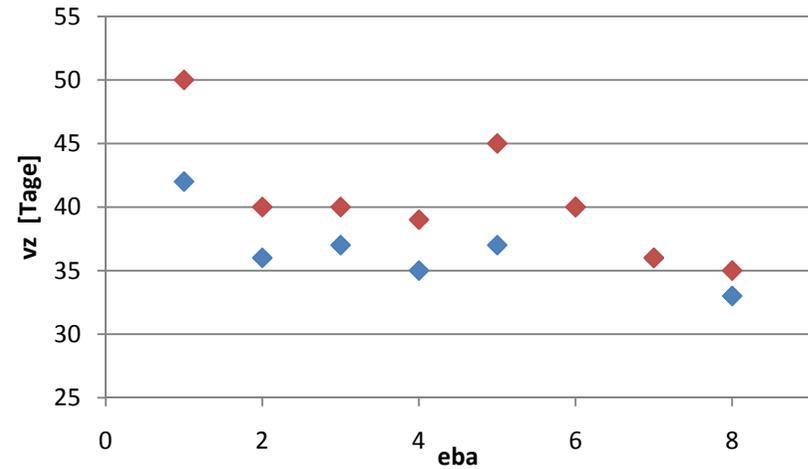
**Abb. 4.48:** Erstbelegungsalter (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



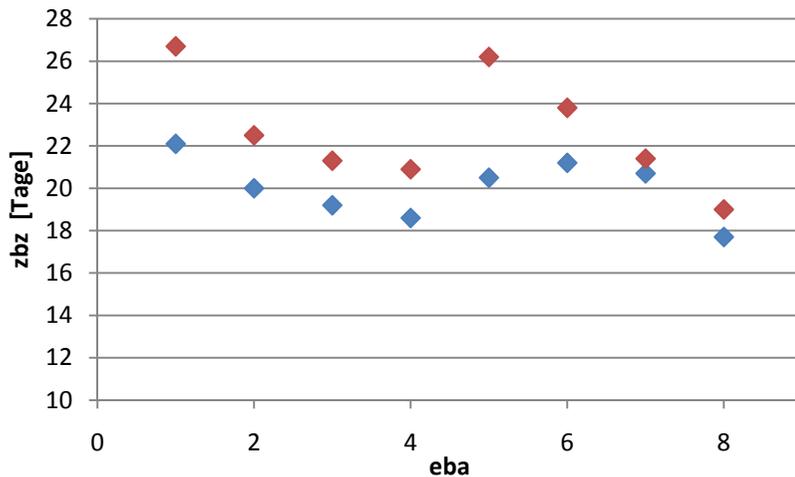
**Abb. 4.49:** Non-Return-Rate (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



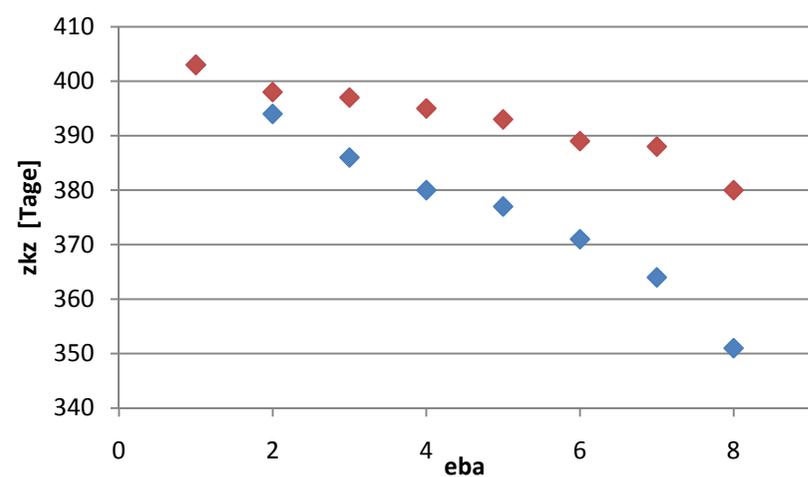
**Abb. 4.50:** Besamungsindex (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



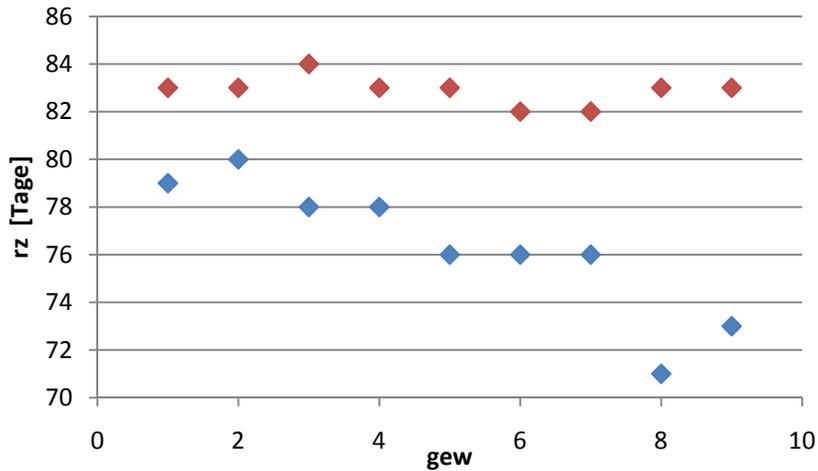
**Abb. 4.51:** Verzögerungszeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



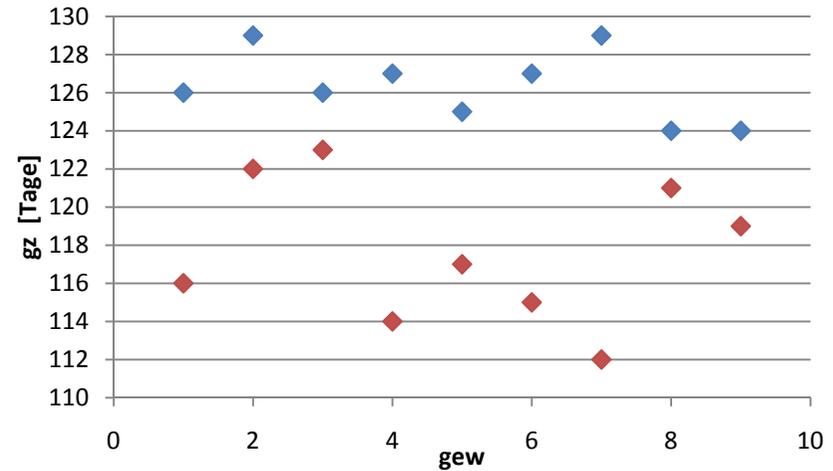
**Abb. 4.52:** Zwischenbelegungszeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



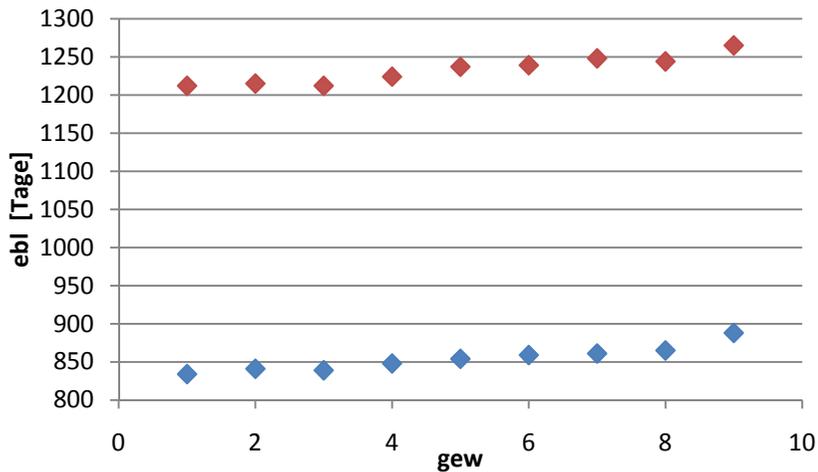
**Abb. 4.53:** Zwischenkalbezeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



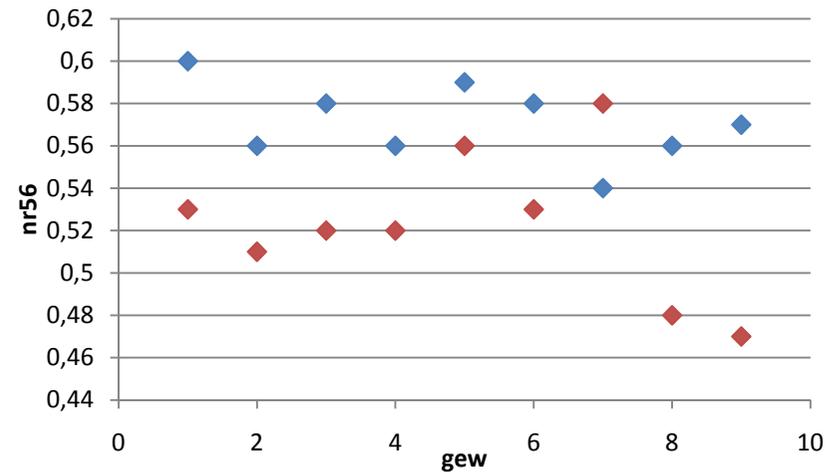
**Abb. 4.54:** Rastzeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



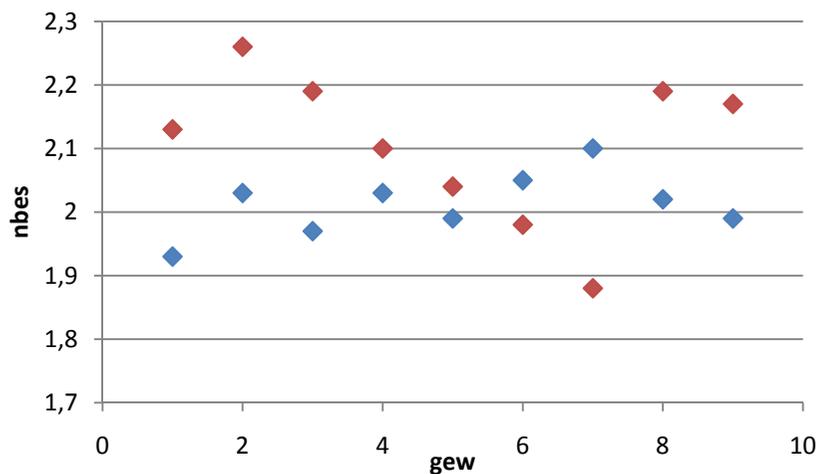
**Abb. 4.55:** Gützeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



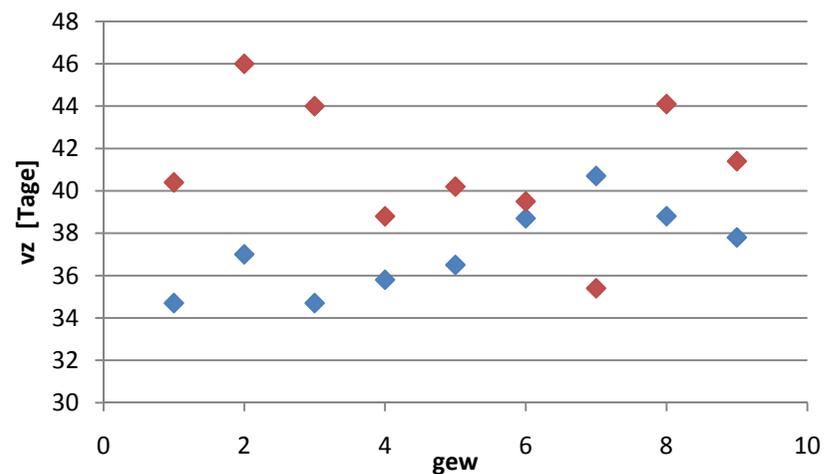
**Abb. 4.56:** Erstbelegungsalter (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



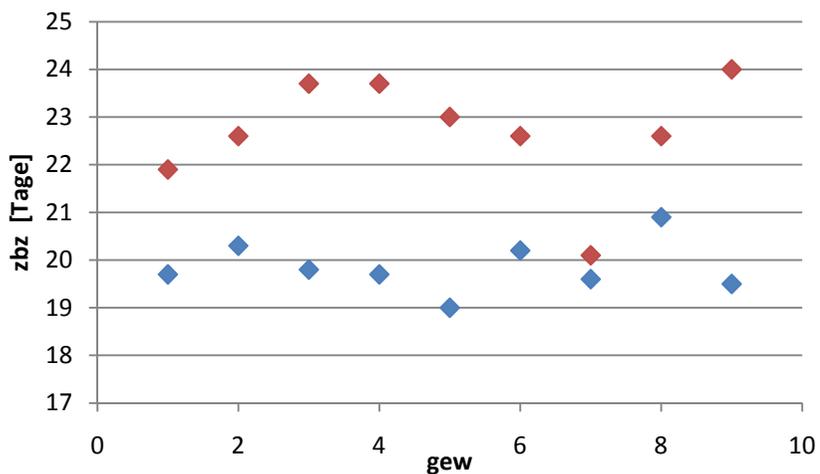
**Abb. 4.57:** Non-Return-Rate (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



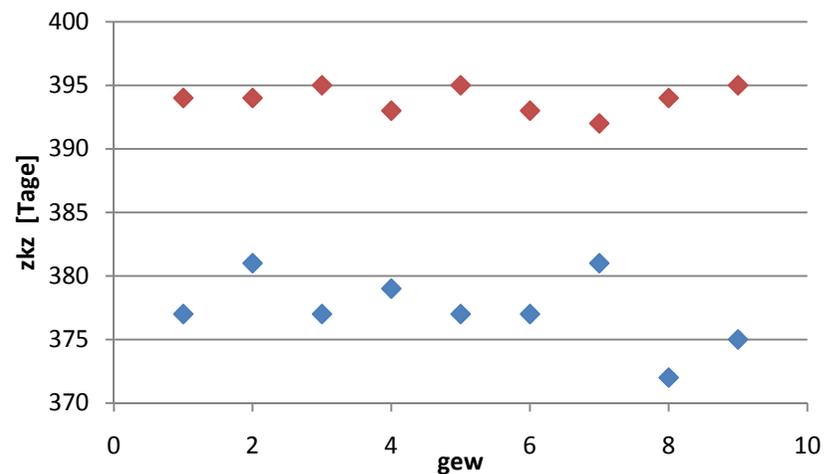
**Abb. 4.58:** Besamungsindex (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



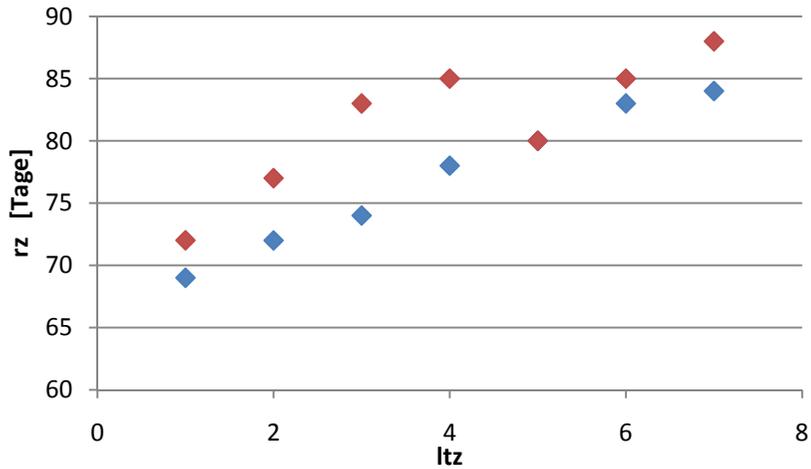
**Abb. 4.59:** Verzögerungszeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



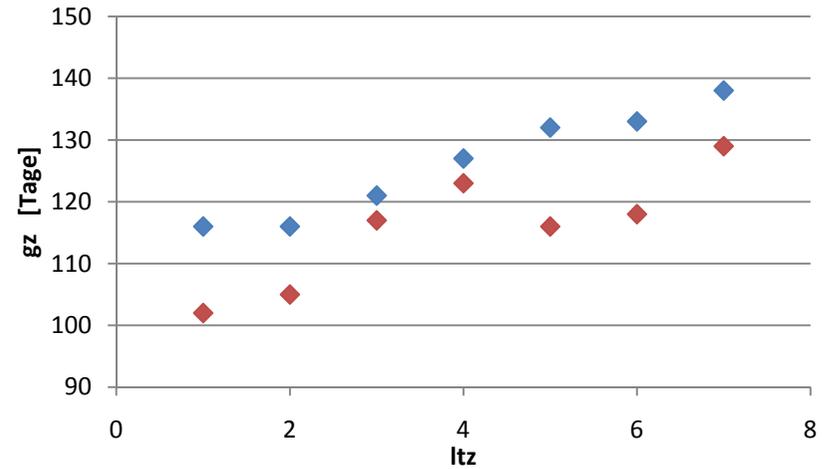
**Abb. 4.60:** Zwischenbelegungszeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



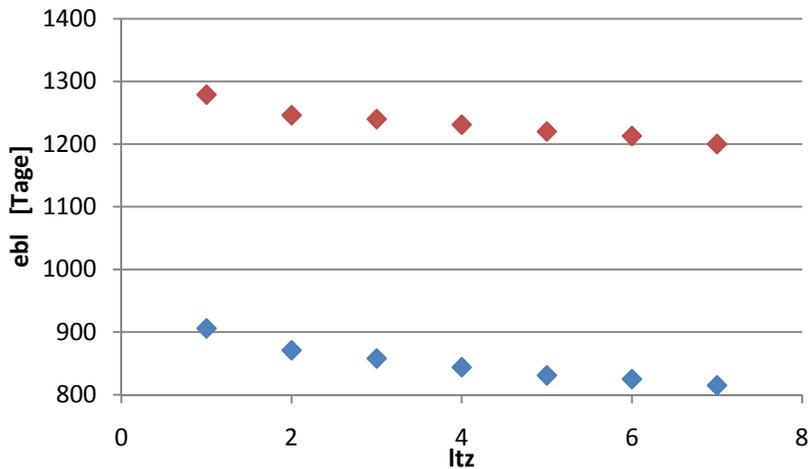
**Abb. 4.61:** Die Zwischenkalbezeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



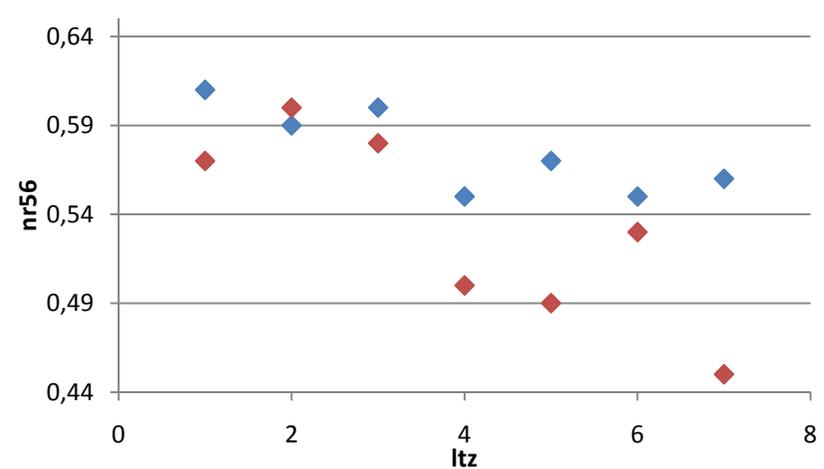
**Abb. 4.62:** Rastzeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebensstanzunahme (in Klassen)



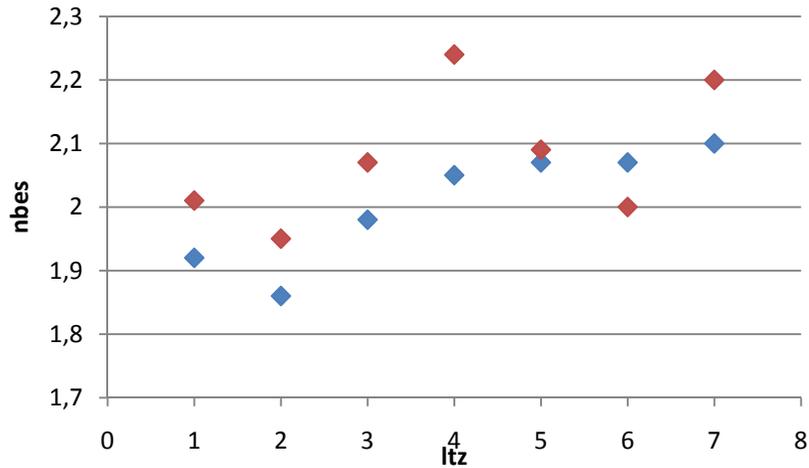
**Abb. 4.63:** Gützeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebensstanzunahme (in Klassen)



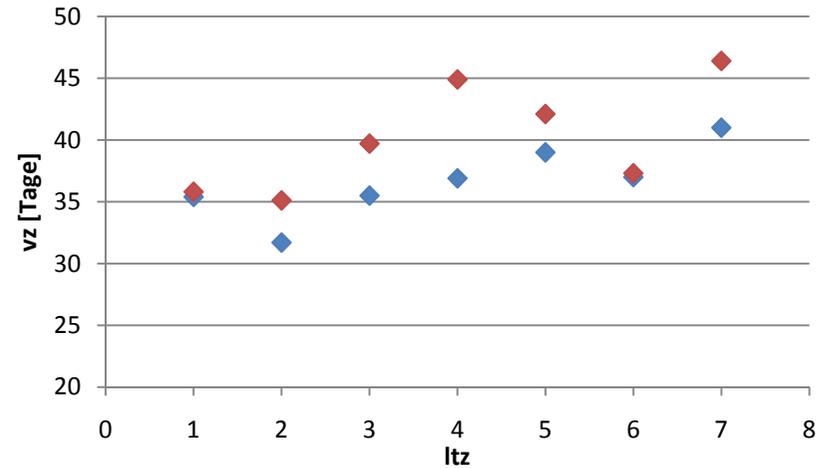
**Abb..4.64:** Erstbelegungsalter (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebensstanzunahme (in Klassen)



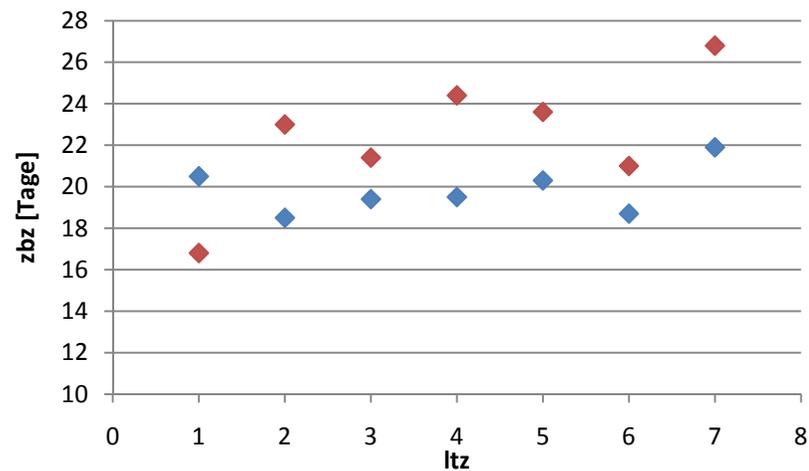
**Abb. 4.65:** Non-Return-Rate (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebensstanzunahme (in Klassen)



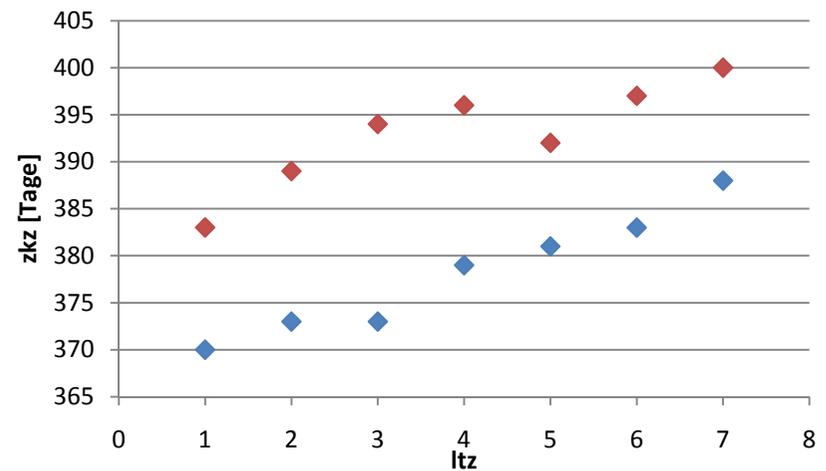
**Abb. 4.66:** Besamungsindex (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebensstanzunahme (in Klassen)



**Abb. 4.67:** Verzögerungszeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebensstanzunahme (in Klassen)



**Abb. 4.68:** Zwischenbelegungszeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebensstanzunahme (in Klassen)



**Abb. 4.69:** Zwischenkalbezeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebensstanzunahme (in Klassen)

*Die genetischen Beziehungen*

Die Schätzwerte der Heritabilität der Fruchtbarkeitsmerkmale beider Laktationen sowie deren genetische und phänotypische Korrelation zu Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme sind in den Tabellen 4.16 und 4.17 aufgeführt. Fruchtbarkeitsmerkmale sind üblicherweise durch geringe Heritabilitäten gekennzeichnet. Die Gützeit und die Anzahl an Besamungen der ersten Laktation sowie die Verzögerungs- und Zwischenbelegungszeit beider Laktationen sind nicht heritabel. Insofern sind die Ergebnisse der Varianzkomponentenschätzung im Bezug auf die genetischen Korrelationen nicht interpretierbar, da im Falle der genannten Fruchtbarkeitsparameter eine genetische Komponente nicht schätzbar und somit vermutlich nicht vorhanden ist.

Erstbesamungs- und Erstbelegungsalter sind in beiden Laktationen hoch positiv miteinander korreliert. Die genetische Korrelation zwischen Erstbesamungsalter und Rast- sowie Zwischenkalbezeit ist stark negativ. Einschränkend ist anzumerken, dass der Standardfehler der genetischen Korrelation zur Zwischenkalbezeit, aufgrund deren geringen Heritabilität von nur einem Prozent, sehr hoch ist. In der zweiten Laktation sind keine Korrelationen zu diesen beiden Merkmalen schätzbar. Zur Non-Return-Rate 56 Tage besitzt das Erstbesamungsalter eine positive genetische Beziehung auf moderatem Niveau. Dieser Zusammenhang besteht in beiden Laktationen, wenn auch der Standardfehler der zweiten Laktation sehr hoch ist.

Erstbesamungsgewicht und Lebenstagszunahme sind moderat bzw. hoch positiv mit dem Alter bei der ersten Belegung post partum genetisch korreliert. Während die Rastzeit der ersten Laktation mit diesen beiden Jungrindermerkmalen moderat positiv korreliert ist, kann in der zweiten Laktation keine genetische Beziehung geschätzt werden bzw. ist diese aufgrund eines sehr hohen Standardfehlers nur eingeschränkt interpretierbar. Die beiden Merkmale Erstbesamungsgewicht und Lebenstagszunahme zeigen im Bezug auf Zwischenkalbezeit und Non-Return-Rate ähnliche genetische Beziehungen: Die genetische Korrelation zur Zwischenkalbezeit ist positiv und steigt von der ersten zur zweiten Laktation von einem niedrigen auf ein hohes Niveau an. Zur Non-Return-Rate bestehen negative Beziehungen, die in der zweiten Laktation stärker ausgeprägt sind als in der ersten und sich in einem moderaten Bereich befinden. Für beide Jungrindermerkmale kann außerdem eine moderat positive genetische Korrelation zum Besamungsindex in der zweiten Laktation festgestellt werden.

**Tab. 4.16:** Schätzwerte für die Heritabilitäten der Fruchtbarkeitsmerkmale der ersten Laktation sowie für deren genetische und phänotypische Korrelation zu Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebenstagszunahme; Standardfehler in Klammern

	h <sup>2</sup>	eba		gew		ltz	
		r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>	r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>	r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>
ebl	0,328 (0,05)	0,965 (0,02)	0,679	-0,349 (0,12)	-0,02	-0,737 (0,06)	-0,362
gz	0	-0,999 (0,003)	-0,190	0,921 (0,64)	0,026	0,928 (0,23)	0,094
nbes	0,003 (0,01)	-0,746 (0,60)	-0,040	0,182 (0,22)	0,027	0,352 (0,48)	0,038
nr	0,028 (0,02)	0,376 (0,27)	0,161	-0,138 (0,30)	-0,010	-0,154 (0,24)	-0,226
rz	0,039 (0,02)	-0,704 (0,17)	-0,400	0,318 (0,23)	-0,009	0,397 (0,21)	0,150
vz	0	-0,999 (0,01)	-0,029	0,998 (0,17)	0,030	0,096 (0,04)	0,034
zbx	0,001 (0,01)	0,719 (0,60)	-0,014	0,670 (1,10)	0,008	-0,297 (1,32)	0,015
zky	0,011 (0,02)	-0,927 (0,64)	-0,212	0,075 (0,39)	0,014	0,106 (0,04)	0,094

**Tab. 4.17:** Schätzwerte für die Heritabilitäten der Fruchtbarkeitsmerkmale der zweiten Laktation sowie deren genetische und phänotypische Korrelation zu Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebenstagszunahme; Standardfehler in Klammern

	h <sup>2</sup>	eba		gew		ltz	
		r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>	r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>	r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>
ebl	0,458 (0,10)	0,892 (0,06)	0,503	-0,314 (0,18)	-0,034	-0,602 (0,13)	-0,262
gz	0,026 (0,05)	-0,999 (0,005)	-0,113	0,825 (0,42)	0,043	0,999 (0,03)	0,08
nbes	0,055 (0,06)	-0,713 (0,56)	-0,042	0,507 (0,34)	0,021	0,607 (0,31)	0,035
nr	0,044 (0,04)	0,327 (0,54)	0,040	-0,351 (0,42)	-0,058	-0,442 (0,39)	-0,068
rz	0,016 (0,04)	-1,0 (0,001)	-0,184	0,708 (0,54)	0,037	0,996 (0,17)	0,105
vz	0	-0,999 (0,01)	-0,037	0,997 (0,10)	0,035	0,999 (0,03)	0,046
zbx	0	0,117 (0,09)	-0,031	0,998 (0,13)	0,035	0,223 (0,06)	0,034
zky	0,014 (0,04)	-1,0 (0,001)	-0,176	0,683 (0,54)	0,034	0,972 (0,40)	0,094

#### 4.4. Die Kalbmerkmale

Als Parameter zur Beurteilung der ersten und zweiten Kalbung dienen die Binärmerkmale Tot- (tot) und Schwereburtenrate (schwer). Zusätzlich werden Trächtigkeitsdauer (td) sowie Geburtsgewicht des Kalbs (gebGew), insofern dieses erhoben wurde, betrachtet.

Die Totgeburtenrate der Erstkalbinnen beträgt 10,5 %. Knapp 4,0 % der Kälber von Zweitkalbskühen kommen tot bzw. lebensschwach zur Welt. Die Schwereburtenrate bei Erstlingsgeburten ist ebenfalls höher als bei Kühen, die zum zweiten Mal kalbten: Etwa 15,0 % aller Erstgeburten sind Schwereburten. Der Anteil an Schwereburten von Zweitkalbskühen liegt bei 6,0 %. Die mittlere Trächtigkeitsdauer der Erstkalbinnen beträgt 279,3 Tagen ( $\pm 4,6$  Tage) und schwankt - bedingt durch die Datenaufbereitung durch das vit - zwischen 265 und 295 Tagen. Die Zweitkalbskühe tragen im Durchschnitt mit 280,7 Tagen ( $\pm 4,6$  Tage) etwas länger. Kälber von Färsen sind erwartungsgemäß leichter ( $40,7 \text{ kg} \pm 4,5 \text{ kg}$ ) als zweitgeborene Nachkommen ( $44,3 \text{ kg} \pm 5,4 \text{ kg}$ ).

##### *Die phänotypischen Beziehungen*

Die Abbildungen 4.70 bis 4.81 und die Tabelle 4.18 verdeutlichen die phänotypischen Zusammenhänge zwischen den Jungrindermerkmalen und den verschiedenen Parametern der ersten und zweiten Kalbung.

Die Totgeburtenrate der ersten Laktation nimmt mit zunehmendem Erstbesamungsalter tendenziell ab. In der zweiten Laktation zeigt sich dagegen ein gegenläufiger Trend. Allerdings konnte in beiden Laktation kein signifikanter Einfluss nachgewiesen werden. Die Schwereburtenrate wird tendenziell vom Erstbesamungsalter beeinflusst: mit einem Anstieg des Alters zur Erstbesamung sinkt der Anteil an schwer geborenen Kälbern beider Kalbungen. Zwischen der Trächtigkeitsdauer der ersten Kalbung und dem Erstbesamungsalter besteht kein phänotypischer Zusammenhang. Die Länge der Trächtigkeitsdauer zur zweiten Kalbung sinkt mit steigendem Erstbesamungsalter. Auf das Geburtsgewicht des Kalbs wirkt sich vor allem zur zweiten Kalbung ein hohes Erstbesamungsalter negativ aus.

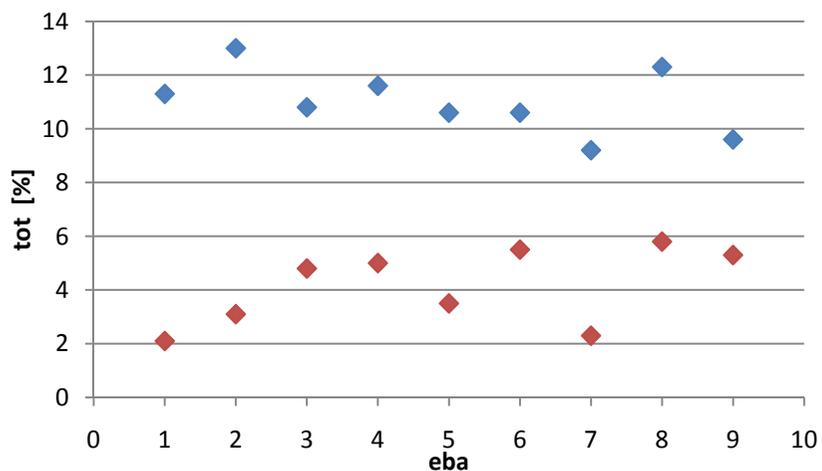
Das Erstbesamungsgewicht steht in keinem phänotypischen Zusammenhang mit der Totgeburtenrate beider Kalbungen sowie der Schwereburtenrate und Trächtigkeitsdauer der zweiten Kalbung. Mit zunehmendem Gewicht zur ersten Besamung steigen die Schwereburtenrate und Trächtigkeitsdauer der ersten Kalbung sowie das Geburtsgewicht des Kalbs an.

Eine Erhöhung der Lebenstagszunahme führt zu einer Steigerung von Tot- und Schwereburtenrate bei Erstkalbinnen. Bei Zweitkalbskühen ist dagegen kein Zusammenhang

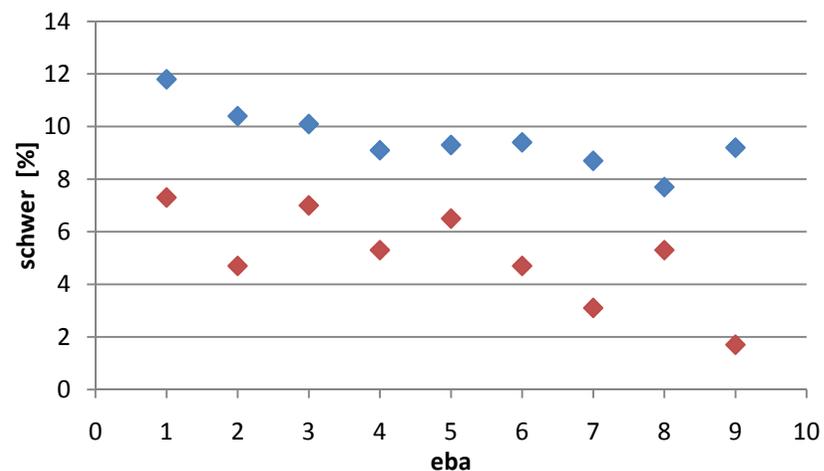
mehr festzustellen. Die Lebenstagszunahme steht außerdem in positiver Beziehung zur Trächtigkeitsdauer und zum Geburtsgewicht. Vor allem zur zweiten Kalbung ist der Trend ausgeprägt, dass mit zunehmender Lebenstagszunahme eine Erhöhung von sowohl Trächtigkeitsdauer als auch des Geburtsgewichts des Kalbs einhergeht.

**Tab. 4.18:** Phänotypische Beziehung zwischen den Merkmalen der ersten und zweiten Kalbung und Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebenstagszunahme  
Ergebnisse des F-Tests mit folgenden Signifikanzgrenzen: \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*  $p \leq 0,05$ ; (\*)  $p \leq 0,10$ ; wobei eba, gew, ltz als Kovariable / fixer Effekt in Klassen im entsprechenden Modell

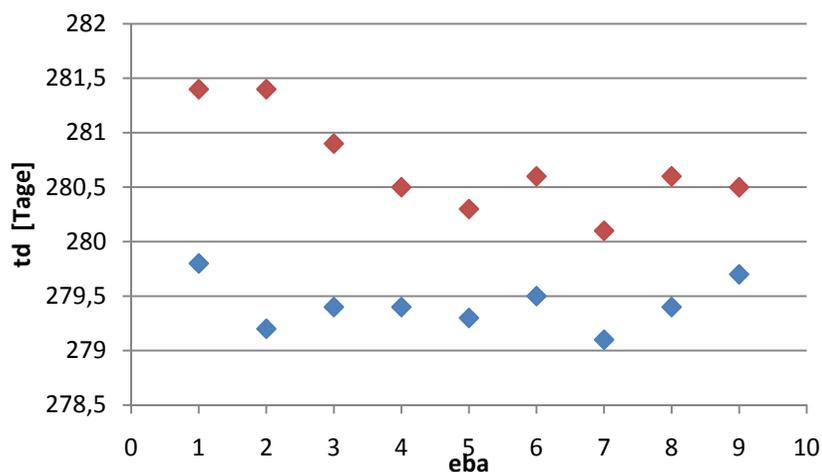
		tot	schwer	td	gebGew
1. Laktation	eba	0,19 / 0,52	(*) / 0,67	0,34 / 0,13	(*) / 0,12
	gew	0,53 / 0,96	(*) / 0,29	** / 0,18	** / **
	ltz	(*) / 0,22	** / 0,11	** / *	** / **
2. Laktation	eba	0,3 / 0,23	(*) / (*)	* / *	** / **
	gew	0,28 / 0,38	0,34 / 0,43	0,95 / 0,63	** / **
	ltz	0,97 / 0,87	(*) / 0,44	* / 0,23	** / **



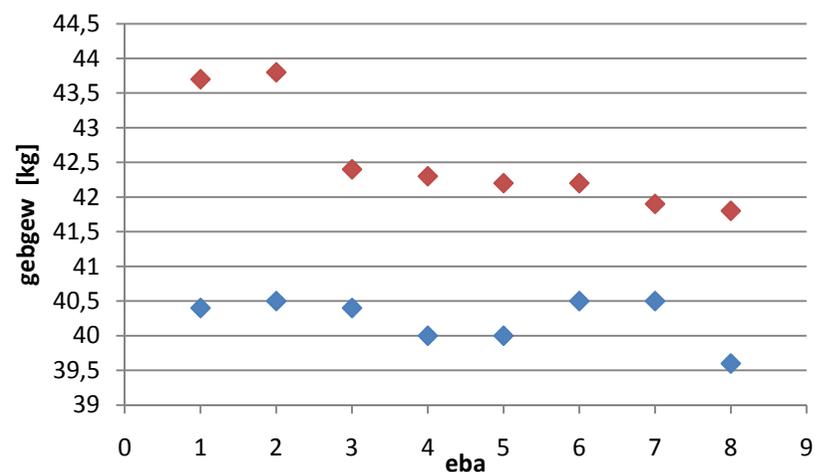
**Abb. 4.70:** Totgeburtenrate (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



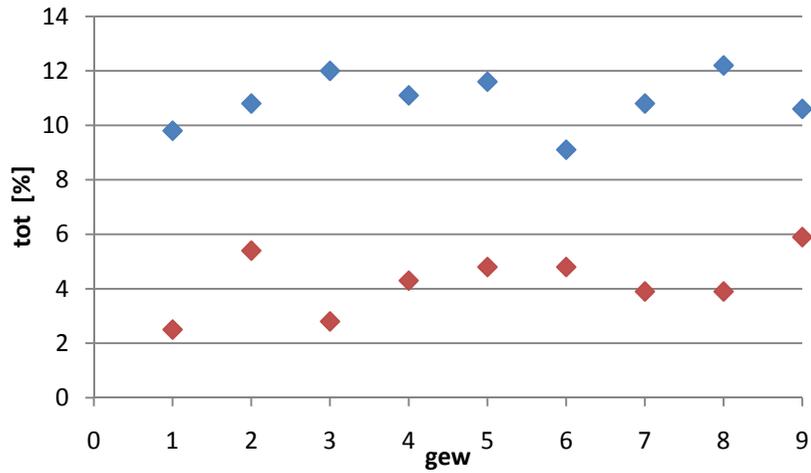
**Abb. 4.71:** Schweregeburtenrate (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



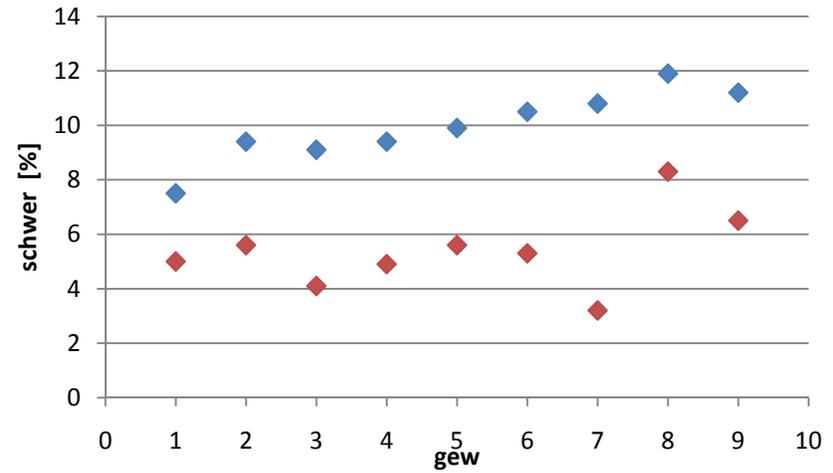
**Abb. 4.72:** Trächtigkeitsdauer (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



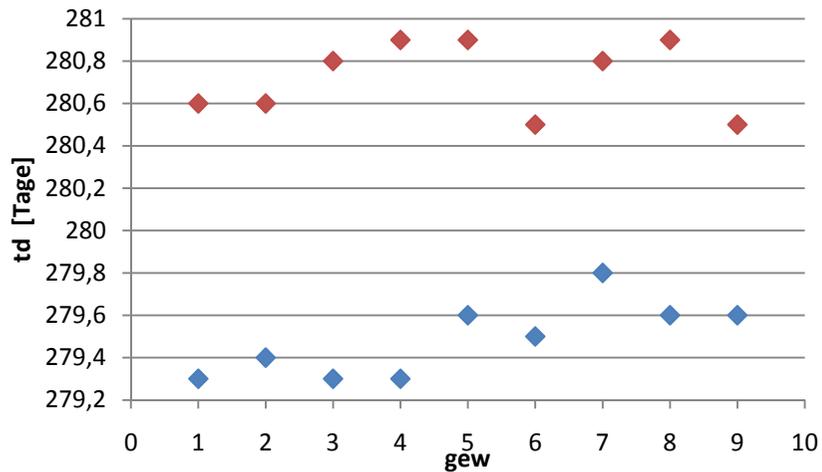
**Abb. 4.73:** Geburtsgewicht des Kalbs (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



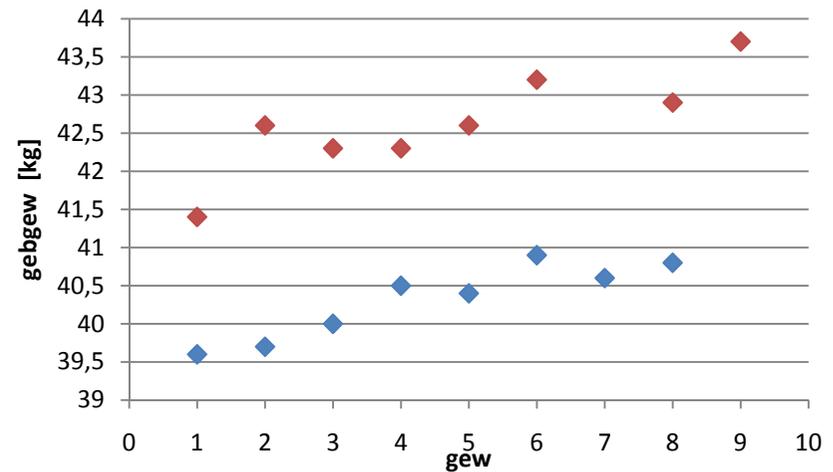
**Abb. 4.74:** Totgeburtenrate (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



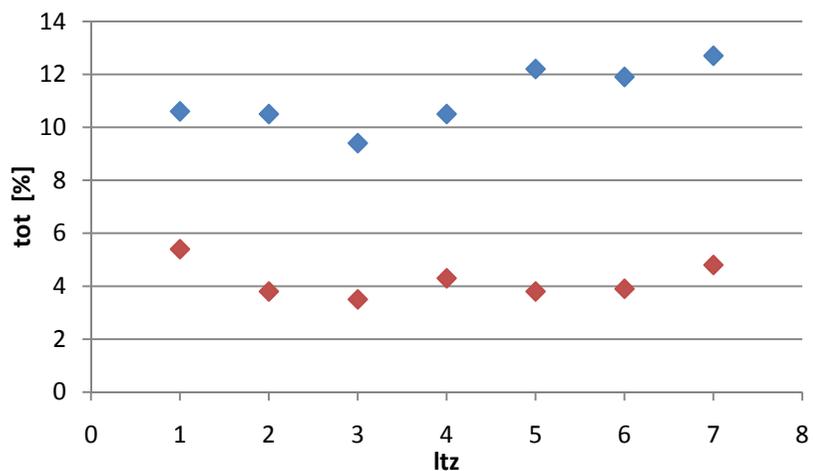
**Abb. 4.75:** Schweregeburtenrate (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



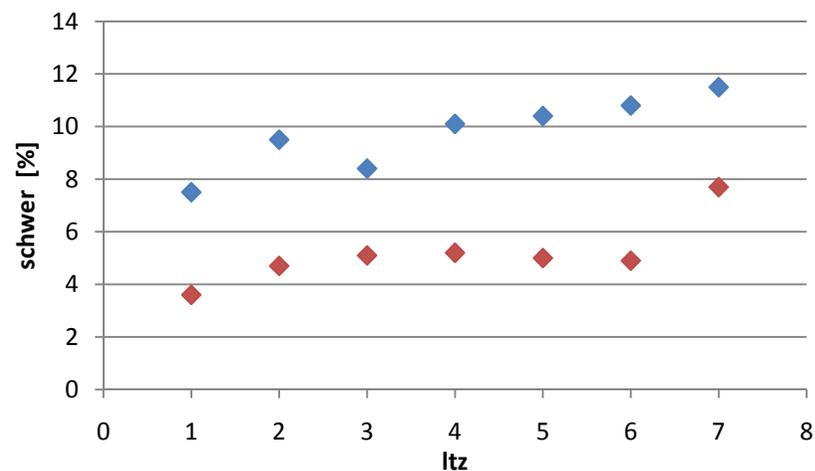
**Abb. 4.76:** Trächtigkeitsdauer (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



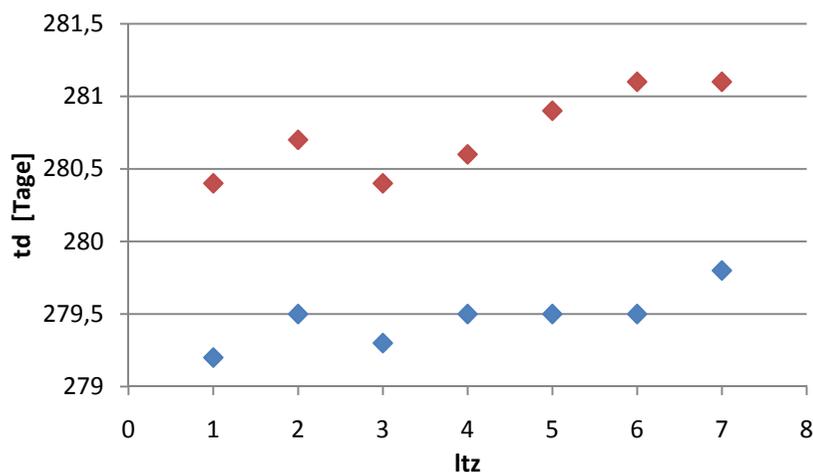
**Abb. 4.77:** Geburtsgewicht (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



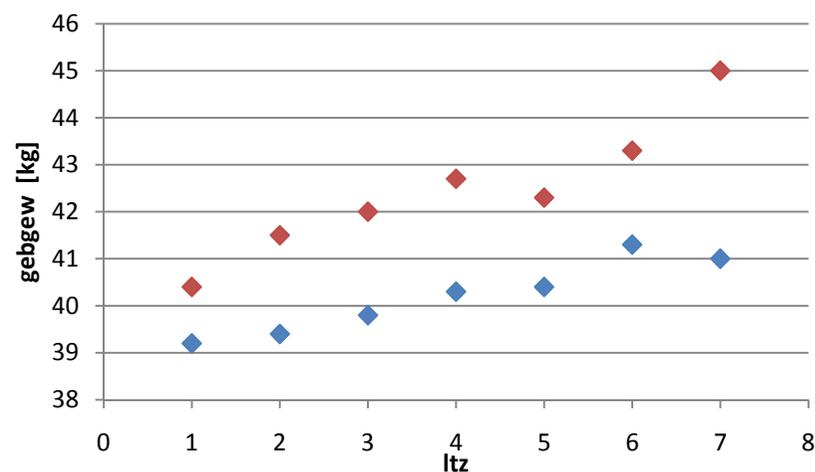
**Abb. 4.78:** Totgeburtenrate (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit von der Lebensstanzunahme (in Klassen)



**Abb. 4.79:** Schweregeburtenrate i(LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit von der Lebensstanzunahme (in Klassen)



**Abb. 4.80:** Trächtigkeitsdauer (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit von der Lebensstanzunahme (in Klassen)



**Abb. 4.81:** Geburtsgewicht (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit von der Lebensstanzunahme (in Klassen)

*Die genetischen Beziehungen*

Die Kalbmerkmale werden nicht nur direkt, d. h. vom Kalb selbst beeinflusst, sondern stehen auch unter dem Einfluss von Maternaleffekten. Die Maternaleffekte stehen in der vorliegenden Arbeit im Mittelpunkt der Betrachtung, da das Tier mit den zu untersuchenden Merkmalen der Jungrinderentwicklung die Kuh ist. In Tabelle 4.19 sind maternale und direkte Heritabilität der Kalbmerkmale sowie deren Korrelation zueinander abgebildet.

Die Totgeburtenrate der ersten Kalbung ist durch eine geringe direkte und eine moderate maternale Heritabilität gekennzeichnet. Die genetische Korrelation ist moderat negativ. Die direkte und maternale Heritabilität der Schweregeburtenrate befinden sich auf einem ähnlich geringen Niveau, welches zur zweiten Kalbung im Vergleich zur ersten sich zudem noch verringert. Der direkte und Maternaleffekt sind moderat negativ miteinander korreliert.

Die Trächtigkeitsdauer ist direkt hoch und maternal gering heritabel. Beide Heritabilitäten stehen in gering negativer genetischer Beziehung zu einander.

Die Standardfehler der Korrelationen sind bei allen betrachteten Kalbmerkmalen jedoch relativ hoch, was die Aussagefähigkeit der Ergebnisse einschränkt.

Das Geburtsgewicht des Kalbs von Erstkalbinnen ist direkt hoch heritabel, während die maternale Heritabilität gering ist. Die Daten, die die Auswertungsbasis für die Geburtsgewichte bilden, stammen von nur wenigen Betrieben, was auch in diesem Fall die Interpretierbarkeit vor allem der genetischen Korrelation erschwert.

**Tab. 4.19:** Schätzwerte für direkte und maternale Heritabilität sowie für die genetische Korrelation zwischen direktem und maternalem Effekt der Kalbmerkmale der ersten und zweiten Kalbung; Standardfehler in Klammern

		$h_d^2$	$h_m^2$	$r_g$
1. Kalbung	Totgeburtenrate	0,049 (0,04)	0,222 (0,03)	-0,329 (0,36)
	Schweregeburtenrate	0,154 (0,05)	0,110 (0,05)	-0,506 (0,25)
	Trächtigkeitsdauer	0,513 (0,05)	0,092 (0,03)	-0,253 (0,14)
	Geburtsgewicht	0,491 (0,08)	0,045 (0,03)	0,642 (0,33)
2. Kalbung	Totgeburtenrate	nicht konvergiert		
	Schweregeburtenrate	0,070 (0,07)	0,079 (0,10)	-0,703 (0,55)
	Trächtigkeitsdauer	0,402 (0,05)	0,054 (0,04)	-0,159 (0,30)
	Geburtsgewicht	0,267 (0,08)	0,135 (0,09)	0,330 (0,49)

Die genetischen Beziehungen zwischen den Merkmalen der ersten beiden Kalbungen und den Parametern der Jungrindentwicklung sind in der Tabelle 4.20 dargestellt. Aufgrund der hohen Standardfehler muss auch hier die Aussagefähigkeit als reduziert betrachtet werden. Die Ergebnisse der zweiten Kalbung sind nur der Vollständigkeit halber aufgeführt, da das Datenmaterial für das Erreichen interpretierbarer Ergebnisse zu gering erscheint. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle nur auf die genetischen Korrelationen zu den Kalbmerkmalen der Erstkalbinnen eingegangen.

Erstbesamungsalter und der Maternaleffekt der Schweregeburtenrate sind nicht genetisch korreliert. Eine günstige, d. h. negative genetische Beziehung besteht zwischen maternaler Totgeburtenrate der ersten Kalbung und dem Alter zur ersten Besamung. Die maternale Trächtigkeitsdauer bei Erstkalbinnen moderat positiv genetisch korreliert mit dem Erstbesamungsalter. Der Maternaleffekt des Geburtsgewichts bei Erstkalbskühen und das Erstbesamungsalter stehen in einem gering negativen Zusammenhang auf genetischer Ebene. Das Erstbesamungsgewicht steht zur maternalen Tot- und Schweregeburtenrate in ungünstiger positiver Beziehung auf moderatem Niveau. Die genetische Korrelation zur maternalen Trächtigkeitsdauer ist während der ersten Trächtigkeit gering positiv. Zwischen dem Erstbesamungsgewicht der Kuh und dem Geburtsgewicht des Kalbs bestehen ebenfalls moderat positive genetische Verknüpfungen.

Die genetische Korrelation von Lebenstagszunahme zur sowohl Tot- als auch Schweregeburtenrate der ersten Kalbung ist gering bzw. moderat positiv. Die Beziehungen sind daher als ungünstig zu bewerten. Zur maternalen Trächtigkeitsdauer von Erstkalbinnen bestehen annähernd keine genetischen Beziehungen. Das Geburtsgewicht ist mit der Lebenstagszunahme auf niedrigem, positivem Niveau genetisch verknüpft.

**Tab. 4.20:** Schätzwerte für die genetische Korrelation zwischen Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebenstagszunahme und dem Maternaleffekt der Kalbmerkmale von Erst- und Zweitkalbskühen; Standardfehler in Klammern

		$r_g$ (eba)	$r_g$ (gew)	$r_g$ (ltz)
1. Kalbung	Totgeburtenrate	-0,121 (0,17)	0,365 (0,16)	0,134 (0,15)
	Schweregeburtenrate	-0,019 (0,25)	0,407 (0,21)	0,338 (0,20)
	Trächtigkeitsdauer	0,164 (0,12)	0,237 (0,16)	0,072 (0,16)
	Geburtsgewicht	-0,096 (0,36)	0,314 (0,30)	0,262 (0,30)
2. Kalbung	Totgeburtenrate	nicht konvergiert		
	Schweregeburtenrate	nicht konvergiert	0,374 (0,42)	-0,233 (0,43)
	Trächtigkeitsdauer	-0,458 (0,31)	0,367 (0,37)	0,433 (0,33)
	Geburtsgewicht	-0,938 (1,47)	0,100 (0,39)	-0,054 (0,40)

## 4.5. Die ExterieurEinstufung

Bei der ExterieurEinstufung werden einerseits Gesamtnoten für Körper, Typ, Euter und Fundament vergeben, andererseits werden aber auch verschiedene Einzelmerkmale bonitiert. Die Durchschnittswerte der Exterieur-Gesamtnoten für Körper, Typ, Euter und Fundament betragen 80,6 ( $\pm 3,5$ ), 80,4 ( $\pm 3,0$ ), 79,7 ( $\pm 3,6$ ) bzw. 78,5 ( $\pm 3,6$ ) und schwanken zwischen einem Minimum von 65 und einem Maximum von 88 bzw. 87 (Fundament). Die Mittelwerte der Einzelmerkmale sind in der Tabelle 4.21 dargestellt.

Die Durchschnittswerte der Klassifizierungsergebnisse des Exterieurs auf Basis Einzelbetrieb sind im Anhang in den Tabellen 12.13 sowie 12.14a und 12.14b aufgeführt.

**Tab. 4.21:** Mittelwert und Standardabweichung der Exterieur-Einzelnoten sowie der Körpergröße

Exterieur-Einzelnote	Mittelwert	Exterieur-Einzelnote	Mittelwert
Milchcharakter	5,7 $\pm$ 1,4	Zentralband	5,5 $\pm$ 1,6
Körpertiefe	5,6 $\pm$ 1,3	Strichplatzierung – vorn	5,0 $\pm$ 1,0
Stärke	5,2 $\pm$ 1,3	Vordereuteraufhängung	5,5 $\pm$ 1,6
Beckenneigung	5,0 $\pm$ 1,1	Eutertiefe	5,6 $\pm$ 1,5
Beckenbreite	5,1 $\pm$ 1,3	Strichlänge	4,7 $\pm$ 1,2
Hinterbeinwinkelung	5,2 $\pm$ 1,2	Strichplatzierung – hinten	6,6 $\pm$ 1,2
Klauen	4,6 $\pm$ 1,4	Klauenwinkel	4,6 $\pm$ 1,2
Sprunggelenk	4,9 $\pm$ 1,5	BCS	4,6 $\pm$ 1,2
Hinterbeinstellung	4,5 $\pm$ 1,3	Bewegung	5,0 $\pm$ 1,6
Hintereuterhöhe	5,4 $\pm$ 1,4	Größe [cm]	145,3 $\pm$ 3,4

*Die phänotypischen Beziehungen*

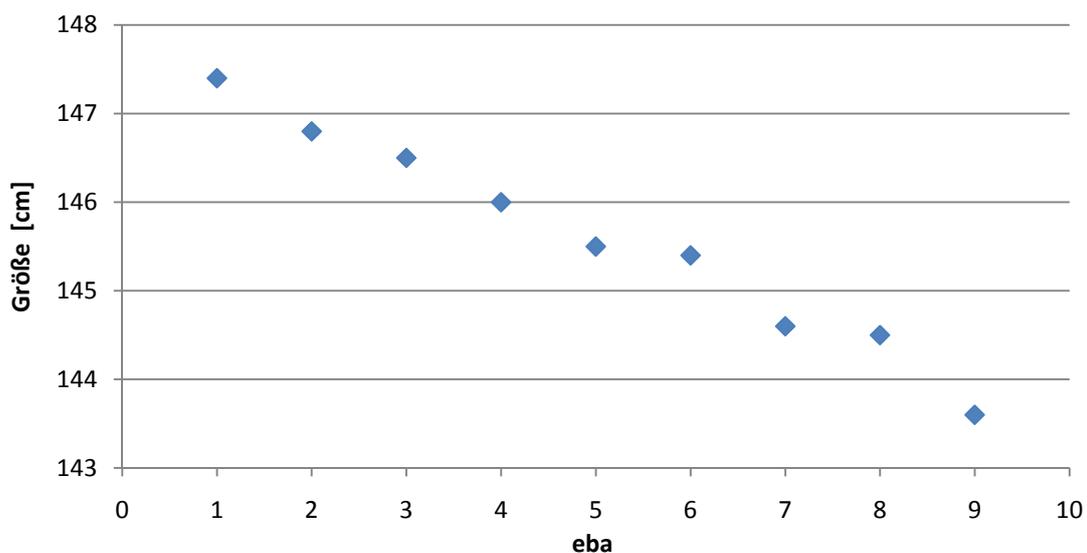
Tabelle 4.22 gibt eine Übersicht über die Ergebnisse der Überprüfung, ob ein signifikanter Zusammenhang besteht zwischen den Jungrindermerkmalen und den Boniturnoten der ExterieurEinstufung der verschiedenen Einzelmerkmale.

**Tab. 4.22:** Phänotypische Beziehungen zwischen Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebenstagszunahme und den Exterieur-Gesamt- und -Einzelnoten; Ergebnisse des F-Tests mit folgenden Signifikanzgrenzen: \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*  $p \leq 0,05$ ; (\*)  $p \leq 0,10$ ; wobei eba, gew, ltz als Kovariable / fixer Effekt in Klassen im entsprechenden Modell

	eba	gew	ltz
<b>Einstufungsnoten</b>			
Körper	** / **	** / **	** / **
Typ	* / 0,24	** / **	0,2 / *
Euter	** / **	** / 0,2	** / **
Fundament	0,17 / 0,69	** / **	** / **
<b>Körper</b>			
Milchcharakter	0,14 / 0,25	** / *	** / *
Körpertiefe	** / **	** / **	** / **
Stärke	** / **	** / **	** / **
Beckenneigung	0,19 / (*)	(*) / 0,17	** / *
Beckenbreite	** / **	** / **	** / **
<b>Fundament</b>			
Hinterbeinwinkelung	0,47 / 0,96	* / 0,61	0,14 / 0,22
Klauen	* / (*)	0,29 / 0,70	** / *
Klauenwinkel	* / (*)	** / 0,24	** / **
Sprunggelenk	** / *	** / **	** / **
Hinterbeinstellung	0,21 / 0,47	0,58 / 0,17	0,15 / 0,76
<b>Euter</b>			
Hintereuterhöhe	** / (*)	** / **	** / **
Zentralband	* / 0,59	0,65 / 0,24	0,17 / 0,4
Vordereuteraufhängung	** / *	** / 0,18	** / **
Eutertiefe	(*) / 0,27	** / **	** / **
Strichlänge	0,16 / 0,63	** / 0,19	** / (*)
Strichplatzierung, vorne	0,95 / 0,95	0,30 / 0,5	0,2 / *
Strichplatzierung, hinten	0,85 / 0,96	0,14 / **	0,71 / **
BCS	** / **	** / **	** / **
Bewegung	0,19 / 0,24	** / 0,36	** / *
Größe	** / **	** / **	** / **

Der phänotypische Zusammenhang zwischen Erstbesamungsalter und Exterieur-Gesamt- und Einzelmerkmalen ist in den Abbildungen 4.82 bis 4.87 graphisch dargestellt.

Die Einstufungsnoten für den Körper sinken mit zunehmendem Erstbesamungsalter kontinuierlich von 82,7 auf 78,9 ab. Das Euter hingegen wird mit steigendem Alter zur Erstbesamung besser bewertet. Hinsichtlich der Bewertung des Typs ist ein leicht sinkender Trend zu beobachten, der jedoch signifikant ist. Der Graph der Fundament-Gesamtnote zeigt einen wellenförmigen Verlauf. Allerdings spricht das Ergebnis des F-Tests nicht für einen signifikanten Zusammenhang. Mit steigendem Erstbesamungsalter sinken die Körpernoten für Körpertiefe, Stärke und Beckenbreite nahezu linear ab. Die Bewertung der Beckenbreite ist über einen langen Erstbesamungszeitraum weitgehend stabil und fällt ab Altersklasse 7' schnell ab. Die Einstufungsnoten des Merkmals Milchcharakter bleiben relativ konstant: Es liegt keine Beeinflussung durch das Erstbesamungsalter vor. Zu den Fundamentmerkmalen Hinterbeinstellung und -winkelung besteht ebenfalls keine Beziehung. Die Merkmale Klauen, das die Trachtenhöhe beschreibt, und Klauenwinkel, als Beschreibungsalternative dazu, zeigen einen ähnlichen Kurvenverlauf: ein Anstieg des Erstbesamungsalter führt zum Absinken der vergebenen Noten. Das Sprunggelenk wird dagegen höher bewertet je älter das Tier zur ersten Besamung ist. Ein höheres Erstbesamungsalter führt außerdem zu einer höheren Bewertung der Eutermerkmale Hintereuterhöhe, Vordereuteraufhängung, Eutertiefe und Zentralband. Auf Strichplatzierung und Strichlänge ist jedoch kein Einfluss ersichtlich. Für den BCS werden mit steigendem Alter geringere Noten vergeben. Die Bewegungsnoten steigen tendenziell mit zunehmendem Alter an. Je älter ein Tier zur Erstbesamung ist, desto kleiner ist es zum Zeitpunkt der Exterieurklassifizierung.



**Abb. 4.82:** Körpergröße (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)

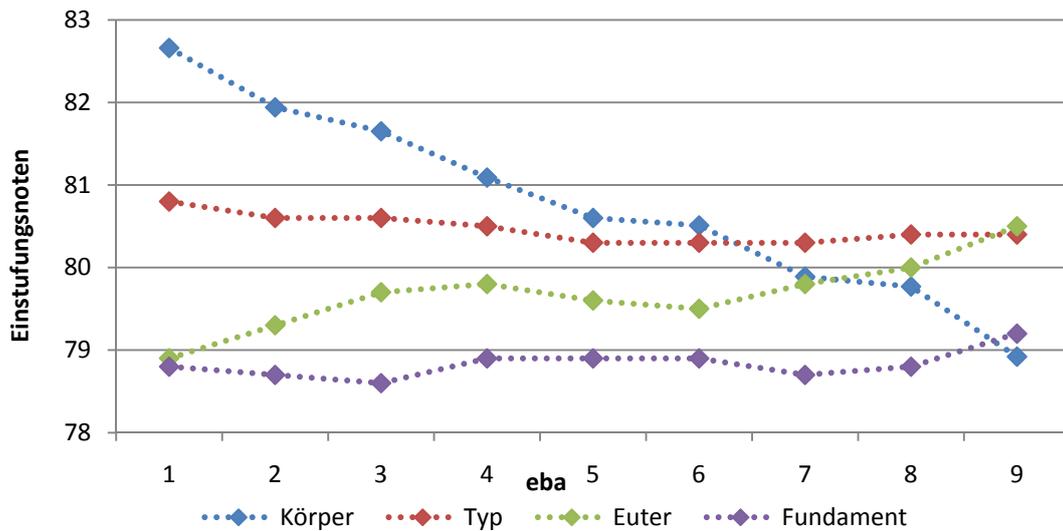


Abb. 4.83: Einstufungsnoten (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)

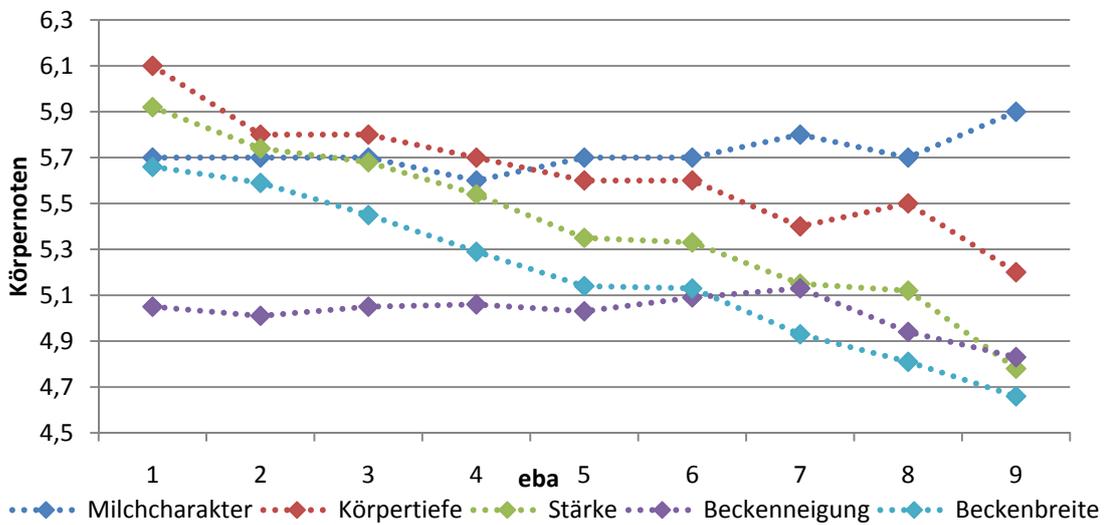


Abb. 4.84: Körpernoten (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)

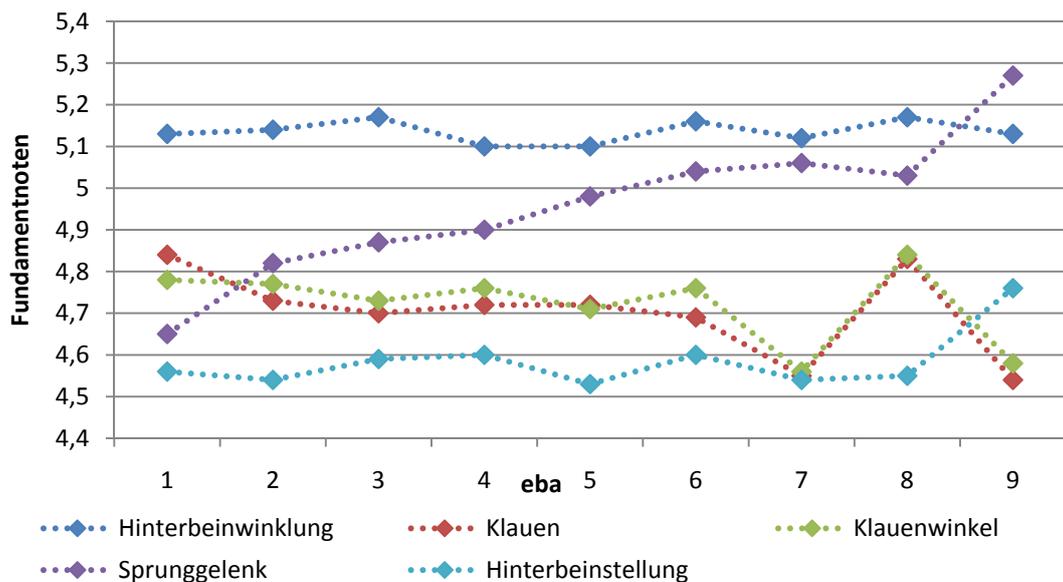


Abb. 4.85: Fundamentnoten (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)

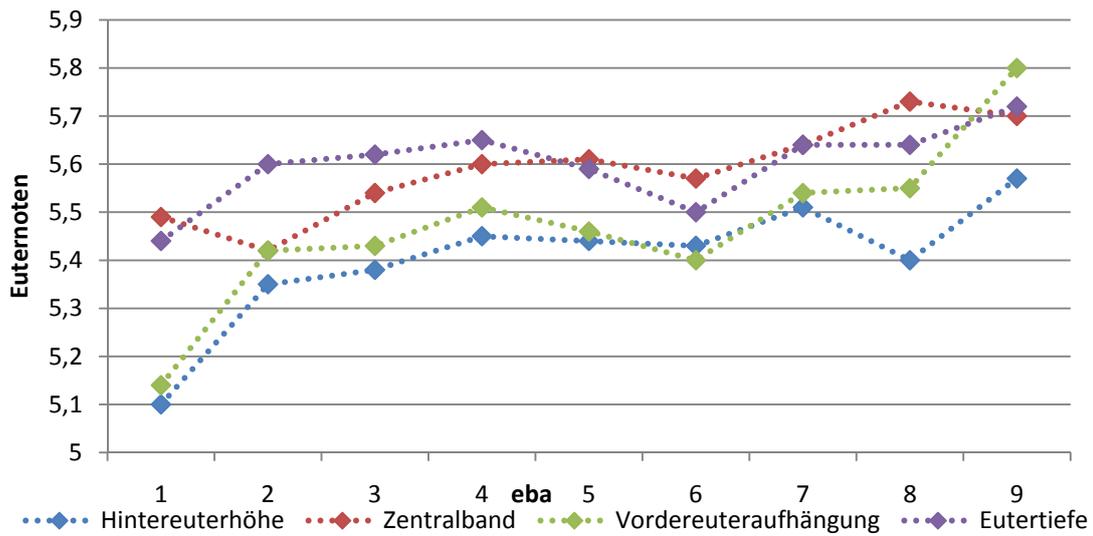


Abb. 4.86a: Euternoten (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)

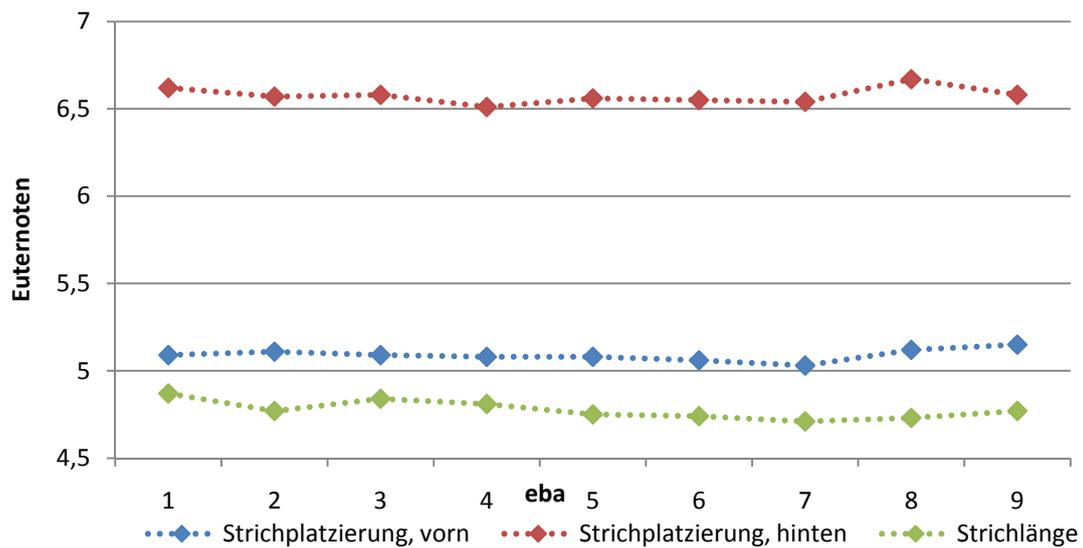


Abb. 4.86b: Euternoten (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)

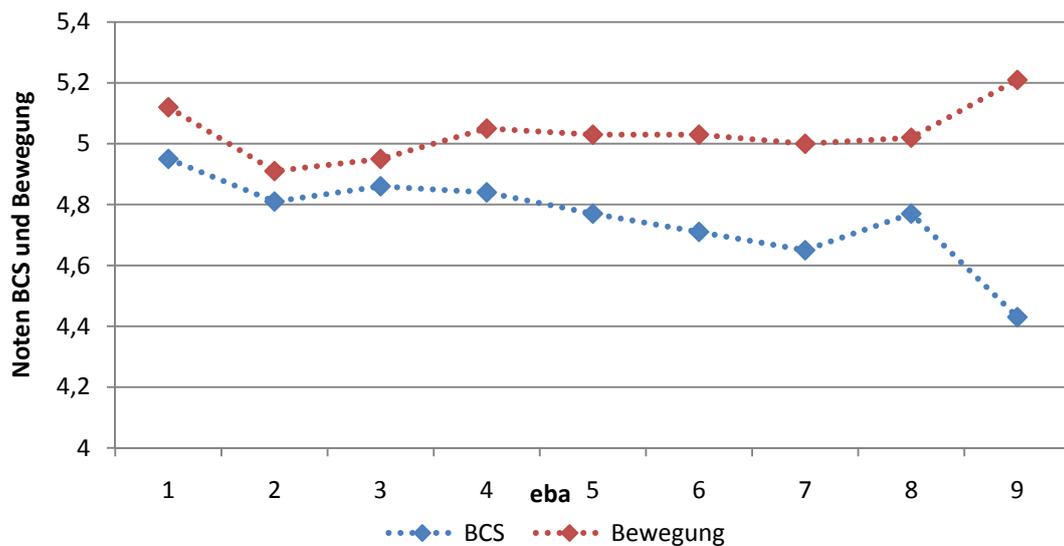
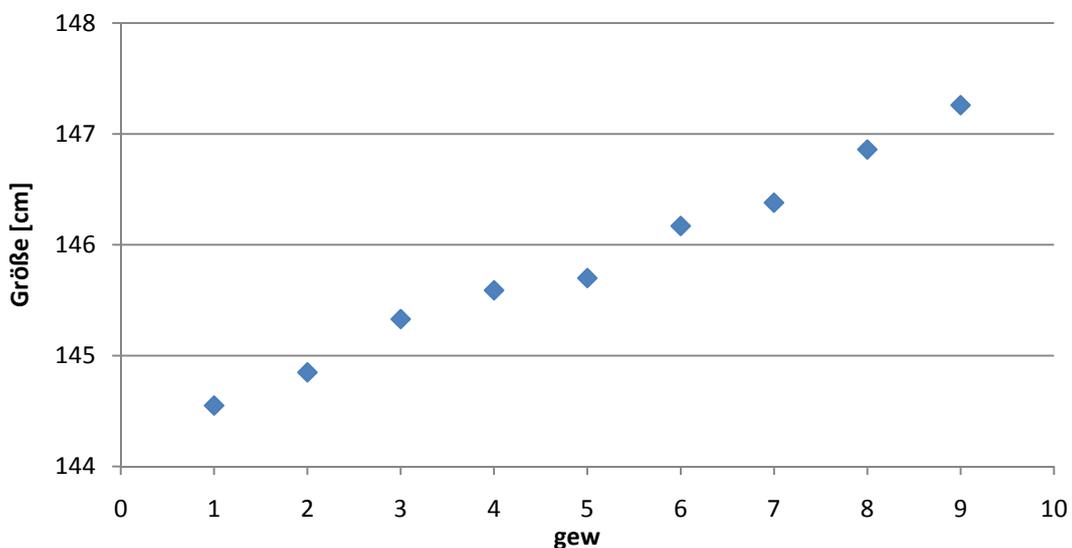
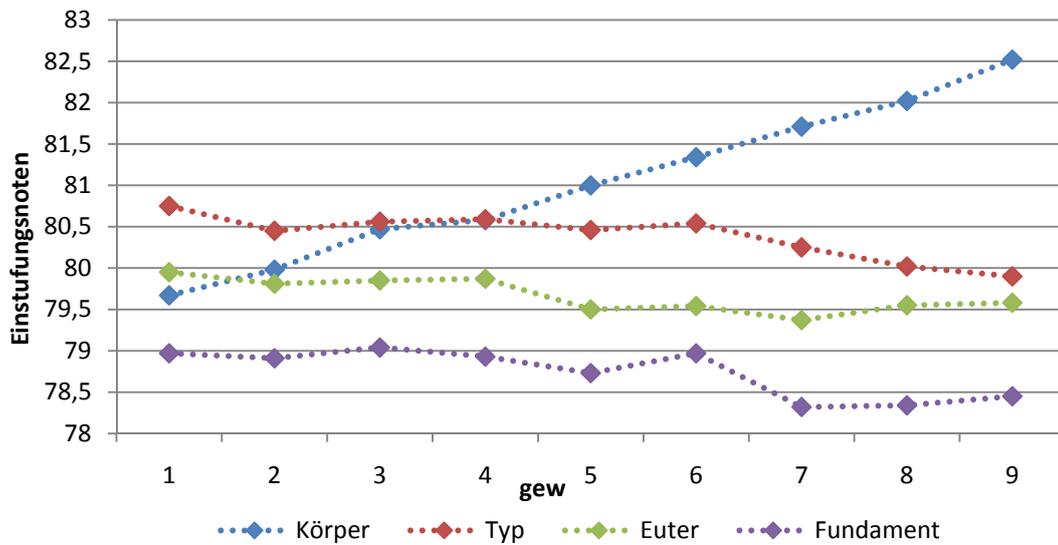


Abb. 4.87: Noten für BCS (LSMEANS) und Bewegung in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)

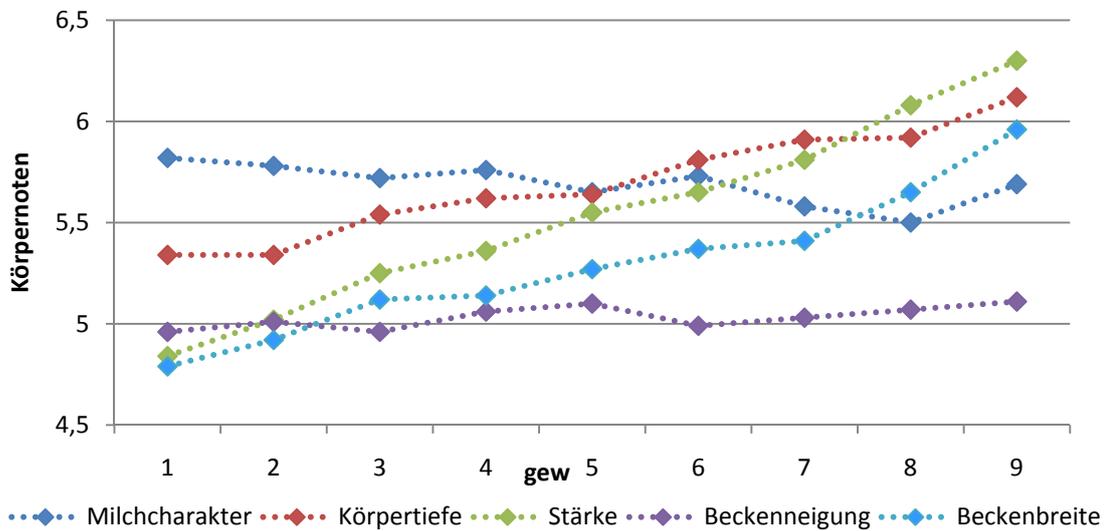
Die Abbildungen 4.88 bis 4.93 verdeutlichen den phänotypischen Zusammenhang zwischen Erstbesamungsgewicht und den Exterieurmerkmalen. Das Erstbesamungsgewicht besitzt einen signifikanten Einfluss auf die Exterieur-Gesamtnoten von Körper, Typ, Euter und Fundament. Eine Erhöhung des Gewichts zur Erstbesamung bewirkt zum Einen eine kontinuierliche Steigerung der Boniturnoten für das Gesamtmerkmal Körper, zum Anderen zeigen die übrigen drei Exterieur-Gesamtmerkmale eine leicht sinkende Tendenz. Bei der Betrachtung der einzelnen Körpermerkmale werden mit zunehmendem Erstbesamungsgewicht höhere Noten vergeben für Körpertiefe, Stärke und Beckenbreite. Die Note des Merkmals Milchcharakter nimmt dagegen leicht ab. Zur Beckenneigung besteht kein Zusammenhang. Mit zunehmendem Erstbesamungsgewicht steigt die für die Hinterbeinwinkelung vergebene Note leicht an. Die Sprunggelenksnote sinkt jedoch kontinuierlich ab. Ebenso führt die Erhöhung des Gewichts zur ersten Besamung zu einem leichten Absinken der Note des Klauenwinkels. Der Kurvenverlauf des bisher für die Beschreibung der Klauen verwendeten Merkmals Trachtenhöhe ist dem des Klauenwinkels ähnlich. Ein signifikanter Einfluss des Erstbesamungsgewichts liegt aber im Gegensatz dazu nicht vor. Die Noten für Hintereuterhöhe, Eutertiefe sowie Vordereuteraufhängung nehmen bei einem Anstieg des Erstbesamungsgewichts unterschiedlich stark ab. Das Zentralband ist unbeeinflusst vom Gewicht der Erstbesamung. Ein signifikanter Zusammenhang besteht zwischen dem Erstbesamungsgewicht und der Strichlänge sowie der Strichplatzierung hinten. Eine Erhöhung hat einen leichten Anstieg der Strichlänge zur Folge. Die beiden äußeren Klassen des Erstbesamungsgewichts werden hinsichtlich der Strichplatzierung höher bewertet. Der BCS und die Körpergröße erhöhen sich kontinuierlich bei einer Steigerung des Gewichts. Die Note für Bewegung fällt im Gegensatz bei einer Erhöhung leicht ab.



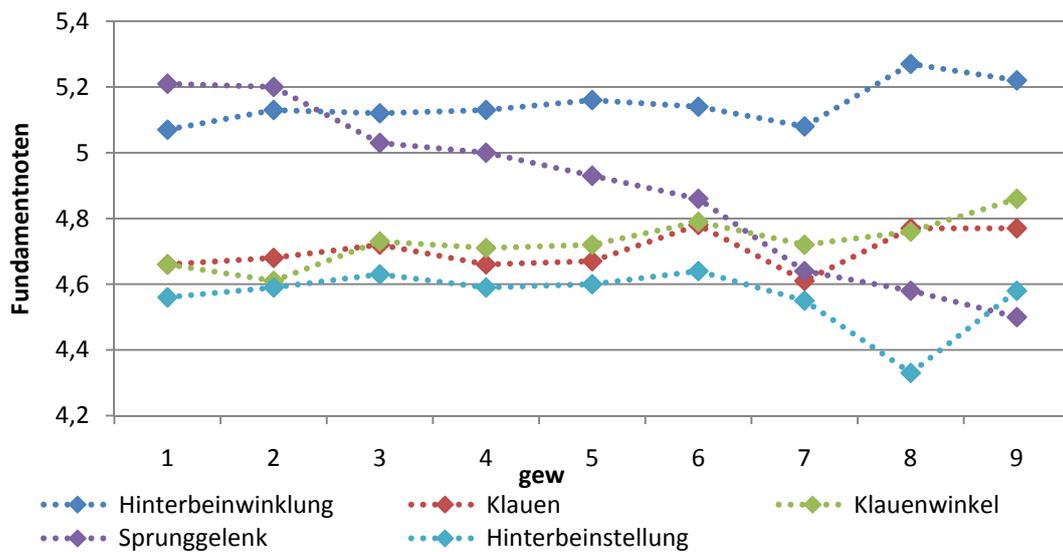
**Abb. 4.88:** Körpergröße (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



**Abb. 4.89:** Einstufungsnoten (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



**Abb. 4.90:** Körpernoten (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



**Abb. 4.91:** Fundamentnoten (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)

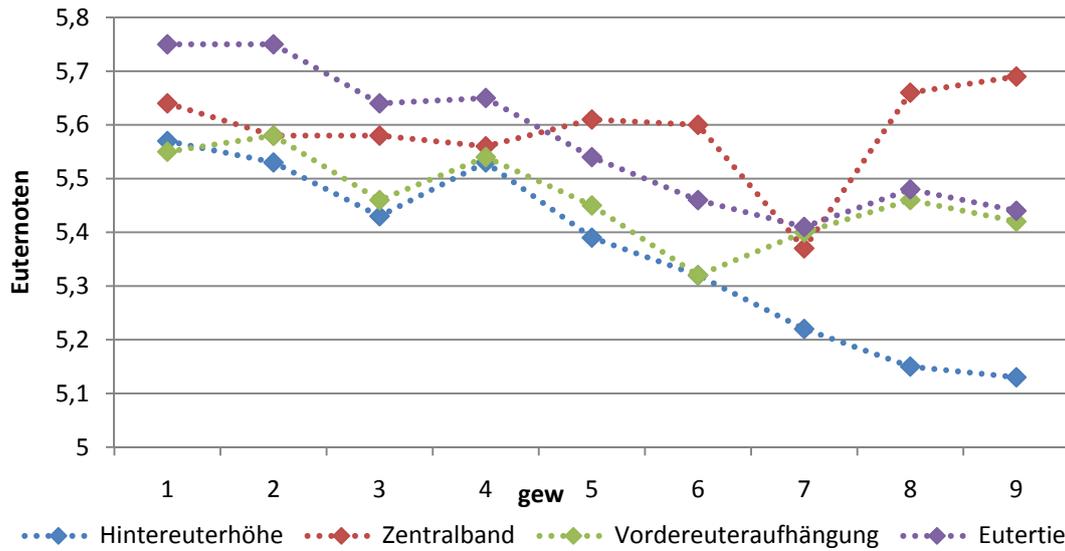


Abb. 4.92a: Euternoten (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)

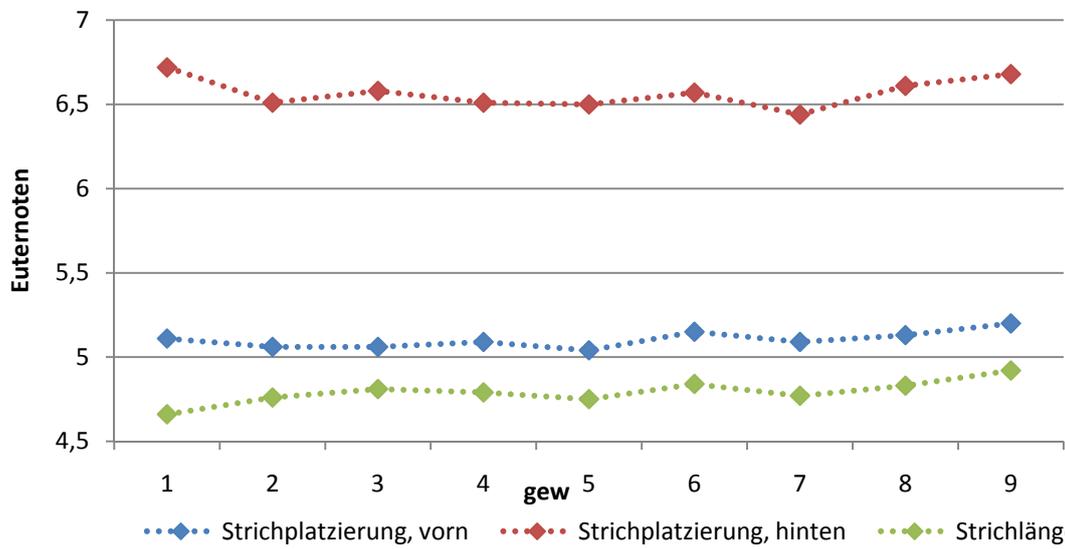


Abb. 4.92b: Euternoten (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)

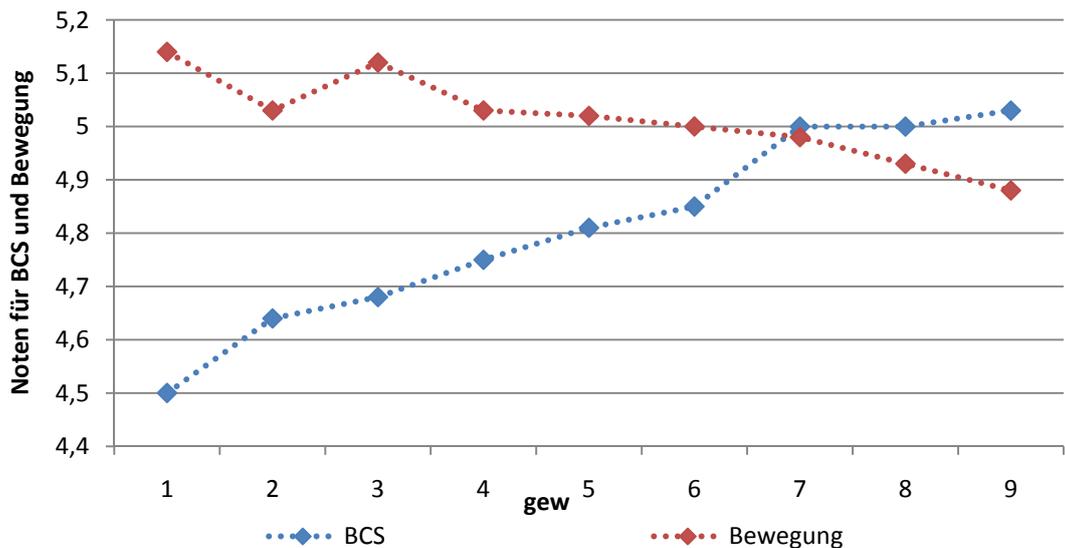
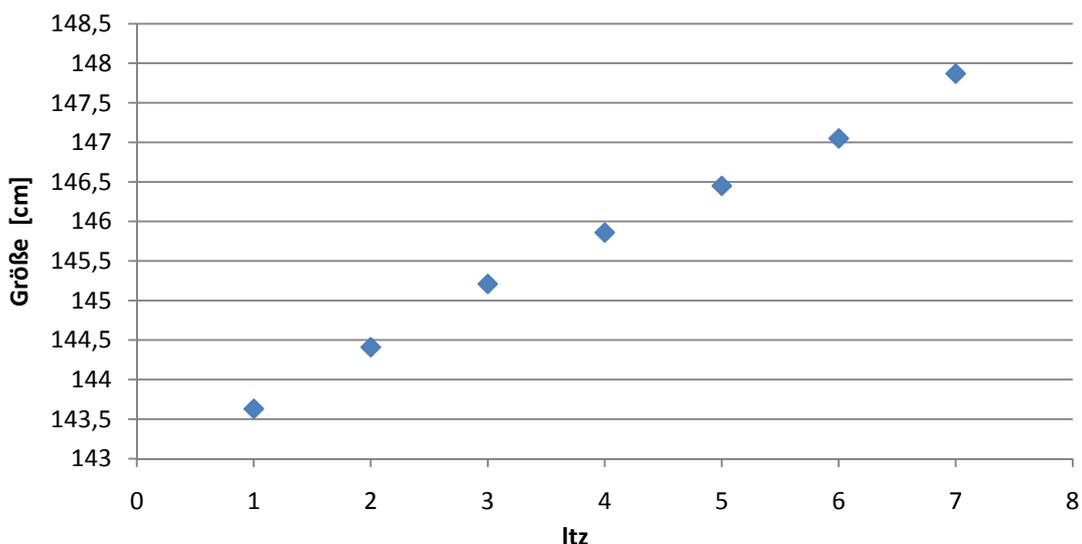


Abb. 4.93: Noten für BCS und Bewegung (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)

Die Abbildungen 4.94 bis 4.99 zeigen den phänotypischen Zusammenhang zwischen Lebensstagszunahme und den Exterieurmerkmalen. Die Lebensstagszunahme beeinflusst signifikant die Einstufungsnoten der Exterieur-Gesamtmerkmale: Die Körpernote steigt mit zunehmender Lebensstagszunahme kontinuierlich an, wohingegen die Euternote leicht sinkt. Die Gesamtnote des Fundaments ist bis zur Altersklasse ‚5‘ relativ konstant und sinkt danach ebenfalls ab. Der Graph der Typnote zeigt einen wellenförmigen Verlauf mit zwei Maxima bei ‚1‘ und ‚5‘. Einen deutlichen Anstieg der Beurteilungsnoten verzeichnen die einzelnen Körpernoten für Körpertiefe, Stärke und Beckenbreite bei einem Anstieg der Lebensstagszunahme. Auch die Note der Beckenneigung zeigt eine leicht ansteigende Tendenz. Die Note des Milchcharakters nimmt dagegen leicht ab. Das Fundamentmerkmal Sprunggelenk wird bei steigender Lebensstagszunahme deutlicher geringer bewertet. Die Noten für Klauenwinkel und Trachtenhöhe steigen im Gegensatz dazu an. Die Hinterbeinstellung wird tendenziell geringer und die Hinterbeinwinkelung tendenziell höher beurteilt bei einem Anstieg der Lebensstagszunahme. Die für Hintereuterhöhe und Vordereuteraufhängung vergebenen Noten nehmen bei einer Erhöhung der Lebensstagszunahme ab. Die Eutertiefe bleibt bis zur Effektstufe ‚4‘ konstant und nimmt ein einem weiteren Anstieg darüber hinaus ebenfalls ab. Auch die Zentralbandnote sinkt tendenziell. Die äußeren Klassen der Lebensstagszunahme werden hinsichtlich Strichplatzierung sowohl vorn als auch hinten höher bewertet. Eine Erhöhung der Lebensstagszunahme führt zu einer Steigerung der Strichlänge. BCS und Körpergröße stehen mit der Lebensstagszunahme in positiver Beziehung. Die Bewegung wird dagegen bei einer Steigerung geringer benotet.



**Abb. 4.94:** Körpergröße (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebensstagszunahme (in Klassen)

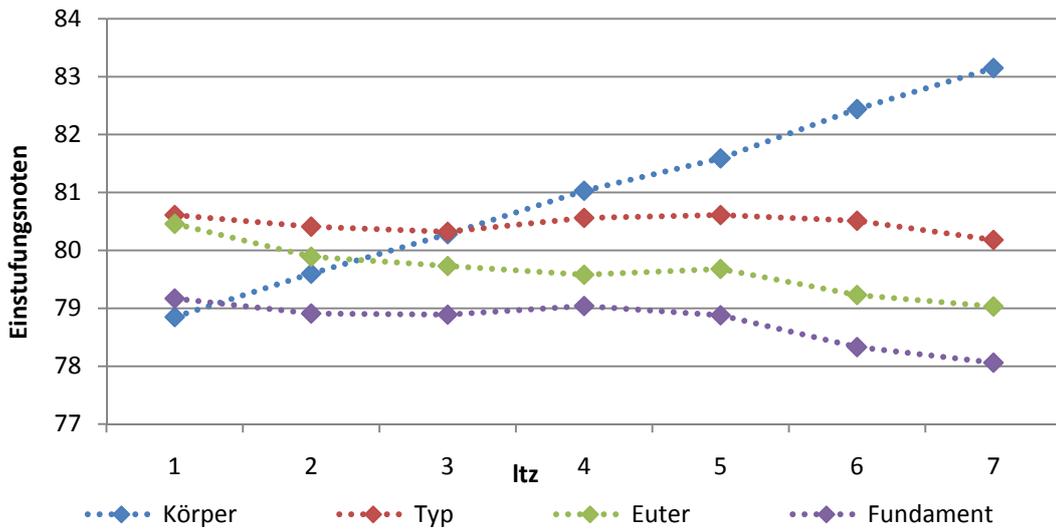


Abb. 4.95: Die Einstufungsnoten (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebensstagszunahme (in Klassen)

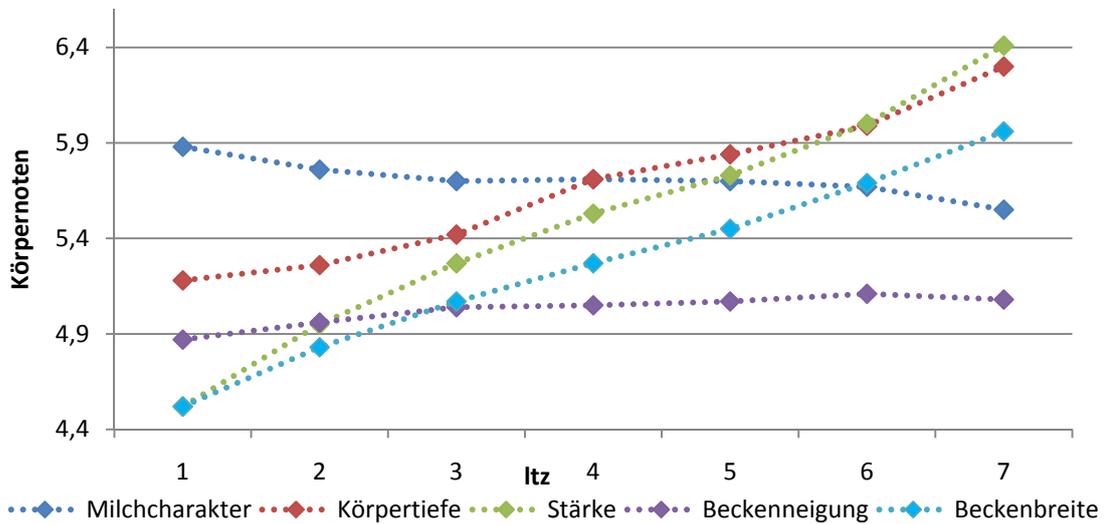


Abb. 4.96: Die Körpernoten (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebensstagszunahme (in Klassen)

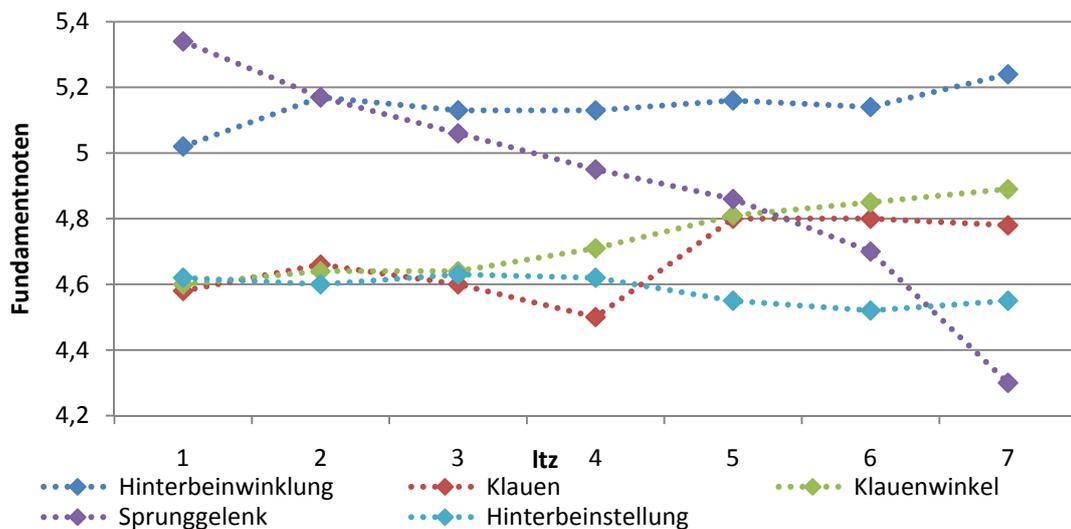


Abb. 4.97: Die Fundamentnoten (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebensstagszunahme (in Klassen)

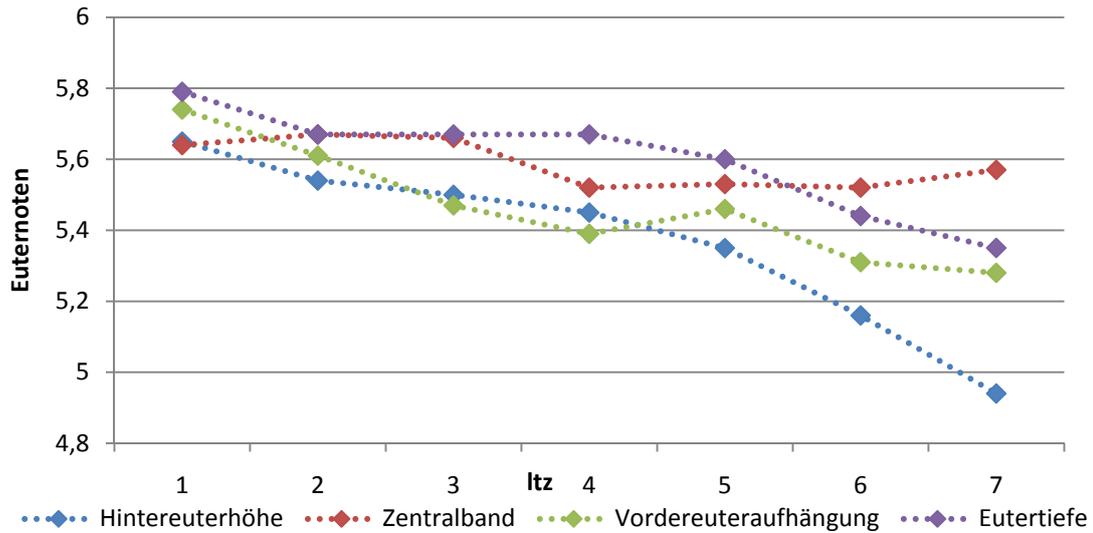


Abb. 4.98a: Euternnoten (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebensstanzunahme (in Klassen)

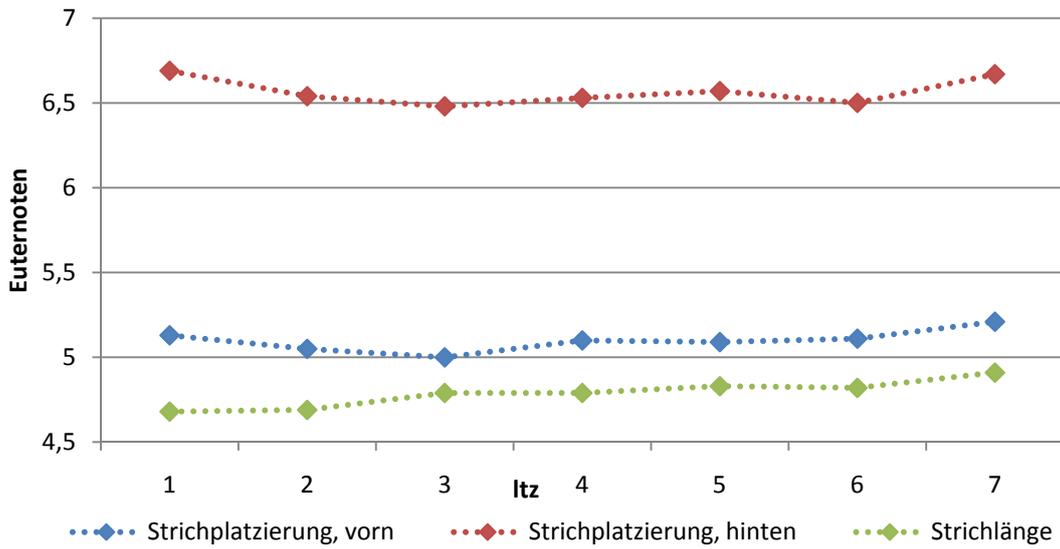


Abb. 4.98b: Euternnoten (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebensstanzunahme (in Klassen)

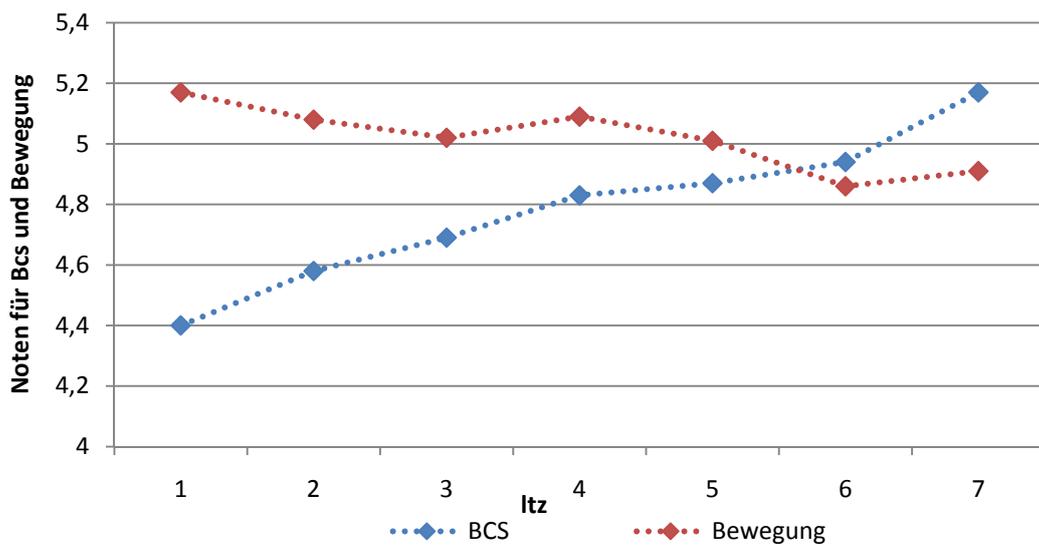


Abb. 4.99: Noten für BCS und Bewegung (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebensstanzunahme (in Klassen)

*Die genetischen Beziehungen*

Die Ergebnisse der genetisch-statistischen Auswertung sind in Tabelle 4.23 als Übersicht dargestellt. Die Exterieurmerkmale sind im Allgemeinen moderat bis hoch heritabel. Die Ausnahme bilden dabei einige Fundamentmerkmale wie Klauenwinkel, Klauen (Trachtenhöhe) und Hinterbeinstellung sowie die Bewegungsnote. Ihre Heritabilität bewegt sich auf geringem Niveau.

Das Erstbesamungsalter ist moderat negativ genetisch korreliert mit den Exterieur-Gesamtnoten Körper und Typ sowie einigen Einzelmerkmalen, die in diese Gesamtnoten einfließen. Die entsprechenden Einzelmerkmale sind Milchcharakter, Körpertiefe, Stärke, Beckenbreite sowie die Fundamentmerkmale Hinterbeinwinkelung und Klauen (Trachtenhöhe). Es bestehen ebenfalls moderat negative genetische Beziehungen zur Körpergröße.

Die genetische Korrelation zwischen Erstbesamungsalter und Klauenwinkel sowie Strichplatzierung (vorn und hinten) ist gering negativ. Gering positive genetische Zusammenhänge bestehen zur Vordereuteraufhängung. Moderat positiv sind die genetischen Beziehung zur Fundament-Gesamtnote sowie den Einzelmerkmalen Sprunggelenk und Hinterbeinstellung. Die genetische Korrelation des Alters zur ersten Besamung zur Bewegungsnote bewegt sich auf hohem positiven Niveau.

Das Erstbesamungsgewicht ist mit der Körper-Gesamtnote und der Stärke, als Einzelmerkmal, moderat positiv genetisch korreliert. Gering positive genetische Beziehungen bestehen zur Körpertiefe, Beckenneigung und -breite, Klauenwinkel, Strichplatzierung, sowohl vorn als auch hinten, zur BCS-Note und der Größe. Zwischen der Fundament-Gesamtnote, dem Einzelmerkmal Sprunggelenk sowie der Note für die Bewegung und dem Gewicht zur Erstbesamung bestehen genetische Korrelationen auf moderat negativem Niveau. Der genetische Zusammenhang zu den Merkmalen Klauen (Trachtenhöhe), Hintereuterhöhe und Eutertiefe ist gering negativ.

Die Lebenstagszunahme ist mit dem Gesamtmerkmal Körper und den Einzelmerkmalen Körpertiefe, Milchcharakter, Stärke und Beckenbreite sowie der Körpergröße moderat positiv genetisch verknüpft. Gering positive genetische Beziehungen bestehen zur Typnote und den Fundamentmerkmalen Hinterbeinwinkelung und Klauenwinkel sowie zur Beckenneigung, Strichplatzierung und BCS. Die genetische Korrelation zwischen Lebenstagszunahme und der Fundament-Gesamtnote, dem Sprunggelenk und der Bewegungsnote ist moderat negativ. Zur Hinterbeinstellung und Hintereuterhöhe bestehen genetische Zusammenhänge auf geringem negativen Niveau.

**Tab. 4.23:** Schätzwerte für die Heritabilitäten der Exterieur-Gesamt- und Einzelmerkmale sowie für deren genetische und phänotypische Korrelation mit Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme; Standardfehler in Klammern

	h <sup>2</sup>	eba		gew		ltz	
		r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>	r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>	r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>
<b>Einstufungsnoten</b>							
Körper	0,325 (0,04)	-0,571 (0,08)	-0,239	0,348 (0,09)	0,261	0,531 (0,07)	0,345
Typ	0,430 (0,05)	-0,373 (0,09)	-0,055	-0,003 (0,11)	-0,032	0,213 (0,09)	0,010
Euter	0,303 (0,04)	-0,075 (0,12)	0,042	-0,029 (0,12)	-0,052	0,030 (0,09)	-0,065
Fundament	0,162 (0,03)	0,512 (0,14)	0,037	-0,420 (0,13)	-0,051	-0,500 (0,12)	-0,060
<b>Körper</b>							
Milchcharakter	0,383 (0,04)	-0,315 (0,10)	-0,008	0,075 (0,11)	-0,042	0,257 (0,09)	-0,024
Körpertiefe	0,302 (0,04)	-0,253 (0,05)	-0,123	0,169 (0,12)	0,182	0,262 (0,10)	0,228
Stärke	0,339 (0,04)	-0,351 (0,10)	-0,171	0,467 (0,10)	0,307	0,477 (0,08)	0,354
Beckenneigung	0,315 (0,04)	-0,086 (0,10)	-0,037	0,183 (0,11)	0,042	0,192 (0,05)	0,057
Beckenbreite	0,365 (0,04)	-0,549 (0,09)	-0,181	0,189 (0,11)	0,228	0,400 (0,08)	0,286
<b>Fundament</b>							
Hinterbeinwinkelung	0,299 (0,04)	-0,347 (0,11)	-0,028	-0,048 (0,12)	0,020	0,143 (0,11)	0,026
Klauen	0,039 (0,02)	-0,227 (0,22)	-0,031	-0,135 (0,21)	0,039	-0,056 (0,20)	0,046
Klauenwinkel	0,089 (0,02)	-0,107 (0,17)	-0,037	0,184 (0,16)	0,056	0,150 (0,15)	0,075
Sprunggelenk	0,268 (0,04)	0,307 (0,11)	0,094	-0,399 (0,10)	-0,133	-0,440 (0,09)	-0,163
Hinterbeinstellung	0,101 (0,03)	0,358 (0,16)	0,021	-0,008 (0,16)	-0,023	-0,199 (0,14)	-0,027

	h <sup>2</sup>	eba		gew		ltz	
		r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>	r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>	r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>
<b>Euter</b>							
Hintereuterhöhe	0,256 (0,05)	-0,034 (0,13)	0,044	-0,204 (0,12)	-0,105	-0,167 (0,11)	-0,128
Zentralband	0,294 (0,04)	0,047 (0,12)	0,050	0,035 (0,04)	-0,015	-0,040 (0,11)	-0,042
Vordereuteraufhängung	0,334 (0,04)	0,143 (0,10)	0,054	-0,054 (0,12)	-0,042	-0,077 (0,11)	-0,057
Eutertiefe	0,428 (0,05)	-0,050 (0,10)	0,014	-0,130 (0,11)	-0,075	-0,059 (0,04)	-0,070
Strichlänge	0,402 (0,05)	-0,036 (0,10)	-0,026	0,053 (0,04)	0,029	0,018 (0,04)	0,035
Strichplatzierung, vorne	0,311 (0,04)	-0,139 (0,07)	-0,028	0,222 (0,11)	0,029	0,222 (0,05)	0,040
Strichplatzierung, hinten	0,391 (0,05)	-0,148 (0,09)	-0,014	0,169 (0,11)	-0,008	0,149 (0,10)	-0,001
BCS	0,208 (0,04)	-0,021 (0,13)	-0,070	0,202 (0,13)	0,143	0,137 (0,11)	0,156
Bewegung	0,041 (0,02)	0,810 (0,14)	0,043	-0,402 (0,18)	-0,031	-0,633 (0,15)	-0,039
Größe	0,505 (0,05)	-0,619 (0,06)	-0,263	0,237 (0,10)	0,227	0,466 (0,06)	0,321

## 4.6. Die Abgangsrate

Die erste Kalbung und der Beginn der Laktation stellen einen sensiblen Punkt im Leben einer Milchkuh dar: bis zum 100. Tag post partum sind bereits 6,0 % der Erstkalbinnen abgegangen. Der Betrachtungszeitraum bis 200 bzw. 300 Tage nach der ersten Kalbung trägt dagegen zu einer vergleichsweise geringen Erhöhung der Abgänge bei (Gesamtabgangsrate 9,2 bzw. 11,9 %). Die Serviceperiode 450 Tage nach der Erstkalbung beinhaltet für die Mehrheit der Tiere die erste Trockenstehzeit und die zweite Kalbung, da die mittlere Zwischenkalbezeit der ersten Laktation 394 Tage beträgt. Obwohl die zweite Kalbung in der Regel wesentlich weniger Probleme bereitet als die erste (15,0 % vs. 6,0 % Schweregeburten), stellt auch sie einen kritischen Punkt dar: Nach 450 Tagen post partum haben 19,9 % der Kühe die Herde verlassen. Erweitert man den betrachteten Zeitraum um weitere 150 Tage auf dann insgesamt 600 Tage nach der ersten Kalbung, so steigt die Rate der gemerzten Tiere auf 28,4 % an.

### *Die phänotypischen Beziehungen*

Die Ergebnisse der Überprüfung des phänotypischen Zusammenhangs zwischen den Jungrindermerkmalen und der Abgangsrate der verschiedenen Betrachtungszeiträume sind in Tabelle 4.24 aufgeführt. Die Abgangsraten in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Effektstufen von Erstbesamungsalter und -gewicht sowie Lebensstagnahme sind in den Abbildungen 4.100 bis 4.102 dargestellt.

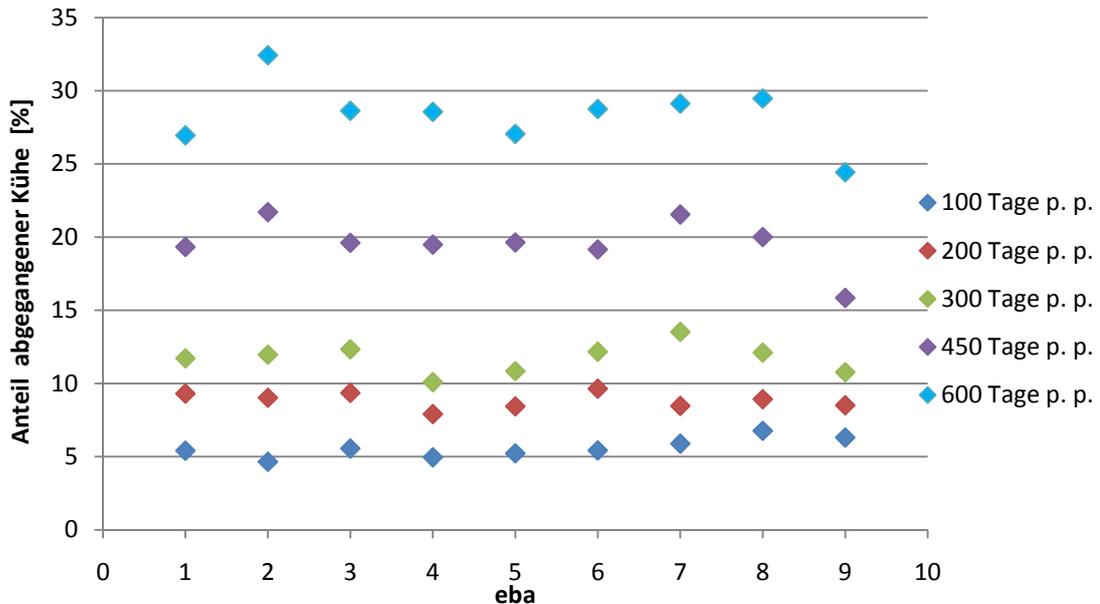
**Tab. 4.24:** Phänotypische Beziehung zwischen Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebensstagnahme und der Abgangsrate nach 100, 200, 300, 450 bzw. 600 Tagen nach der ersten Kalbung;

Ergebnisse des F-Tests mit folgenden Signifikanzgrenzen: \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*  $p \leq 0,05$ ; (\*)  $p \leq 0,10$ ; wobei eba, gew, ltz als Kovariable / fixer Effekt in Klassen im entsprechenden Modell

	Abgangsrate [%]				
	100 Tage p. p.	200 Tage p. p.	300 Tage p. p.	450 Tage p. p.	600 Tage p. p.
eba	0,39 <sup>1)</sup> / 0,96	0,71 / 0,93	0,75 / 0,64	0,59 / 0,75	0,58 / 0,65
gew	0,50 / 0,14	0,33 / 0,24	0,15 / 0,50	0,24 / *	0,26 / (*)
ltz	0,45 / 0,19	* / **	* / **	** / **	* / **

<sup>1)</sup> Das Erstbesamungsalter als Kovariable übt einen signifikanten Einfluss auf die Abgangsrate 100 Tage nach der ersten Kalbung aus, wenn das Erstkalbealter nicht im Modell verwendet wird.

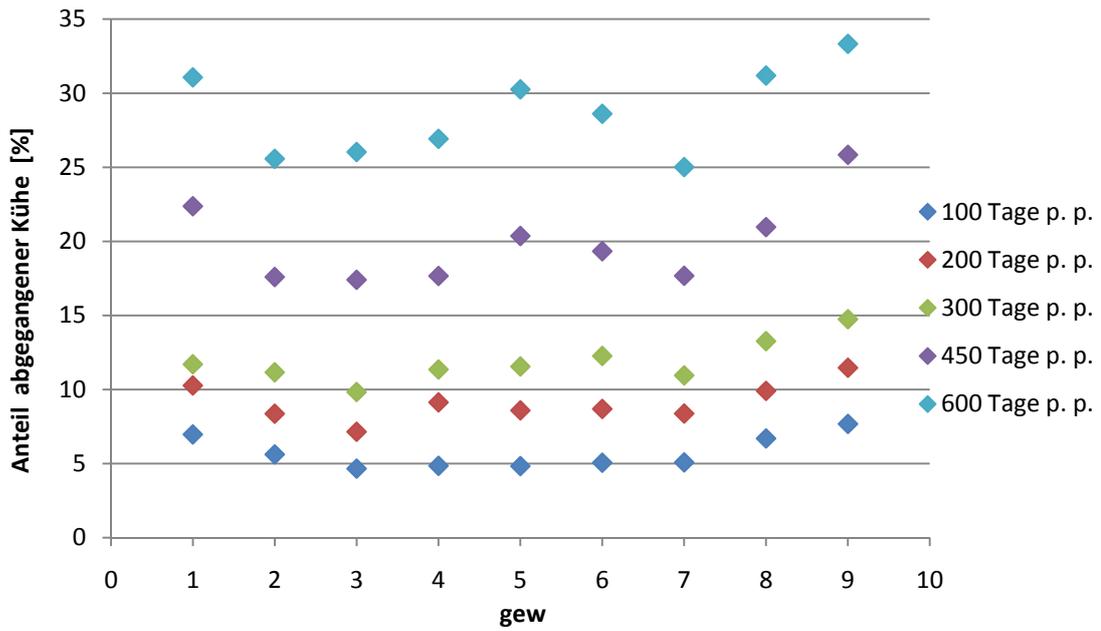
Zwischen Erstbesamungsalter und der Abgangsrate der unterschiedlichen Serviceperioden besteht kein signifikanter Zusammenhang. Auch die im Diagramm (Abbildung 4.100) dargestellten Abgangsraten in Abhängigkeit der verschiedenen Effektstufen des Alters zur ersten Besamung lassen nur geringe Unterschiede zueinander erkennen. Bei der Betrachtung der Abgangsrate der Serviceperioden 450 und 600 Tage post partum ist zu beachten, dass die Besetzung der äußeren Klassen nicht optimal ist.



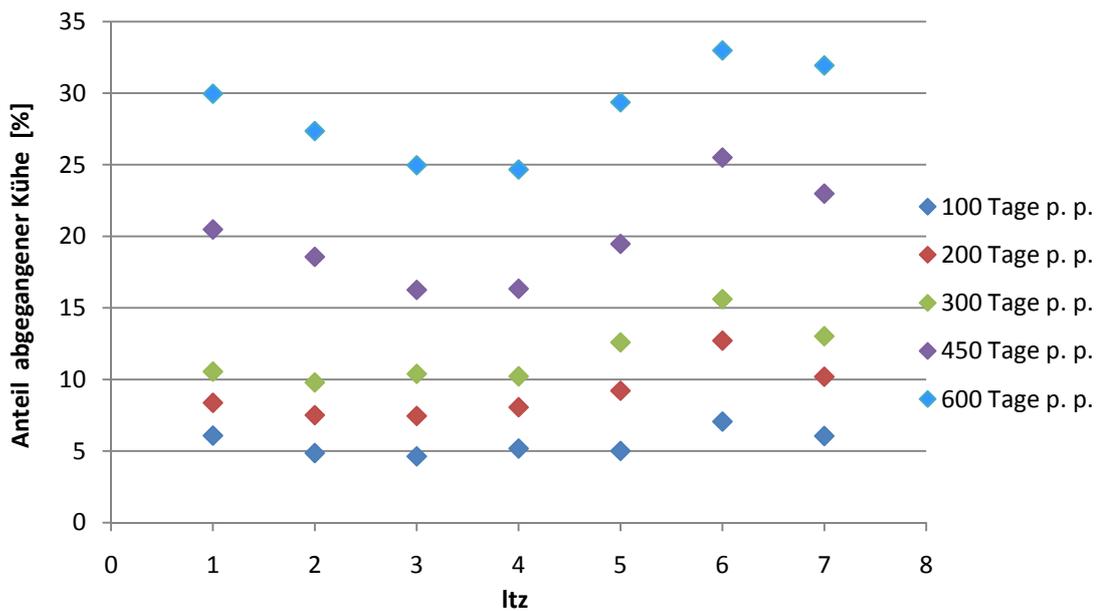
**Abb. 4.100:** Abgangsrate innerhalb verschiedener Zeiträume nach der ersten Kalbung (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)

Mit zunehmendem zeitlichen Abstand von der ersten Kalbung vergrößert sich der Einfluss des Erstbesamungsgewichts auf die Rate gemerzter Kühe. Die graphische Darstellung zeigt, dass neben Tieren mit einem sehr geringen (Klasse ,1') oder sehr hohen Erstbesamungsgewicht (Klasse ,9') auch Kühe mit einem mittleren Gewicht zur ersten Besamung vermehrt abgingen.

Die Betrachtung der Abgangsraten 100, 200 und 300 Tage post partum verdeutlicht, dass Tiere mit hohen Lebenstagszunahmen bis zur ersten Besamung eine erhöhte Abgangswahrscheinlichkeit aufweisen. Die Verlängerung des Betrachtungszeitraumes darüber hinaus, bewirkt dass die Lebenstagszunahme im Bezug auf die Abgangsrate den Charakter eines Optimalmerkmals annimmt: die Abgangswahrscheinlichkeit von Tieren mit mittleren Zunahmen ist am geringsten. Die Verringerung oder Steigerung der Lebenstagszunahme bewirkt dagegen eine Erhöhung der Rate der abgegangenen Tiere.



**Abb. 4.101:** Abgangsrate innerhalb verschiedener Zeiträume nach der ersten Kalbung (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



**Abb. 4.102:** Abgangsrate innerhalb verschiedener Zeiträume nach der ersten Kalbung (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebenstazunahme (in Klassen)

*Die genetischen Beziehungen*

Einen Überblick über die Ergebnisse der genetisch-statistischen Analyse der Abgangsrate gibt Tabelle 4.25. Die Abgangsrate ist unabhängig vom betrachteten Zeitraum nur gering heritabel. Die genetische Korrelation zwischen der Abgangsrate der verschiedenen Serviceperioden und dem Erstbesamungsalter ist hoch negativ. Eine phänotypische Beziehung ist dagegen kaum feststellbar. Die Abgangsrate ist mit dem Erstbesamungsgewicht positiv auf niedrigem bis moderatem Niveau genetisch korreliert. Vor allem im geburtsnahen Zeitraum und in der Früh-laktation ist die genetische Beziehung geringer als in späteren Laktationsstadien. Der genetische Zusammenhang zwischen Lebenstagszunahme und der Rate gemerzter Kühe ist, unabhängig von der Länge der Serviceperiode, moderat bis stark positiv. Die phänotypische Beziehung von sowohl Erstbesamungsgewicht als auch Lebenstagszunahme zur Abgangsrate ist gering positiv.

**Tab. 4.25:** Schätzwerte für die Heritabilität der Abgangsrate nach 100, 200, 300, 450 und 600 Tagen nach der ersten Kalbung sowie für deren genetische und phänotypische Korrelation zu den Jungrindermerkmalen; Standardfehler in Klammern

	h <sup>2</sup>	eba		gew		ltz	
		r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>	r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>	r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>
100 Tage p. p.	0,046 (0,03)	-0,723 (0,24)	0,080	0,189 (0,31)	0,010	0,437 (0,29)	0,030
200 Tage p. p.	0,042 (0,02)	-0,821 (0,20)	-0,060	0,486 (0,22)	0,036	0,721 (0,19)	0,066
300 Tage p. p.	0,042 (0,02)	-0,700 (0,23)	-0,045	0,439 (0,23)	0,039	0,638 (0,21)	0,060
450 Tage p. p.	0,020 (0,02)	-0,856 (0,30)	-0,042	0,149 (0,34)	0,034	0,561 (0,33)	0,053
600 Tage p. p.	0,040 (0,02)	-0,670 (0,26)	-0,038	0,459 (0,27)	0,042	0,664 (0,24)	0,063

#### 4.7. Die Erkrankungen während der ersten Laktation

Die am häufigsten gestellten Diagnosen in der ersten Laktation betreffen Mastitis, Fruchtbarkeitsstörungen und Klauenerkrankungen (Tabelle 4.26). Stoffwechselstörungen sind bei Erstkalbinnen dagegen nicht von Bedeutung.

**Tab. 4.26:** Die häufigsten Erkrankungen während der ersten Laktation - absolute Erkrankungshäufigkeit sowie prozentual (bezogen auf die insgesamt im Datenmaterial vorhandenen Tiere); grau unterlegte Krankheiten können aufgrund ihrer geringen Inzidenzrate nicht ausgewertet werden

	Erkrankte Kühe	
	absolut	prozentual
Arthrose/Arthritis	240	2,8 %
Bronchopneumonie	178	2,1 %
Endometritis	2.269	26,8 %
Enteritis	64	0,8 %
Indigestion	177	2,1 %
Ketose	69	0,8 %
Klauenerkrankungen, eitrig	1.430	16,9 %
Klauenerkrankungen, nichteitrig	388	4,6 %
Labmagenverlagerung	85	1,0 %
Mastitis	2.519	29,8 %
Puerperalstörungen	1.158	13,7 %
Zyklusstörungen	2.480	29,3 %
Tiere insgesamt:	8.463	

##### *Die phänotypischen Beziehungen*

Tabelle 4.27 und die Abbildungen 4.103 bis 4.114 geben den phänotypischen Zusammenhang zwischen Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebenstagszunahme und den verschiedenen Erkrankungen während der ersten Laktation wieder.

Mit zunehmendem Erstbesamungsalter steigt die Inzidenz Eitriger und Nichteitriger Klauenkrankheiten an. Die Endometritisrate sinkt im Gegensatz dazu leicht mit steigendem Alter zur Erstbesamung. Dieser Trend in der graphischen Darstellung ist jedoch nicht statistisch gesichert. Es konnten ebenfalls keine Beziehungen zu Mastitis und Zyklusstörungen nachgewiesen werden.

**Tab. 4.27:** Phänotypische Beziehungen zwischen Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebenstagszunahme und der Inzidenzrate der wichtigsten Krankheiten während der ersten Laktation;

Ergebnisse des F-Tests mit folgenden Signifikanzgrenzen: \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*  $p \leq 0,05$ ; (\*)  $p \leq 0,10$ ; wobei eba, gew, Itz als Kovariable / fixer Effekt in Klassen im entsprechenden Modell

	eba	gew	Itz
Endometritis	0,48/0,94	0,82/0,20	0,28/0,48
Klauenerkrankungen, eitrig	(*) /0,41	** / *	0,64 / (*)
Klauenerkrankungen, nichteitrig	** / *	** / *	0,36/0,46
Mastitis	0,21/0,40	** / *	** / (*)
Puerperalstörungen	0,80/0,54	0,46/0,23	0,33/0,27
Zyklusstörungen	0,40/0,14	* / 0,37	0,24/0,32

Die Steigerung des Erstbesamungsgewichts begünstigt das Auftreten von Mastitis und sowohl Eitriger als auch Nichteitriger Klauenkrankheiten. Auch bei der Inzidenz von Zyklusstörungen kann bei zunehmendem Gewicht zur ersten Besamung ein Anstieg verzeichnet werden. Es besteht jedoch kein Zusammenhang mit dem Auftreten von Puerperalstörungen oder Endometritis.

Eine erhöhte Lebenstagszunahme vergrößert das Risiko an Mastitis und an Eitrigen Klauenkrankheiten zu erkranken. Auf die Inzidenz von Zyklus- und Puerperalstörungen sowie von Endometritis und Nichteitrigen Klauenerkrankungen hat die Lebenstagszunahme keinen Einfluss.

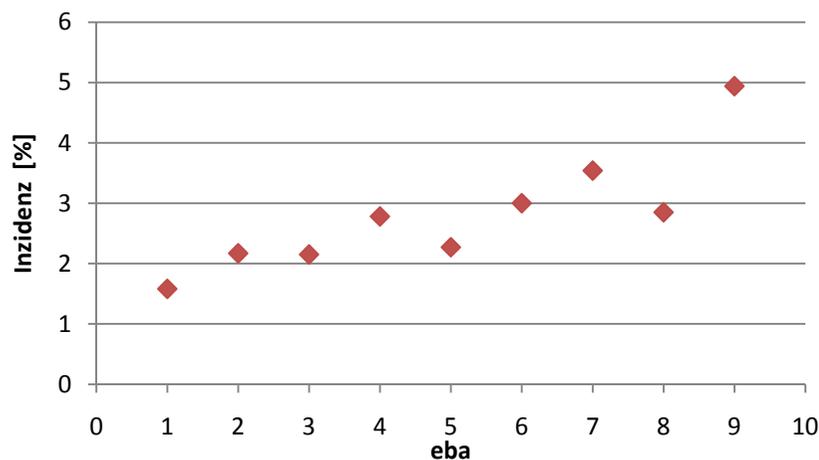
#### *Die genetischen Beziehungen*

Die Heritabilität der verschiedenen Krankheiten während der ersten Laktation ist allgemein betrachtet gering (Tabelle 4.28). Es fallen jedoch große Unterschiede zwischen den einzelnen Erkrankungen bzw. Krankheitskomplexen auf: Die Heritabilität bewegt sich in einem Rahmen zwischen 0,03 - bei Endometritis - und 0,13 - bei Mastitis.

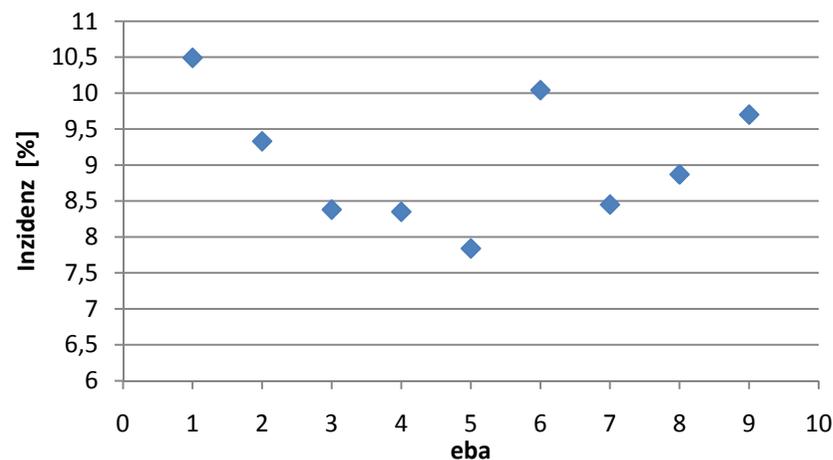
Das Erstbesamungsalter ist genetisch positiv korreliert mit dem Auftreten nichtinfektiöser Krankheiten: Die Beziehung zu Nichteitrigen Klauenkrankheiten ist nur gering positiv bei gleichzeitig sehr hohem Standardfehler. Der genetische Zusammenhang mit dem Auftreten von Zyklusstörungen ist dagegen wesentlich deutlicher ausgeprägt, da er sich auf einem moderaten Niveau befindet. Die Infektionskrankheiten Eitrige Klauenkrankheiten und Endometritis sind zwar genetisch negativ korreliert mit dem Alter zur Erstbesamung, die Standardfehler sind jedoch höher als die geschätzten Parameter. Ihre Aussagekraft ist daher eingeschränkt. Die genetischen Beziehungen des Erstbesamungsalters zu Mastitis und Puerperalstörungen sind moderat negativ.

---

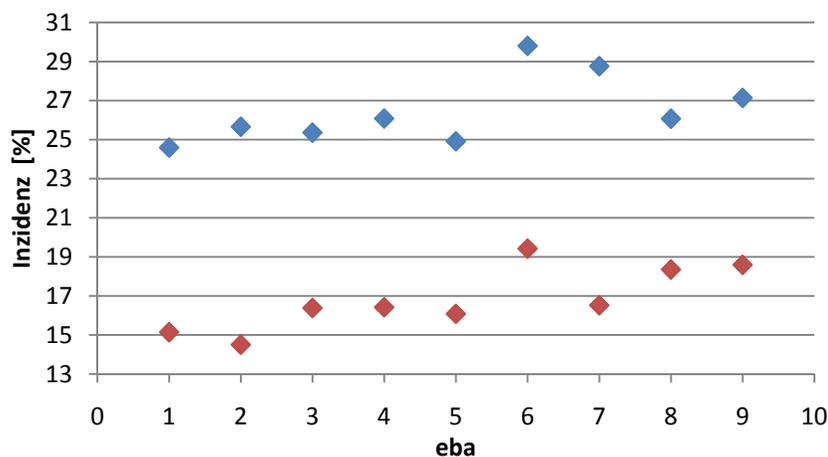
Sowohl Erstbesamungsgewicht als auch Lebensstagnahme sind gering positiv genetisch korreliert mit der Inzidenz von Endometritis, Mastitis und Eitrigen Klauenkrankheiten. Allerdings sind auch in diesen Fällen die Standardfehler für die geschätzten genetischen Korrelationen so hoch, dass die Interpretierbarkeit der Ergebnisse als eingeschränkt betrachtet werden muss. Moderat bis hoch positive genetische Beziehungen von Erstbesamungsgewicht und Lebensstagnahme bestehen zu Zyklus- und Puerperalstörungen.



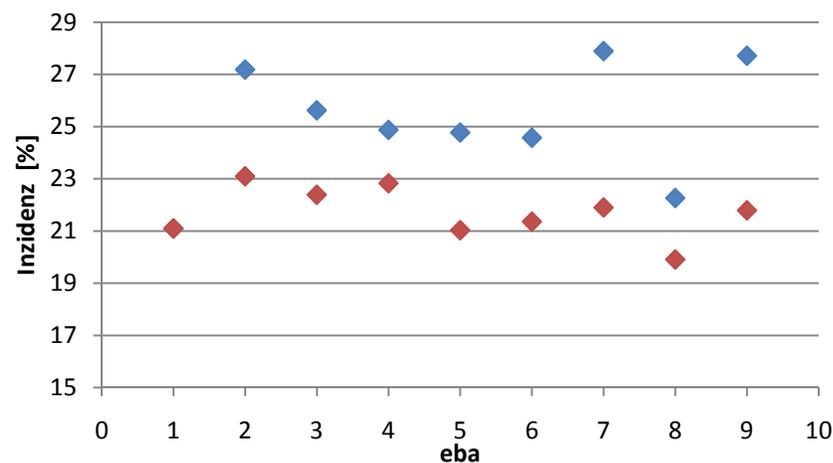
**Abb. 4.103:** Inzidenzrate Nichteitriger Klauenerkrankungen (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



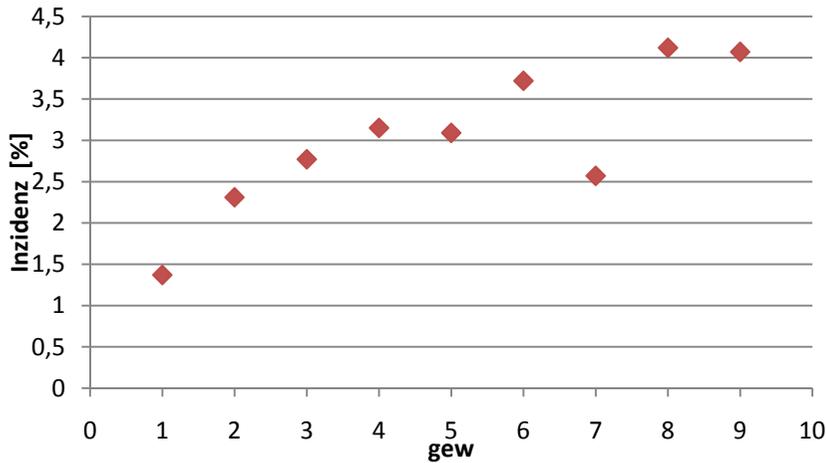
**Abb. 4.104:** Inzidenzrate von Puerperalstörungen (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



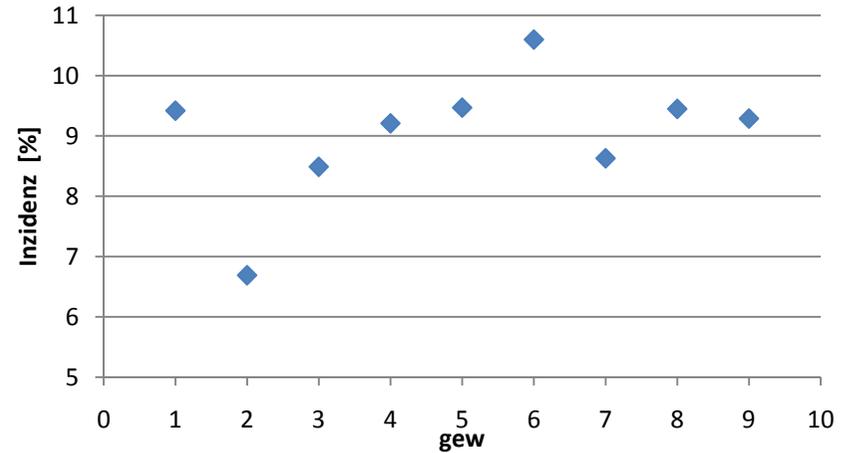
**Abb. 4.105:** Inzidenzrate von Mastitis (◆) und Eitrigen Klauenerkrankungen (◆) (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



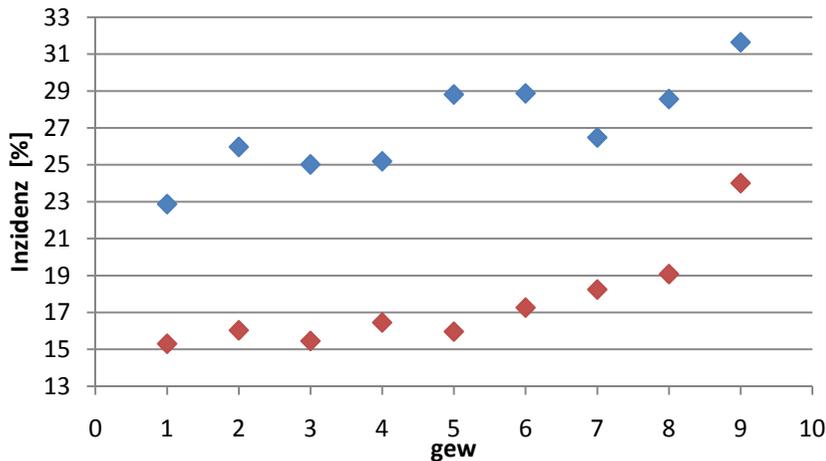
**Abb. 4.106:** Inzidenzrate von Zyklusstörungen (◆) und Endometritis (◆) (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)



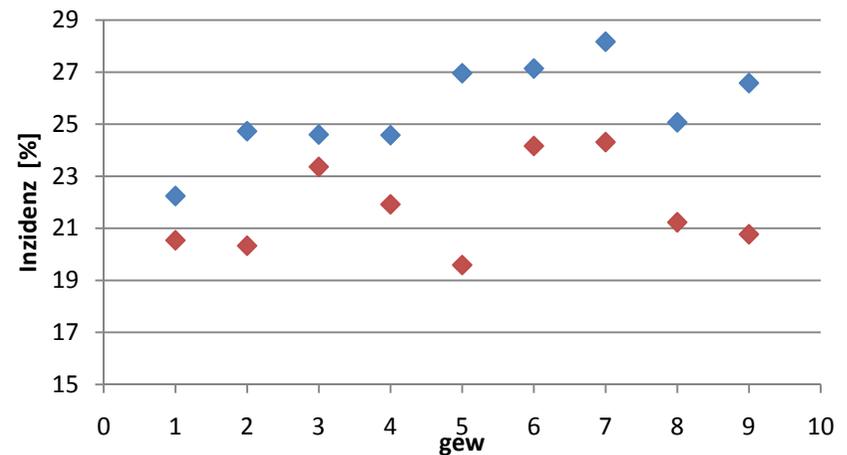
**Abb. 4.107:** Inzidenzrate Nichteitriger Klauenerkrankungen (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



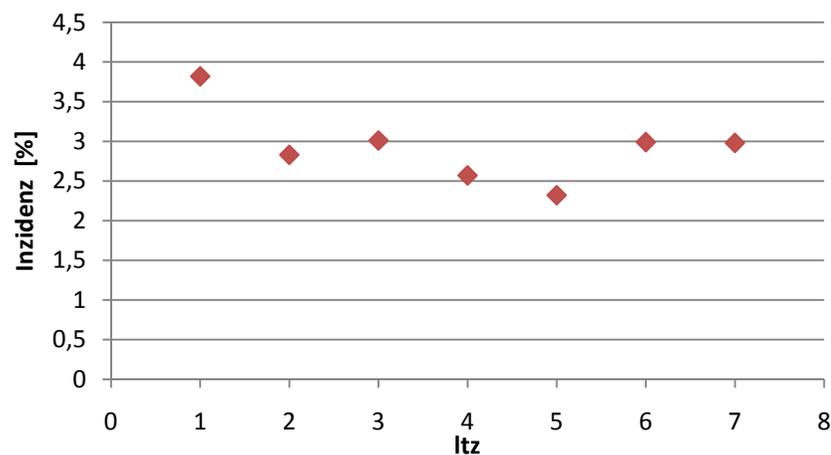
**Abb. 4.108:** Inzidenzrate von Puerperalstörungen (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



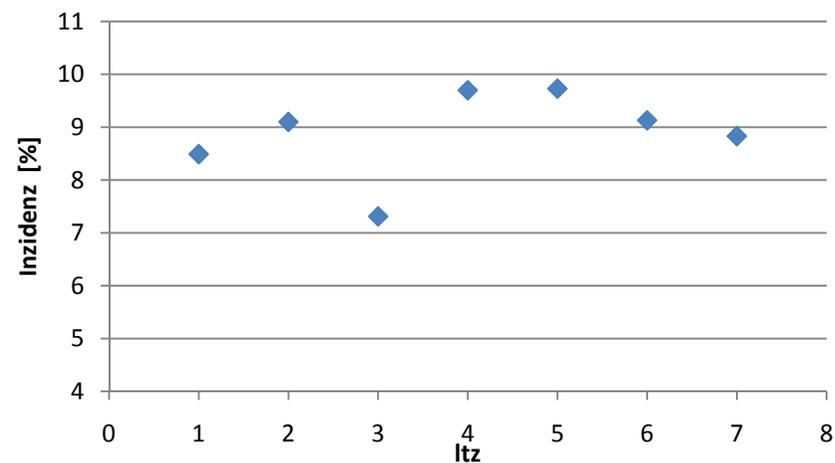
**Abb. 4.109:** Inzidenzrate von Mastitis (◆) und Eitrigen Klauenerkrankungen (◆)(LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



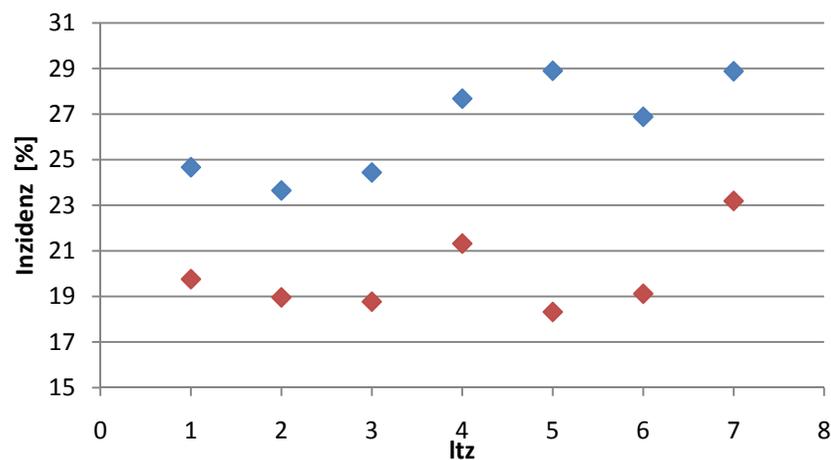
**Abb. 4.110:** Inzidenzrate von Zyklusstörungen (◆) und Endometritis (◆) (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)



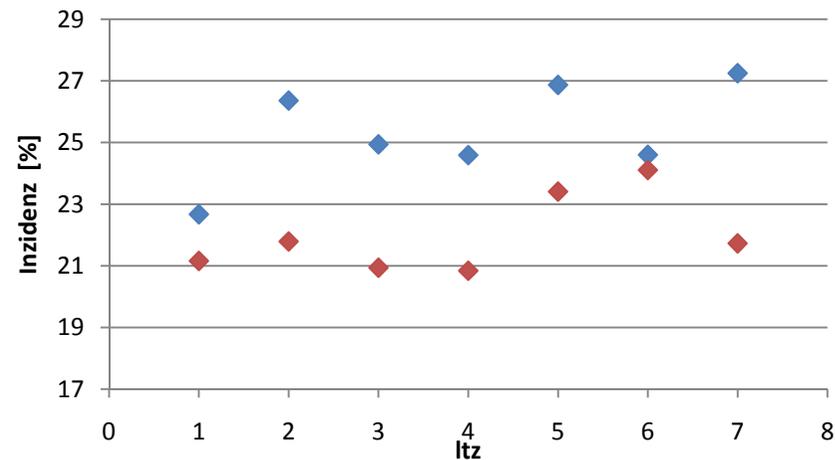
**Abb. 4.111:** Inzidenzrate Nichteitriger Klauenerkrankungen (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit von der Lebensstagszunahme (in Klassen)



**Abb. 4.112:** Inzidenzrate von Puerperalstörungen (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit von der Lebensstagszunahme (in Klassen)



**Abb. 4.113:** Inzidenzrate von Mastitis (◆) und Eitrigen Klauenerkrankungen (◆) (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit von der Lebensstagszunahme (in Klassen)



**Abb. 4.114:** Inzidenzrate von Zyklusstörungen (◆) und Endometritis (◆) (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit von der Lebensstagszunahme (in Klassen)

**Tab. 4.28:** Schätzwerte für die Heritabilität der häufigsten Erkrankungen während der ersten Laktation sowie für deren genetische und phänotypische Korrelation zu den Jungrindermerkmalen; Standardfehler in Klammern

	h <sup>2</sup>	eba		gew		ltz	
		r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>	r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>	r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>
Endometritis	0,082 (0,03)	-0,225 (0,20)	0,008	0,144 (0,21)	0,017	0,195 (0,20)	0,006
Eitrige Klauenerkrankungen	0,046 (0,02)	-0,160 (0,27)	0,017	0,111 (0,24)	0,014	0,175 (0,24)	-0,03
Nichteitrige Klauenerkrankungen	0,071 (0,05)	0,190 (0,28)	0,032	-0,082 (0,28)	0,027	-0,158 (0,27)	0
Mastitis	0,129 (0,04)	-0,504 (0,17)	0,018	0,108 (0,18)	0,045	0,235 (0,17)	0,029
Puerperalstörungen	0,055 (0,03)	-0,391 (0,24)	0	0,503 (0,26)	0,004	0,561 (0,23)	0,004
Zyklusstörungen	0,030 (0,02)	0,443 (0,24)	0,011	0,791 (0,26)	0,012	0,455 (0,29)	0

## 5. Diskussion

### 5.1. Die Jungrindermerkmale - Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme

Die geschätzten Heritabilitäten von Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme sind allgemein betrachtet als moderat einzustufen. Allerdings ist der Anteil der genetischen Varianz an der Gesamtvarianz der Lebenstagszunahme mit 0,37 nahezu doppelt so hoch wie derjenige der Merkmale von Alter und Gewicht zur Erstbesamung (beide 0,23).

Das Körpergewicht von Kühen, betrachtet zu verschiedenen Zeitpunkten der Entwicklung, war Gegenstand zahlreicher Studien. In der Literatur wird die Heritabilität des Körpergewichts als gering bis hoch beschrieben. Die Variationsbreite reicht von 0,14 (LEE ET AL., 1992) bis 0,82 (BROTHERSTONE ET AL., 2007). Das Wachstum wird mit geringem bis moderatem Erblichkeitsgrad angegeben: MÄNTYSAARI ET AL. (2002) schätzen eine Heritabilität von 0,12, was den geringsten in der betrachteten Literatur angegebenen Wert darstellt. GROEN UND VOS (1995) ermittelten einen Schätzwert von 0,48, was das obere Extrem der Ergebnisse der Literaturrecherche ist. Die am Datenmaterial der Testherden geschätzten Heritabilitäten lassen sich ob der hohen Spanne problemlos in die Ergebnisse bereits bestehender Studien einordnen. Ein differenzierterer Vergleich ist daher angebracht: Die Arbeitsgruppen MÄNTYSAARI ET AL. (2002) und GROEN UND VOS (1995) beschäftigten sich eingehend mit den Merkmalen der Jungrinderentwicklung. Sie schätzten für das Wachstum von der Geburt bis zur Erstbesamung bzw. bis zum Alter von 50 Wochen eine Heritabilität von 0,26 bzw. 0,48. GROEN UND VOS (1995) ermittelten für das Erstbesamungsgewicht einen Erblichkeitsgrad von 0,41. BROTHERSTONE ET AL. (2007) geben für das Gewicht im Alter von 500 Tagen, was in etwa dem mittleren Erstbesamungsalter im vorliegenden Materials entspricht, eine Heritabilität von 0,50 an. Die Erblichkeit des Erstbesamungsalters wird auf 22 % geschätzt (MÄNTYSAARI ET AL., 2002). Ein direkter Vergleich mit diesen beiden Arbeitsgruppen ist dennoch nicht möglich, da GROEN UND VOS (1995) ihre Auswertung auf ein Datenmaterial vom Versuchsgut der Universität Wageningen bezogen und Färsen der Rasse Holländisch Schwarzbunt enthält. MÄNTYSAARI ET AL. (2002) untersuchten zwar ebenfalls Felddaten, aber die Mehrheit der Daten wurde an Jungrindern der Rasse Ayrshire erhoben. Zudem existieren größere Unterschiede hinsichtlich der Auswertungsmethodik.

Aufgrund fehlender Vergleichsmöglichkeiten im Hinblick auf das Alter zur Erstbesamung, soll an dieser Stelle das Erstkalbealter betrachtet werden: Die Ergebnisse der geschätzten Heritabilitäten reichen von 0,04 (MOORE ET AL., 1991) bis 0,47 (RUIZ-SANCHEZ ET AL., 2007).

Die Interpretation der am Datenmaterial geschätzten genetischen Korrelationen beschränkt sich auf die genetische Beziehung zwischen Erstbesamungsalter und –gewicht, welche moderat negativ ist. Eine Selektion auf die Verringerung des Alters zum ersten Zuchteinsatz würde durch einen korrelierten Selektionserfolg zu einer Erhöhung des Gewichts zu diesem Zeitpunkt führen. Die stark negative bzw. hoch positive genetische Korrelation der Lebenstagszunahme zu Erstbesamungsalter bzw. –gewicht ergibt sich zwangsläufig, da sie der Quotient aus diesen beiden Parametern ist.

Die Heritabilitäten der Jungrindermerkmale, geschätzt auf der Basis der einzelnen Betriebe, weichen unabhängig vom betrachteten Merkmal stark von einander an. Ein Teil der Schätzwerte weist hohe Standardfehler auf. Ihre Aussagekraft sollte deshalb als nur begrenzt betrachtet werden.

Die Betrachtung der Lebenstagszunahme als Index aus Gewicht und Alter zur ersten Besamung offenbart auch im Zusammenhang mit der Schätzung der populationsgenetischen Parameter die Vorteile: Zum Einen ist der Bezug der Erstbesamung auf entweder Alter oder Gewicht als kritisch zu betrachten, da es dem komplexen Merkmal Wachstum aus rein biologischen Zusammenhängen nicht gerecht werden kann. Diese Parameter allein lassen keine Aussage über den Entwicklungszustand des einzelnen Tiers zu. Zum Anderen können Alter und Gewicht, da die Überprüfung einfach ist, gezielt als Managementinstrument eingesetzt werden. Zwei Betriebe, die ihr Jungrindermanagement auf das Erreichen eines bestimmten Erstbesamungsgewichts ausgerichtet haben, mussten von der Auswertung ausgeschlossen werden. Die Einschränkung der Varianz des Gewichts einerseits und die Erhöhung der Varianz des Alters andererseits, führten zu einer Beeinflussung der Varianzkomponentenschätzung. Die Schätzung der Varianzkomponenten der Lebenstagszunahme dieser Betriebe blieb jedoch unbeeinflusst, da ihre Standardabweichung im normalen Bereich lag. Ein weiterer Gesichtspunkt ist, dass Erstbesamungsalter und –gewicht, da gezielt individuell steuerbar, anfällig für Sonderbehandlungen sind. Die Lebenstagszunahme ist im Gegensatz dazu als relativ schwer beeinflussbar und damit als objektiver anzusehen, da eine individuelle Fütterung in großen Jungrinderherden nahezu ausgeschlossen ist. Weitere Vorteile des Merkmals Lebenstagszunahme sind: Es ist normalverteilt und die Verteilung der Betriebe ist innerhalb der einzelnen Effektstufen ausgewogen, was die Interpretation der Phänotypen in Abhängigkeit von diesem Parameter wesentlich vereinfacht.

## 5.2. Die Milchleistungsmerkmale

Die am Material geschätzten Heritabilitäten der Mengenmerkmale Milch, Fett und Eiweiß sind im moderaten Bereich. Der Fett- und Eiweißgehalt der Milch ist hoch heritabel. SWALVE UND SCHÜLER (2003) geben für die Heritabilität der Milchleistungsmerkmale der ersten Laktation folgende Werte an: Die Heritabilität von Milch-, Fett- und Eiweißmenge beträgt 0,30; 0,25 bzw. 0,20. Der genetische Anteil an der Gesamtvarianz von Fett- und Eiweißgehalt beträgt 0,60 bzw. 0,45. Im Vergleich dazu liegen die am Datenmaterial der Testherden erhobenen genetisch-statistischen Parameter etwas höher. Die Testherden des RMV besitzen ein überdurchschnittliches Herdenleistungsniveau: Die Durchschnittskuh in Mecklenburg-Vorpommern erbrachte im Kontrolljahr 2009 eine Milchleistung von 8.824 kg (LANDESKONTROLLVERBAND FÜR LEISTUNGS- UND QUALITÄTSPRÜFUNG MECKLENBURG-VORPOMMERN E. V., 2009). Die mittlere Leistung einer Kuh in den vertraglich gebundenen Herdbuchbetrieben liegt im Gegensatz dazu um über 1.000 kg Milch höher. KÖNIG ET AL. (2008B) und BRÜGEMANN (2008) konnten zeigen, dass ein Zusammenhang zwischen Herdenleistung und den genetisch-statistischen Parametern besteht: In Herden mit hohem Leistungsniveau wurden die höchste additiv-genetische Varianz und Heritabilität geschätzt. Ein Erklärungsansatz für diese Beziehung bietet die Theorie, dass in hochleistenden Herden eine angepasste Fütterung und optimales Management die Nutzung des genetischen Leistungspotentials begünstigen.

Die geschätzte Heritabilität bezüglich des SCS ist vergleichbar mit den Ergebnissen anderer Studien (RUPP AND BOICHARD, 1999; SAMORÉ ET AL., 2008; WELLER AND EZRA, 1997). Die Varianzkomponentenschätzung liefert Schätzwerte für die Heritabilität der Persistenz von 0,04 für die erste und 0,18 für die zweite Laktation. Die Literaturstudie von GENGLER (1996) gibt die Variationsbreite der Heritabilität der Persistenz zwischen 0,05 und 0,30 an. GENGLER ET AL. (1995) definierten einen neuen Parameter zur Beschreibung der Persistenz, der auch in der vorliegenden Arbeit Anwendung findet, und ermittelten für die erste Laktation eine Heritabilität von 0,10.

MÄNTYSAARI ET AL. (2002) untersuchten die Beziehungen der Lebenstagszunahme vor und nach der Erstbesamung mit den Milchleistungsparametern der ersten Laktation. Ihr Ansatz ähnelt dabei stark dem der vorliegenden Untersuchung. Sie ermittelten gering positive genetische Korrelationen zwischen der Lebenstagszunahme von der Geburt an bis zur ersten Besamung und den Milchleistungsmerkmalen der ersten Laktation. Das Gewicht zur Kalbung ist moderat positiv korreliert mit der Milchmenge. Das Erstkalbealter hingegen weist eine moderate, negative genetische Korrelation mit der Milchleistung auf.

LEE ET AL. (1992) schätzten ebenfalls eine gering positive genetische Korrelation zwischen dem Wachstum im ersten Lebensjahr und der Milchleistung der ersten Laktation.

In einem von COFFEY ET AL. (2006) beschriebenen Selektionsexperiment wurden zwei Linien miteinander verglichen. Für die Erstellung der Versuchslinie wurden die Mütter mit den vier besten Bullen hinsichtlich Fett- und Eiweißleistung angepaart. Die Väter der Kontrollgruppe besaßen im Vergleich dazu durchschnittliche Zuchtwerte. Die Tiere der Selektionslinie wuchsen bis zum 625. Lebensstag signifikant schneller und wiesen zur Kalbung höhere Körpergewichte auf, obwohl beide Linien in einer Gruppe gehalten wurden. Daraus kann geschlossen werden, dass unterschiedliche Wachstumsraten das Ergebnis genetischer Unterschiede sind. Die Kühe der Kontrolllinie wuchsen während der ersten und zweiten Laktation schneller als die Tiere der Selektionslinie. Am Ende der dritten Laktation konnten keine Unterschiede hinsichtlich des Körpergewichts zwischen beiden Linien mehr festgestellt werden. Zwei Erklärungen erscheinen möglich, um diesen Verlauf der Gewichtsentwicklung näher zu beschreiben: Die Tiere der Versuchslinie erreichten einen gewissen Reifegrad schneller oder/und konnten eine größere Wachstumsreduktion zu Gunsten der Milchleistung verkraften.

Die Ergebnisse eines dänischen Selektionsexperiments, das ähnlich angelegt war, legen ebenfalls einen positiven Zusammenhang zwischen sowohl Wachstum bis zum Erreichen der Pubertät als auch dem Kalbegewicht und der Milchleistung nahe (SEJRSEN ET AL., 2000). Der Vergleich der besten 10 % der Kühe mit den 10 % schlechtesten ergibt Differenzen in der präpubertalen Lebensstagszunahme von 100 g/Tag zu Gunsten der besten Tiere, ein höheres Kalbegewicht von 75 kg und eine um 6,0 bis 7,0 kg höhere Milchleistung. Daraus lässt sich ableiten, dass eine Erhöhung des Milchleistungspotentials um 610 g/Tag gleichzeitig zu einer Steigerung des genetischen Wachstumspotentials um 10 g/Tag führt.

Erstbesamungsalter und –gewicht waren bisher kaum Gegenstand populationsgenetischer Untersuchungen. Allerdings bestehen moderate bis hohe genetische Korrelationen zum bislang mehrfach untersuchten Erstkalbealter bzw. Kalbegewicht, was eine alternative Betrachtung an dieser Stelle ermöglicht. Die Zusammenstellung der Ergebnisse der einzelnen Studien lässt für die genetische Beziehung zwischen diesen beiden Merkmalen und der Milchleistung kein einheitliches Bild erkennen. Während LEE (1976) ein gering positives Verhältnis zwischen Erstkalbealter und der Milchmenge der ersten Laktation ( $r_g = 0,20$ ) feststellen konnte, schätzten MOORE ET AL. (1991) und MÄNTYSAARI ET AL. (2002) genetische Korrelationen in keinem nennenswerten Umfang ( $r_g = -0,04$  bzw.  $0,07$ ). RUIZ-SANCHEZ ET AL. (2007) ermittelten eine genetische Korrelation von  $r_g = -0,44$ , was vergleichbar mit der an diesem Material geschätzten ist. Die Spanne der geschätzten genetischen Beziehungen zwischen Kalbegewicht und

Milchleistung reicht von moderat ( $r_g = -0,33$ ; MOORE ET AL., 1991) und gering negativ ( $r_g = -0,09$ ) über kaum nennenswerte Korrelationen ( $r_g = -0,01$ ; LEE ET AL. 1992) bis zu gering positiv ( $r_g = 0,17$ ; MÄNTYSAARI ET AL., 2002). Die beiden von COFFEY ET AL. (2006) und SEJRSEN ET AL. (2000) beschriebenen Selektionsexperimente weisen ebenfalls auf positive genetische Beziehungen hin. Eine mögliche Ursache für diese recht gegensätzlichen Ergebnisse der einzelnen Studien könnte sein, dass durch einen korrelierten Selektionserfolg, verursacht durch die genetischen Beziehungen zwischen Wachstum und Milchleistung einerseits und der hohen Leistungsselektion in der Holsteinzucht in den letzten Jahrzehnten andererseits, eine Veränderung der genetischen Korrelationen eingetreten ist.

Die Betrachtung der Milchmenge in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme offenbart eine anhaltend positive Beziehung, was vor allem in den hohen Klassen der Lebenstagszunahme zunächst nicht den Erwartungen entspricht. Zahlreiche Studien zeigen, dass hohe Wachstumsraten vor und während der Pubertät die Mammogenese nachhaltig beeinträchtigen können (TUCKER, 1981; SEJRSEN AND PURUP, 1997; SEJRSEN ET AL., 2000; SILVA ET AL., 2002; MEYER ET AL., 2006A), so dass daraus ein verringertes Milchleistungspotential in der ersten Laktation resultiert (VAN AMBURGH ET AL., 1998; LAMMERS ET AL., 1999; BULANG UND FISCHER, 2007; LE COZLER ET AL., 2009). ZANTON UND HEINRICHS (2005) führten eine Metaanalyse auf der Basis aktueller Fütterungsversuche durch und konnten zeigen, dass eine quadratische Abhängigkeit der Milchmenge von der präpubertalen Wachstumsintensität besteht. Sie ermittelten eine optimale Wachstumsrate von 799 g/Tag bzw. 836 g/Tag.

Die Lebenstagszunahme-Klassen ,1' bis ,4' decken den Wachstumsbereich bis 850 g/Tag ab, ein positiver Zusammenhang ist daher erwartungsgemäß. Die positive Beziehung bleibt aber auch bei mittleren täglichen Zunahmen über 850 g/Tag bestehen. Verantwortlich für das Fehlen des negativen Fütterungseffekts könnten folgende Zusammenhänge gemacht werden:

Als kritische Entwicklungsphase des Euters wird die allometrische Wachstumsphase betrachtet, die im Alter von zwei bis drei Monaten beginnt und etwa zwei Monate nach dem Auftreten der ersten Brunst endet. Die Geschlechtsreife ist gewichtsdeterminiert und tritt ein, wenn 35 bis 45 % des Gewichts des ausgewachsenen Tiers erreicht sind. Bei Holsteinkühen liegt das durchschnittliche Pubertätsgewicht bei 250 bis 280 kg. Vor und nach dieser präpubertalen Phase konnte kein negativer Einfluss der Wachstumsintensität nachgewiesen werden (SEJRSEN AND PURUP, 1997; SEJRSEN ET AL., 2000). In der vorliegenden Untersuchung repräsentiert die Lebenstagszunahme das Wachstum von der Geburt an bis zur ersten Zuchtbenutzung und lässt sich daher nicht allein auf die sensible Phase der Mammogenese

beschränken. Die Wachstumskurve verläuft nicht linear. Daher lässt das Datenmaterial über die tatsächliche Lebenstagszunahme in der kritischen Entwicklungsphase keine Aussagen zu.

Das Wachstum bis zur ersten Kalbung und die Milchleistung sind positiv miteinander korreliert. Da Selektion auf Milchleistung nach wie vor von Bedeutung ist, erhöht sich das genetische Wachstumspotential (LEE ET AL., 1992; SEJRSEN ET AL.; 2000; MÄNTYSAARI ET AL., 2002; COFFEY ET AL., 2006). Die optimale Fütterungsintensität ist stark abhängig vom Genotyp und erhöht sich aufgrund des korrelierten Selektionserfolgs von Generation zu Generation. Die Fütterungsempfehlungen können daher nicht als statisch betrachtet werden und sind im angemessenen Zeitraum zu wiederholen. Die Empfehlung von Zanton und Heinrichs ist bereits fünf Jahre alt und stützt sich auf noch ältere Fütterungsversuche, in denen auf das genetische Niveau der untersuchten Tiere nicht näher eingegangen wird. KIRCHGEßNER (2004) empfiehlt für Jungrinder bis zum Alter von sechs Monaten Tageszunahmen von 750 g/Tag. In der zweiten Hälfte des ersten Lebensjahres sind Wachstumsraten von 700 g/Tag erforderlich. Neuere Untersuchungen der LANDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FISCHEREI MECKLENBURG-VORPOMMERN (2007) zeigen dagegen, dass eine nach Alter/Gewicht differenzierte Färsenaufzucht mit deutlich höheren Zunahmen ohne Beeinträchtigungen möglich ist: Die LFA empfiehlt für Kälber (Geburt bis dritter Monat) Wachstumsraten von 600 bis 1000 g/Tag, im Alter von vier bis sechs Monaten 900 bis 1000 g/Tag und vom siebten bis zehnten Lebensmonat 750 bis 850 g/Tag anzustreben. Färsen in der Besamungsgruppe (elfter bis 16. Monat) sollten 650 bis 750 g/Tag zunehmen. Es ist anzunehmen, dass diese Empfehlungen dem aktuellen genetischen Wachstumspotential eher entsprechen.

Obwohl die einzelnen Betriebe zum Teil sehr unterschiedliche Managementstrategien verfolgen, ist die Verteilung der Herden in den einzelnen Effektstufen der Lebenstagszunahme ausgeglichen. Die Variation der realisierten Wachstumsraten innerhalb eines Betriebs ist nicht das Ergebnis unterschiedlicher Fütterungsintensitäten, sondern spiegelt die genetisch-determinierte Wachstumsveranlagung des einzelnen Tiers wider (COFFEY ET AL., 2006). MÄNTYSAARI ET AL. (2002) berichten ebenfalls von einer positiven phänotypischen Beziehung.

### 5.3. Die Fruchtbarkeit

#### *Die Fruchtbarkeit der Färsen*

Die Fruchtbarkeitsparameter der Färsen - Anzahl Besamungen, Verzögerungszeit und Non-Return-Rate - sind mit Heritabilitäten von 2,3 bis 3,6 % nur gering erblich. In der Literatur werden für die verschiedenen Fruchtbarkeitsmerkmale Heritabilitäten zwischen 0 und 4 % angegeben (HANSEN ET AL., 1983; RAHEJA ET AL., 1989; ANDERSEN-RANBERG ET AL., 2003; LIU ET AL., 2008).

Das Erstbesamungsalter ist moderat negativ genetisch korreliert mit dem Besamungsindex, der Verzögerungs- und Zwischenbelegungszeit. Moderat positive genetische Beziehungen bestehen zur Non-Return-Rate. Aus den wenigen Untersuchungen zum Thema Färsenfruchtbarkeit lässt sich kein einheitliches Bild ableiten. HANSEN ET AL. (1983) schätzten eine genetische Korrelation zwischen dem Erstbesamungsalter und der Anzahl an Besamungen von 0,67. Die Ergebnisse von RAHEJA ET AL. (1989) sprechen für eine gering negative Beziehung zwischen diesen beiden Merkmalen. Die Vergleichbarkeit der zitierten Studien mit den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung ist allerdings in Frage zu stellen bzw. einzuschränken, da zwischen den Datenmaterialien eine große Zeitspanne liegt. Korrelationen sind nicht statisch und können sich durch das Wirken der Selektion verändern.

Erstbesamungsgewicht und Lebenstagszunahme stehen in moderat positiver genetischer Beziehung zur Anzahl an Besamungen, Verzögerungs- und Zwischenbelegungszeit. Die Non-Return-Rate ist mit diesen Merkmalen moderat negativ genetisch korreliert.

Bei Betrachtung der phänotypischen Beziehungen der Entwicklungsmerkmale Alter, Gewicht und Lebenstagszunahme mit den Merkmalen der Fruchtbarkeit kann festgestellt werden, dass sowohl Alter als auch Lebenstagszunahme den Charakter eines Optimalmerkmals besitzen. Die besten Fruchtbarkeitsergebnisse werden bei einem Erstbesamungsalter von 510 bis 530 Tagen und einer Lebenstagszunahme von 700 bis 800 g/Tag erzielt. Das Erstbesamungsgewicht beeinflusst die Fruchtbarkeit bei Färsen phänotypisch nicht. Möglicherweise ist die Ursache für diese Beziehung der Phänotypen in der Physiologie der Geschlechtsreife zu sehen. Der Eintritt der Pubertät ist abhängig vom Entwicklungsstand (DÖCKE, 1994) und findet bei Milchrindern mit einem Gewicht von 250 bis 280 kg statt. Fütterungsversuche zeigen, dass bei gesteigerter Wachstumsintensität die Geschlechtsreife früher eintritt, aber dass das Gewicht zum Zeitpunkt der Pubertät nicht beeinflusst wird (RADCLIFF ET AL., 1997; SEJRSEN AND PURUP, 1997; MEYER ET AL., 2006AB). Entscheidender für den Besamungserfolg als das Gewicht ist der Abstand der ersten Besamung von der ersten Brunst. Die Erlangung der vollständigen reproduktiven Kompetenz im Zuge der Pubertät ist abhängig von Veränderungen der endokrinen Steuerung, die

wiederum von Reifungsprozessen im ZNS verursacht werden. Die Ergebnisse dieser Studie legen nahe, dass im Alter von etwa 520 Tagen das endokrine System voll entwickelt ist, so dass die besten Ergebnisse erzielt werden können. Eine verzögerte Besamung darüber hinaus führt zu einer Verschlechterung. Über die Ursache kann nur spekuliert werden. Es ist allerdings bekannt, dass sich eine Überkonditionierung auf die Fruchtbarkeit nachteilig auswirkt.

#### *Die Fruchtbarkeit der ersten und zweiten Laktation*

Mit Ausnahme des Erstbelegungsalters werden alle Fruchtbarkeitsparameter der ersten und zweiten Laktation durch geringe Heritabilitäten charakterisiert. Die Merkmale Verzögerungs- und Zwischenbelegungszeit sowie die Gützeit und Besamungsanzahl der ersten Laktation sind nicht heritabel. Die Spanne der geschätzten Heritabilitäten, sofern eine Schätzung möglich war, reicht in der ersten Laktation von 0,011 bis 0,039 und schwankt in der zweiten Laktation zwischen 0,014 und 0,055. Auch in der Literatur lassen sich ähnliche Ergebnisse finden. LIU ET AL. (2008) schätzten an einem deutschen Material, das Fruchtbarkeitsdaten von der ersten bis zur sechsten Laktation enthielt, Heritabilitäten zwischen 1 und 4 %. WALL ET AL. (2003) untersuchten die Fruchtbarkeitsparameter der ersten Laktation. Sie schätzten Erbllichkeiten zwischen 0,018 und 0,037, wobei der niedrigste Wert die Non-Return-Rate betraf und der höchste ermittelte Wert auf die Rastzeit bezog. Zahlreiche weitere Studien konnten ebenfalls nur geringe Heritabilitäten bei der Auswertung der verschiedenen Parameter, die die Fruchtbarkeit beschreiben, ermitteln (MOORE ET AL., 1990; BERRY ET AL., 2003; ANDERSEN-RANBERG ET AL., 2005AB; GONZÁLEZ-RECIO AND ALENDA, 2005; GREGLER ET AL., 2007).

Die genetischen Korrelationen des Erstbesamungsalters zu den Intervallmerkmalen Rast- und Zwischenkalbezeit in der ersten Laktation ist hoch negativ. Die Non-Return-Rate beider Laktationen ist mit dem Alter zur ersten Besamung moderat positiv verknüpft und zur Besamungsanzahl der zweiten Laktation bestehen hochnegative genetische Beziehungen. Die beschriebenen genetischen Verhältnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass das Erstbesamungsalter in günstiger Beziehung zu den Fruchtbarkeitsparametern der Kuh steht. Obgleich die geschätzten Korrelationen vor allem die der zweiten Laktation aufgrund der hohen Standardfehler mit Vorsicht zu betrachten sind. HANSEN ET AL. (1983) untersuchten ebenfalls die Beziehung des Erstbesamungsalters zu den Fruchtbarkeitsmerkmalen in der ersten Laktation. Sie stellten einen gering bzw. moderat positiven Zusammenhang zwischen dem Alter zur ersten Besamung und Rast- und Gützeit fest. Eine günstige, d. h. gering negative genetische Korrelation schätzten sie zur Anzahl an Besamungen. RAHEJA ET AL. (1989) schätzten zwischen Erstbesamungsalter und Rast- und Gützeit sowie der Besamungsanzahl keine

nennenswerten genetischen Korrelationen ( $r_g = 0,02 \dots 0,05$ ). MOORE ET AL. untersuchten den Einfluss des Erstkalbealters auf einige ausgewählte Fruchtbarkeitsparameter. Sie stellten negative also günstige genetische Beziehungen zu den Intervallmerkmalen Rast- und Gützeit fest ( $r_g = -0,26$  bzw.  $r_g = -0,06$ ), was mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit übereinstimmt. Sie schätzten allerdings zur Besamungsanzahl eine geringfügig positive genetische Korrelation ( $r_g = 0,08$ ).

Das Erstbesamungsgewicht weist gering bis moderat positive genetische Korrelationen zur Rast- und Zwischenkalbezeit in der ersten Laktation auf. In der zweiten Laktation lassen sich hoch positive Korrelationen zu diesen beiden Merkmalen feststellen. Einschränkend ist jedoch anzumerken, dass auch hier die Standardfehler sehr hoch sind. Zur Non-Return-Rate der ersten Laktation bestehen gering negative genetische Beziehungen. Zusammenfassend könnte man die Beziehung zwischen Erstbesamungsgewicht und den Fruchtbarkeitsmerkmalen als eher ungünstig charakterisieren. Da vergleichbare Literatur fehlt, soll an dieser Stelle auf die Studien von MOORE ET AL. (1990) und BERRY ET AL. (2003) zurückgegriffen werden. Sie untersuchten die Beziehungen zwischen Kalbegewicht und der Fruchtbarkeit der ersten Laktation. Allerdings sind die Ergebnisse recht widersprüchlich: Während MOORE ET AL. (1990) eine weitestgehend günstige Beziehung zwischen den Fruchtbarkeitsmerkmalen und dem Kalbegewicht feststellt, ist das Verhältnis, welches sich aus den Ergebnissen von BERRY ET AL. (2003) ableiten lässt, als ungünstig zu bezeichnen. Ein Nachteil beider Studien ist, dass sich die genetischen Korrelationen der Fruchtbarkeitsparameter auf das Gewicht zur Kalbung beziehen und die Vergleichbarkeit deshalb vermutlich eingeschränkt ist. GROEN UND VOS (1995) schätzten zwar eine genetische Korrelation zwischen Erstbesamungs- und Kalbegewicht von 1,0. Es ist jedoch in Frage zu stellen, inwiefern sich diese Korrelation, die auf der Datenbasis von Holländischen Schwarzbunten erhoben wurde, auf die genetischen Verhältnisse in der Rasse Deutsche Holstein übertragen lassen. In einigen Studien wird die These vertreten, dass das Wachstum nicht über den gesamten Zeitraum von den gleichen Genen determiniert ist. Körpergewichte, die zu verschiedenen Zeitpunkten betrachtet werden, sind daher keine wiederholten Leistungen, sondern unterschiedliche Merkmale (LEE ET AL., 1992; GROEN AND VOSS, 1995; COFFEY ET AL., 2006; BROTHERSTONE ET AL., 2007). Den Ergebnissen von MOORE ET AL. (1990) liegt ein großes Datenmaterial zu Grunde. Die Daten wurden allerdings zwischen 1979 und 1986 erhoben, so dass die Gegenüberstellung der Korrelationen mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit kritisch zu betrachten ist, da zwischen den Datenmaterialien über 20 Jahre liegen, in denen die Holsteinrasse intensiv züchterisch bearbeitet wurde. Das Material von BERRY ET AL. (2003) ist zwar bedeutend kleiner, hat aber einen aktuelleren Zeitbezug. Es setzt sich jedoch aus Daten von irländischen Betrieben zusammen, die eine intensive

Weidewirtschaft mit saisonaler Kalbung betreiben. Die Haltungsbedingungen und das Produktionsniveau sind daher mitnichten vergleichbar mit den Bedingungen unter denen in Mecklenburg-Vorpommern Milch produziert wird.

Am Datenmaterial, das der vorliegenden Studie zu Grunde liegt, wurden moderat negative genetische Korrelationen zwischen Erstbesamungsalter und den Mengenmerkmalen der ersten und zweiten Laktation festgestellt. Moderat positive Korrelationen wurden zwischen den Milchleistungsmerkmalen beider Laktationen und dem Erstbesamungsgewicht und der Lebensstagszunahme geschätzt. Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass das genetische Wachstumspotential positiv verknüpft ist mit der genetischen Leistungsveranlagung. Gleichzeitig verringert sich aber das genetische Potential, welches für die Fruchtbarkeit verantwortlich ist. Zahlreiche Studien sprechen für einen antagonistischen Zusammenhang zwischen Milchleistung und Fruchtbarkeit, und lassen daher die genannten Resultate als plausibel und erwartungsgemäß erscheinen: Die Rast- und Gützeit stehen in moderat positiven genetischen Beziehungen zu einander (SEYKORA AND MCDANIEL, 1983; WALL ET AL., 2003; GONZÁLEZ-RECIO AND ALENDA, 2005, LIU ET AL., 2008). Zur Besamungsanzahl bestehen geringe positive und zur Non-Return-Rate geringe negative genetische Korrelationen (BERRY ET AL., 2003; ANDERSEN-RANBERG ET AL., 2005A; GONZÁLEZ-RECIO AND ALENDA, 2005, LIU ET AL., 2008). GARMO ET AL. (2009) untersuchten die biologische Rastzeit, an einem Tiermaterial bestehend aus drei verschiedenen Selektionslinien. Sie stellten in der auf Milchleistung selektierten Gruppe einen signifikant längeren Zeitraum bis zum Wiedereinsetzen der lutealen Aktivität nach der Kalbung fest. VEERKAMP ET AL. (2000) schätzten eine moderat positive, d. h. unerwünschte, Korrelation zwischen Milchmenge und der biologischen Rastzeit. Sie konnten außerdem einen negativen Zusammenhang zwischen der Veränderung des Körpergewichts zwischen erster und fünfzehnter Laktationswoche und der Wiederaufnahme der lutealen Aktivität finden. Setzt man das Ergebnis in Beziehung zu den Resultaten von LEE ET AL. (1992) und COFFEY ET AL. (2006), kommt man zu dem Schluss, dass Tiere, mit geringerem Wachstumspotential vor der Kalbung und höherem nach der Kalbung, bessere Fruchtbarkeitsparameter aufweisen.

Desweiteren bestehen positive Beziehungen zwischen Färsen- und Kuhfruchtbarkeit (ANDERSEN-RANBERG ET AL., 2005; GREDLER ET AL., 2007; LIU ET AL., 2008). Das günstige genetische Verhältnis der Färsenfruchtbarkeit zum Erstbesamungsalter bzw. der ungünstige Zusammenhang mit Erstbesamungsgewicht und Lebensstagszunahme unterstützen daher die geschätzten Korrelationen der Jungrindermerkmale zu den Fruchtbarkeitsparametern der Kühe.

## 5.4. Die Kalbmerkmale

Die Totgeburtenrate bei Erstkalbinnen beträgt über 10 % und etwa 15 % aller Erstkalbungen werden als schwer klassifiziert. Die Ergebnisse reihen sich nahtlos in eine ganze Reihe von Studien ein, welche die erste Geburt als kritisch einstufen, da hier die meisten Schwierigkeiten zu erwarten sind (MEIJERING, 1984; STEINBOCK ET AL., 2003). MEIJERING (1984) nennt als bedeutendste Ursache für das erhöhte Auftreten von Schweregeburten bei Färsen das Missverhältnis zwischen der Größe des Kalbs und der Größe des Geburtskanals. Die genetischen Effekte, die verantwortlich sind für die Ausprägung der Kalbmerkmale, können unterteilt werden in direkte und maternale Effekte.

Die Tot- und Schweregeburtenrate zeichnet sich durch geringe Heritabilitäten aus. Die genetische Korrelation zwischen direktem und Maternaleffekt ist für beide Merkmale moderat negativ. MEIJERING (1984) gibt in seiner Zusammenfassung der bestehenden Literatur über Tot- und Schweregeburten eine Variation der direkten Heritabilitäten zwischen 0,03 bis 0,20 für die Schweregeburtenrate (Färse) an. Die direkten Heritabilitäten der Totgeburtenrate der ersten Kalbung schwanken zwischen 0 und 0,05. Für die Maternaleffekte von Schwer- und Totgeburtenrate wurden Heritabilitäten geschätzt, die den Größenordnungen der direkten Effekte entsprechen. Die genetische Korrelation der Effekte der Schweregeburtenrate ist negativ und schwankt zwischen -0,19 und -0,63. Für die Totgeburtenrate gibt MEIJERING (1984) eine genetische Korrelation zwischen 0,07 und -0,68 an. Sowohl direkte als auch maternale Effekte von Tot und Schweregeburtenrate sind moderat bis hoch positiv genetisch korreliert (MEIJERING, 1984; HERINGSTAD ET AL., 2007). Ergebnisse aktueller Studien über Leichtkalbigkeit/Schweregeburtenrate und Totgeburtenrate weichen im Wesentlichen nur geringfügig von den beschriebenen Werten ab (CUE ET AL., 1990; LUO ET AL., 2002; STEINBOCK ET AL., 2003; WIGGANS ET AL., 2003; HERINGSTAD ET AL., 2007; EAGLEN AND BIJMA, 2009).

Die Trächtigkeitsdauer ist direkt hoch heritabel. Der Maternaleffekt der Trächtigkeitsdauer ist durch eine geringe Heritabilität charakterisiert. Die genetische Korrelation beider Effekte ist moderat negativ. Auch in der Literatur wird übereinstimmend von Heritabilitäten in dieser Größenordnung berichtet (FISHER UND WILLIAMS, 1978; NORMAN ET AL., 2009; EAGLEN ET AL., 2010). Die Angaben über die genetischen Korrelationen weichen jedoch stark voneinander ab: Während NORMAN ET AL. (2009) und EAGLEN ET AL. (2010) hoch positive Korrelationen zwischen direktem und maternalem Effekt beschreiben, schätzten FISHER UND WILLIAMS (1978) moderat negative Beziehungen. Auch MEIJERING (1984) fasst die in verschiedenen Studien angegebenen genetischen Korrelationen der Effekte der Trächtigkeitsdauer mit -0,38 und -0,56 zusammen.

Das Geburtsgewicht ist direkt hoch heritabel. Der Maternaleffekt weist nur eine geringe Erbllichkeit auf. Beide Effekte sind hoch positiv miteinander korreliert. MEIJERING (1984) gibt für das Geburtsgewicht eine direkte Heritabilität zwischen 0,10 und 0,40 und eine maternale Heritabilität zwischen 0,05 und 0,20 an. Die genetische Korrelation zwischen direkten und maternalen Effekt ist negativ und variiert zwischen -0,11 und -0,53. FISHER UND WILLIAMS (1978) schätzten für direkte und maternale Heritabilität geringfügig höhere Werte. Auch sie stellten einen moderat negativen Zusammenhang fest. WAURICH ET AL. (2009, 2010) untersuchten den Komplex der Kalbmerkmale am Datenmaterial der Testherden aus Mecklenburg-Vorpommern (Tabelle 5.1). Obwohl der vorliegenden Studie aufgrund ihrer Zielsetzung nur ein Bruchteil der Daten zu Grunde liegt, sind die Ergebnisse vergleichbar. Die Ausnahme bildet jedoch das Geburtsgewicht und an dieser Stelle insbesondere die Korrelation zwischen direktem und maternalem Effekt. Die Abweichung ist möglicherweise der Ursache geschuldet, dass das Material an dem das Geburtsgewicht geschätzt wurde nur sehr klein ist und aus wenigen Betrieben stammt.

Die genetischen Korrelationen zwischen den Jungrindermerkmalen und den Maternaleffekten der Kalbmerkmale werden von relativ hohen Standardfehlern begleitet. Auf der aktuellen Datengrundlage können die geschätzten genetischen Beziehungen deshalb nur als Trend interpretiert werden. Auf die Beurteilung der zweiten Kalbung und das Geburtsgewicht der ersten Kalbung muss daher an dieser Stelle verzichtet werden. Da die Daten weiterhin in den Testherden gesammelt werden, wird das Datenmaterial in absehbarer Zeit an Umfang gewinnen. Eine erneute Auswertung auf vergrößerter Datenbasis ist sowohl empfehlenswert als auch möglich.

**Tab. 5.1:** Heritabilitäten und genetische Korrelationen der Kalbmerkmale von Erstkalbinnen (WAURICH ET AL., 2010)

	$h^2_{\text{direkt}}$	$h^2_{\text{maternal}}$	$r_g$ (direkt-maternal)
Totgeburtenrate	0,17 (0,05)	0,29 (0,07)	-0,47 (0,18)
Schwereburtenrate	0,26 (0,04)	0,18 (0,05)	-0,28 (0,16)
Trächtigkeitsdauer	0,50 (0,05)	0,12 (0,03)	-0,18 (0,12)
Geburtsgewicht	0,37 (0,04)	0,10 (0,03)	0,02 (0,15)

Das Erstbesamungsalter ist mit der maternalen Totgeburtenrate gering negativ und mit dem Maternaleffekt der Trächtigkeitsdauer gering positiv korreliert. Zur maternalen Schwereburtenrate bestehen keine nennenswerten Beziehungen. Das Erstbesamungsgewicht weist moderat positive Zusammenhänge mit den Maternaleffekten von Tot- und Schwereburtenrate sowie der Trächtigkeitsdauer auf. Die Lebenstagszunahme ist mit den

genannten Merkmalen ebenfalls positiv verknüpft, mit Totgeburtenrate und Trächtigkeitsdauer allerdings auf geringem Niveau. In der Literatur sind keine vergleichbaren Ergebnisse auffindbar. Lediglich NORMAN ET AL. (2009) geben einen vagen Hinweis, welcher jedoch auch nur Rückschlüsse erlaubt. Sie fanden in ihrer Auswertung der genetischen und nichtgenetischen Einflussgrößen auf die Trächtigkeitsdauer, einen positiven Zusammenhang zwischen Trächtigkeitsdauer und Milchleistung: Kühe, die über eine hohe Milchleistung verfügten, besaßen außerdem eine längere Trächtigkeitsdauer. Da die bereits beschriebenen Ergebnisse einen positiven genetischen Zusammenhang zwischen Milchleistungspotential und Lebenstagszunahme nahe legen, entspricht die positive genetische Korrelation zur maternalen Trächtigkeitsdauer den Erwartungen.

BERRY ET AL. (2007) konnten analog zur vorliegenden Studie keinen Einfluss des Kalbegewichts auf das Auftreten einer Schweregeburt bei Erstkalbinnen feststellen. Üblicherweise wird davon ausgegangen, dass mit zunehmendem Erstkalbealter das Risiko einer Schwer- bzw. Totgeburt abnimmt, da der Reifegrad höher ist und die Beckenmaße daher günstiger sind (MEIJERING, 1984). Allerdings nimmt die Wahrscheinlichkeit auch bei sehr alten Tieren (zur ersten Kalbung) wiederum zu. In Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter konnte ein negativer, also abnehmender, Trend bei der Totgeburtenrate von Erstkalbinnen und der Schweregeburtenrate der ersten beiden Kalbungen verzeichnet werden.

## 5.5. Die ExterieurEinstufung

Die meisten der Exterieurmerkmale sowie BCS- und Bewegungsnote sind moderat heritabel. Eine Ausnahme bilden die Fundament-Gesamtnote und einige Fundament-Einzelmerkmale wie Klauenwinkel, Klaue und Hinterbeinstellung. Diese Merkmale sind zu einem geringen Teil erblich. Die Größe ist hoch heritabel. Die geschätzten Heritabilitäten sind zum Teil etwas höher, als die zur offiziellen Zuchtwertschätzung verwendeten Varianzkomponenten (VIT, 2010). Allerdings ist die Größenordnung der veröffentlichten Werte (VIT, 2010) und der populationsgenetischen Parameter, die innerhalb der vorliegenden Studie geschätzt wurden, vergleichbar. Die Differenz ist vermutlich darin begründet, dass der Zuchtwertschätzung durch das vit ein zwar größeres, aber auch heterogeneres Datenmaterial zu Grunde liegt. Die Heterogenität wird dadurch verursacht, dass es Tiere aus ganz Deutschland enthält, die in unterschiedlichen Produktionssystemen gehalten werden, was wiederum die Bedingungen beeinflusst, unter denen die ExterieurEinstufung stattfindet. Zudem stammen die Einstufungsergebnisse in Mecklenburg-Vorpommern von nur zwei Beurteilern, die vermutlich

auch auf vergleichbare Weise vom RMV ausgebildet wurden. Auch KOENEN UND GROEN (1998) beschreiben die verschiedenen Exterieurmerkmale als moderat bis hoch heritabel.

Das Erstbesamungsalter ist gering bis moderat negativ genetisch korreliert mit sowohl Körper- als auch Fundament-Gesamtnote und allen Einzelmerkmalen, die zum Komplex Körper gezählt werden. Zu den Fundamentmerkmalen Klauenwinkel, Klauen und Hinterbeinwinkelung bestehen ebenfalls geringe bis moderate negative Beziehungen. Im Gegensatz dazu ist die genetische Korrelation zwischen dem Alter zur Erstbesamung und dem Sprunggelenk sowie der Hinterbeinstellung moderat positiv. Ein stark positiver Zusammenhang besteht mit der Bewegungsnote und ein stark negativer mit der der Körpergröße.

Die genetische Korrelation zwischen Erstbesamungsgewicht und den Körpermerkmalen ist gering bis moderat positiv. Die Beziehung zur Bewegung und zu den Fundamentmerkmalen ist, mit Ausnahme des Klauenwinkels, gering bis moderat negativ. Zur Körpergröße besteht eine gering positive genetische Beziehung. KOENEN UND GROEN (1998) untersuchten die Beziehungen zwischen Kalbegewicht und dem Exterieur. Analog zu den beschriebenen Beziehungen, schätzten sie moderate bis hohe Korrelationen zur Beckenhöhe, Körpertiefe, Stärke und Größe sowie Brustumfang. Außerdem stellten sie übereinstimmend mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie eine geringe, negative genetische Beziehung mit der Eutertiefe fest.

Die Lebensstagnahme ist mit Typ- und Körper- Gesamtnote und allen Körper-Einzelmerkmalen gering bis moderat positiv genetisch korreliert. Hoch negative Beziehungen bestehen zur Bewegung und moderat positive zur Körpergröße.

COFFEY ET AL. (2006) konnten zeigen, dass Tiere mit einem hohen Milchleistungspotential höhere Wachstumsraten bis zur ersten Kalbung realisieren und in Folge dessen auch über ein höheres Kalbegewicht verfügen. Zum Zeitpunkt der ersten Kalbung hatten sie im Vergleich zu Kühen mit durchschnittlichem Leistungspotential einen höheren Reifegrad. Die Tiere der Kontrolllinie wuchsen während der ersten Laktation schneller und am Ende der dritten Laktation waren keine Unterschiede zwischen beiden Gruppen mehr feststellbar.

Die Beurteilung der Kühe zur Exterieureinstufung findet im ersten oder zweiten Laktationsdrittel der ersten Laktation statt. Die Klassifizierungsergebnisse der Exterieurbeurteilung sind daher das Resultat des genetischen Wachstumspotentials im Zeitraum bis zur ersten Kalbung. Betrachtet man die einzelnen Noten in Abhängigkeit von der Lebensstagnahme, werden Tiere mit hoher Wachstumsrate im überwiegenden Teil der Körpermerkmale entsprechend höher bewertet. HANSEN (2000) stellte zwischen den Tieren der Kontrollgruppe und der Selektionslinie vor allem hinsichtlich der Bewertung der linearen Körpermerkmale Unterschiede fest: Die Kühe, der auf Milch selektierten Linie, sind größer, tiefer, kräftiger und verkörpern den angestrebten Milchtyp besser. Auch BONCZEK ET AL. (1992)

belegen mit einem Selektionsexperiment, dass die Selektion auf Milch zur Erhöhung der Wachstumsrate vor der ersten Kalbung führt. Alle Körpermaße im Alter von sechs und 15 Monaten sind in der Selektionslinie höher als in der Kontrollgruppe. Bis zur ersten Kalbung nivellieren sich diese Differenzen. Allerdings sind die Ergebnisse nicht vollständig übertragbar, da es sich um ein Selektionsexperiment auf der Basis der Rasse Jersey handelt.

Die genetischen Korrelationen zwischen den Jungrindermerkmalen und dem BCS sind, wenn überhaupt vorhanden, nur gering und mit hohem Standardfehler behaftet. Der Phänotyp allerdings zeigt, dass der BCS mit zunehmendem Erstbesamungsalter sinkt und mit zunehmendem Erstbesamungsgewicht und steigender Lebensstagszunahme ebenfalls ansteigt. Diese Beziehung steht im Widerspruch zu den beschriebenen Ergebnissen der Exterieurbeurteilung, aber auch zu den Verhältnissen, die zwischen Jungrindermerkmalen und Milch- und Fruchtbarkeitsleistung einerseits und diesen und dem BCS (WALL ET AL., 2007; BASTIN ET AL., 2010) andererseits bestehen. HANSEN (2000) beschreibt die Kühe der aus Milchleistung selektierten Linie als kräftiger, was vielleicht zu einer Fehleinschätzung des BCS führen kann. Andererseits erhalten die Einstufer meist noch zusätzliche Informationen zum Tier, so dass auch eine Relativierung der Körperkondition die mögliche Folge sein kann, da der BCS in Bezug zur Milchleistung oder zum Laktationsstadium gesetzt wird.

## 5.6. Die Abgangsrate

Die Nutzungsdauer als klassisches funktionales Merkmal ist nur zu einem geringen Grad erblich (HUDSON AND VAN VLECK, 1981; DUCROCQ, 1987, TSUTURA ET AL., 2005). HOLTSMARK ET AL. (2008) untersuchten die Abgangsrate 365 Tage nach der ersten Kalbung und schätzten analog zu den Ergebnissen der vorliegenden Studie eine Heritabilität von 0,04.

Phänotypisch betrachtet besitzt das Erstbesamungsalter nur einen geringen Einfluss auf die Abgangsrate. Mit zunehmendem Betrachtungszeitraum zeigt die Abgangsrate in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter ein Optimum im mittleren Altersbereich. Das Erstbesamungsgewicht bildet zwei Optima aus und hinsichtlich einer geringen Abgangsrate sind mittlere Lebensstagszunahmen zwischen 750 und 850 g/Tag am günstigsten. Im Rahmen des Selektionsexperiments konnten COFFEY ET AL. (2006) nicht nur feststellen, dass die Kühe der auf Leistung selektierten Linie im Vergleich zur Kontrollgruppe bis zur ersten Kalbung höhere Wachstumsraten erzielen, sondern auch, dass sich die beiden Linien hinsichtlich ihrer Nutzungsdauer unterscheiden. Am Ende der dritten Laktation waren noch 41 % der Kontrolltiere im Bestand. Demgegenüber stehen 34 % der Kühe der Selektionslinie, welche die dritte Laktation beenden konnten.

Das Erstbesamungsalter ist stark negativ korreliert mit der Abgangsrate, egal welcher Betrachtungszeitraum gewählt wurde. Die genetische Korrelation zwischen der Abgangsrate und dem Erstbesamungsgewicht ist gering bis moderat positiv. Die genetische Beziehung zur Lebenstagszunahme ist ebenfalls positiv, allerdings auf moderatem bis hohem Niveau.

TSUTURA ET AL. (2005) untersuchten die Länge des produktiven Lebens. Sie stellten gering negative bis gering positive genetische Korrelationen zu den Milchleistungsmerkmalen fest, je nachdem ob nur die Standardlaktation berücksichtigt wurde oder auch längere Laktationen mit ins Datenmaterial einfließen. Auch HOLTSMARK ET AL. (2008) fanden auf der Datengrundlage von Norwegischen Rotbunten günstige Beziehungen zwischen Abgangsrate und der 305-Tage-Proteinmenge. ESSL (1998) berichtet ebenfalls in einer Zusammenfassung des aktuellen Kenntnisstands über die Nutzungsdauer, dass in der Literatur häufig ähnlich günstige Beziehungen zu finden sind. Diese stehen allerdings im Widerspruch zur aktuellen Entwicklung in der Rinderzucht. Die genetischen Beziehungen zwischen den Jungrindermerkmalen und der Milchleistung und der Abgangsrate lassen im Gegensatz dazu eher negative Beziehungen erwarten. Auch Selektionsexperimente legen diesen Zusammenhang nah (ESSL, 1998; TSUTURA ET AL., 2005; COFFEY ET AL., 2006). Eine Erklärung für diese Diskrepanz zwischen geschätzten und beobachteten Beziehungen könnte das Merkmal Nutzungsdauer selbst liefern. Das Datenmaterial lässt eine Unterscheidung zwischen den Tieren, die z. B. aufgrund von Krankheiten oder Unfruchtbarkeit gemerzt werden mussten, und Kühen, die ‚freiwillig‘ aus dem Bestand entfernt wurden, nicht zu. Die Schätzung wird daher mehr oder weniger beeinflusst von den Selektionskriterien innerhalb des einzelnen Betriebs, je nachdem wie viel Spielraum für die freiwillige Selektion besteht. Außerdem ist zu vermuten, dass in der Praxis leistungsstarke Tiere weniger schnell aufgrund von Fruchtbarkeitsstörungen oder Krankheiten gemerzt werden. Nutzungsdauer und Fruchtbarkeit stehen in günstigem Verhältnis zu einander, genau wie geringe Erkrankungshäufigkeit und SCS (HOLTSMARK ET AL., 2008; LIU ET AL., 2008).

Die linearen Exterieurmerkmale, die zum Komplex Körper gehören, sind gering bis moderat negativ korreliert mit der Länge des produktiven Lebens (BUENGER ET AL., 2001; TSUTURA ET AL., 2005). Setzt man die genetischen Beziehungen der Jungrindermerkmale zur Abgangsrate und den entsprechenden Exterieurmerkmalen in Beziehung zu einander, weisen die Ergebnisse auf einen vergleichbaren negativen Zusammenhang hin. Eine stark negative Beziehung zur Nutzungsdauer weist das Merkmal Milchcharakter auf. TSUTURA ET AL. (2005) schlussfolgern daraus, dass hoch bewertete Kühe besonders effektiv Körpermasse zu Gunsten der Milchleistung abbauen, was dazu führt, dass das Risiko von Fruchtbarkeitsstörungen und Krankheiten ansteigt.

Anhand von Vergleichsstudien konnte eine negative Korrelation zwischen Geschlechtsreife und Lebenserwartung ermittelt werden: Arten mit hoher Lebenserwartung sind spätreif. Außerdem belegen Studien mit *Drosophila*, dass die Selektion auf späte Fortpflanzung zu einem späteren Eintritt der Geschlechtsreife und zugleich zu einer längeren Lebensdauer führt (FINCH, 1990).

## 5.7. Die Erkrankungen während der ersten Laktation

Fruchtbarkeitsstörungen sind die am häufigsten anzutreffenden Erkrankungen, gefolgt von Mastitis und Klauenkrankheiten. HINRICHS ET AL. (2006) finden an einem vergleichbaren Datenmaterial ähnliche Häufigkeiten und bestätigen die Bedeutung der unterschiedlichen Krankheitskomplexe bei Holsteinkühen. Die geschätzte Erblichkeit der verschiedenen Fruchtbarkeitsstörungen und Klauenerkrankungen schwankt im niedrigen Bereich zwischen 0,03 und 0,08. Mastitis ist mit einer Heritabilität von 0,13 etwas höher heritabel. HINRICHS ET AL. (2006) untersuchten das Datenmaterial ebenfalls mittels Schwellenwertmodell und ermittelten Heritabilitäten zwischen 0,01 und 0,16. HARDER ET AL. (2006) schätzten für Eutererkrankungen eine Erblichkeit zwischen 0,05 und 0,08. Die Heritabilitäten von Fruchtbarkeitstörungen und Klauenerkrankungen schwanken zwischen 0,04 und 0,07. Weitere Studien kommen übereinstimmend zu dem Ergebnis, dass unabhängig von der betrachteten Erkrankung, die Erblichkeit im geringen Bereich liegt (PÖSÖ AND MÄNTYSAARI, 1996; HERINGSTAD ET AL., 1999; LASSEN ET AL., 2003; BROTHERSTONE ET AL., 2007; KÖNIG ET AL., 2008A; HERINGSTAD, 2010).

Während die Jungrindermerkmale auf den Phänotyp keinen oder nur einen geringen Einfluss haben, ergeben die bivariaten Schätzungen, dass genetische Korrelationen vorhanden sind. Das Erstbesamungsalter ist mit fast allen Erkrankungen gering bis moderat negativ genetisch korreliert. Die Ausnahme bilden die gering bis moderat positiven Beziehungen zu Nichteitrigen Klauenerkrankungen und Zyklusstörungen. Erstbesamungsgewicht und Lebenstagszunahme sind gering positiv korreliert mit den infektiösen Erkrankungen Endometritis, Eitrigen Klauenkrankheiten und Mastitis. Allerdings sind die Standardfehler der Schätzwerte nicht gering genug, weshalb die Korrelationen nicht überbewertet werden sollten. Die genetischen Beziehungen zu Puerperal- und Zyklusstörungen sind ebenfalls positiv, aber im Gegensatz dazu auf moderat bis hohem Niveau.

BROTHERSTONE ET AL. (2007) untersuchten die genetischen Beziehungen zwischen Wachstum bzw. Körpergewicht und verschiedenen Krankheitskomplexen. Sie schätzten ungünstige Beziehungen zwischen dem Wachstum während der Entwöhnungsphase und Mastitis sowie Klauenerkrankungen. Desweiteren stellten sie stark positive genetische Korrelationen zwischen Klauenkrankheiten und sowohl der maximalen Wachstumsrate als auch dem Gewicht

zur Entwöhnung fest. Das Kalbegewicht steht mit der Inzidenz von Reproduktionsstörungen in einem günstigen Verhältnis.

Das Erstbesamungsalter steht in günstigen Beziehungen zu allen infektiösen Erkrankungen, was möglicherweise ein Hinweis darauf sein könnte, dass spätreife Tiere über eine bessere Immunantwort verfügen als frühreife. Als weiterer indirekter Beleg könnte die negative genetische Korrelation des Alters zur ersten Besamung zum mittleren SCS der ersten Laktation dienen. Der SCS ist als Maß zur Beschreibung der Eutergesundheit anerkannt und findet in der Zuchtwertschätzung in diesem Sinne Anwendung (VIT, 2010). Zahlreiche Studien belegen einen positiven, also ungünstigen Zusammenhang zwischen SCS und Milchmenge zum Einen und zum Anderen zwischen SCS und der Inzidenz von Mastitis (PÖSÖ AND MÄNTYSAARI, 1996; HERINGSTAD ET AL., 1999; WALL ET AL., 2007; HOLTSMARK ET AL., 2008; NEGUSSIE ET AL., 2008). Die genetischen Beziehungen des Erstbesamungsalters zu den genannten Merkmalen stützen daher die Vermutung, dass eine günstige Beziehung zum Immunsystem besteht. Andererseits ergibt sich bei der Betrachtung der genetischen Korrelationen von SCS und Milchmenge zur Lebenstagszunahme die Annahme, dass eventuell eine negative Beeinflussung des Immunsystems durch hohe Wachstumsraten vorliegt. Dementsprechend können die positiven genetischen Korrelationen der Lebenstagszunahme zu den einzelnen Erkrankungskomplexen als Bestätigung dieser Annahme dienen.

HANSEN (2000) stellte in dem von ihm ausgewerteten Selektionsexperiment fest, dass die Kühe der auf Milch selektierten Linie im Vergleich zur Kontrollgruppe öfter an Störungen des Verdauungsapparats, Ketose sowie Fruchtbarkeitsstörungen erkrankt waren.

## **5.8. Die biologische und physiologische Interpretation**

Das Wachstum der Jungrinder bis zum Erreichen der Zuchtreife steht im Zusammenhang mit den verschiedenen Merkmalen der Milchleistung, der Reproduktion, des Exterieurs, der Nutzungsdauer und der Gesundheit. Je nach Merkmal ist diese Beziehung unterschiedlich stark ausgeprägt. Das Wachstum selbst stellt daher eine Komponente innerhalb des komplexen Netzwerks der genannten Merkmale mit all seinen vielfältigen Wechselwirkungen dar. Es stellt sich daher die Frage, wodurch diese komplexen Merkmalsbeziehungen begründet sind.

In der Demökologie sind zwei verschiedene Fortpflanzungsstrategien bekannt, die MCARTHUR UND WILSON 1967 erstmals formulierten: Die K-Strategie tritt bei hoher Populationsdichte auf und evolviert solche Anpassungen, die es Organismen ermöglichen zu überleben und sich fortzupflanzen. Im Gegensatz dazu selektiert die r-Strategie Anpassungen, die eine hohe Reproduktionsrate und eine raschere Vermehrung begünstigen. K-Strategen sind

gekennzeichnet durch lange Lebensdauer mit geringer Vermehrungsrate. Die Individualentwicklung verläuft langsam und die Geschlechtsreife wird relativ spät erreicht. Die Wurfgröße ist gering und es wird eine ausgeprägte Brutpflege betrieben. Die Vertreter der Familie der Rinderartigen lassen sich gemäß der Beschreibung der K-Strategie zuordnen. Im Zusammenhang mit der Brutpflege ist die Laktation essentiell (CAPUCO AND AKERS, 2009). Die Milch ist auf die Bedürfnisse des Neugeborenen abgestimmt und erfüllt neben der Ernährung weitere Funktionen wie die Erlangung der immunologischen Kompetenz und die endokrine Reifung des Neonaten. Desweiteren hat das Säugen einen wichtigen verhaltensphysiologischen Aspekt. Zusammengefasst betrachtet ist die Evolution der Laktation darauf ausgerichtet das Überleben des Mutter-Kind-Paares zu sichern. Im Zuge der Domestikation des Rindes und der Nutzung zur Milcherzeugung greift der Mensch in diesen Prozess ein.

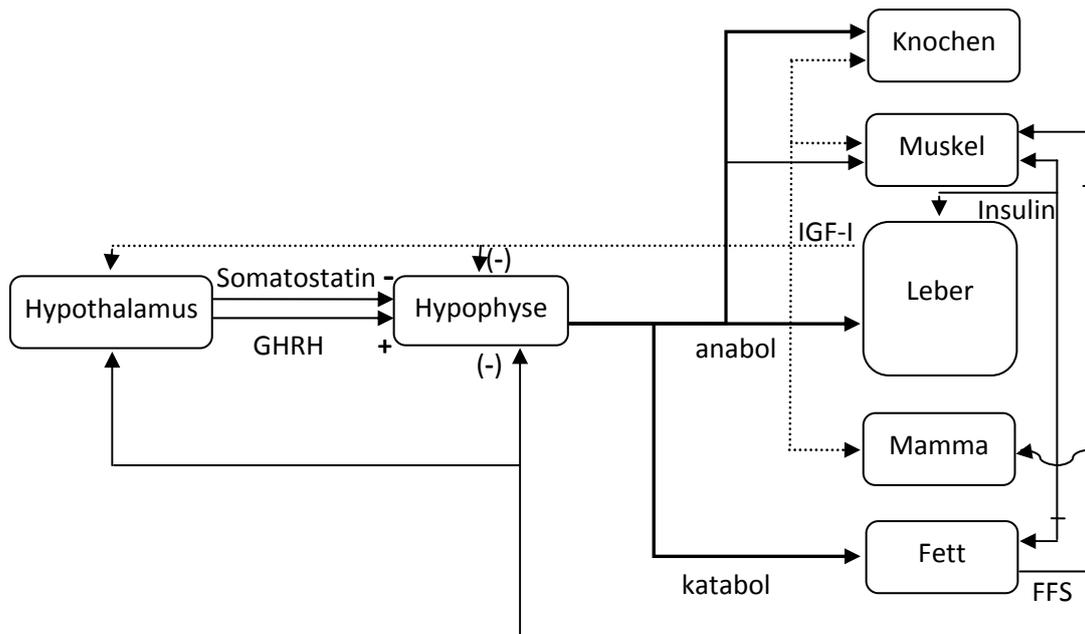
Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen in Übereinstimmung mit den Angaben in der Literatur eine positive genetische Korrelation zwischen Milchmenge und Wachstum. Die intensive Selektion auf die Erhöhung der Milchmenge bedingt daher auch eine Erhöhung des Wachstumspotentials. Ältere Anleitungen zur Jungrinderaufzucht empfehlen deutlich geringere optimale Zuwachsraten als neuere (KIRCHGEBNER, 2004; ZANTON AND HEINRICH, 2005; LANDEFORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FISCHEREI MECKLENBURG-VORPOMMERN, INSTITUT FÜR TIERPRODUKTION, 2007). Betrachtet man diese Beziehung aus entwicklungsphysiologischer Sicht, so ist das Ursache-Wirkungs-Prinzip wahrscheinlich genau entgegengesetzt. Da die Milchbildung darauf ausgerichtet ist die ernährungsphysiologischen Anforderungen des Nachwuchses zu befriedigen, erfordert ein hohes Wachstumspotential der Jungtiere eine hohe Milchleistung der Mutter. Die Milchsynthese besitzt daher im mütterlichen Organismus die höchste Priorität. Das kann auf Kosten des übrigen Körpers gehen, wodurch Fettgewebe und labiles Protein in eine katabole Kondition überführt werden. Durch die Diskrepanz zwischen aufgenommener Futterenergie und der für Erhaltung und Leistung benötigten Energie kommt es während der Hochlaktation zu einem Energiedefizit und in Folge dessen zur Mobilisation von Fettgewebe und labilen Proteinen. Milchleistung und Fruchtbarkeit stehen in einem negativen genetischen Verhältnis und auch die genetische Korrelation von Wachstum und Fruchtbarkeit ist negativ. Vermutlich veranlasst die negative Energiebilanz einen Mechanismus zur reproduktiven Selbstbeschränkung (VOLAND, 1985). Zu dieser Selbstbeschränkung zählen Populationsmechanismen, die die selbstgefährdende Überbevölkerung verhindern sollen. Vor allem bei K-Strategen ist diese Art von Reproduktionsbeschränkung verbreitet. Von Wühlmäusen ist beispielsweise bekannt, dass Nahrungsknappheit Fehlgeburten und Fruchtbarkeitsstörungen auslösen kann. Allerdings ist diese Theorie bisher nicht in Zusammenhang mit dem Milchrind genannt worden.

Hohe Wachstumsraten korrelieren negativ mit dem Erstbesamungsalter. Tiere mit hohen Wachstumsraten erreichen die Geschlechtsreife eher, da diese gewichtsdeterminiert ist. Ergebnisse aus Vergleichsstudien und aus Selektionsexperimenten mit *Drosophila* weisen auf einen positiven Zusammenhang zwischen dem Alter zum Zeitpunkt des Eintritts der Geschlechtsreife und der Lebenserwartung hin: je älter das Individuum zur Pubertät desto höher ist die Lebenserwartung. Übereinstimmend mit diesen Beziehungen konnten auch am vorliegenden Datenmaterial positive genetische Beziehungen zwischen Lebenstagszunahme und Abgangsrate festgestellt werden. Desweiteren existiert die Hypothese, dass höhere Reproduktionskosten zu höheren Mortalitätsraten führen. Möglicherweise gibt auch die beobachtete Verringerung der Nutzungsdauer im Zusammenhang mit der gestiegenen Milchleistung einen Hinweis darauf, dass eine solche Beziehung besteht.

Ein weiterer wichtiger Zusammenhang konnte zwischen Lebenstagszunahme und Trächtigkeitsdauer als direkter Effekt festgestellt werden. Tiere mit hoher Lebenstagszunahme weisen längere Tragezeiten auf als solche mit niedrigen Zuwachsraten. Auf welchen physiologischen Ursachen dieser Effekt beruht kann nicht geklärt werden, da diese Beziehung in der Literatur bisher noch nicht beschrieben worden ist. Das initiale Signal für die Einleitung der Geburt, der Anstieg der Aktivität des fetalen Hypophysen-Nebennieren-Systems, löst eine Kaskade von Hormon-Interaktionen aus. Der primäre Auslöser selbst ist bisher unbekannt. Es wird vermutet, dass der Reifegrad des fetalen zentralen Nervensystems von entscheidender Bedeutung ist. Möglicherweise stehen prä- und postnatales Wachstum in Verbindung zu einander. GROEN UND VOS (1995) und COFFEY ET AL. (2006) schätzen moderat positive genetische Korrelationen zwischen Geburtsgewicht und dem Gewicht zur ersten Besamung bzw. Kalbung. Diese Beziehung gibt einen Hinweis darauf, dass prä- und postnatalen Wachstum zwar nicht identische, aber ähnliche Merkmale sind. Andererseits gibt es Belege dafür, dass hohe Milchleistung mit längerer Trächtigkeitsdauer in Verbindung steht (NORMAN ET AL., 2009).

### *Die endokrine Kontrolle - die Bedeutung der somatotrophen Achse*

Das Somatotropin ist ein Proteinhormon, welches speziesspezifische Unterschiede aufweist. Beim Rind sind vier verschiedene physiologische Varianten bekannt. Sowohl Synthese als auch Sekretion erfolgen im Hypophysenvorderlappen und unterliegen der Steuerung durch den Hypothalamus. Das Wachstumshormon-Releasinghormon (GHRH) wirkt stimulierend, während Somatostatin ein hypothalamischer Faktor ist, der die ST-Freisetzung inhibiert. Es gibt möglicherweise ein drittes bisher nicht identifiziertes Hormon, welches die ST-Sekretion stimuliert, dessen Signalübertragungsweg sich aber von dem des GHRH unterscheidet. Ein weiterer wichtiger Bestandteil der somatotrophen Achse sind die sogenannten Insulin-like



**Abb. 5.1.:** Regelkreise und Wirkungen der Wachstumshormon-Familie (KARG, 1994)

Growth Factors (IGF-I und IGF-II), die eine, wie der Name schon verdeutlicht, dem Insulin ähnliche Struktur besitzen. Sie dienen als Somatomedine, da sie als Mediatoren für die Wirkung von ST in den Erfolgsorganen fungieren. IGF zirkulieren nicht frei im Blut, sondern sind an spezielle Bindungsproteine (IGFBP) gebunden. Sie verlängern die Halbwertszeit der IGF, verhindern ihren Austritt aus den Kapillaren und dadurch den Zugang zum Rezeptor. Erst wenn IGF mit Hilfe von endogenen Proteasen vom Bindungsprotein abgespalten wird, wird es für die Rezeptoren in den entsprechenden Geweben zugänglich. Es gibt zwei verschiedenen IGF-Rezeptortypen, wobei Typ I homolog zum Insulinrezeptor ist. Sie sind in fast allen Geweben zu finden. ST-Rezeptoren gibt es im Muskel, Fett, Herz, Leber, Niere und den Ovarien. Die verschiedenen Faktoren und ihr Zusammenwirken ist vereinfacht in der Abbildung 5.1. dargestellt. Die Achse Hypothalamus - Hypophyse - Leber - peripheres Gewebe unterliegt Mit- bzw. Rückkopplungseffekten. Unmittelbare positive Feedback-Beziehungen bestehen zwischen Somatostatin und ST. Einen hemmenden Effekt auf die Sekretion von ST haben neben IGF-I auch Cortisol und Freie Fettsäuren (FFS). Östrogene und Androgene wirken im Gegensatz dazu auf die Sekretion stimulierend.

Bei einer reduzierten Energiezufuhr wird die ST-Sekretion durch die Unterdrückung von Somatostatin gefördert. Dieser Anstieg der ST-Konzentration im Blut bewirkt eine ST-Resistenz, die wiederum zum Absinken der IGF-I-Konzentration führt. Dieser Prozess belegt die Bedeutung der Leber als Schaltstelle für die Entkopplung der somatotrophen Achse aufgrund nutritiver Einflüsse. Die somatogene Wirkung des ST reguliert den IGF-I-Spiegel sowie die

Konzentration der IGF-Bindungsproteine und die Konzentration der eigenen Rezeptoren. Eine langfristige Zufuhr verstärkt daher die Bindung von ST und ein Effekt der „upregulation“ oder Selbstverstärkung kann beobachtet werden.

Die initiale biochemische Reaktion auf der die metabolische Wirkung beruht, ist der Nährstoffverteilungseffekt. ST beeinflusst maßgeblich den Prozess der Lipogenese im Fettgewebe, indem es die Insulinempfindlichkeit verringert. Diese Insulinresistenz hat zur Folge, dass der Glukose-Transport ins Fettgewebe verringert und die lipogene Enzymaktivität herabgesetzt wird. Schlussendlich resultiert aus diesen Prozessen die Einschränkung der Lipidsynthese. Auch die Lipolyse wird von ST beeinflusst. Die Wirkung ist nicht direkt, sondern durch Catecholamine vermittelt, die die Mobilisation von Fettgewebe erhöhen. Der Kohlenhydrat-Stoffwechsel unterliegt ebenfalls der Steuerung durch ST. Die Empfindlichkeit der Leber gegenüber Insulin wird genau wie im Fettgewebe herabgesetzt. Daraus resultieren eine verringerte Glukose-Oxidation und eine Erhöhung der Glukoneogenese, da die inhibierende Wirkung des Insulin eingeschränkt wird. Die Glukoneogenese spielt für Wiederkäuer eine bedeutende Rolle, da aufgrund der Aktivität der Pansenmikroben kaum Glukose im Darm resorbiert werden kann, sondern in der Leber aus Fettsäuren neu synthetisiert werden muss. Diese Wirkmechanismen sorgen dafür, dass der Blutzuckerspiegel ansteigt und mehr Glukose für Muskelwachstum und Milchsynthese zur Verfügung steht. Die anabole Wirkung auf das Skelettmuskelwachstum wird zum Teil durch die somatogenen Eigenschaften des IGF-I erreicht. Andererseits sorgt ST für eine effizientere Nutzung der aufgenommenen Aminosäuren (AS), durch eine Verringerung der AS-Degradation in der Leber. Neben der erhöhten Bereitstellung von Glukose für die Laktosesynthese, besitzt ST noch andere Mechanismen zur Beeinflussung der Milchsynthese: Es erhöht die Aufnahme der Präkursoren der Milchhaltsstoffe aus dem Blut und sorgt auch gleichzeitig für deren effizientere Nutzung, durch die Erhöhung der Enzymaktivitäten. Außerdem wird zusätzlich die Durchblutung der Milchdrüse gesteigert. Die Applikation von rekombinanten ST führt zu einer Steigerung des Proteinansatzes beim wachsenden Tier und zu einer höheren Milchleistung während der Laktation (JAMMES ET DIJANE, 1988; DÖCKE, 1994; ETHELTON AND BAUMAN, 1998; BAUMAN, 1999). Die Fruchtbarkeitsleistung steht ebenfalls unter dem Einfluss von ST, dessen Wirkung aber im Wesentlichen durch das IGF-System erzielt wird. IGF-I-Rezeptoren konnten in der Oozyte, in Granulosazellen und in Gelbkörperzellen nachgewiesen werden. Die lokale IGF-I-Produktion im Ovar fördert die Proliferation der Granulosazellen und das Follikelwachstum. Die IGF-I-Konzentration im Blut wirkt dagegen auf den Gelbkörper und stimuliert die Steroidsynthese (LUCY, 2000; BONDY AND ZHOU, 2005).

Verschiedene Selektionsexperimente konnten zeigen, dass auf Milchleistung selektierte Linien nicht nur über eine entsprechend höhere Leistung verfügten, sondern sich auch hinsichtlich ihrer Wachstumsraten vor der ersten Kalbung von der Kontrolllinie unterschieden (SEJRSEN ET AL., 2000; COFFEY ET AL., 2006). BONCZEK ET AL. (1988) untersuchten die Hormonkonzentrationen einer solchen Selektionslinie während der Laktation und verglichen sie mit denen einer Kontrollgruppe. Die Kühe der Selektionslinie wiesen eine signifikant höhere ST-Konzentration auf. Die Insulin-Konzentration war im Gegensatz dazu verringert. Auf den Blutspiegel von Prolaktin und Thyroxin konnten keine Effekte nachgewiesen werden. Eine weitere Schlussfolgerung kann aus den Selektionsexperimenten abgeleitet werden: Die Selektion auf eine hohe Milchleistung führt zur Verschlechterung der Fruchtbarkeit (NEBEL AND MCGILLIARD, 1993). Da ein hoher ST-Spiegel vorteilhaft für die Fruchtbarkeit ist, scheint dieses in der Praxis beschriebene Verhältnis zunächst im Widerspruch dazu zu stehen. Neben ST beeinflusst auch Insulin die Ovarfunktion und entfaltet dabei eine den Gonadotropinen der Hypophyse ähnliche Wirkung (LUCY, 2000; BONDY AND ZHOU, 2005). Insulin übt einen direkten Effekt aus auf die Steroidenzyme und die Lebensfähigkeit der Zellen. ST entfaltet seinen Einfluss auf die Granulosazellen und die Progesteronproduktion erst bei der Anwesenheit von Insulin. Eine negative Energiebilanz post partum, wie sie durch hohe Milchleistung verursacht wird, verringert die Insulinproduktion und beeinträchtigt so die Fruchtbarkeit. Ein Energiedefizit wirkt in doppelter Hinsicht negativ auf die Fruchtbarkeit, da sie zudem zur Entkopplung der somatotrophen Achse und dadurch zum Absinken der IGF-I-Konzentration führt (DÖCKE, 1994). In vivo konnte nachgewiesen werden, dass Kühe mit positiver Energiebilanz post partum einen höheren IGF-I -Blutspiegel hatten und über eine höhere Progesteronproduktion in der Gelbkörperphase verfügten (SPICER ET AL., 1990; LUCY, 2001; BUTLER, 2003).

## 6. Schlussfolgerungen

Folgende Schlussfolgerungen können aus der genetisch-statistischen Untersuchung des Wachstums von Jungrindern anhand von zur Erstbesamung erhobenen Gewichten gezogen werden:

- Anhand der subjektiven Einschätzung der Besamungswürdigkeit eines Jungrindes durch die Mitarbeiter des jeweiligen Betriebs erfolgte die erste Belegung im mittleren Alter von 471 Tagen und mit einem durchschnittlichen Körpergewicht von 409 kg. Von der Geburt bis zur Erstbesamung betrug die mittlere Lebenstagszunahme eines Jungrindes im Durchschnitt 822 g/Tag. Die nähere Betrachtung der einzelnen Betriebscharakteristika zeigt, dass große Unterschiede hinsichtlich des Managements der Jungrinder bestehen. Allerdings sind die Merkmale Gewicht, aber allen voran das Alter, einfach zu kontrollierende und dadurch auch zu steuernde Größen, weshalb die Überprüfung der Häufigkeitsverteilung dieser Merkmale vor einer Auswertung unbedingt anzuraten ist. Die Lebenstagszunahme ist in der vorliegenden Arbeit ein Index, der die Betrachtung des kombinierten Effekts von Alter und Gewicht zugleich ermöglicht. Dieses Merkmal bietet außerdem die Vorteile, dass es weniger leicht zu kontrollieren ist und sich dadurch weniger als einfaches Managementinstrument eignet. Die Häufigkeitsverteilung ist nahezu ideal.
- Die Zuchtreifemerkmale Erstbesamungsalter und -gewicht sowie die Lebenstagszunahme von der Geburt bis zur Erstbesamung zeichnen sich durch moderate Heritabilitäten aus. Die Voraussetzungen für eine gute züchterische Bearbeitbarkeit sind erfüllt, da auch die Variabilität der Merkmale vorhanden ist.
- Für die Empfehlungen für die Jungrinderaufzucht bedeuten die beschriebenen Zusammenhänge, dass die empfohlenen täglichen Zunahmen und sowohl das Erstbesamungsalter als auch -gewicht nur Mittelwerte darstellen. Die empfohlenen Größen sollten daher als Richtlinie verstanden werden. Von einer objektiven Beurteilung der Besamungswürdigkeit anhand fixer Maßzahlen ist abzuraten, da Unterschiede hinsichtlich des genetischen Wachstumspotentials zwischen den Tieren bestehen. Eine subjektive Einschätzung ist nach wie vor unerlässlich.
- Bei Fütterungsversuchen, die z. B. die optimale Wachstumsintensität betreffen, ist auf eine ausgeglichene Zusammensetzung der Versuchsgruppen zu beachten, da Unterschiede im genetischen Wachstumspotential zwischen den einzelnen Tieren bestehen können.

Außerdem ist zu bedenken, ob das eingesetzte Tiermaterial repräsentativ für die Population ist, für die die Fütterungs- oder/und Managementempfehlung erstellt werden soll.

- Erkrankungen wie Arthritis/Arthrose, Bronchopneumonie und Trichophytie beeinträchtigen nachhaltig die Entwicklung eines Jungrindes und führen zu geringeren Lebensstagnahmen. Da Trichophytie lediglich eine Hauterkrankung ist, ist in Frage zu stellen, ob sie allein für die Retardierung verantwortlich ist.
- Maternale Einflüsse, wie z. B. die Parität und die Art der Trächtigkeit, sind auch auf die Zuchtreifemerkmale nachweisbar.
- Die Trächtigkeitsdauer und das Geburtsgewicht zeichnen sich durch hohe direkte Heritabilitäten aus. Beide Merkmale sind positiv mit dem genetischen Wachstumspotential eines Tieres korreliert.

Daraus lässt sich folgende Beziehung ableiten: Tiere mit hoher genetischer Wachstumsveranlagung verbleiben länger im Mutterleib und kommen mit einem höheren Geburtsgewicht zur Welt. Diese Merkmalsverknüpfung gibt einen Hinweis auf die Ursache, weshalb eine Erhöhung der Tot- und Schweregeburtenrate durch die Selektion auf Milchleistung beobachtet werden konnte.

- Die Heritabilitäten der Milchleistungsmerkmale, die auf der Grundlage des Datenmaterials aus den Testherden in Mecklenburg-Vorpommern geschätzt wurden, sind höher als allgemein üblich. Durch gutes Management ist eine bessere Nutzung des genetischen Milchleistungspotentials möglich. Daraus resultierend ergeben sich höhere Schätzwerte für die Erbllichkeit.
- Zwischen dem Milchleistungspotential und der genetischen Wachstumsveranlagung bestehen positive Beziehungen: Tiere, die über ein hohes Wachstumspotential verfügen besitzen gleichzeitig auch eine höhere genetische Veranlagung für die Milchproduktion. Eine Selektion auf Milchleistung führt dadurch zu einer Steigerung des Wachstumspotentials. Es ist von Bedeutung dieses zu kennen, um die Aufzucht optimal gestalten zu können, da eine Abweichung egal in welche Richtung zu Einbußen führen würde. Dieser Sachverhalt impliziert auch, dass die Empfehlungen für die Jungrinderaufzucht nicht statisch sind, sondern in Abständen überprüft werden müssen.
- Die phänotypischen Beziehungen von Erstbesamungsalter sowie Lebensstagnahme zu den Fruchtbarkeitsmerkmalen der Jungrinder zeigen, dass die besten Ergebnisse in den

mittleren Klassen (510 bis 530 Tage Erstbesamungsalter / 700 bis 800 g/Tag Lebenstagszunahme) erreicht werden.

Die genetischen Verknüpfungen von Erstbesamungsgewicht sowie der Lebenstagszunahme zur Fruchtbarkeit der Jungrinder sind ungünstig, da moderat positive genetische Korrelationen zum Besamungsindex sowie zur Verzögerungs- und Zwischenbelegungszeit bestehen. Zur Non-Return-Rate zeigen die genannten Merkmale moderat negative genetische Beziehungen. Eine Steigerung des genetischen Wachstumspotentials würde daher zu einer Verschlechterung der Fruchtbarkeit der Jungrinder führen.

- Die Fruchtbarkeit der Kühe und das Erstbesamungsalter stehen in einer günstigen genetischen Beziehung zu einander. Der Zusammenhang zum Erstbesamungsgewicht und zur Lebenstagszunahme ist jedoch ungünstig, da positive genetische Korrelationen zum Besamungsindex sowie zur Rast- und Zwischenkalbezeit geschätzt wurden. Die Erhöhung der Wachstumsveranlagung führt daher nicht nur zu einer Verschlechterung der Fruchtbarkeit der Jungrinder, sondern auch zu der der Kühe. Die Schätzungen für die Fruchtbarkeitsparameter der zweiten Laktation sind aufgrund der hohen Standardfehler nur mit Vorsicht zu interpretieren. Allerdings deuten auch sie auf einen ähnlichen Zusammenhang hin.
- Für die Auswertung der Kalbmerkmale ist zu beachten, dass sowohl direkte als auch maternale Effekte von Bedeutung sind. Tot- und Schweregeburtenrate sind gering bis moderat heritabel. Die Trächtigkeitsdauer ist durch eine hohe direkte Heritabilität gekennzeichnet. Die direkten und Maternaleffekte aller drei genannten Kalbmerkmale stehen in antagonistischer Beziehung zu einander.  
Die genetische Korrelation zwischen dem Maternaleffekt aller betrachteten Parameter der Kalbung sowie des Geburtsgewichts und der Lebenstagszunahme ist positiv und daher ungünstig. Die Steigerung des Wachstumspotentials führt dadurch gleichzeitig zu einer Steigerung der maternalen Tot- und Schweregeburtenrate, der maternalen Trächtigkeitsdauer sowie des Geburtsgewichts.
- Die Lebenstagszunahme ist positiv korreliert mit der Gesamtnote von Körper und Typ sowie allen Einzelnoten, die der Beurteilung des Körpers dienen, sowie der Größe. Die Ursache für diese positive Einschätzung ist vermutlich darin zu sehen, dass Tiere mit hoher Wachstumsveranlagung zum Zeitpunkt der Exterieurklassifizierung reifer und weiter in der Entwicklung erscheinen. Die Beurteilungspraxis sollte dahingehend überprüft werden, ob die Möglichkeit besteht, dass Tiere, die nicht dem altersgerechten Entwicklungszustand entsprechen, also sowohl unter- als auch überentwickelt sind, die entsprechende

Bewertung erhalten. Das gilt besonders im Hinblick auf die Vergabe der Gesamtnoten, da hier ein höherer Wert automatisch als bessere Bewertung angesehen wird. Allerdings ist auch in Betracht zu ziehen, dass die Beurteilungskriterien bei der Vorstellung von jungen Kühen auf Schauen dementsprechend überarbeitet werden sollten.

Eine Erhöhung des Wachstumspotentials führt außerdem zu einer Verschlechterung der Fundament-Gesamtnote sowie dem Großteil der Fundament-Einzelnoten und vor allem der Bewegungsnote.

Auswirkungen auf die Euterqualität sind dagegen kaum zu erwarten.

- Hinsichtlich des Phänotyps der Abgangsrate besitzt die Lebenstagszunahme die Charakteristika eines Optimalmerkmals, da sich mittlere Zunahmen als günstig erweisen. Die genetischen Korrelationen sind moderat bis hoch positiv. Die Steigerung der Wachstumsveranlagung führt zu einer Erhöhung der Abgangsrate.
- Zwischen der Lebenstagszunahme und dem Auftreten infektiöser Erkrankungen wie Endometritis, Mastitis und Eitrigen Klauenkrankheiten bestehen positive genetische Korrelationen. Die genetischen Beziehungen zur Inzidenz von Zyklus- und Puerperalstörungen ist ebenfalls positiv, aber deutlich ausgeprägter und auf moderat bis hoch positivem Niveau.

Eine Erhöhung des genetischen Wachstumspotentials führt zu einer Erhöhung der Inzidenzrate von sowohl infektiösen Erkrankungen als auch von Zyklus- und Puerperalstörungen.

## 7. Zusammenfassung

Eine Alternative zur herkömmlichen Form der Nachkommenprüfung und der damit verbundenen ‚flächendeckenden‘ Erfassung von Daten stellt die Datenerhebung in vertraglich gebundenen Herden, sog. Testherden, dar. Die Rinderzucht Mecklenburg-Vorpommern GmbH initiierte 2005 das Programm ProFit (Produktion und Fitness) mit derzeit 21 partizipierenden Zuchtbetrieben. Im Rahmen des Testherden-Programms wird unter anderem auch das Gewicht zur ersten Besamung des Jungrindes erfasst.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Darstellung der phänotypischen und genetischen Zusammenhänge zwischen den Parametern der Jungrinderentwicklung und sowohl den Milchleistungsmerkmalen als auch den Kennwerten der funktionalen Merkmale.

Aus 16 der teilnehmenden Betriebe lagen routinemäßig erhobene Erstbesamungsgewichte vor. Allerdings mussten die Tiere aus zwei Herden von der Auswertung ausgeschlossen werden, da die Betriebe ein außerordentlich striktes Management der Jungrinderaufzucht verfolgten: Das Erstbesamungsgewicht wurde als objektives Entscheidungsmerkmal über die Besamungswürdigkeit herangezogen. Daraus resultiert eine Einschränkung der Variabilität des Merkmals, was wiederum einen negativen Einfluss auf die Varianzkomponentenschätzung ausübt. Die Datenaufbereitung ergab eine Datenbasis mit 10.040 Tieren für die weitere Auswertung. Diese Datei wurde je nachdem welcher Merkmalskomplex betrachtet wurde, mit den entsprechenden vit-Daten ergänzt. Datenaufbereitung, Modellselektion sowie die Prüfung der phänotypischen Beziehungen erfolgte mit dem Programm SAS 9.1. Die genetisch-statistische Analyse wurde mit Hilfe von VCE6 und ASReml durchgeführt.

Anhand der subjektiven Einschätzung der Besamungswürdigkeit eines Jungrindes durch die Mitarbeiter des jeweiligen Betriebs erfolgte die erste Belegung im mittleren Alter von 471 Tagen und mit einem durchschnittlichen Körpergewicht von 409 kg. Von der Geburt bis zur Erstbesamung betrug die mittlere Lebenstagzunahme eines Jungrindes im Durchschnitt 822 g/Tag. Die Lebenstagzunahme ist in der vorliegenden Arbeit ein Index, der die Prüfung des kombinierten Effekts von Alter und Gewicht zugleich ermöglicht. Die nähere Betrachtung der einzelnen Betriebscharakteristika zeigt, dass große Unterschiede hinsichtlich des Managements der Jungrinder bestehen. Die Zuchtreifemerkmale Erstbesamungsalter und -gewicht sowie die Lebenstagzunahme von der Geburt bis zur Erstbesamung zeichnen sich durch moderate Heritabilitäten aus.

Erkrankungen der Kälber bzw. Jungrinder wie Arthritis/Arthrose, Bronchopneumonie und Trichophytie beeinträchtigen nachhaltig negativ die Entwicklung eines Jungrindes und führen

zu geringeren Lebenstagszunahmen bis zum Erreichen der Zuchtreife. Maternale Einflüsse, wie z. B. die Parität und die Art der Trächtigkeit, sind auch auf die Zuchtreifemerkmale nachweisbar. Die Trächtigkeitsdauer und das Geburtsgewicht zeichnen sich durch hohe direkte Heritabilitäten aus. Der additiv-genetische Effekt dieser Merkmale ist positiv mit dem genetischen Wachstumspotential korreliert.

Zwischen dem Milchleistungspotential und der genetischen Wachstumsveranlagung bestehen positive Beziehungen: Tiere, die über ein hohes Wachstumspotential verfügen besitzen gleichzeitig auch eine höhere genetische Veranlagung für die Milchproduktion. Eine Selektion auf Milchleistung führt dadurch zu einer Steigerung des Wachstumspotentials.

Die phänotypischen Beziehungen von Erstbesamungsalter sowie Lebenstagszunahme zu den Fruchtbarkeitsmerkmalen der Jungrinder zeigen, dass die besten Ergebnisse in den mittleren Klassen erreicht werden. Die genetischen Verknüpfungen von Erstbesamungsgewicht sowie der Lebenstagszunahme zur Fruchtbarkeit der Jungrinder sind ungünstig, da moderat positive genetische Korrelationen zum Besamungsindex sowie zur Verzögerungs- und Zwischenbelegungszeit bestehen. Zur Non-Return-Rate zeigen die genannten Merkmale moderat negative genetische Beziehungen. Die Fruchtbarkeit der Kühe und das Erstbesamungsalter stehen in einer günstigen genetischen Beziehung zu einander. Der Zusammenhang zum Erstbesamungsgewicht und zur Lebenstagszunahme ist jedoch ungünstig, da positive genetische Korrelationen zum Besamungsindex sowie zur Rast- und Zwischenkalbezeit geschätzt wurden. Die Schätzungen für die Fruchtbarkeitsparameter der zweiten Laktation sind aufgrund der hohen Standardfehler kaum interpretierbar. Allerdings deuten auch sie auf einen ähnlichen Zusammenhang hin.

Für die Auswertung der Kalbmerkmale ist zu beachten, dass sowohl direkte als auch maternale Effekte von Bedeutung sind. Tot- und Schweregeburtenrate sind gering bis moderat heritabel. Die Trächtigkeitsdauer ist ebenso wie das Geburtsgewicht durch eine hohe direkte Heritabilität gekennzeichnet. Die direkten und Maternaleffekte aller drei genannten Kalbmerkmale stehen in antagonistischer Beziehung zu einander. Die genetische Korrelation zwischen dem Maternaleffekt aller betrachteten Parameter der Kalbung sowie des Geburtsgewichts und der Lebenstagszunahme ist positiv.

Die Lebenstagszunahme ist positiv korreliert mit der Gesamtnote von Körper und Typ sowie allen Einzelnoten, die der Beurteilung des Körpers dienen, sowie der Größe. Die Ursache für diese positive Einschätzung ist vermutlich darin zu sehen, dass Tiere mit hoher Wachstumsveranlagung zum Zeitpunkt der Exterieurklassifizierung reifer und weiter in der Entwicklung erscheinen. Zu den Eutermerkmalen bestehen kaum Beziehungen. Die genetische

Korrelation zwischen Lebensstagnahme und den meisten Fundamentmerkmalen sowie der Note für Bewegung ist negativ.

Hinsichtlich des Phänotyps der Abgangsrate besitzt die Lebensstagnahme die Charakteristika eines Optimalmerkmals, da sich mittlere Zunahmen als günstig erweisen. Die genetischen Korrelationen zwischen Lebensstagnahme und Abgangsrate sind moderat bis hoch positiv.

Zwischen der Lebensstagnahme und dem Auftreten infektiöser Erkrankungen wie Endometritis, Mastitis und Eitrigen Klauenkrankheiten bestehen positive genetische Korrelationen. Die genetischen Beziehungen zur Inzidenz von Zyklus- und Puerperalstörungen sind ebenfalls positiv, wenngleich deutlich ausgeprägter und auf moderat bis hoch positivem Niveau.

Die Merkmale der Zuchtreife Erstbesamungsalter und -gewicht sowie Lebensstagnahme von der Geburt bis zur ersten Besamung besitzen sowohl phänotypische als auch genetische Beziehungen zu den betrachteten Leistungs- und Sekundärmerkmalen. Aus Selektionsexperimenten ist bekannt, dass Leistungsselektion zu einer Veränderung des endokrinen Systems führt. Allen voran erscheint die somatotrophe Achse in diesem Zusammenhang von zentraler Bedeutung sein. Die komplexen Merkmalsbeziehungen könnten zum Teil dadurch erklärt werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das genetische Wachstumspotential und die Veranlagung zur Milchproduktion in einem günstigen Verhältnis zu einander stehen. Da die Milchleistung im Gesamtzuchtwert nach wie vor einen hohen Stellenwert einnimmt, führt der korrelierte Selektionserfolg zu einer Erhöhung der Wachstumsrate. Durch die ungünstigen Beziehungen des Wachstums zu den sekundären Merkmalen, ist jedoch gleichzeitig von deren Verschlechterung auszugehen. Es ist außerdem als kritisch anzusehen, dass eben jene Tiere mit hoher Wachstumsveranlagung hohe Noten für Typ und Körper in der Exterieurklassifizierung erhalten und damit gleichzeitig als besser bewertet werden.

Ergebnisse aus der Literatur zeigen, dass ein Optimum hinsichtlich der Wachstumsrate existiert. Es ist von Bedeutung dieses zu kennen, um die Aufzucht optimal gestalten zu können, da eine Abweichung egal in welche Richtung zu Einbußen führen würde. Eine zu hohe Fütterungsintensität kann unter Umständen die Mammogenese negativ beeinflussen und zu einer Verringerung des Milchleistungspotentials führen. Andererseits verursachen zu geringe Zunahmen finanzielle Einbußen, da ein Kapitalrückfluss erst nach der ersten Kalbung einsetzt. Die positive genetische Korrelation zwischen Wachstum und Milchleistung und der damit verbundene korrelierte Selektionserfolg durch Leistungsselektion impliziert auch, dass die Empfehlungen für die Jungrinderaufzucht nicht statisch sind, sondern in Abständen überprüft werden müssen.

## 8. Summary

Progeny testing of young bulls in contract herds represents an alternative to the progeny testing scheme which is commonly used in Germany. A program with the aim of improving the lifetime production per cow was initiated in 2005 by a German breeding association. 22 herdbook herds with an average size of 759 dairy cows and an average herd level of production of 9,870 kg milk per cow and year became contract herds. One of the new traits recorded is body weight at first service of heifers. The purposes of this study were (1) to estimate the variance components of body weight and age at first service as well as average daily gain from birth until the first insemination and (2) to study the genetic and phenotypic relationships with milk production and functional traits.

Production, fertility, calving, and lifetime data were extracted from the data base of the official genetic evaluation by vit, Verden. Body weights were added from data obtained from the contract herds. After edits and checks for plausibility as well as inspection of the distribution of the traits, a dataset consisting of 10,040 cows from 14 farms was extracted. An upper limit of the difference between the weighing date and the date of first insemination had to be defined since some differences between these two dates were observed. Body weights that were recorded within 50 days before or after the first breeding were accepted as body weight at first service. Average daily gain from birth up to first insemination was computed additionally. This computation is advantageous because average daily gain combines the effects of age and body weight. For data editing, model selection, and evaluation of the phenotypic relationships, SAS 9.1 was used. Variance components were estimated with VCE6 (traits with continuous distribution) or ASReml (binary traits, models with direct and maternal effects).

The average age at first insemination was 471 days. Heifers gained 822 g/day from birth up to first insemination and had an average body weight at first service of 409 kg.

Body weight and average daily gain show a highly positive genetic correlation. The genetic relationship of these traits with age at first breeding is on a moderate or even a highly negative level. The influence of maternal traits such as parity of dam or birth as singleton or twin calf on the growth of replacement heifers could be demonstrated. Gestation length and birth weight have a direct effect which is highly heritable. The additive-genetic effect of these traits is positively correlated with growth potential. Perhaps this relationship gives an explanation why the rates of dystocia and stillbirth increase with selection for high milk yield. Variance component estimation yielded the following results: The genetic correlations for age at first service with all yield traits are moderately negative. Body weight and average daily gain are

moderately positive correlated with yield traits. This applies to the phenotypic as well as the genetic level.

A further investigation of the correlation between growth and functional traits resulted in unfavourable relationships. Disadvantageous relations exist between growth capacity and fertility traits of heifers and cows: body weight at first service and average daily gain on the genetic level are moderately positive correlated with the number of insemination as well as the interval between first and successful insemination for heifers. The genetic correlation of these traits with the interval between calving and first insemination and calving interval are also positive. Estimated variance components of fertility traits of second lactation are linked with high standard errors, but also support the described relationship. For the analysis of calving traits, direct as well as maternal effects are to be considered. Maternal effects are of special interest because the dam is the animal with observed body weight at first insemination. Heritabilities of dystocia and stillbirth are on a small or moderate level. Gestation length and birth weight show a high direct heritability. The correlations between direct and maternal effects of the three calving traits reveal a substantial antagonism. Average daily gain is positively correlated with the maternal effect of all calving traits and maternal birth weight. Hence, increasing growth capacity would lead to a decline of fertility and an increase of maternal dystocia, stillbirth, gestation length and birth weight.

On a genetic level average daily gain is positively correlated with stature and indices for dairy type and body as well as all single conformation traits within these indices. Probably animals with high growth potential mature earlier and appear to be more developed at time of classification. Genetic correlations with most of feet traits, the feet index and locomotion score are negative.

Length of productive life and growth are correlated in an undesirable way. The phenotypic relation shows that the extremes for average daily gain show an increase in the rate of involuntary culling. Culling rate and average daily gain are moderately or even highly correlated on a genetic level.

Frequency of infectious diseases like endometritis, mastitis and infectious claw disorders is positively correlated with growth. Genetic correlation between average daily gain and frequency of puerperal and cycle disorders are also positive, but stronger.

The investigation of the heifer traits age and body weight at first insemination as well as average daily gain from birth to first insemination resulted in complex phenotypic and genetic relations with yield and functional traits. Results from selection experiments suggest that

selection on milk yield leads to modifications of the endocrine system. Especially the somatotrophic axis seems to play an important role.

The results show that there is a positive genetic relationship between growth capacity and milk yield potential. A correlated selection response arising from the selection on milk yield leads to an increase of the genetic potential for growth since increasing milk yield was and still is an important breeding goal. Unfavourable relationships exist between growth potential and all functional traits studied. The fact that early maturing animals receive higher scores for dairy type and body has to be questioned.

Knowledge of the growth potential is important for an optimal management during the rearing period. Some results found in the literature suggest that a high feeding level in the prepubertal rearing period may lead to an impaired mammary development which subsequently would cause a permanent reduction of the potential for high milk yield. On the other hand a restricted feeding would increase the age at first breeding and would lead to economic losses. Other implications are that the optimal average daily gain genetically increases with an increased milk yield and that recommendations for the rearing of replacement heifers are not static and have to be validated in certain intervals.

## 9. Literaturverzeichnis

- ABENI, F., CALAMARI, L., STEFANINI, L. AND PIRLO, G. (2000). Effects of Daily Gain in Pre- and Postpubertal Replacement Dairy Heifers on Body Condition Score, Body Size, Metabolic Profile, and Future Milk Production. *J. Dairy Sci.* 83: 1468-1478.
- ADR. (2008). ADR-Empfehlung 3.1.1. zur Erfassung und Verwendung von Gesundheitsdaten (02.04.2008).
- AKERS, R. M. (1985). Lactogenic Hormones: Binding Sites, Mammary growth, Secretory Cell Differentiation, and Milk Biosynthesis in Ruminants. *J. Dairy Sci.* 68: 501-519.
- AKERS, R. M., MCFADDEN, T. B., PURUP, S. VESTERGAARD, M., SEJRSEN, K. AND CAPUCO, A. V. (2000). Local IGF-I Axis in Peripubertal Ruminant Mammary Development. *J. Mammary Gland Bio. Neoplasia* 5: 43-51.
- ALI, T. E. AND SCHAEFFER, L. R. (1987). Accounting for covariances among test day milk yields in dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 67: 637-644.
- ALLAIRE, F. R. AND LIN, C. Y. (1980). Heritability of Age at First Calving. *J. Dairy Sci.* 63: 171-173.
- ANDERSEN-RANBERG, I. M., HERINGSTAD, B., KLEMETSDAL, G., SVENDSEN, M. AND STEINE, T. (2003). Heifer Fertility in Norwegian Dairy Cattle: Variance Components and Genetic Change. *J. Dairy Sci.* 86: 2706-2714.
- ANDERSEN-RANBERG, I. M., KLEMETSDAL, G., HERINGSTAD, B. AND STEINE, T. (2005A). Heritabilities, Genetic Correlations, and Genetic Change for Female Fertility and Protein Yield in Norwegian Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 88: 348-355.
- ANDERSEN-RANBERG, I. M., HERINGSTAD, B., GIANOLA, D., CHANG, Y. M. AND KLEMETSDAL, G. (2005B). Comparison Between Bivariate Models for 56-Day Nonreturn and Interval from Calving to First Insemination in Norwegian Red. *J. Dairy Sci.* 88: 2190-2198.
- BADINGA, L., COLLIER, R. J., WILCOX, C. J. AND THATCHER, W. W. (1985). Interrelationships of Milk Yield, Body Weight, and Reproductive Performance. *J. Dairy Sci.* 68: 1828-1831.
- BASTIN, C., LOKER, S., GENGLER, N., SEWALEM, A. AND MIGLIOR, F. (2010). Genetic relationships between body condition score and reproduction traits in Canadian Holstein and Ayrshire first-parity cows. *J. Dairy Sci.* 93: 2215-2228.
- BAUMAN, D. E. (1999). Bovine Somatotropin and lactation: from basic science to commercial application. *Domest. Anim. Endocrinol.* 17: 101-116.

- BERRY, D. P., BUCKLEY, F., DILLON, P., EVANS, R. D., RATH, M. AND VEERKAMP, R. F. (2003). Genetic Relationships among Body Condition Score, Body Weight, Milk Yield, and Fertility in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 86: 2193-2204.
- BERRY, D. P., LEE, J. M., MACDONALD, K. A. AND ROCHE, J. R. (2007). Body Condition Score and Body Weight Effects on Dystocia and Stillbirths and Consequent Effects on Postcalving Performance. *J. Dairy Sci.* 90: 4201-4211.
- BERRY, D. P. AND CROMBIE, A. R. (2009). Associations between age at first calving and subsequent performance in Irish spring calving Holstein-Friesian dairy cows. *Livest. Sci.* 123: 44-54.
- BONCZEK, R. R., YOUNG, C. W., WHEATON, J. E. AND MILLER, K. P. (1988). Responses of Somatotropin, Insulin, Prolactin, and Thyroxine to Selection for Milk Yield in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 71: 2470-2479.
- BONCZEK, R. R., RICHARDSON, D. O., MOORE, E. D., MILLER, R. H., OWEN, J. R., DOWLEN, H. H. AND BELL, B. R. (1992). Correlated Response in Growth and Body Measurements Accompanying Selection for Milk Yield in Jerseys. *J. Dairy Sci.* 75: 307-316.
- BONDY, C. A. AND ZHOU, J. (2005). Growth Hormone, Insulin-like Growth Factors and the Female Reproductive System. The Growth Hormone / Insulin-like Growth Factor Axis during Development. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 567: 91-115.
- BROTHERSTONE, S., COFFEY, M. P. AND BANOS, G. (2007). Genetic Parameters of Growth in Dairy Cattle and Associations Between Growth and Health Traits. *J. Dairy Sci.* 90: 444-450.
- BROWN, E. G., VANDEHAAR, M. J., DANIELS, K. M., LIESMAN, J. S., CHAPIN, L. T., KEISLER, D. H. AND WEBER NIELSEN, M. S. (2005). Effect of Increasing Energy and Protein Intake on Body Growth and Carcass Composition of Heifer Calves. *J. Dairy Sci.* 88: 585-594.
- BRÜGEMANN, K. (2008). Untersuchungen zur Heterogenität der Varianzen von Merkmalen der Milchleistung unter differenzierter Stratifikation des Gesamtmaterials beim Holsteinrind. Dissertation. Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
- BUENGER, A., DUCROCQ, V. AND SWALVE, H. H. (2001). Analysis of Survival in Dairy Cows with Supplementary Data on Type Scores and Housing Systems from a Region of Northwest Germany. *J Dairy Sci.* 84: 1531-1541.

- BULANG, M. UND FISCHER, B. (2007). Vergleich einer nach DLG-Norm angelegten Fütterung (EKA 24 Monate) zu einer gesteigerten Aufzuchtintensität (EKA 22 Monate) im zweiten Lebenshalbjahr auf ausgewählte Merkmale in Aufzucht und erster Laktation bei DH- und (BSxDH)-Rindern. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. 9. Thüringer Nutztierforum Kälber- und Jungrinderaufzucht (17.10.2007).
- BUTLER, W. R. (2003). Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 83: 211-218.
- CAPUCO, A. V., SMITH, J. J., WALDO, D. R. AND REXROAD, JR., C. E. (1995). Influence of Prepubertal Dietary Regimen on Mammary Growth of Holstein Heifers. *J. Dairy Sci.* 78: 2709-2725.
- CAPUCO, A. V. AND AKERS, R. M. (2009). The origin and evolution of lactation. *J. Biol.* 8: 37.
- CHOI, Y. J., HAN, I. K., WOO, J. H., LEE, H. J., JANG, K., MYUNG, K. H. AND KIM, Y. S. (1997). Compensatory Growth in Dairy Heifers: The Effect of a Compensatory Growth Pattern on Growth Rate and Lactation Performance. *J. Dairy Sci.* 80: 519-524.
- COFFEY, M. P., HICKEY, J. AND BROTHERSTONE, S. (2006). Genetic Aspects of Growth of Holstein-Friesian Dairy Cows from Birth to Maturity. *J. Dairy Sci.* 89: 322-329.
- CUE, R. I. AND HAYES, J. F. (1985). Correlations of Various Direct and Maternal Effects for Calving Ease. *J. Dairy Sci.* 68: 374-381.
- CUE, R. I., MONARDES, H. G. AND HAYES, J. F. (1990). Relationships of Calving Ease with Type Traits. *J. Dairy Sci.* 73: 3586-3590.
- DACCARETT, M. G., BORTONE, E. J., ISBELL, D.E., MORILL, J. L. AND FEYERHERM, A. M. (1993). Performance of Holstein Heifers Fed 100 % or More of National Research Council Requirements. *J. Dairy Sci.* 76: 606-614.
- DANIELS, K. M., MCGILLARD, M. L., MEYER, M. J., VAN AMBURGH, M. E., CAPUCO, A. V. AND AKERS, R. M. (2009). Effects of body weight and nutrition on histological mammary development in Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 92: 499-505.
- DOBOS, R. C., NANDRA, K. S., RILEY, K., FULKERSON, W. J., LEAN, I. J. AND KELLAWAY, R. C. (2000). The effect of dietary protein level during pre-pubertal period of growth on mammary gland development and subsequent milk production in Friesian heifers. *Livest. Prod. Sci.* 63: 235-243.
- DÖCKE, F. (1994). Keimdrüsen. *Veterinärmedizinische Endokrinologie*. F. Döcke (Hrsg.). Gustav Fischer Verlag Jena

- DUCROCQ, V. P. (1987). An analysis of length of productive life in dairy cattle. A Thesis. Faculty of the Graduate School of Cornell University.
- EAGLEN, S. A. E. AND BIJMA, P. (2009). Genetic parameters of direct and maternal effects for calving ease in Dutch Holstein-Friesian cattle. *J. Dairy Sci.* 92: 2229-2237.
- EAGLEN, S. A. E., COFFEY, M. P., BANOS, G., WOOLLIAMS, J. A. AND WALL, E. (2010). Analysis of calving traits and gestation length in UK Holstein heifers using an animal model. 9<sup>th</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Leipzig.
- ESSL, A. (1998). Longevity in dairy cattle breeding: a review. *Livest. Prod. Sci.* 57: 79-89.
- ETHERTON, T. D. AND BAUMAN, D. E. (1998). Biology of Somatotropin in Growth and Lactation of Domestic Animals. *Physiol. Rev.* 78: 745-761.
- ETTEMA, J. F. AND SANTOS, J. E. (2004). Impact of Age at Calving on Lactation, Reproduction, Health, and Income in First-Parity Holsteins on Commercial Farms. *J. Dairy Sci.* 87: 2730-2742.
- FINCH, C. E. (1990). Longevity, Senescence, and the Genome. University of Chicago Press, Chicago.
- FISHER, L. J. AND WILLIAMS, C. J. (1978). Effect of Environmental Factors and Fetal and Maternal Genotype on Gestation Length and Birth Weight of Holstein Calves. *J. Dairy Sci.* 61: 1462-1467.
- FISHER, L. J., HALL, J. W. AND JONES, S. E. (1983). Weight and Age at Calving and Weight Change Related to First Lactation Milk Yield. *J. Dairy Sci.* 66: 2167-2172.
- FORD, JR., J. A. AND PARK, C. S. (2001). Nutritionally Directed Compensatory Growth Enhances Heifer Development and Lactation Potential. *J. Dairy Sci.* 84: 1669-1678.
- FORSYTH, I. A. (1989). Growth factors in mammary gland function. *J. Reprod. Fert.* 85: 759-770.
- FUERST, C. AND EGGER-DANNER, C. (2003). Multivariate Evaluation for Calving Ease and Stillbirth in Austria and Germany. *Interbull Bulletin* 31: 47-51.
- GARDNER, R. W., SMITH, L. W. AND PARK, R. L. (1988). Feeding and Management of Dairy Heifers for Optimal Lifetime Productivity. *J. Dairy Sci.* 71: 996-999.
- GARMO, R. T., ROPSTAD, E., HAVREVOLL, Ø., THUEN, E., STEINSHAMN, H., WALDMANN, A. AND REKSEN, O. (2009). Commencement of luteal activity in three different selection lines for milk yield and fertility in Norwegian Red Cows. *J. Dairy Sci.* 92: 2159-2165.

- GELDERMANN, H. (2005A). Teil I Zellkultur- und Bioverfahrenstechniken. Tier-Biotechnologie. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart.
- GELDERMANN, H. (2005B). Teil III Fortpflanzungsbiologische Verfahren. Tier-Biotechnologie. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart.
- GENGLER, N., KEOWN J. F. AND VAN VLECK, L. D. (1995). Various persistency measures and relationships with total, partial and peak milk yields. *Brazil. J. Genet.* 1: 237-243.
- GENGLER, N. (1996). Persistency of lactation yields: A review. *Interbull Bulletin* 12: 87-96.
- GIANOLA, D. (1982). Theory and Analysis of Threshold Characters. *J. Anim. Sci.* 54: 1079-1096.
- GILMOUR, A. R., GOGEL, B. J., CULLIS, B. R. AND THOMPSON, R. (2009). ASReml User Guide Release 3.0. VSN International Ltd, Hemel Hempstead, UK.
- GONZÁLEZ-RECIO, O. AND ALENDA, R. (2005). Genetic Parameters for Female Fertility Traits and a Fertility Index in Spanish Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 88: 3282-3289.
- GREDLER, B., FUERST, C. AND SÖLKNER, J. (2007). Analysis of New Fertility Traits for the Joint Genetic evaluation in Austria and Germany. *Interbull Bulletin* 37: 152-155.
- GROEN, A. F. AND VOS, H. (1995). Genetic parameters for body weight and growth in Dutch Black and White replacement stock. *Livest. Prod. Sci.* 41: 201-206.
- GROENEVELD, E., KOVAČ, M. AND WANG, T. (1990). PEST, a general purpose BLUP package for multivariate prediction and estimation. 4<sup>th</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Edinburgh.
- GROENEVELD, E., KOVAČ, M. AND MIELENZ, N. (2008). VCE User's Guide and Reference Manual Version 6.0.
- GRUMMER, R. R., HOFFMAN, P. C., LUCK, M. L., AND BERTICS, S. J. (1995). Effect of Prepartum and Postpartum Dietary Energy on Growth and Lactation of Primiparous Cows. *J. Dairy Sci.* 78: 172-180.
- HANSEN, L. B., FREEMAN, A. E. AND BERGER, P. J. (1983). Association of Heifer Fertility with Cow Fertility and Yield in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 66: 306-314.
- HANSEN, L. B. (2000). Consequences of Selection for Milk Yield from a Geneticist's Viewpoint. *J. Dairy Sci.* 83: 1145-1150.

- HARDER, B., BENNEWITZ, J., HINRICHS, D. AND KALM, E. (2006). Genetic Parameters for Health Traits and Their Relationship to Different Persistency Traits in German Holstein Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 89: 3202-3212.
- HEINRICHS, A. J. AND LOSINGER, W. C. (1998). Growth of Holstein dairy heifers in the United States. *J. Anim. Sci.* 76: 1254-1260.
- HENDERSON, C. R. (1973). Sire Evaluation and Genetic Trends. *J. Anim. Sci.* 10-41.
- HERINGSTAD, B., KLEMETSDAL AND G., RUANE, J. (1999). Clinical Mastitis in Norwegian Cattle: Frequency, Variance Components, and Genetic Correlation with Protein Yield. *J. Dairy Sci.* 82: 1325-1330.
- HERINGSTAD, B., CHANG, Y. M., SVENDSEN, M. AND GIANOLA, D. (2007). Genetic Analysis of Calving Difficulty and Stillbirth in Norwegian Red Cows. *J. Dairy Sci.* 90: 3500-3507.
- HERINGSTAD, B. (2010). Genetic analysis of fertility-related diseases and disorders in Norwegian Red Cows. *J. Dairy Sci.* 93: 2751-2756.
- HINRICHS, D., STAMER, E., JUNGE, W. AND KALM, E. (2006). Genetic Analysis of Several Economically Important Disease Traits in German Holstein Cows. *Arch. Tierz., Dummerstorf* 49: 209-221.
- HOFFMAN, P. C., BREHM, N. M., PRICE, S. G. AND PRILL-ADAMS, A. (1996). Effect of Accelerated Postpubertal Growth and Early Calving on Lactation Performance of Primiparous Holstein Heifers. *J. Dairy Sci.* 79: 2024-2031.
- HOFFMAN, P. C. (1997). Optimum Body Size of Holstein Replacement Heifers. *J. Anim. Sci.* 75: 836-845.
- HOFFMAN, P. C., ESSER, N. M., BAUMAN, L. M., DENZINE, S. L., ENGSTROM, M. AND CHESTER-JONES, H. (2001). *Short Communication*: Effect of Dietary Protein on Growth and Nitrogen Balance of Holstein Heifers. *J. Dairy Sci.* 84: 843-847.
- HOFFMAN, P. C., SIMSON, C. R. AND WATTIAUX, M. (2007). Limit Feeding of Gravid Holstein Heifers: Effect on Growth, Manure Nutrient Excretion, and Subsequent Early Lactation Performance. *J. Dairy Sci.* 90: 946-954.
- HOLTSMARK, M., HERINGSTAD, B., MADSEN, P. AND ØDEGÅRD, J. (2008). Genetic Relationship Between Culling, Milk Production, Fertility, and Health Traits in Norwegian Red Cows. *J. Dairy Sci.* 91: 4006-4012.

- HUDSON, G. F. S. AND VAN VLECK, L. D. (1981). Relationship Between Production and Stayability in Holstein Cattle. *J. Dairy Sci.* 64: 2246-2250.
- JAMMES, H. ET DIJANE, J. (1988). Le développement de la glande mammaire et son contrôle hormonal dans l'espèce bovine. *INRA Prod. Anim.* 1: 299-310.
- KARG, H. (1994). Hormonale Regulation des Wachstums. *Veterinärmedizinische Endokrinologie*. F. Döcke (Hrsg.). Gustav Fischer Verlag, Jena.
- KEOWN, J. F. AND EVERETT, R. W. (1986). Effect of Days Carried Calf, Days Dry, and Weight of First Calf Heifers on Yield. *J. Dairy Sci.* 69: 1891-1896.
- KIRBY, C. J., THATCHER, W. W., COLLIER, R. J., SIMMEN, F. A. AND LUCY, M. C. (1996). Effects of Growth Hormone and Pregnancy on Expression of Growth Hormone Receptor, Insulin-like Growth Factor-I, and Insulin-like Growth Factor Binding Protein-2 and -3 Genes in Bovine Uterus, Ovary, and Oviduct. *Biol. Reprod.* 55: 996-1002.
- KIRCHGEßNER, M. (2004). Tierernährung. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main.
- KNIGHT, C. H. AND PEAKER, M. (1982). Development of the mammary gland. *J. Reprod. Fert.* 65: 521-536.
- KOENEN, E. P. C. AND GOEN, A. F. (1998). Genetic Evaluations of Body Weight of Lactating Holstein Heifers Using Body Measurements and Conformation Traits. *J. Dairy Sci.* 81: 1709-1713.
- KÖNIG, S., WU, X. L., GIANOLA, D., HERINGSTAD, B. AND SIMIANER, H. (2008A). Exploration of Relationships Between Claw Disorders and Milk Yield in Holstein Cows via Recursive Linear and Theshold Models. *J. Dairy Sci.* 91: 395-406.
- KÖNIG, S., BRÜGEMANN, K., SIMIANER, H. UND SWALVE, H. H. (2008B). Testherden in Zuchtprogrammen für Milchrinder, 2. Mitteilung: Strategien zur Findung von Testherden. *Züchtungskunde* 80: 114-126.
- LACASSE, P., BLOCK, E., GUIBAULT, L. A. AND PETITCLERC, D. (1993). Effect of Plane of Nutrition of Dairy Heifers Before and During Gestation on Milk Production, Reproduction, and Health. *J. Dairy Sci.* 76: 3420-3427.
- LAMMERS, B. P., HEINRICHS, A. J. AND KENSINGER, R. S. (1999). The Effects of Accelerated Growth Rates and estrogen Implants in Prepubertal Holstein Heifers on Estimates of mammary Development and Subsequent Reproduction and Milk Production. *J. Dairy Sci.* 82: 1753-1764.

- LAMMERS, B. P. AND HEINRICHS, A. J. (2000). The Response of Altering the Ratio of Dietary Protein to Energy on Growth, Feed Efficiency, and Mammary Development in Rapidly Growing Prepubertal Heifers. *J. Dairy Sci.* 83: 977-983.
- LANDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FISCHEREI MECKLENBURG-VORPOMMERN, INSTITUT FÜR TIERPRODUKTION. (2007). Forschungsbericht: Ableitung optimaler Aufzuchtstrategien für weibliche Jungrinder hinsichtlich Aufzuchtintensität, Aufzuchtkosten, Fruchtbarkeit und Milchleistung unter den Bedingungen in M-V.
- LANDESKONTROLLVERBAND FÜR LEISTUNGS- UND QUALITÄTSPRÜFUNG MECKLENBURG-VORPOMMERN E. V. (2009). Jahresbericht 2009.
- LASSEN, J., HANSEN, M., SØRENSEN, M. K., AAMAND, G. P., CHRISTENSEN, L. G. AND MADSEN, P. (2003). Genetic Relationship Between Body Condition Score, Dairy Character, Mastitis, and Diseases Other than Mastitis in First-Parity Danish Holstein Cows. *J. Dairy Sci.* 86: 3730-3735.
- LE COZLER, Y., LOLLIVIER, V., LACASSE, P. AND DISENHAUS, C. (2008). Rearing strategy and optimizing first-calving targets in dairy heifer: a review. *Animal* 2: 1393-1404.
- LE COZLER, Y., PEYRAUD, J. L. AND TROCCON, J. L. (2009). Effect of feeding regime, growth intensity and age at first insemination on performances and longevity of Holstein heifers born during autumn. *Livest. Prod. Sci.* 124: 72-81.
- LEE, A. J. (1976). Relationship Between Milk Yield and Age at Calving in First Lactation. *J. Dairy Sci.* 59: 1794-1801.
- LEE, A. J., BOICHARD, D. A., MCALISTER, A. J., LIN, C. Y., NADARAJAH, K., BATRA, T. R., ROY, G. L. AND VESELY, J. A. (1992). Genetics of Growth, Feed Intake, and Milk Yield in Holstein Cattle. *J. Dairy Sci.* 75: 3145-3154.
- LEE, A. J. (1997). The interplay of feeding and genetics on heifer rearing and first lactation milk yield. a review. *J. Anim. Sci.* 75: 846-851.
- LIU, Z., JAITNER, J., REINHARDT, F., PASMAN, E., RENSING, S. AND REENTS, R. (2008). Genetic Evaluation of Fertility Traits of Dairy Cattle Using a Multiple-Trait Animal Model. *J. Dairy Sci.* 91: 4333-4343.
- LUCY, M. C. (2000). Regulation of Ovarian Follicular Growth by Somatotropin and Insulin-Like Growth Factors in Cattle. *J. Dairy Sci.* 83: 1635-1647.

- LUCY, M. C. (2001). *ADSA Foundation Scholar Award* Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will It End? *J. Dairy Sci.* 84: 1277-1293.
- LUO, M. F., BOETTCHER, P. J., SCHAEFFER, L. R. AND DEKKERS, J. C. M. (2002). Estimation of genetic parameters of calving ease in first and second parities of Canadian Holsteins using Bayesian methods. *Livest. Prod. Sci.* 74: 175-184.
- MACARTHUR, R. H. AND WILSON, E. O. (1967). *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, N. J. 203 ff.
- MACDONALD, K. A., PENNO, J. W., BRYANT, A. M. AND ROCHE, J. R. (2005). Effect of Feeding Level Pre- and Post-Puberty and Body Weight at First Calving on Growth, Milk Production, and Fertility in Grazing Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 88: 3363-3375.
- MÄNTYSAARI, P., INGVARSEN, K. L. AND TOIVONEN, V. (1999). Feeding intensity of pregnant heifers Effect of feeding intensity during gestation on performance and plasma parameters of primiparous Ayrshire cows. *Livest. Prod. Sci.* 62: 29-41.
- MÄNTYSAARI, P., OJALA, M. AND MÄNTYSAARI, E. A. (2002). Measures of before and after breeding daily gains of dairy replacement heifers and their relationship with first lactation milk production traits. *Livest. Prod. Sci.* 75: 313-322.
- MCFADDEN, T. B., DANIEL, T. E. AND AKERS, R. M. (1990). Effects of plane of nutrition, growth hormone and unsaturated fat on mammary growth in prepubertal lambs. *J. Anim. Sci.* 68: 3171-3179.
- MEIJERING, A. (1984). *Dystocia and Stillbirth in Cattle - A Review of Causes, Relations and Implications*. *Livest. Prod. Sci.* 11: 143-177.
- MEINECKE, B. (2005). *Endokrinologie. Physiologie der Haustiere*. W. Von Engelhardt, G. Breves (Hrsg.). Enke Verlag Stuttgart.
- MEYER, M. J., CAPUCO, A. V., ROSS, D. A., LINTAULT, L. M. AND VAN AMBURGH, M. E. (2006A). Developmental and Nutritional Regulation of the Prepubertal Heifer Mammary Gland: I. Parenchyma and Fat Pad Mass and Composition. *J. Dairy Sci.* 89: 4289-4297.
- MEYER, M. J., CAPUCO, A. V., ROSS, D. A., LINTAULT, L. M. AND VAN AMBURGH, M. E. (2006B). Developmental and Nutritional Regulation of the Prepubertal Heifer Mammary Gland: II. Epithelial Cell Proliferation, Parenchymal Accretion Rate, and Allometric Growth. *J. Dairy Sci.* 89: 4298-4304.

- MOORE, R. K., KENNEDY, B. W., SCHAEFFER, L. R. AND MOXLEY, J. E. (1990). Relationships Between Reproduction Traits, Age and Body Weight at Calving, and Days Dry in First Lactation Ayrshires and Holsteins. *J. Dairy Sci.* 73: 835-842.
- MOORE, R. K., KENNEDY, B. W., SCHAEFFER, L. R. AND MOXLEY, J. E. (1991). Relationships Between Age and Body Weight at calving and Production in First Lactation Ayrshires and Holsteins. *J. Dairy Sci.* 74: 269-278.
- NEBEL, R. L. AND MCGILLIARD, M. L. (1993). Interactions of High Milk Yield and Reproductive Performance in dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 76: 3257-3268.
- NEGUSSIE, E., STRANDÉN, I. AND MÄNTYSAARI, E. A. (2008). Genetic Association of Clinical Mastitis with Test-Day Somatic Cell Score and Milk Yield During First Lactation of Finnish Ayrshire Cows. *J. Dairy Sci.* 91: 1189-1197.
- NORMAN, H. D., WRIGHT, J. R., KUHN, M. T., HUBBARD, S. M., COLE, J. B. AND VANRADEN, P. M. (2009). Genetic and environmental factors that affect gestation length in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 92: 2259-2269.
- PATTERSON, H. D. AND THOMPSON, R. (1971). Recovery of inter-block information when block size are unequal. *Biometrika* 58: 545-554.
- PERI, I., GERTLER, A., BRUCKENTAL, I. AND BARASH, H. (1993). The Effect of Manipulation in Energy Allowance During the Rearing Period of Heifers on Hormone Concentrations and Milk Production in First Lactation Cows. *J. Dairy Sci.* 76: 742-751.
- PIRLO, G., CAPELLETTI, M. AND MARCHETTO, G. (1997). Effects of Energy and Protein Allowances in the Diets of Prepubertal Heifers on Growth and Milk Production. *J. Dairy Sci.* 80: 730-739.
- PIRLO, G., MIGLIOR, F. AND SPERONI, M. (2000). Effect of Age at First Calving on Production traits and on Difference Between Milk Yield Returns and rearing Costs in Italian Holsteins. *J. Dairy Sci.* 83: 603-608.
- PÖSÖ, J. AND MÄNTYSAARI, E. A. (1996). Relationships Between Clinical Mastitis, Somatic Cell Score, and Production for the First Three Lactations of Finnish Ayrshire. *J. Dairy Sci.* 79: 1284-1291.
- PURUP, S., VESTERGAARD, M., WEBER, M. S., PLAUT, K., AKERS, R. M. AND SEJRSEN, K. (2000). Local regulation of pubertal mammary growth in heifers. *J. Anim. Sci.* 78: 36-47.

- RADCLIFF, R. P., VANDEHAAR, M. J., SKIDMORE, A. L., CHAPIN, L. T., RADKE, B. R., LLOYD, J. W., STANISIEWSKI, E. P. AND TUCKER, H. A. (1997). Effects of Diet and Bovine Somatotropin on Heifer Growth and Mammary Development. *J. Dairy Sci.* 80: 1996-2003.
- RADCLIFF, R. P., VANDEHAAR, M. J., CHAPIN, L. T., PILBEAM, T. E., BEEDE, D. K., STANISIEWSKI, E. P. AND TUCKER, H. A. (2000). Effects of Diet and injection of Bovine Somatotropin on Prepubertal Growth and First-Lactation Milk Yields of Holstein Cows. *J. Dairy Sci.* 83: 23-29.
- RAHEJA, K. L., BURNSIDE, E. B. AND SCHAEFFER, L. R. (1989). Heifer Fertility and Its Relationship with Cow Fertility and Production Traits in Holstein Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 72: 2665-2669.
- RUIZ-SÁNCHEZ, R., BLAKE, R. W., CASTRO-GÁMEZ, H. M. A., SÁNCHEZ, F., MONTALDO, H. H. AND CASTILLO-JUÁREZ, H. (2007). *Short Communication*: Changes in the Association Between Milk Yield and Age at First Calving in Holstein Cows with Herd Environment Level for Milk Yield. *J. Dairy Sci.* 90: 4830-4834.
- RUPP, R. AND BOICHARD, D. (1999). Genetic Parameters for Clinical Mastitis, Somatic Cell Score, Production, Udder Type Traits, Milking Ease in First Lactation Holsteins. *J. Dairy Sci.* 82: 2198-2204.
- SAMORÉ, A. B., GROEN, A. F., BOETTCHER, P. J., JAMROZIK, J., CANAVESI, F. AND BAGNATO, A. (2008). Genetic Correlation Patterns Between Somatic Cell Score and Protein Yield in Italian Holstein-Friesian Population. *J. Dairy Sci.* 91: 4013-4021.
- SAS INSTITUTE INC. (2004). SAS 9.1.2 Qualification Tools User's Guide. Cary, NC, USA.
- SCHAMS, D. (1994). Endokrinologie der Laktation. *Veterinärmedizinische Endokrinologie*. F. Döcke (Hrsg.). Gustav Fischer Verlag Jena.
- SEJRSEN, K. AND PURUP, S. (1997). Influence of präpubertal feeding level on milk yield potential of dairy heifers: a review. *J. Anim. Sci.* 75: 828-835.
- SEJRSEN, K., PURUP, S., VESTERGAARD, M. AND FOLDAGER, J. (2000). High body weight gain and reduced bovine mammary growth: physiological basis and implications for milk yield potential. *Domest. Animal Endo.* 19: 93-104.
- SEYKORA, A. J. AND MCDANIEL, B. T. (1983). Heritabilities and Correlations of Lactation Yields and Fertility for Holsteins. *J. Dairy Sci.* 66: 1486-1493.

- SILVA, L. F. P., VANDEHAAR, M. J., WHITLOCK, B. K., RADCLIFF, R. P. AND TUCKER, H. A. (2002). *Short Communication: Relationship Between Body Growth and Mammary Development in Dairy Heifers*. J. Dairy Sci. 85: 2600-2602.
- SILVA, L. F. P., ETCHEBARNE, B. E., WEBER NIELSEN, M. S., LIESMAN, J. S., KLUPEL, M. AND VANDEHAAR, M. J. (2008). *Intramammary Infusion of Leptin Decreases Proliferation of Mammary Epithelial Cells in Prepubertal Heifers*. J. Dairy Sci. 91: 3034-3044.
- SPICER, L. J., TUCKER, W. B. AND ADAMS, G. D. (1990). *Insulin-Like Growth Factor-I in Dairy Cows: Relationships Among Energy Balance, Body Condition, Ovarian Activity, and Estrous Behavior*. J Dairy Sci. 73: 929-937.
- STEINBOCK, L., NÄSHOLM, A., BERGLUND, B., JOHANSSON, K. AND PHILLIPSSON, J. (2003). *Genetic Effects on Stillbirth and Calving Difficulty in Swedish Holsteins at First and Second Calving*. J. Dairy Sci. 86: 2228-2235.
- STELWAGEN, K. AND GRIEVE D. G. (1990). *Effect of Plane of Nutrition on Growth and Mammary Gland Development in Holstein Heifers*. J. Dairy Sci. 73: 2333-2341.
- SVENSSON, C. AND HULTGREN, J. (2008). *Associations Between Housing, Management, and Morbidity During Rearing and Subsequent First-Lactation Milk Production of Dairy Cows in Southwest Sweden*. J. Dairy Sci. 91: 1510-1518.
- SWALVE, H. H. (2000). *Symposium: Test-Day Models. Theoretical Basis and Computational Methods for Different Test-Day Genetic Evaluation Methods*. J. Dairy Sci. 83: 1115-1124.
- SWALVE, H. H. UND SCHÜLER, L. (2003). *Zuchtprogramme und Zuchtwertschätzung. Milcherzeugung. R.-D. Fahr, G. von Lengerken (Hrsg.). Deutscher Fachverlag GmbH, Frankfurt am Main*
- THIBAUT, C., PETITCLERC, D., SPRATT, R., LÉONHARD, M., SEJRSEN, K. AND LACASSE, P. (2003). *Effect of Feeding Prepubertal Heifers with a High Oil Diet on Mammary Development and Milk Production*. J. Dairy Sci. 86: 2320-2326.
- THOMPSON, J. R., FREEMAN, A. E. AND BERGER, P. J. (1981). *Age of Dam and Maternal Effects for Dystocia in Holsteins*. J. Dairy Sci. 64: 1603-1609.
- THOMPSON, J. R., POLLACK, E. J. AND PELISSIER, C. L. (1983). *Interrelationships of Parturition Problems, Production of Subsequent Lactation, Reproduction, and Age at First Calving*. J. Dairy Sci. 66: 1119-1127.

- THORN, S. R., PURUP, S., COHICK, W. S., VESTERGAARD, M., SEJRSEN, K. AND BOISCLAIR, Y. R. (2006).  
Leptin Does Not Act Directly on Mammary Epithelial Cells in Prepubertal Dairy Heifers.  
J. Dairy Sci. 89: 1467-1477.
- TSURUTA, S., MISZTAL, I. AND LAWLOR, T. J. (2005). Changing Definition of Productive Life in  
US Holsteins: Effect of Genetic Correlations. J. Dairy Sci. 88: 1156-1165.
- TUCKER, H. A. (1981). Physiological Control of Mammary Growth, Lactogenesis, and Lactation.  
J. Dairy Sci. 64: 1403-1421.
- TUCKER, H. A. (2000). Symposium: Hormonal Regulation of Milk Synthesis Hormones,  
Mammary Growth, and Lactation: a 41-Year Perspective. J. Dairy Sci. 83: 874-884.
- VAN AMBURGH, M. E., GALTON, D. M., BAUMAN, D. E., EVERETT, R. W., FOX, D. G., CHASE, L. E. AND ERB,  
H. N. (1998). Effects of Three Prepubertal Body Growth rates on Performance of  
Holstein Heifers During First Lactation. J. Dairy Sci. 81: 527-538.
- VEERKAMP, R. F., OLDENBROEK, J. K., VAN DER GAAST, H. J. AND VAN DER WERF, J. H. J. (2000). Genetic  
Correlation Between Days Until Start of Luteal Activity and Milk Yield, Energy Balance,  
and Live Weights. J. Dairy Sci. 83: 577-583.
- VIT (2010). Beschreibung der Zuchtwertschätzung für Milchleistungsmerkmale, Zellzahl,  
Exterieurmerkmale, Nutzungsdauer und Zuchtleistungsmerkmale. Stand:  
Dezember 2010.
- VOLAND, E. (1985). Die Evolution der reproduktiven Selbstbeschränkung. Regulation,  
Manipulation und Explosion der Bevölkerungsdichte: Vorträge gehalten auf der Tagung  
der Joachim Jungius-Gesellschaft der Wissenschaften, Hamburg am 15. und 16.  
November 1985, O. Kraus (Hrsg.). 31-52.
- WALDO, D. R., TYRRELL, H. F., CAPUCO, A. V. AND REXROAD, C. E. (1997). Components of Growth in  
Holstein Heifers Fed Either Alfalfa or Corn Silage Diets to Produce Two Daily Gains.  
J. Dairy Sci. 80: 1674-1684.
- WALDO, D. R., CAPUCO, A. V. AND REXROAD, C. E. (1998). Milk Production of Holstein Heifers Fed  
Either Alfalfa or Corn Silage Diets at Two Rates of Daily Gain. J. Dairy Sci. 81: 756-764.
- WALL, E., BROTHERSTONE, S., WOOLLIAMS, J. A., BANOS, G. AND COFFEY, M. P. (2003). Genetic  
Evaluation of Fertility Using Direct and Correlated Traits. J. Dairy Sci. 86: 4093-4102.

- WALL, E., COFFEY, M. P. AND BROTHERSTONE, S. (2007). The Relationship Between Body Energy Traits and Production and Fitness Traits in First-Lactation Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 90: 1527-1537.
- WAURICH, B., SCHAFBERG, R., RUDOLPHI, B. AND SWALVE, H. H. (2009). Genetic analysis of dystocia and stillbirth in Holstein based on data including calf weights. EAAP 2009, Barcelona. Book of Abstracts No. 15.
- WAURICH, B., WENSCH-DORENDORF, M., SCHAFBERG, R., RUDOLPHI, B. AND SWALVE, H. H. (2010). Relationships Between Conformation Traits and Traits of the Calving Complex in Dairy Cows. 9<sup>th</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Leipzig.
- WELLER, J. I. AND EZRA, E. (1997). Genetic Analysis of Somatic Cell Score and Female Fertility of Israeli Holsteins with an Individual Animal Model. *J. Dairy Sci.* 80: 586-593.
- WHITLOCK, B. K., VANDEHAAR, M. J., SILVA, L. F. P. AND TUCKER, H. A. (2002). Effect of Dietary Protein on Prepubertal Mammary Development in Rapidly Growing Dairy Heifers. *J. Dairy Sci.* 85: 1516-1525.
- WICKE, M. UND LENGERKEN, G. VON (2006). *Biologische Grundlagen tierischer Leistungen*. Tierzucht. G. von Lengerken, F. Ellendorff, J. von Lengerken (Hrsg.). Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart.
- WIGGANS, G. R., MISZTAL, I. AND VAN TASSEL, C. P. (2003). Calving Ease (Co)Variance Components for a Sire-Maternal Grand sire Threshold Model. *J. Dairy Sci.* 86: 1845-1848.
- WILLHAM, R. L. (1972). The Role of Maternal Effects in Animal Breeding: III. Biometrical Aspects of Maternal Effects in Animals. *J. Anim. Sci.* 35: 1288-1293.
- WITTMANN, J. (2005). *Wachstum. Physiologie der Haustiere*. W. von Engelhardt, G. Breves (Hrsg.). Enke Verlag, Stuttgart.
- ZANTON, G. I. AND HEINRICHS, A. J. (2005). Meta-Analysis to Assess Effect of Prepubertal Average Daily Gain of Holstein Heifers on First-Lactation Production. *J. Dairy Sci.* 2005: 3860-3867.

## 10. Tabellenverzeichnis

### *Kapitel 2: Literaturübersicht - Wachstum und Zuchtreife*

Tabelle 2.1	Wachstumsfaktoren (KARG, 1994)	9
Tabelle 2.2	Multifaktorielle Hormonwirkung auf Wachstum, Protein- und Fettansatz (KARG, 1994)	11
Tabelle 2.3	Genetische Korrelationen (oberhalb Diagonale) und Heritabilitäten (Diagonale, fett) von Körpergewicht und Wachstum zu unterschiedlichen Zeitpunkten zwischen Geburt und erster Kalbung (GROEN AND VOS, 1995)	13
Tabelle 2.4	Genetische (über Diagonale) sowie phänotypische Korrelationen (unterhalb Diagonale) und Heritabilität (Diagonale, fett) von Geburts-, Absetz- und Kalbegewicht (COFFEY ET AL., 2006)	13
Tabelle 2.5	Genetische Korrelationen und Heritabilitäten (fett) von Gewicht und Wachstum zu unterschiedlichen Zeitpunkten während der Aufzucht und ersten Laktation (LEE ET AL., 1992)	14
Tabelle 2.6	Genetische Korrelation von Gewicht bzw. Wachstum zur Milchleistung	15
Tabelle 2.7	Entwicklung von Körpergewicht, verschiedener Größenparameter sowie BCS in Abhängigkeit vom Fütterungsniveau; Versuchsdauer ab dritten bis 24. Monat (DACCARETT ET AL., 1993)	29
Tabelle 2.8	Lebenstagszunahme während der ersten Trächtigkeit sowie Entwicklung von Körpergewicht und BCS nach der ersten Kalbung in Abhängigkeit verschiedener täglicher Zunahmen im präpubertalen Zeitraum (VAN AMBURGH ET AL., 1998)	30
Tabelle 2.9	Übersicht über die Ergebnisse verschiedener Studien, die den Einfluss der präpubertalen Wachstumsrate auf die Milchleistung der ersten Laktation untersuchten	32
Tabelle 2.10	Einfluss moderater und hoher postpubertaler täglicher Zunahmen auf den Entwicklungszustand von Holsteinfärsen zur Kalbung (HOFFMAN ET AL., 1996)	36
Tabelle 2.11	Einfluss des Versorgungsniveaus während der ersten Trächtigkeit auf die Gewichtsentwicklung und die Mobilisation von Körperreserven im Verlauf der ersten Laktation (MÄNTYSAARI ET AL., 1999)	37
Tabelle 2.12	Einfluss der postpubertalen Wachstumsrate auf die Milchleistung der ersten Laktation dargestellt anhand der Ergebnisse verschiedener Veröffentlichungen	38

Tabelle 2.13	Einfluss des Versorgungsniveaus während der zweiten iso- und allometrischen Phase der Mammogenese auf das Auftreten bestimmter Erkrankungen während der ersten Laktation (Anteil betroffener Kühe in %) (LACASSE ET AL., 1993)	40
Tabelle 2.14	Die geschätzten Heritabilitäten von Erstkalbealter und Kalbegewicht sowie deren genetische Korrelation zur Milchleistung	41
Tabelle 2.15	Heritabilität und Varianzkomponenten des Erstkalbealters sowie die genetische und phänotypische Korrelation zur Milchmenge in Abhängigkeit des Leistungsniveaus der Herde (RUIZ-SANCHEZ ET AL., 2007)	42
Tabelle 2.16	Genetische Korrelationen zwischen verschiedenen Fruchtbarkeitsmerkmalen und Erstkalbealter bzw. Kalbegewicht (MOORE ET AL., 1990)	43
Tabelle 2.17	Genetische Korrelationen zwischen verschiedenen Fruchtbarkeitsmerkmalen und Kalbegewicht (BERRY ET AL., 2003)	43
Tabelle 2.18	Einfluss verschiedener Kalbealterklassen auf die energiekorrigierte Milchmenge der ersten Laktation auf der Basis von Felddaten von Schwedisch Rotbunt und Schwedisch Holstein (SVENSSON AND HULTGREN, 2008)	44
Tabelle 2.19	Einfluss des Erstkalbealters auf Kalbmerkmale, Reproduktions- und Milchleistung sowie Erkrankungshäufigkeit und Abgangsrate anhand drei verschiedener Altersgruppen (ETTEMA AND SANTOS, 2004)	45

### *Kapitel 3: Datenmaterial und Methoden*

Tabelle 3.1	Ergebnisse der genetisch-statistischen Analyse des Merkmals Erstbesamungsgewicht, geschätzt anhand von vier verschiedenen Datenmaterialien	54
Tabelle 3.2	Übersicht über die Betriebscharakteristika der Jungrindermerkmale Erstbesamungsalter und -gewicht sowie Lebenstagszunahme anhand aller vorliegenden bzw. nur unzensierten Beobachtungen (Mittelwert mit Standardabweichung sowie Minimum und Maximum) Die blau gekennzeichneten Betriebe wurden von der weiteren Auswertung ausgeschlossen.	55
Tabelle 3.3	Einteilungskriterien von Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme in die einzelnen Effektstufen	59
Tabelle 3.4	Der Kalbeverlaufsschlüssel und das binäre Merkmal Schweregeburt	69
Tabelle 3.5	Geschlechterverhältnis der Kälber der ersten und zweiten Kalbung ♂ - männlich; ♀ - weiblich; ♂♂, ♂♀, ♀♀ - Zwillingsgeburten mit entsprechender Geschlechterkombination	70
Tabelle 3.6	Der Kalbeverlauf nach vit-Schlüssel und das Binärmerkmal Schweregeburt	71

Tabelle 3.7	Absolute Häufigkeit der wichtigsten Erkrankungen im Zeitraum zwischen Geburt und erster Kalbung	77
-------------	---	----

#### *Kapitel 4: Ergebnisse*

Tabelle 4.1	Schätzwerte für die Heritabilität ( $h^2$ , Diagonale; univariat/multivariat), genetische ( $r_g$ , oberhalb Diagonale) und phänotypische Korrelationen ( $r_p$ , unterhalb der Diagonale) von Alter und Gewicht zur Erstbesamung sowie Lebenstagszunahme; Standardfehler in Klammern	81
Tabelle 4.2	Schätzwerte für die Heritabilität von Erstbesamungsalter und -gewicht sowie Lebenstagszunahme auf Basis Einzelbetrieb; Standardfehler in Klammern	82
Tabelle 4.3	Schätzwerte für Heritabilitäten für Trächtigkeitsdauer sowie genetische und phänotypische Korrelationen zu Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme; Standardfehler in Klammern	85
Tabelle 4.4	Erkrankungen im Zeitraum zwischen Geburt und erster Besamung – absolute sowie relative Anzahl gesunder bzw. erkrankter Jungrinder und das mittlere Alter der erkrankten Tiere	86
Tabelle 4.5	Einfluss der häufigsten Erkrankungen im Zeitraum zwischen Geburt und erster Besamung auf Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme (LSMEANS);signifikante Unterschiede: ** $p \leq 0,01$	86
Tabelle 4.6	Durchschnittswerte inklusive Standardabweichung der Milchleistungsmerkmale mit Minima und Maxima von Testtags- sowie 305-Tage-Leistung der ersten und zweiten Laktation	92
Tabelle 4.7	Phänotypische Beziehungen zwischen Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebenstagszunahme und den Milchleistungsmerkmalen der Testtagsleistung der ersten und zweiten Laktation; Ergebnisse des F-Tests mit folgenden Signifikanzgrenzen: ** $p \leq 0,01$ ; * $p \leq 0,05$ ; (*) $p \leq 0,10$ ; wobei eba, gew, Itz als Kovariable / fixer Effekt in Klassen im entsprechenden Modell	94
Tabelle 4.8	Phänotypische Beziehungen zwischen Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebenstagszunahme und den Milchleistungsmerkmalen der 305-Tage-Leistung der ersten und zweiten Laktation; Ergebnisse des F-Tests mit folgenden Signifikanzgrenzen: ** $p \leq 0,01$ ; * $p \leq 0,05$ ; (*) $p \leq 0,10$ ; wobei eba, gew, Itz als Kovariable / fixer Effekt in Klassen im entsprechenden Modell	94
Tabelle 4.9	Schätzwerte für die Heritabilität der Milchleistungsparameter der 305-Tage-Leistung der ersten Laktation sowie deren genetische und phänotypische Korrelationen mit Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme; Standardfehler in Klammern	101

Tabelle 4.10	Schätzwerte für die Heritabilität der Milchleistungsparameter der 305-Tage-Leistung der zweiten Laktation sowie deren genetische und phänotypische Korrelationen mit Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme; Standardfehler in Klammern	101
Tabelle 4.11	Fruchtbarkeitskennwerte der Jungrinder - Mittelwert mit Standardabweichung sowie Minimum und Maximum	102
Tabelle 4.12	Phänotypische Beziehung zwischen Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebenstagszunahme und den Fruchtbarkeitsmerkmalen der Jungrinder; Ergebnisse des F-Tests mit folgenden Signifikanzgrenzen: ** $p \leq 0,01$ ; * $p \leq 0,05$ ; (*) $p \leq 0,10$ ; wobei eba, gew, ltz als Kovariable / fixer Effekt in Klassen im entsprechenden Modell	103
Tabelle 4.13	Schätzwerte für Heritabilitäten der Fruchtbarkeitsmerkmale der Jungrinder sowie für deren genetische und phänotypische Korrelationen zu Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme; Standardfehler in Klammern	108
Tabelle 4.14	Fruchtbarkeitsmerkmale der ersten und zweiten Laktation - Mittelwert mit Standardabweichung sowie Minimum und Maximum	109
Tabelle 4.15a	Phänotypischer Zusammenhang von Erstbesamungsalter und -gewicht sowie Lebenstagszunahme und den Fruchtbarkeitsmerkmalen der ersten und zweiten Laktation; Ergebnisse des F-Tests mit folgenden Signifikanzgrenzen: ** $p \leq 0,01$ ; * $p \leq 0,05$ ; (*) $p \leq 0,10$ ; wobei eba, gew, ltz als Kovariable / fixer Effekt in Klassen im entsprechenden Modell	111
Tabelle 4.15b	Phänotypischer Zusammenhang von Erstbesamungsalter und -gewicht sowie Lebenstagszunahme und den Fruchtbarkeitsmerkmalen der ersten und zweiten Laktation; Ergebnisse des F-Tests mit folgenden Signifikanzgrenzen: ** $p \leq 0,01$ ; * $p \leq 0,05$ ; (*) $p \leq 0,10$ ; wobei eba, gew, ltz als Kovariable / fixer Effekt in Klassen im entsprechenden Modell	111
Tabelle 4.16	Schätzwerte für die Heritabilitäten der Fruchtbarkeitsmerkmale der ersten Laktation sowie für deren genetische und phänotypische Korrelation zu Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebenstagszunahme; Standardfehler in Klammern	119
Tabelle 4.17	Schätzwerte für die Heritabilitäten der Fruchtbarkeitsmerkmale der zweiten Laktation sowie deren genetische und phänotypische Korrelation zu Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebenstagszunahme; Standardfehler in Klammern	119
Tabelle 4.18	Phänotypische Beziehung zwischen den Merkmalen der ersten und zweiten Kalbung und Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebenstagszunahme; Ergebnisse des F-Tests mit folgenden Signifikanzgrenzen: ** $p \leq 0,01$ ; * $p \leq 0,05$ ; (*) $p \leq 0,10$ ; wobei eba, gew, ltz als Kovariable / fixer Effekt in Klassen im entsprechenden Modell	121

Tabelle 4.19	Schätzwerte für direkte und maternale Heritabilität sowie für die genetische Korrelation zwischen direktem und maternalem Effekt der Kalbmerkmale der ersten und zweiten Kalbung; Standardfehler in Klammern	125
Tabelle 4.20	Schätzwerte für die genetische Korrelation zwischen Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebenstagszunahme und dem Maternaleffekt der Kalbmerkmale von Erst- und Zweitkalbskühen; Standardfehler in Klammern	126
Tabelle 4.21	Mittelwert und Standardabweichung der Exterieur-Einzelnoten sowie der Körpergröße	127
Tabelle 4.22	Phänotypische Beziehungen zwischen Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebenstagszunahme und den Exterieur-Gesamt- und – Einzelnoten; Ergebnisse des F-Tests mit folgenden Signifikanzgrenzen: ** $p \leq 0,01$ ; * $p \leq 0,05$ ; (*) $p \leq 0,10$ ; wobei eba, gew, Itz als Kovariable / fixer Effekt in Klassen im entsprechenden Modell	128
Tabelle 4.23	Schätzwerte für die Heritabilitäten der Exterieur-Gesamt- und Einzelmerkmale sowie für deren genetische und phänotypische Korrelation mit Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme; Standardfehler in Klammern	139
Tabelle 4.24	Phänotypische Beziehung zwischen Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebenstagszunahme und der Abgangsrate nach 100, 200, 300, 450 bzw. 600 Tagen nach der ersten Kalbung; Ergebnisse des F-Tests mit folgenden Signifikanzgrenzen: ** $p \leq 0,01$ ; * $p \leq 0,05$ ; (*) $p \leq 0,10$ ; wobei eba, gew, Itz als Kovariable / fixer Effekt in Klassen im entsprechenden Modell	141
Tabelle 4.25	Schätzwerte für die Heritabilität der Abgangsrate nach 100, 200, 300, 450 und 600 Tagen nach der ersten Kalbung sowie für deren genetische und phänotypische Korrelation zu den Jungrindermerkmalen; Standardfehler in Klammern	144
Tabelle 4.26	Die häufigsten Erkrankungen während der ersten Laktation - absolute Erkrankungshäufigkeit sowie prozentual (bezogen auf die insgesamt im Datenmaterial vorhandenen Tiere); grau unterlegte Krankheiten können aufgrund ihrer geringen Inzidenzrate nicht ausgewertet werden	145
Tabelle 4.27	Phänotypische Beziehungen zwischen Erstbesamungsalter, -gewicht sowie Lebenstagszunahme und der Inzidenzrate der wichtigsten Krankheiten während der ersten Laktation; Ergebnisse des F-Tests mit folgenden Signifikanzgrenzen: ** $p \leq 0,01$ ; * $p \leq 0,05$ ; (*) $p \leq 0,10$ ; wobei eba, gew, Itz als Kovariable / fixer Effekt in Klassen im entsprechenden Modell	146

Tabelle 4.28	Schätzwerte für die Heritabilität der häufigsten Erkrankungen während der ersten Laktation sowie für deren genetische und phänotypische Korrelation zu den Jungrindermerkmalen; Standardfehler in Klammern	151
--------------	--	-----

### *Kapitel 5: Diskussion*

Tabelle 5.1	Heritabilitäten und genetische Korrelationen der Kalbmerkmale von Erstkalbinnen (WAURICH ET AL., 2010)	163
-------------	--	-----

### *Kapitel 12: Anhang*

Tabelle 12.1	Mittelwert inklusive Standardabweichung sowie Minimum und Maximum von Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme der Gesamtdaten	215
Tabelle 12.2	Datenvolumen je Erstbesamungsjahr (alle Betriebe)	215
Tabelle 12.3	Die Einteilung der Effektstufen des Erstbesamungsalters	215
Tabelle 12.4	Die Einteilung der Effektstufen des Erstbesamungsgewichts	215
Tabelle 12.5	Die Einteilung der Effektstufen der Lebenstagszunahme	216
Tabelle 12.6	Betriebsmittel mit Standardabweichung der Fruchtbarkeitsmerkmale der Jungrinder	216
Tabelle 12.7	Die Betriebsmittel der Testtagsleistungen der ersten Laktation	217
Tabelle 12.8	Die Betriebsmittel der Testtagsleistungen der zweiten Laktation	217
Tabelle 12.9	Die Betriebsmittel der 305-Tage-Leistung der ersten Laktation	218
Tabelle 12.10	Die Betriebsmittel der 305-Tage-Leistung der zweiten Laktation	218
Tabelle 12.11	Die Betriebsmittel der Fruchtbarkeitsmerkmale der ersten Laktation	219
Tabelle 12.12	Die Betriebsmittel der Fruchtbarkeitsmerkmale der zweiten Laktation	220
Tabelle 12.13	Die Mittel der Gesamtnoten der Exterieurbewertung auf Basis Einzelbetrieb	221
Tabelle 12.14a	Die Mittel der Noten der einzelnen Exterieurmerkmale auf Basis Einzelbetrieb	222
Tabelle 12.14b	Die Mittel der Noten der einzelnen Exterieurmerkmale auf Basis Einzelbetrieb	223
Tabelle 12.15	Arthrose / Arthritis	224
Tabelle 12.16	Bronchopneumonie	224
Tabelle 12.17	Enteritis	224
Tabelle 12.18	Labmagenverlagerung	224
Tabelle 12.19	Nichteitrige Klauenerkrankungen	225

Tabellenverzeichnis	205	
Tabelle 12.20	Eitrige Klauenerkrankungen	225
Tabelle 12.21	Mastitis	226
Tabelle 12.22	Puerperalstörungen	226
Tabelle 12.23	Zyklusstörungen	227

## 11. Abbildungsverzeichnis

### 2. Kapitel: Literaturübersicht - Wachstum und Zuchtrefe

Abbildung 2.1	Priorität der Nährstoffversorgung der Körpergewebe aufgrund ihrer Stoffwechselrate (KARG, 1994)	10
Abbildung 2.2	Entwicklung des lobulo-alveolären Systems während der Mammogenese (JAMMES ET DJIANE, 1988; nach einer Abbildung von Turner, 1952)	17
Abbildung 2.3	Wachstum der Milchdrüse beim Milchrind während unterschiedlicher Entwicklungsstadien in Abhängigkeit von der Fütterungsintensität (Zusammenstellung verschiedener Versuchsergebnisse nach SEJRSEN ET AL., 2000)	18
Abbildung 2.4	Erhöhung der optimalen täglichen Zunahme in Abhängigkeit von der Veränderung des genetischen Milchleistungspotentials (SEJRSEN ET AL., 2000)	22
Abbildung 2.5	Einfluss der präpubertalen Wachstumsrate auf die Milchleistung der ersten Laktation dargestellt anhand der Ergebnisse ausgewählter Veröffentlichungen (Tabelle 2. 9)	32
Abbildung 2.6	305-Tage-Milch- und 305-Tage-FCM-Menge in Abhängigkeit von der täglichen Zunahme während der präpubertalen Phase (ZANTON AND HEINRICHS, 2005) $305\text{-d-Milch} = 1135 + 16,7278 * \text{tgl. Zunahme} - 0,01047 * (\text{tgl. Zunahme})^2$ $305\text{-d-FCM} = 4362 + 7,817 * \text{tgl. Zunahme} - 0,00518 * (\text{tgl. Zunahme})^2$	33
Abbildung 2.7	305-Tage-Fettmenge in Abhängigkeit von der täglichen Zunahme während der präpubertalen Phase (ZANTON AND HEINRICHS, 2005) $305\text{-d-Fett} = 219 + 0,168 * \text{tgl. Zunahme} - 0,00012 * (\text{tgl. Zunahme})^2$	34
Abbildung 2.8	Einfluss der postpubertalen Wachstumsrate auf die Milchleistung der ersten Laktation dargestellt anhand der Ergebnisse ausgewählter Veröffentlichungen (Tabelle 2.10)	38

### 3. Kapitel: Datenmaterial und Methoden

Abbildung 3.1	Rohdaten des Betriebs ‚T‘ - Verteilung des Erstbesamungsgewichts in Abhängigkeit vom Alter zur ersten Besamung	57
Abbildung 3.2	Rohdaten des Betriebs ‚U‘ - Verteilung des Erstbesamungsgewichts in Abhängigkeit vom Alter zur ersten Besamung	57
Abbildung 3.3	Verteilung des Erstbesamungsgewichts in Abhängigkeit vom Alter zur ersten Besamung (blau) sowie die Gewichtsentwicklung von der Geburt bis zum Alter von 700 Tagen anhand einer von HEINRICHS UND LOSINGER (1998) veröffentlichten Studie, die exemplarisch als Referenzquelle dienen soll (rot)	59

*4. Kapitel: Ergebnisse*

Abbildung 4.1	Häufigkeitsverteilung des Erstbesamungsalters	83
Abbildung 4.2	Häufigkeitsverteilung des Erstbesamungsgewichts	83
Abbildung 4.3	Häufigkeitsverteilung der Lebenstagszunahme	83
Abbildung 4.4	Erstbesamungsalter des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Parität der Mutter (in Klassen)	87
Abbildung 4.5	Erstbesamungsgewicht des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Parität der Mutter (in Klassen)	87
Abbildung 4.6	Lebenstagszunahme des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Parität der Mutter (in Klassen)	87
Abbildung 4.7	Erstbesamungsalter des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Art des Geburtsverlaufs (Normal- bzw. Schweregeburt, in Klassen) und der Art der Trächtigkeit (Einzel- bzw. Mehrlingsträchtigkeit, in Klassen)	88
Abbildung 4.8	Erstbesamungsgewicht des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Art des Geburtsverlaufs (Normal- bzw. Schweregeburt, in Klassen) und der Art der Trächtigkeit (Einzel- bzw. Mehrlingsträchtigkeit, in Klassen)	88
Abbildung 4.9	Lebenstagszunahme des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Art des Geburtsverlaufs (Normal- bzw. Schweregeburt, in Klassen) und der Art der Trächtigkeit (Einzel- bzw. Mehrlingsträchtigkeit, in Klassen)	88
Abbildung 4.10	Erstbesamungsalter des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Trächtigkeitsdauer der Mutter (in Klassen)	89
Abbildung 4.11	Erstbesamungsgewicht des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Trächtigkeitsdauer der Mutter (in Klassen)	89
Abbildung 4.12	Lebenstagszunahme des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Trächtigkeitsdauer der Mutter (in Klassen)	89
Abbildung 4.13	Erstbesamungsalter des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Geburtsgewicht (in Klassen)	90
Abbildung 4.14	Das Erstbesamungsgewicht des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Geburtsgewicht (in Klassen)	90
Abbildung 4.15	Die Lebenstagszunahme des Jungrindes (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Geburtsgewicht (in Klassen)	90
Abbildung 4.16	Milchmenge der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	95

Abbildung 4.17	Eiweißmenge der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	95
Abbildung 4.18	Fettmenge der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	95
Abbildung 4.19	Eiweißgehalt der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	95
Abbildung 4.20	Fettgehalt der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	96
Abbildung 4.21	SCS der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	96
Abbildung 4.22	Milchmenge der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	96
Abbildung 4.23	Eiweißmenge der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	96
Abbildung 4.24	Fettmenge der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	97
Abbildung 4.25	Eiweißgehalt der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	97
Abbildung 4.26	Fettgehalt der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	97
Abbildung 4.27	SCS der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	97
Abbildung 4.28	Milchmenge der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	98
Abbildung 4.29	Eiweißmenge der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	98
Abbildung 4.30	Fettmenge der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	98

Abbildung 4.31	Eiweißgehalt der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	98
Abbildung 4.32	Fettgehalt der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	99
Abbildung 4.33	SCS der Testtagsleistung (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	99
Abbildung 4.34	Erstkalbealter (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	104
Abbildung 4.35	Besamungsindex (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	104
Abbildung 4.36	Non-Return-Rate (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	104
Abbildung 4.37	Verzögerungszeit (◆) und Zwischenbelegungszeit (◆) (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	104
Abbildung 4.38	Erstkalbealter (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	105
Abbildung 4.39	Besamungsindex (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	105
Abbildung 4.40	Non-Return-Rate (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	105
Abbildung 4.41	Verzögerungs- (◆) und Zwischenbelegungszeit (◆) (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	105
Abbildung 4.42	Erstkalbealter (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	106
Abbildung 4.43	Besamungsindex (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	106
Abbildung 4.44	Non-Return-Rate (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	106
Abbildung 4.45	Verzögerungs- (◆) und Zwischenbelegungszeit (◆) (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	106
Abbildung 4.46	Rastzeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	112
Abbildung 4.47	Güstzeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	112
Abbildung 4.48	Erstbelegungsalter (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	112

Abbildung 4.49	Non-Return-Rate (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	112
Abbildung 4.50	Besamungsindex (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	113
Abbildung 4.51	Verzögerungszeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	113
Abbildung 4.52	Zwischenbelegungszeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	113
Abbildung 4.53	Zwischenkalbezeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	113
Abbildung 4.54	Rastzeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	114
Abbildung 4.55	Güstzeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	114
Abbildung 4.56	Erstbelegungsalter (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	114
Abbildung 4.57	Non-Return-Rate (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	114
Abbildung 4.58	Besamungsindex (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	115
Abbildung 4.59	Verzögerungszeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	115
Abbildung 4.60	Zwischenbelegungszeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	115
Abbildung 4.61	Die Zwischenkalbezeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	115
Abbildung 4.62	Rastzeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebenstagzunahme (in Klassen)	116
Abbildung 4.63	Güstzeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebenstagzunahme (in Klassen)	116
Abbildung 4.64	Erstbelegungsalter (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebenstagzunahme (in Klassen)	116
Abbildung 4.65	Non-Return-Rate (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebenstagzunahme (in Klassen)	116
Abbildung 4.66	Besamungsindex (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebenstagzunahme (in Klassen)	117

---

Abbildung 4.67	Verzögerungszeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	117
Abbildung 4.68	Zwischenbelegungszeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	117
Abbildung 4.69	Zwischenkalbezeit (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Laktation in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	117
Abbildung 4.70	Totgeburtenrate (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	122
Abbildung 4.71	Schweregeburtenrate (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	122
Abbildung 4.72	Trächtigkeitsdauer (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	122
Abbildung 4.73	Geburtsgewicht des Kalbs (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	122
Abbildung 4.74	Totgeburtenrate (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	123
Abbildung 4.75	Schweregeburtenrate (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	123
Abbildung 4.76	Trächtigkeitsdauer (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	123
Abbildung 4.77	Geburtsgewicht (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	123
Abbildung 4.78	Totgeburtenrate (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	124
Abbildung 4.79	Schweregeburtenrate (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	124
Abbildung 4.80	Trächtigkeitsdauer (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	124
Abbildung 4.81	Geburtsgewicht (LSMEANS) der ersten (◆) und zweiten (◆) Kalbung in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	124
Abbildung 4.82	Körpergröße (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	129
Abbildung 4.83	Einstufungsnoten (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	130
Abbildung 4.84	Körpernote (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	130

Abbildungsverzeichnis		212
Abbildung 4.85	Fundamentnoten (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	130
Abbildung 4.86a	Euternoten (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	131
Abbildung 4.86b	Euternoten (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	131
Abbildung 4.87	Noten für BCS (LSMEANS) und Bewegung in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	131
Abbildung 4.88	Körpergröße (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	132
Abbildung 4.89	Einstufungsnoten (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	133
Abbildung 4.90	Körpernoten (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	133
Abbildung 4.91	Fundamentnoten (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	133
Abbildung 4.92a	Euternoten (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	134
Abbildung 4.92b	Euternoten (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	134
Abbildung 4.93	Noten für BCS und Bewegung (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	134
Abbildung 4.94	Körpergröße (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	135
Abbildung 4.95	Die Einstufungsnoten (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	136
Abbildung 4.96	Die Körpernoten (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	136
Abbildung 4.97	Die Fundamentnoten (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	136
Abbildung 4.98a	Euternoten (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	137
Abbildung 4.98b	Euternoten (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	137
Abbildung 4.99	Noten für BCS und Bewegung (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	137

---

Abbildung 4.100	Abgangsrate innerhalb verschiedener Zeiträume nach der ersten Kalbung (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	142
Abbildung 4.101	Abgangsrate innerhalb verschiedener Zeiträume nach der ersten Kalbung (LSMEANS) in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	143
Abbildung 4.102	Abgangsrate innerhalb verschiedener Zeiträume nach der ersten Kalbung (LSMEANS) in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	143
Abbildung 4.103	Inzidenzrate Nichteitriger Klauenerkrankungen (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	148
Abbildung 4.104	Inzidenzrate von Puerperalstörungen (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	148
Abbildung 4.105	Inzidenzrate von Mastitis (◆) und Eitrigen Klauen-erkrankungen (◆) (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	148
Abbildung 4.106	Inzidenzrate von Zyklusstörungen (◆) und Endometritis (◆) (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsalter (in Klassen)	148
Abbildung 4.107	Inzidenzrate Nichteitriger Klauenerkrankungen (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	149
Abbildung 4.108	Inzidenzrate von Puerperalstörungen (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	149
Abbildung 4.109	Inzidenzrate von Mastitis (◆) und Eitrigen Klauenerkrankungen (◆)(LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	149
Abbildung 4.110	Inzidenzrate von Zyklusstörungen (◆) und Endometritis (◆) (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit vom Erstbesamungsgewicht (in Klassen)	149
Abbildung 4.111	Inzidenzrate Nichteitriger Klauenerkrankungen (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	150
Abbildung 4.112	Inzidenzrate von Puerperalstörungen (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	150

---

Abbildung 4.113	Inzidenzrate von Mastitis (◆) und Eitrigen Klauenerkrankungen (◆) (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	150
Abbildung 4.114	Inzidenzrate von Zyklusstörungen (◆) und Endometritis (◆) (LSMEANS) während der ersten Laktation in Abhängigkeit von der Lebenstagszunahme (in Klassen)	150
 <i>5. Kapitel: Diskussion</i>		
Abbildung 5.1	Regelkreise und Wirkungen der Wachstumshormon-Familie (KARG, 1994)	172

## 12. Anhang

**Tab. 12.1:** Mittelwert inklusive Standardabweichung sowie Minimum und Maximum von Erstbesamungsalter, -gewicht und Lebenstagszunahme der Gesamtdaten

	Mittelwert	Minimum	Maximum
Erstbesamungsgewicht [kg]	409 ± 34	280	608
Erstbesamungsalter [Tage]	483 ± 61	329	720
Lebenstagszunahme [kg/Tag]	0,799 ± 0,100	0,421	1,171

**Tab. 12.2:** Datenvolumen je Erstbesamungsjahr (alle Betriebe)

Jahr	Datenumfang – alle Daten	Datenumfang – unzensierte Daten
2004	673	614
2005	2.278	2.131
2006	3.724	3.172
2007	4.414	3.635
2008	5.655	4.524
2009	2.828	78
insgesamt	19.572	14.154

**Tab. 12.3:** Die Einteilung der Effektstufen des Erstbesamungsalters

Effektstufe	Gültigkeitsbereich [Tage]	Anzahl Tiere
1	< 410	750
2	≥ 410, < 430	1.013
3	≥ 430, < 450	1.772
4	≥ 450, < 470	1.956
5	≥ 470, < 490	1.675
6	≥ 490, < 510	1.100
7	≥ 510, < 530	582
8	≥ 530, < 550	404
9	≥ 550	788

**Tab. 12.4:** Die Einteilung der Effektstufen des Erstbesamungsgewichts

Effektstufe	Gültigkeitsbereich [kg]	Anzahl Tiere
1	< 370	1.210
2	≥ 370, < 385	1.173
3	≥ 385, < 400	1.854
4	≥ 400, < 415	1.858
5	≥ 415, < 430	1.260
6	≥ 430, < 445	1.044
7	≥ 445, < 460	634
8	≥ 460, < 475	444
9	≥ 475	563

**Tab. 12.5:** Die Einteilung der Effektstufen der Lebenstagszunahme

Effektstufe	Gültigkeitsbereich [kg / Tag]	Anzahl Tiere
1	< 0,7	1.103
2	≥ 0,7; < 0,75	1.275
3	≥ 0,75; < 0,8	1.709
4	≥ 0,8; < 0,85	1.972
5	≥ 0,85; < 0,9	1.806
6	≥ 0,9; < 0,95	1.182
7	≥ 0,95	993

**Tab. 12.6:** Betriebsmittel mit Standardabweichung der Fruchtbarkeitsmerkmale der Jungrinder

Betrieb	N	vz [Tage]	zbz [Tage]	nbes	eka [Tage]	N	nr56
A	80	19 ± 30	18 ± 29	1,40 ± 0,54	804 ± 46	93	0,67 ± 0,47
B	131	21 ± 33	18 ± 28	1,47 ± 0,61	716 ± 48	163	0,59 ± 0,49
C	288	18 ± 31	14 ± 25	1,46 ± 0,74	798 ± 45	285	0,72 ± 0,45
D	1.092	23 ± 47	13 ± 25	1,64 ± 1,13	796 ± 75	1.083	0,70 ± 0,46
G	21	20 ± 24	15 ± 15	1,86 ± 0,96	776 ± 43	23	0,39 ± 0,50
H	603	29 ± 52	22 ± 37	1,57 ± 0,93	775 ± 72	603	0,76 ± 0,43
I	1.409	25 ± 46	19 ± 36	1,51 ± 0,79	770 ± 56	1.407	0,74 ± 0,44
J	582	23 ± 44	13 ± 25	1,64 ± 1,07	786 ± 67	587	0,68 ± 0,47
K	709	21 ± 43	15 ± 31	1,52 ± 0,90	741 ± 51	706	0,72 ± 0,45
L	536	17 ± 36	13 ± 29	1,42 ± 0,76	859 ± 56	564	0,74 ± 0,44
M	2.043	17 ± 38	11 ± 24	1,49 ± 0,94	755 ± 48	2.040	0,73 ± 0,44
O	723	18 ± 39	12 ± 28	1,52 ± 0,94	759 ± 45	720	0,70 ± 0,46
P	735	19 ± 40	12 ± 24	1,50 ± 0,90	765 ± 64	764	0,74 ± 0,44
R	717	27 ± 47	16 ± 26	1,73 ± 1,24	746 ± 62	718	0,69 ± 0,46

**Tab. 12.7:** Die Betriebsmittel der Testtagsleistungen der ersten Laktation

Betrieb	Anzahl Testtagsleistungen	mkg [kg]	ekg [kg]	fkg [kg]	epr [%]	fpr [%]	scs
A	739	33,9 ± 5,8	1,14 ± 0,17	1,27 ± 0,21	3,38 ± 0,32	3,81 ± 0,66	2,87 ± 1,44
B	1.366	27,0 ± 5,5	0,91 ± 0,15	1,05 ± 0,21	3,41 ± 0,34	3,95 ± 0,64	2,78 ± 1,54
C	2.592	26,4 ± 6,5	0,91 ± 0,19	1,03 ± 0,24	3,49 ± 0,36	3,97 ± 0,67	3,25 ± 1,73
D	774	35,3 ± 7,0	1,17 ± 0,19	1,36 ± 0,25	3,34 ± 0,32	3,91 ± 0,62	2,63 ± 1,76
E	710	29,1 ± 7,5	1,01 ± 0,22	1,17 ± 0,25	3,54 ± 0,31	4,16 ± 0,75	2,61 ± 1,58
F	1.951	30,4 ± 6,4	1,02 ± 0,18	1,20 ± 0,24	3,39 ± 0,33	4,01 ± 0,70	2,41 ± 1,58
G	139	27,5 ± 5,0	0,90 ± 0,13	1,12 ± 0,17	3,31 ± 0,38	4,15 ± 0,62	2,86 ± 1,41
H	5.006	30,0 ± 6,8	1,02 ± 0,20	1,17 ± 0,23	3,42 ± 0,29	3,98 ± 0,71	2,35 ± 1,32
I	10.528	32,6 ± 6,3	1,11 ± 0,18	1,28 ± 0,20	3,46 ± 0,33	4,01 ± 0,65	2,35 ± 1,29
J	4.766	25,6 ± 5,6	0,88 ± 0,16	1,05 ± 0,21	3,47 ± 0,34	4,18 ± 0,68	2,05 ± 1,45
K	5.442	31,1 ± 5,9	1,00 ± 0,16	1,18 ± 0,21	3,23 ± 0,34	3,87 ± 0,68	2,17 ± 1,41
L1	193	28,7 ± 6,9	1,00 ± 0,20	1,10 ± 0,22	3,50 ± 0,40	3,93 ± 0,76	2,19 ± 1,59
L2	424	23,6 ± 6,1	0,83 ± 0,20	0,95 ± 0,23	3,55 ± 0,32	4,10 ± 0,66	3,10 ± 1,81
M	16.738	28,4 ± 6,8	0,92 ± 0,19	1,08 ± 0,22	3,30 ± 0,34	3,90 ± 0,70	2,22 ± 1,54
N	3.817	27,9 ± 6,9	0,95 ± 0,21	1,17 ± 0,29	3,44 ± 0,29	4,24 ± 0,67	2,34 ± 1,48
O	5.014	30,3 ± 6,9	1,01 ± 0,20	1,13 ± 0,24	3,37 ± 0,30	3,85 ± 0,75	2,55 ± 1,45
P1	3.195	27,8 ± 6,1	0,95 ± 0,18	1,10 ± 0,23	3,43 ± 0,34	4,00 ± 0,71	3,07 ± 1,65
P2	2.046	26,4 ± 5,6	0,90 ± 0,16	1,05 ± 0,20	3,45 ± 0,37	4,04 ± 0,68	3,25 ± 1,71
R	3.941	29,3 ± 5,9	0,92 ± 0,16	1,05 ± 0,20	3,17 ± 0,33	3,64 ± 0,61	2,33 ± 1,33

**Tab. 12.8:** Die Betriebsmittel der Testtagsleistungen der zweiten Laktation

Betrieb	Anzahl Testtagsleistungen	mkg [kg]	ekg [kg]	fkg [kg]	epr [%]	fpr [%]	scs
A	253	39,9 ± 9,8	1,34 ± 0,28	1,61 ± 0,38	3,40 ± 0,35	4,10 ± 0,70	2,67 ± 1,50
B	480	31,3 ± 9,5	1,04 ± 0,26	1,20 ± 0,37	3,40 ± 0,38	3,93 ± 0,74	3,08 ± 1,89
C	1.383	29,1 ± 8,8	1,00 ± 0,27	1,13 ± 0,35	3,50 ± 0,33	3,96 ± 0,76	3,87 ± 1,74
D	47	41,8 ± 12,5	1,34 ± 0,36	1,54 ± 0,37	3,28 ± 0,42	3,87 ± 0,93	2,98 ± 2,05
E	83	38,0 ± 7,7	1,30 ± 0,22	1,58 ± 0,32	3,45 ± 0,30	4,23 ± 0,69	2,61 ± 1,90
F	226	35,3 ± 9,5	1,18 ± 0,27	1,45 ± 0,37	3,41 ± 0,35	4,22 ± 0,74	2,23 ± 1,75
H	2.988	35,9 ± 11,3	1,20 ± 0,32	1,38 ± 0,41	3,42 ± 0,34	3,97 ± 0,78	2,55 ± 1,47
I	5.278	35,8 ± 9,4	1,27 ± 0,27	1,49 ± 0,33	3,60 ± 0,35	4,26 ± 0,69	2,52 ± 1,44
J	2.312	30,1 ± 8,3	1,03 ± 0,24	1,28 ± 0,34	3,48 ± 0,37	4,34 ± 0,71	2,01 ± 1,63
K	2.930	34,2 ± 8,5	1,14 ± 0,23	1,35 ± 0,30	3,40 ± 0,35	4,03 ± 0,70	2,76 ± 1,60
L1	1.673	31,0 ± 9,3	1,10 ± 0,27	1,26 ± 0,34	3,63 ± 0,38	4,19 ± 0,78	2,51 ± 1,66
L2	133	27,0 ± 11,2	1,03 ± 0,33	1,03 ± 0,42	3,42 ± 0,35	3,93 ± 0,77	2,77 ± 1,80
M	8.801	32,2 ± 9,8	1,08 ± 0,28	1,24 ± 0,35	3,42 ± 0,39	3,95 ± 0,72	2,61 ± 1,86
N	638	33,0 ± 8,6	1,10 ± 0,25	1,39 ± 0,39	3,38 ± 0,29	4,26 ± 0,70	2,61 ± 1,67
O	1.769	35,2 ± 10,2	1,17 ± 0,29	1,33 ± 0,38	3,38 ± 0,31	3,90 ± 0,77	2,75 ± 1,75
P1	3.083	30,3 ± 8,4	1,05 ± 0,24	1,20 ± 0,30	3,53 ± 0,37	4,06 ± 0,76	3,47 ± 1,83
R	1.907	33,2 ± 8,6	1,07 ± 0,23	1,20 ± 0,28	3,28 ± 0,34	3,69 ± 0,59	3,13 ± 1,61

**Tab. 12.9:** Die Betriebsmittel der 305-Tage-Leistung der ersten Laktation

Betrieb	N	mkg [kg]	ekg [kg]	fkg [kg]	epr [%]	fpr [%]	scs
A	63	10.347 ± 1.141	344 ± 35,3	384 ± 44,5	3,35 ± 0,15	3,77 ± 0,42	2,81 ± 1,07
B	109	8.292 ± 1.206	278 ± 32,9	321 ± 41,4	3,38 ± 0,19	3,92 ± 0,41	2,61 ± 1,00
C	221	8.178 ± 1.407	279 ± 43,5	316 ± 53,2	3,46 ± 0,19	3,93 ± 0,45	3,21 ± 1,06
D	65	11.021 ± 1.479	360 ± 42,1	417 ± 55,7	3,29 ± 0,18	3,84 ± 0,42	2,54 ± 1,25
E	55	8.701 ± 1.743	303 ± 53,1	350 ± 58,1	3,53 ± 0,22	4,13 ± 0,54	2,59 ± 1,24
F	165	9.222 ± 1.326	308 ± 38,5	362 ± 52,6	3,38 ± 0,19	3,99 ± 0,51	2,34 ± 1,08
G1	6	7.146 ± 770	237 ± 23,1	300 ± 32,4	3,36 ± 0,22	4,27 ± 0,31	3,07 ± 1,34
H	442	9.214 ± 1.503	309 ± 43,5	355 ± 47,9	3,39 ± 0,20	3,93 ± 0,48	2,29 ± 0,97
I	947	10.011 ± 1.417	339 ± 40,3	388 ± 45,4	3,42 ± 0,19	3,95 ± 0,43	2,32 ± 0,97
J	416	7.713 ± 1.292	264 ± 38,4	315 ± 48,4	3,46 ± 0,19	4,15 ± 0,45	2,03 ± 1,08
K	468	9.595 ± 1.258	304 ± 35,8	361 ± 49,5	3,19 ± 0,17	3,82 ± 0,45	2,10 ± 1,05
L1	12	8.435 ± 1.287	288 ± 43,6	331 ± 56,0	3,45 ± 0,27	3,98 ± 0,48	2,11 ± 1,17
L2	29	7.132 ± 1.413	251 ± 47,0	291 ± 53,6	3,55 ± 0,19	4,13 ± 0,45	3,10 ± 1,31
M	1.453	8.737 ± 1.457	281 ± 41,9	329 ± 46,2	3,25 ± 0,21	3,85 ± 0,49	2,17 ± 1,17
N	308	8.513 ± 1.534	289 ± 45,8	356 ± 57,5	3,43 ± 0,17	4,24 ± 0,39	2,28 ± 0,85
O	411	9.018 ± 1.622	301 ± 47,4	338 ± 52,7	3,37 ± 0,20	3,84 ± 0,55	2,51 ± 1,03
P1	264	8.525 ± 1.158	288 ± 34,5	331 ± 45,6	3,41 ± 0,20	3,95 ± 0,45	3,00 ± 1,21
P2	179	8.150 ± 1.172	274 ± 32,4	319 ± 39,1	3,41 ± 0,21	3,98 ± 0,43	3,23 ± 1,27
R	329	8.934 ± 1.290	278 ± 35,1	316 ± 43,6	3,14 ± 0,18	3,59 ± 0,37	2,27 ± 0,88

**Tab. 12.10:** Die Betriebsmittel der 305-Tage-Leistung der zweiten Laktation

Betrieb	N	mkg [kg]	ekg [kg]	fkg [kg]	epr [%]	fpr [%]	scs
A	15	11.754 ± 1.326	396 ± 48,8	475 ± 62,1	3,41 ± 0,14	4,10 ± 0,43	2,81 ± 1,14
B	31	9.173 ± 1.693	310 ± 46,8	350 ± 61,5	3,45 ± 0,25	3,90 ± 0,47	2,81 ± 1,07
C	118	8.914 ± 1.727	306 ± 54,1	342 ± 63,7	3,48 ± 0,19	3,92 ± 0,54	3,85 ± 0,94
D	2	12.721 ± 2.091	404 ± 110,3	494 ± 121,6	3,18 ± 0,41	4,02 ± 0,20	3,36 ± 0,67
E	3	9.911 ± 708	335 ± 20,9	429 ± 29,7	3,42 ± 0,18	4,38 ± 0,18	3,11 ± 1,48
F	15	9.513 ± 1.494	320 ± 45,8	388 ± 56,9	3,43 ± 0,14	4,18 ± 0,45	1,87 ± 0,85
H	258	11.229 ± 1.904	372 ± 54,7	427 ± 64,9	3,38 ± 0,20	3,91 ± 0,54	2,45 ± 1,04
I	450	11.069 ± 1.782	388 ± 52,8	455 ± 60,5	3,56 ± 0,22	4,20 ± 0,50	2,42 ± 1,06
J	187	9.005 ± 1.431	308 ± 44,9	383 ± 58,7	3,48 ± 0,21	4,34 ± 0,51	1,92 ± 1,01
K	244	10.551 ± 1.545	350 ± 45,1	414 ± 57,4	3,37 ± 0,20	4,01 ± 0,47	2,68 ± 1,21
L1	134	9.443 ± 1.658	333 ± 52,2	380 ± 59,5	3,59 ± 0,22	4,14 ± 0,54	3,43 ± 1,12
L2	6	9.334 ± 1.400	308 ± 32,1	361 ± 46,8	3,37 ± 0,27	3,99 ± 0,62	2,95 ± 1,21
M	727	10.041 ± 1.684	332 ± 50,4	382 ± 58,6	3,37 ± 0,23	3,90 ± 0,50	2,53 ± 1,30
N	42	9.303 ± 1.708	313 ± 52,7	391 ± 67,4	3,41 ± 0,16	4,25 ± 0,38	2,55 ± 0,97
O	132	10.365 ± 1.881	346 ± 57,2	394 ± 64,4	3,39 ± 0,19	3,90 ± 0,48	2,72 ± 1,15
P1	249	9.198 ± 1.465	318 ± 42,8	362 ± 51,2	3,51 ± 0,23	4,04 ± 0,49	3,53 ± 1,35
R	155	10.289 ± 1.605	329 ± 44,5	366 ± 54,3	3,24 ± 0,20	3,61 ± 0,38	3,15 ± 1,18

**Tab. 12.11:** Die Betriebsmittel der Fruchtbarkeitsmerkmale der ersten Laktation

Betrieb	N	rz [Tage]	gz [Tage]	vz [Tage]	zbz [Tage]	ebl [Tage]	zkz [Tage]	nr56	nbes
A	50	95 ± 32	132 ± 60	32 ± 52	14 ± 16	909 ± 52	402 ± 52	0,51 ± 0,51	2,05 ± 1,69
B	76	66 ± 23	127 ± 71	55 ± 61	26 ± 29	777 ± 52	398 ± 69	0,40 ± 0,49	2,62 ± 1,79
C	182	77 ± 24	113 ± 59	35 ± 49	20 ± 27	865 ± 42	391 ± 57	0,61 ± 0,49	1,90 ± 1,19
D	28	85 ± 25	137 ± 70	52 ± 58	23 ± 23	925 ± 62	419 ± 68	0,43 ± 0,50	2,46 ± 1,77
E	31	67 ± 23	102 ± 55	35 ± 51	17 ± 22	913 ± 95	379 ± 55	0,55 ± 0,51	2,13 ± 1,61
F	99	68 ± 23	103 ± 55	35 ± 50	15 ± 19	912 ± 68	384 ± 56	0,54 ± 0,50	2,13 ± 1,48
G	2	53 ± 6	53 ± 6	0	0	798 ± 76	330 ± 10	-	1,0
H	355	84 ± 32	122 ± 59	37 ± 48	21 ± 26	855 ± 77	402 ± 59	0,53 ± 0,50	2,09 ± 1,36
I	781	70 ± 24	112 ± 58	42 ± 53	22 ± 29	837 ± 58	392 ± 58	0,49 ± 0,50	2,20 ± 1,48
J	334	65 ± 24	99 ± 53	33 ± 49	18 ± 23	847 ± 69	379 ± 52	0,57 ± 0,49	1,94 ± 1,32
K	334	72 ± 18	123 ± 63	50 ± 58	30 ± 33	812 ± 51	402 ± 63	0,63 ± 0,48	2,01 ± 1,15
L	313	75 ± 31	115 ± 62	39 ± 55	23 ± 30	937 ± 76	393 ± 61	0,65 ± 0,48	2,06 ± 1,45
M	1.101	79 ± 29	114 ± 58	35 ± 50	19 ± 28	832 ± 58	395 ± 58	0,62 ± 0,49	1,94 ± 1,31
N	159	72 ± 14	96 ± 41	23 ± 39	14 ± 23	864 ± 64	376 ± 42	0,61 ± 0,49	1,73 ± 1,13
O	283	67 ± 28	107 ± 58	38 ± 48	23 ± 28	816 ± 44	383 ± 55	0,54 ± 0,50	2,01 ± 1,14
P	403	90 ± 41	127 ± 60	36 ± 49	22 ± 29	869 ± 87	407 ± 60	0,60 ± 0,49	1,94 ± 1,23
R	251	77 ± 26	114 ± 56	36 ± 51	21 ± 30	819 ± 68	394 ± 57	0,62 ± 0,49	2,00 ± 1,39

**Tab. 12.12:** Die Betriebsmittel der Fruchtbarkeitsmerkmale der zweiten Laktation

Betrieb	N	rz [Tage]	gz [Tage]	vz [Tage]	zbz [Tage]	ebl [Tage]	zkz [Tage]	nr56	nbes
A	7	102 ± 18	163 ± 34	64 ± 30	34 ± 24	1.363 ± 130	445 ± 38	0,20 ± 0,45	3,17 ± 0,98
B	26	71 ± 27	112 ± 53	37 ± 45	18 ± 15	1.162 ± 71	388 ± 56	0,31 ± 0,47	2,39 ± 1,62
C	79	73 ± 32	116 ± 59	43 ± 52	22 ± 25	1.249 ± 91	391 ± 56	0,48 ± 0,50	2,20 ± 1,40
F	2	68 ± 23	68 ± 23	0	0	1.287 ± 31	343 ± 25	-	1,00
H	185	80 ± 28	115 ± 56	35 ± 49	20 ± 29	1.245 ± 92	396 ± 56	0,58 ± 0,49	1,89 ± 1,24
I	342	67 ± 22	104 ± 51	37 ± 46	21 ± 22	1.221 ± 82	384 ± 52	0,46 ± 0,50	2,10 ± 1,30
J	103	65 ± 26	93 ± 48	28 ± 43	19 ± 28	1.231 ± 78	374 ± 48	0,56 ± 0,50	1,89 ± 1,26
K	150	70 ± 17	118 ± 59	48 ± 56	33 ± 34	1.198 ± 75	399 ± 59	0,59 ± 0,49	1,95 ± 0,98
L	103	74 ± 26	118 ± 62	44 ± 57	22 ± 23	1.297 ± 82	397 ± 64	0,50 ± 0,50	2,46 ± 1,86
M	459	82 ± 31	125 ± 63	42 ± 54	24 ± 29	1.228 ± 89	405 ± 62	0,56 ± 0,50	2,11 ± 1,43
O	46	68 ± 25	101 ± 47	31 ± 43	18 ± 22	1.182 ± 60	381 ± 46	0,50 ± 0,50	2,00 ± 1,16
P	162	82 ± 32	131 ± 64	48 ± 56	29 ± 37	1.268 ± 104	409 ± 63	0,59 ± 0,49	2,08 ± 1,23
R	103	81 ± 29	126 ± 59	43 ± 52	24 ± 28	1.214 ± 96	404 ± 59	0,53 ± 0,50	2,19 ± 1,34

**Tab. 12.13:** Die Mittel der Gesamtnoten der Exterieurbewertung auf Basis Einzelbetrieb

Betrieb	N	Körper	Typ	Euter	Fundament
A	49	80,8 ± 3,7	81,7 ± 3,0	81,7 ± 3,8	81,5 ± 2,3
B	90	81,0 ± 3,0	80,4 ± 2,8	79,3 ± 3,4	78,2 ± 3,0
C	147	81,6 ± 3,1	80,9 ± 2,8	79,8 ± 4,1	80,6 ± 2,8
D	90	79,7 ± 3,3	80,6 ± 3,6	78,8 ± 4,3	76,7 ± 3,8
E	82	79,2 ± 3,7	79,9 ± 2,9	80,1 ± 3,7	77,9 ± 3,0
F	218	79,3 ± 3,8	80,4 ± 3,1	80,0 ± 4,0	77,9 ± 3,2
G	20	80,2 ± 3,0	80,7 ± 2,8	79,4 ± 3,5	79,6 ± 3,1
H	326	81,5 ± 2,8	80,9 ± 2,7	81,3 ± 2,9	81,5 ± 2,8
I	934	81,5 ± 2,9	81,5 ± 2,5	80,6 ± 3,4	80,5 ± 2,9
J	385	81,5 ± 2,7	81,0 ± 2,6	79,9 ± 3,2	79,3 ± 2,8
K	399	81,5 ± 3,1	81,4 ± 2,7	79,9 ± 3,4	79,4 ± 3,1
L	338	81,3 ± 2,7	80,5 ± 2,8	79,6 ± 3,6	78,4 ± 3,3
M	1.057	80,6 ± 3,7	79,9 ± 3,3	79,6 ± 3,7	77,3 ± 3,3
N	417	79,5 ± 3,6	79,3 ± 3,2	79,0 ± 3,8	76,8 ± 3,8
O	502	80,2 ± 3,7	79,5 ± 3,1	78,7 ± 3,6	76,9 ± 3,6
P	413	79,6 ± 3,9	80,3 ± 3,0	78,9 ± 3,7	76,9 ± 3,7
R	329	78,5 ± 4,1	79,5 ± 3,5	79,4 ± 3,3	78,6 ± 3,0

**Tab. 12.14a:** Die Mittel der Noten der einzelnen Exterieurmerkmale auf Basis Einzelbetrieb

Betrieb	mcha	koeti	stae	bne	bbr	hbw	kl	spg	hbs	gr [cm]
A	6,0 ± 1,3	5,7 ± 1,3	4,9 ± 1,3	4,9 ± 0,9	4,9 ± 1,2	5,1 ± 0,8	4,7 ± 1,1	5,6 ± 1,4	5,3 ± 1,3	145,6 ± 3,7
B	5,7 ± 1,6	5,3 ± 1,3	5,5 ± 1,4	5,5 ± 0,9	5,6 ± 1,3	5,2 ± 1,5	5,0 ± 1,5	4,1 ± 1,3	5,0 ± 1,2	145,8 ± 3,6
C	5,2 ± 1,0	5,5 ± 1,2	5,3 ± 1,1	5,1 ± 0,9	5,0 ± 1,2	5,3 ± 1,0	4,2 ± 1,1	5,8 ± 1,1	4,9 ± 1,3	146,1 ± 3,6
D	5,4 ± 1,4	5,3 ± 1,1	4,7 ± 1,1	4,9 ± 1,2	4,6 ± 1,2	5,2 ± 1,2	4,6 ± 1,4	4,4 ± 1,5	4,2 ± 1,3	144,3 ± 2,9
E	4,9 ± 0,9	5,4 ± 1,2	5,1 ± 1,1	5,0 ± 1,3	4,5 ± 1,4	5,3 ± 1,0	4,1 ± 1,1	4,7 ± 1,4	4,5 ± 1,4	143,7 ± 3,3
F	5,4 ± 1,1	5,3 ± 1,3	4,7 ± 1,2	5,0 ± 1,2	4,5 ± 1,2	5,2 ± 0,9	4,2 ± 1,2	4,7 ± 1,3	4,5 ± 1,3	143,2 ± 3,3
G	5,4 ± 1,1	5,8 ± 1,3	5,8 ± 1,2	5,5 ± 1,1	4,6 ± 1,3	5,2 ± 1,1	4,6 ± 1,5	4,5 ± 0,9	4,4 ± 1,4	142,3 ± 3,7
H	5,9 ± 1,5	5,7 ± 1,3	5,7 ± 1,4	4,7 ± 1,1	5,6 ± 1,5	3,9 ± 1,3	5,3 ± 1,5	6,2 ± 1,5	5,0 ± 1,4	146,8 ± 3,3
I	6,3 ± 1,4	6,1 ± 1,2	5,5 ± 1,3	5,0 ± 1,0	5,3 ± 1,4	4,9 ± 1,3	4,7 ± 1,4	6,0 ± 1,4	5,0 ± 1,4	145,4 ± 3,8
J	6,1 ± 1,6	5,7 ± 1,3	5,4 ± 1,4	5,3 ± 0,9	5,5 ± 1,3	4,9 ± 1,5	5,2 ± 1,3	4,7 ± 1,4	4,6 ± 1,2	146,1 ± 3,0
K	6,7 ± 1,4	5,9 ± 1,4	5,3 ± 1,3	5,1 ± 1,0	5,7 ± 1,4	5,4 ± 1,3	4,9 ± 1,4	4,9 ± 1,5	4,9 ± 1,3	146,4 ± 3,7
L	6,2 ± 1,5	6,1 ± 1,2	5,7 ± 1,3	5,0 ± 1,1	5,6 ± 1,3	5,4 ± 1,3	5,3 ± 1,6	4,3 ± 1,3	4,4 ± 1,3	146,1 ± 3,4
M	5,2 ± 1,1	5,6 ± 1,3	5,2 ± 1,2	5,1 ± 1,1	4,9 ± 1,3	5,4 ± 1,0	4,5 ± 1,2	4,5 ± 1,3	4,1 ± 1,2	145,6 ± 3,1
N	5,1 ± 1,2	5,3 ± 1,2	5,2 ± 1,3	4,8 ± 1,1	4,6 ± 1,3	5,3 ± 1,2	4,4 ± 1,3	4,5 ± 1,3	4,1 ± 1,2	144,3 ± 3,0
O	5,1 ± 1,1	5,3 ± 1,2	5,1 ± 1,1	5,0 ± 1,0	5,0 ± 1,2	5,2 ± 1,0	4,2 ± 1,2	4,4 ± 1,3	4,2 ± 1,2	145,3 ± 3,0
P	5,5 ± 1,1	5,1 ± 1,3	4,8 ± 1,1	4,9 ± 1,1	4,9 ± 1,2	5,4 ± 1,1	4,0 ± 1,2	4,7 ± 1,4	4,1 ± 1,3	145,1 ± 3,1
R	5,9 ± 1,1	5,4 ± 1,4	4,8 ± 1,2	4,5 ± 1,2	4,5 ± 1,3	5,2 ± 1,1	4,8 ± 1,2	5,1 ± 1,4	4,6 ± 1,3	143,3 ± 3,4

## Abkürzungen:

mcha - Milchcharakter

koeti - Körpertiefe

stae - Stärke

bne - Beckenneigung

bbr - Beckenbreite

hbw - Hinterbeinwinklung

kl - Klauen

spg - Sprunggelenk

hnbs - Hinterbeinstellung

gr - Größe

**Tab. 12.14b:** Die Mittel der Noten der einzelnen Exterieurmerkmale auf Basis Einzelbetrieb

Betrieb	heu	zb	spv	veah	euti	sl	sph	kw	bcs	bew
A	6,1 ± 1,7	4,4 ± 1,9	4,9 ± 1,1	6,6 ± 1,8	6,2 ± 1,5	5,3 ± 1,0	6,2 ± 1,2	4,2 ± 0,9	4,2 ± 1,0	4,8 ± 1,4
B	5,4 ± 1,3	5,9 ± 1,7	5,1 ± 1,0	4,6 ± 1,6	4,8 ± 1,5	4,9 ± 1,4	6,5 ± 1,1	4,8 ± 1,5	5,1 ± 1,3	4,2 ± 1,5
C	5,4 ± 1,5	5,1 ± 1,5	4,9 ± 1,1	5,8 ± 1,5	5,8 ± 1,2	4,6 ± 1,2	6,4 ± 1,1	4,2 ± 1,0	4,3 ± 1,1	4,6 ± 1,5
D	5,0 ± 1,4	4,9 ± 1,4	5,1 ± 1,2	5,2 ± 1,7	5,2 ± 1,4	5,0 ± 1,1	6,7 ± 1,3	4,4 ± 1,3	4,2 ± 1,0	4,2 ± 1,5
E	5,3 ± 1,6	5,5 ± 1,5	5,2 ± 1,1	5,7 ± 1,8	5,1 ± 1,3	4,9 ± 1,0	7,1 ± 1,0	4,1 ± 0,9	4,4 ± 0,7	5,1 ± 1,1
F	5,5 ± 1,3	5,2 ± 1,6	4,9 ± 1,1	5,5 ± 1,7	5,3 ± 1,4	4,2 ± 1,2	6,6 ± 1,1	4,1 ± 1,0	4,1 ± 0,9	4,2 ± 1,2
G	5,2 ± 1,3	4,6 ± 1,6	5,1 ± 0,8	5,1 ± 1,7	4,8 ± 0,9	4,9 ± 1,1	6,8 ± 1,1	5,0 ± 0,8	5,1 ± 1,2	4,8 ± 1,4
H	5,9 ± 1,4	6,2 ± 1,6	5,3 ± 1,0	5,8 ± 1,7	6,1 ± 1,6	4,8 ± 1,0	6,8 ± 1,2	6,2 ± 1,4	5,4 ± 1,3	6,2 ± 1,5
I	6,0 ± 1,2	5,8 ± 1,7	5,1 ± 1,0	5,6 ± 1,6	5,7 ± 1,7	4,7 ± 1,2	6,5 ± 1,1	4,6 ± 1,2	5,1 ± 1,2	5,8 ± 1,5
J	5,6 ± 1,2	5,8 ± 1,5	5,1 ± 0,9	5,2 ± 1,7	5,5 ± 1,6	4,9 ± 1,2	6,3 ± 1,1	4,8 ± 1,2	5,1 ± 1,2	5,5 ± 1,5
K	6,0 ± 1,3	5,8 ± 1,6	5,0 ± 1,1	5,2 ± 1,7	5,6 ± 1,6	4,9 ± 1,3	6,4 ± 1,1	5,0 ± 1,4	4,8 ± 1,3	5,5 ± 1,6
L	6,0 ± 1,2	5,7 ± 1,6	5,0 ± 1,1	5,4 ± 1,6	5,5 ± 1,6	4,5 ± 1,2	6,2 ± 1,1	5,1 ± 1,5	5,0 ± 1,4	5,9 ± 1,6
M	5,0 ± 1,5	5,4 ± 1,4	5,1 ± 1,0	5,8 ± 1,5	5,7 ± 1,3	4,5 ± 1,2	6,7 ± 1,2	4,4 ± 1,0	4,4 ± 0,9	4,5 ± 1,3
N	4,9 ± 1,5	5,3 ± 1,4	5,2 ± 1,1	5,5 ± 1,6	5,3 ± 1,4	4,4 ± 1,3	6,9 ± 1,1	4,4 ± 1,1	4,4 ± 1,0	4,4 ± 1,4
O	4,9 ± 1,4	5,5 ± 1,4	4,9 ± 1,0	5,4 ± 1,5	5,6 ± 1,3	5,0 ± 1,2	6,7 ± 1,2	4,3 ± 1,0	4,3 ± 0,9	3,9 ± 1,5
P	4,9 ± 1,5	5,5 ± 1,5	4,8 ± 1,1	5,4 ± 1,5	6,0 ± 1,3	4,8 ± 1,2	6,7 ± 1,2	4,2 ± 1,0	4,0 ± 1,1	4,0 ± 1,6
R	4,8 ± 1,4	5,3 ± 1,5	5,1 ± 1,1	5,4 ± 1,5	5,9 ± 1,4	4,5 ± 1,2	6,9 ± 1,1	4,5 ± 1,0	4,3 ± 1,0	5,0 ± 1,3

## Abkürzungen:

heu - Hintereuterhöhe

zb - Zentralband

spv - Strichplatzierung, vorn

veah - Vordereuteraufhängung

sl - Strichlänge

sph - Strichplatzierung, hinten

kw - Klauenwinkel

bcs - BCS

bew - Bewegung

### Einteilung der Krankheitskomplexe anhand des zentralen Diagnoseschlüssels nach Staufenbiel

**Tab. 12.15:** Arthrose/Arthritis

Staufenbiel-Schlüssel	Krankheit
1.09.07.	Gelenke
1.09.07.01.	Arthrose / Gelenksdegeneration
1.09.07.02.	Arthritis / Gelenkentz. g.
1.09.07.02.01.	Polyarthritis/Multiple Gelenkentzündung
1.09.07.02.02.	Gonitis / Kniegelenkentzündung
1.09.07.02.03.	Tarsitis / Sprunggelenkentzündung
1.09.07.02.04.	Carpitis / Vorderfußwurzelgelenkentzündung

**Tab. 12.16:** Bronchopneumonie

Staufenbiel-Schlüssel	Krankheit
1.06.07.06.	Bronchopneumonie / Entzündung Bronchien und Lunge
1.06.07.06.01.	Bronchitis catarrhalis
1.06.07.06.02.	Bronchopneumonia catarrhalis
1.06.07.06.03.	Bronchopneumonia fibrinosa sive
1.06.07.06.04.	Bronchopneum. suppur. sive appostematosa
1.06.07.06.05.	Bronchopneumonia gangraenosa
1.06.07.06.06.	Pneumonia interstitialis chron.
1.06.07.06.07.	Enzootische Pneumonie der Kälber

**Tab. 12.17:** Enteritis

Staufenbiel-Schlüssel	Krankheit
1.07.13.	Darmkanal
1.07.13.01.	Enteritis / Darmentzündung
1.07.13.01.01.	Enteritis catarrhalis
1.07.13.01.02.	Enteritis haemorrhagica
1.07.13.01.03.	Enteritis pseudomembranacea
1.07.13.01.04.	Enteritis necroticans
1.07.13.01.05.	Kälberdiarrhoesyndrom / Durchfallerkrankung

**Tab. 12.18:** Labmagenverlagerung

Staufenbiel-Schlüssel	Krankheit
1.07.12.05.	Dislocatio abomasi / Labmagenverlagerung
1.07.12.05.01.	Dislocatio abomasi sinistra / Linksseitige LMV
1.07.12.05.02.	Dislocatio abomasi simplex / Labmagenerweiterung
1.07.12.05.03.	Dislocatio abomasi dextra / Rechtsseitige LMV
1.07.12.05.04.	Dislocatio abomasi dextra c. torsione/Rechtsseitige LMV und -drehung

**Tab. 12.19:** Nichteitrige Klauenerkrankungen

Staufenbiel-Schlüssel	Krankheit
1.10.06.	Nichteitrige Klauenerkrankungen
1.10.06.01.	Hornsäule
1.10.06.02.	Hornspalt
1.10.06.03.	Hornkluft
1.10.06.04.	Defekt in der weißen Linie
1.10.06.05.	Lose Wand
1.10.06.06.	Hohle Wand
1.10.06.07.	Doppelte Sohle
1.10.06.08.	Pododermatitis nonpurul.circumscripta
1.10.06.09.	Pododermatitis nonpurul. diffusa / Klauenrehe
1.10.06.09.01.	Pododermatitis nonpurul. diffusa acuta /Klauenrehe
1.10.06.09.02.	Pododermatitis nonpurul.diffusa chronica /Klauenrehe
1.10.06.10.	Limax / Zwischenklauenwulst
1.10.06.11.	Tendovagin. nonpuru./Nichteitrige Sehnenscheidenentzündung
1.10.06.12.	Distorsion / Verstauchung
1.10.06.13.	Fraktur / Knochenbruch
1.10.06.13.01.	Klauenbeinfraktur / Klauenbeinbruch

**Tab. 12.20:** Eitrige Klauenerkrankungen

Staufenbiel-Schlüssel	Krankheit
1.10.07.	Eitrige Klauenerkrankungen
1.10.07.01.	Pododermatitis circumscripta purulenta
1.10.07.02.	Pododermatitis diffusa purulenta
1.10.07.03.	Sohlengeschwür
1.10.07.04.	Sohlenspitzeneschwür
1.10.07.05.	Rusterholz'sches Sohlengeschwür
1.10.07.06.	Eitrig-hohle Wand
1.10.07.07.	Zwischenklauennekrose
1.10.07.08.	Panaritium / Bindegewebsentzündung im Klauenbett
1.10.07.08.01.	Kronensaumpanaritium
1.10.07.08.02.	Ballenpanaritium
1.10.07.08.03.	Zwischenklauenpanaritium
1.10.07.09.	Ballenhornfäule
1.10.07.10.	Dermatitis digitalis / Mortellaro
1.10.07.11.	Dermatitis interdigitalis / Infektion der Zwischenklaue
1.10.07.12.	Klauenbeinnekrose
1.10.07.13.	Nekrose des Endes der tiefen Beugesehne
1.10.07.14.	Eitrige Entzündung der gemeinsamen Beugesehnenscheide
1.10.07.15.	Eitrige Klauengelenksentzündung
1.10.07.16.	Eitrige Kronengelenksentzündung

**Tab. 12.21:** Mastitis

Staufenbiel-Schlüssel	Krankheit
1.13.01.	Mastitis - deskriptiv
1.13.01.01.	Eutersekretionsstörung
1.13.01.02.	Mastitis catarrhalis acuta
1.13.01.03.	Mastitis catarrhalis chronica
1.13.01.04.	Mastitis haemorrhagica / Mastitis mit Blutbeimengung
1.13.01.05.	Mastitis necrotica / Mastitis mit faulenden Gewebsf
1.13.01.06.	Mastitis apostematosa / Mastitis mit Eiterbeimengung
1.13.01.07.	Mastitis interstitialis non purulenta
1.13.01.08.	Mastitis granulomatosa / Mastitis mit Knotenbildung
1.13.01.09.	Mastitis phlegmonosa
1.13.01.10.	Mastitis subklinisch
1.13.02.	Mastitis - ätiologisch
1.13.02.01.	Streptokokken
1.13.02.01.01.	Sc. agalactiae (Gelber Galt)
1.13.02.01.02.	Sc. dysgalactiae
1.13.02.01.03.	Sc. uberis
1.13.02.01.04.	Andere Streptokokken
1.13.02.02.	Mikrokokken
1.13.02.02.01.	Staph. aureus
1.13.02.02.02.	Koagulasenegative Staphylokokken
1.13.02.02.03.	Andere Mikrokokken
1.13.02.03.	Enterobakterien
1.13.02.03.01.	E. coli
1.13.02.03.02.	Klebsiellen
1.13.02.03.03.	Andere Enterobakterien
1.13.02.04.	Arcanobacterium pyogenes
1.13.02.05.	Pseudomonas aeruginosa
1.13.02.06.	Mykobakterien
1.13.02.06.01.	Eutertuberkulose (ANZEIGEPFLICHT)
1.13.02.06.02.	Atypische Mykobakteriose
1.13.02.07.	Nokardien
1.13.02.08.	Mykoplasmen
1.13.02.09.	Hefen
1.13.02.10.	Prototheken
1.13.02.11.	Andere Erreger
1.13.99.	Sonstige

**Tab. 12.22:** Puerperalstörungen

Staufenbiel-Schlüssel	Krankheit
2.04.03.	Retentio secundinarum/Nachgeburtsverhalt
2.04.05.	Puerperalstörung/Störung der nachgeburtlichen Rückbildung
2.04.05.01.	Lochiometra
2.04.05.02.	Metritis
2.04.05.03.	Puerperale Intoxikation
2.04.05.04.	Puerperale Septikämie

**Tab. 12.23:** Zyklusstörungen

Stufenziel-Schlüssel	Krankheit
2.05.02.01.	Zyklusstörungen
2.05.02.01.01.	Azyklie/Brunstlosigkeit inaktive Eierstöcke
2.05.02.01.02.	Anaphrodisie, Anöstrie/Brunstlosigkeit aktive Eierstöcke
2.05.02.01.03.	Periodizitätsstörungen des Zyklus
2.05.02.01.03.01.	Verkürzte Brunstintervalle
2.05.02.01.03.02.	Verlängerte Brunstintervalle
2.05.02.01.03.03.	Unregelmäßige Brunstintervalle
2.05.02.01.04.	Ovulationsanomalien
2.05.02.01.04.01.	Verzögerte Ovulation
2.05.02.01.04.02.	Anovulatorische Brunst
2.05.02.01.05.	Andere Zyklusstörungen

---

## Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. Hermann H. Swalve für das in mich gesetzte Vertrauen und die Überlassung dieses interessanten Themas sowie für die fachliche Betreuung und Unterstützung.

Für die freundliche Übernahme des Korreferats danke ich Frau PD Dr. Anke Römer und Herrn Prof. Dr. Martin Wähner.

Ein herzlicher Dank geht an die Rinderzucht Mecklenburg-Vorpommern GmbH für die Unterstützung des Projekts und zur Verfügungstellung der Daten, sowie an die Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w. V. für weitere Datenbereitstellungen. Ein besonderer Dank gilt Frau Dr. Birgit Rudophi für ihren unermüdlichen Einsatz zur Verbesserung der Qualität der in den Testherden erhobenen Daten und dem Institut für Tierproduktion der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern.

Ich danke meinen Kollegen in der Abteilung für Tierzucht für die Zusammenarbeit und die vielfältigen Diskussionen, insbesondere Frau Dr. Monika Wensch-Dorendorf für ihre Hilfe in mathematisch-statistischen Fragestellungen und meinen Bürokollegen Gunter Martin für die zahlreichen Gespräche über sowohl wissenschaftliche als auch persönliche Belange.

Ein herzliches Dankeschön gilt ebenfalls meiner Familie für die immerwährende Unterstützung.

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig und nur unter der Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ich habe bisher keine vergeblichen Promotionsversuche unternommen.

Desweiteren erkläre ich, dass keine Strafverfahren gegen mich anhängig sind.

Halle/Saale, den 4. Mai 2011

Nadine Bergk

## Wissenschaftlicher Werdegang

### Schulbildung und Studium

- 08/1994 – 07/2003     *Geschwister-Scholl-Gymnasium Zeitz*  
Abschluss: Allgemeine Hochschulreife
- 10/2003 – 12/2007     *Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg*  
Studium der Agrarwissenschaften, Vertiefung Nutztierwissenschaft)  
Abschluss: Diplom-Agraringenieur
- Diplomarbeit:     „Untersuchung zur Leistung von Kreuzungskühen verschiedener Genotypen am Datenmaterial eines biologisch wirtschaftenden Milchviehbetriebs in Brandenburg“

### Praktika

- 07/2004 – 10/2004     Anthes, Anthes & Feick GbR, Greifenhagen  
Ökologischer Milchviehbetrieb
- 02/2005 – 05/2005     Hauptgestüt Graditz
- 07/2006 – 10/2006,     CAG Reichardtswerben und Nessa  
12/2006 – 05/2007     Milchviehbetrieb

### wissenschaftliche Tätigkeit

- 04/2008 - 11/2009     *Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Professur für Tierzucht*  
Stipendium der Graduiertenförderung des Landes Sachsen-Anhalt  
Thema: „Verfahren der Zuchtwertschätzung auf der Basis von neuen Ansätzen der Leistungsprüfung in Testherden des RMV-ProFit-Programmes“
- seit 12/2009     *Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Professur für Tierzucht*  
wissenschaftliche Mitarbeiterin
- Projekte:
- Neue Wege zur züchterischen Verbesserung der Gesundheit der Milchkuh rund um die Abkalbung
  - genetisch-statistische Untersuchungen des Wachstums des Jungrindes
  - Kreuzungszucht beim Milchrind
  - Stoffwechselstabilität und Frühabgänge von Erstkalbinnen