

Aus dem  
Lehrstuhl für Molekulare Tierzucht und Biotechnologie  
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Univ.-Prof. Dr. Eckhard Wolf

und der

Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft  
Institut für Tierzucht - Arbeitsgruppe Biotechnik  
(Dr. Horst-Dieter Reichenbach)

# Untersuchungen zur Nutzung genetisch identischer Zwillinge aus mikrochirurgischer Embryoteilung und von Klongruppen aus Kerntransfer in der Rinderzucht

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der veterinärbiologischen Doktorwürde  
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

von  
Myriam Weppert  
aus  
Werneck

München 2006

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan:	Univ.-Prof. Dr. E. P. Märtlbauer
Referent:	Univ.-Prof. Dr. E. Wolf
Korreferent:	Priv.-Doz. Dr. H. Kaltner

Tag der Promotion: 28. Juli 2006

*meiner Familie*



## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>LITERATURÜBERSICHT .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>Erzeugung genetisch identischer Tiere .....</b>	<b>2</b>
2.1.1	Mikrochirurgische Embryo-Teilung .....	2
2.1.2	Kerntransfer .....	4
<b>2.2</b>	<b>Anwendungsmöglichkeiten der Klonierung.....</b>	<b>6</b>
2.2.1	Erzeugung transgener Tiere .....	7
2.2.2	Erhaltung vom Aussterben bedrohter Tierarten .....	8
2.2.3	Klonierung in der Tierzucht.....	9
<b>2.3</b>	<b>Nutzungsmöglichkeiten in der Zuchtwertschätzung.....</b>	<b>12</b>
2.3.1	Zuchtwert .....	12
2.3.2	Fleischleistungsprüfung .....	13
<b>2.4</b>	<b>Einflussfaktoren auf die intrauterine Entwicklung und das Wachstum.....</b>	<b>14</b>
2.4.1	Genetische Einflüsse .....	15
2.4.2	Maternale Einflüsse .....	16
2.4.3	Produktionstechnische Einflüsse .....	18
<b>2.5</b>	<b>Körperliche Entwicklung von Mehrlingen und Klonen.....</b>	<b>19</b>
<b>2.6</b>	<b>(Un-)Gleichheit von identischen Genotypen .....</b>	<b>21</b>
<b>2.7</b>	<b>Modelle mit monozygoten Zwillingen und Klongruppen .....</b>	<b>21</b>
<b>2.8</b>	<b>Berechnung populationsgenetischer Parameter .....</b>	<b>23</b>
2.8.1	Varianzkomponenten .....	23
2.8.2	Varianz innerhalb und zwischen Gruppen .....	23
2.8.3	Wiederholbarkeit von Leistungen bzw. Messwerten .....	24
2.8.4	Heritabilität im engeren Sinne ( $h^2$ ) .....	25
2.8.5	Zwillingseffizienzwert .....	27
2.8.6	Zuchtwertschätzung .....	27
2.8.6.1	Genauigkeit der Zuchtwertschätzung .....	27
<b>3</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1</b>	<b>Versuchstiere.....</b>	<b>28</b>
3.1.1	Spender .....	28
3.1.2	Dauerspender .....	28
3.1.3	Besamungsbullen .....	28
3.1.4	Empfänger, Graviditäten und Geburten .....	29
3.1.5	Kälber .....	29
<b>3.2</b>	<b>Stationsprüfung.....</b>	<b>29</b>
3.2.1	Beschickung der Station .....	29
3.2.2	Erfassung der Prüfdaten .....	29
3.2.3	Anzahl der geprüften Tiere und erfasste Merkmale .....	31

3.2.4	Statistische Methoden – Stationsprüfung .....	32
3.2.5	Klassenbildung und Merkmalsstruktur .....	32
3.2.5.1	Verteilung nach Saison .....	32
3.2.5.2	Verteilung nach Besamungsbulle und Zeitpunkt der Schlachtung .....	33
3.2.5.3	Verteilung nach Einstellgewicht .....	33
3.2.5.4	Verteilung nach Schlachtalter .....	34
3.2.5.5	Verteilung nach Ort der Schlachtung .....	35
3.2.5.6	Verteilung nach Geburtsgewicht und Graviditätsdauer .....	35
3.2.6	Berechnung von Merkmalen .....	35
3.2.7	Korrektur von Datensätzen .....	37
3.2.8	Berechnung fehlender Daten .....	38
3.2.9	Vorkorrektur der Daten auf Saison, Schlachtalter und Einstellgewicht .....	38
3.2.10	Schätzung der einfachen linearen Korrelation und der Wiederholbarkeit .....	38
3.2.10.1	Einfache lineare Korrelation zwischen Zwillingspaaren .....	38
3.2.10.2	Phänotypische Wiederholbarkeit .....	39
3.2.11	Schätzung der Varianzkomponenten .....	41
3.2.12	Überprüfung der Normalverteilung .....	41
3.2.13	Überprüfung der fixen Effekte .....	41
3.2.14	Schätzung der Varianzkomponenten und Berechnung der Wiederholbarkeit .....	42
3.2.14.1	Statistische Signifikanz eines zufälligen Effekts .....	44
3.2.15	Schätzung der Heritabilitäten .....	44
3.2.16	Zwillingseffizienzwert .....	45
3.2.17	Zuchtwertschätzung Fleischleistung .....	46
3.2.17.1	Schätzmodelle .....	46
<b>3.3</b>	<b>Körpermaße .....</b>	<b>47</b>
3.3.1	Erfassung der Daten .....	47
3.3.1.1	Anzahl der vermessenen Tiere und erfasste Merkmale .....	48
3.3.2	Statistische Methoden - Körpermaße .....	48
3.3.3	Klassenbildung und Merkmalsstruktur .....	48
3.3.3.1	Verteilung nach Herkunftsbetrieb und Geschlecht .....	48
3.3.3.2	Verteilung der Tiere nach Spender .....	49
3.3.3.3	Verteilung der Tiere nach Bulle .....	50
3.3.3.4	Verteilung der Tiere nach Alter beim Vermessen .....	50
3.3.3.5	Verteilung der Tiere nach Geburtstyp und Geschlecht .....	51
3.3.3.6	Schätzung der Korrelation und der phänotypischen Wiederholbarkeit .....	51
3.3.3.7	Überprüfung der fixen Effekte .....	51
3.3.3.8	Schätzung der Varianzkomponenten und Wiederholbarkeiten .....	52
<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>54</b>
<b>4.1</b>	<b>Anzahl erzeugter Nachkommen .....</b>	<b>54</b>
<b>4.2</b>	<b>Stationsprüfung .....</b>	<b>54</b>
4.2.1	Anzahl auf Station geprüfter männlicher Nachkommen .....	54
4.2.2	Mast- und Schlachtleistung der Nachkommen von Raser und Humberg .....	55
4.2.3	Phänotypische lineare Korrelationen der Merkmale von Zwillingspaaren .....	57
4.2.4	Phänotypische Wiederholbarkeit der Messwerte .....	58
4.2.5	Fixe Effekte .....	59
4.2.5.1	Geburtstyp .....	61
4.2.5.2	Einstellalter .....	61
4.2.5.3	Saison (Geburts- und Schlachtsaison) .....	62
4.2.5.4	Bulle .....	64

4.2.5.5	Schlachalter	64
4.2.6	Wiederholbarkeiten der Mast-, Schlacht- und Fleischleistungsmerkmale	65
4.2.7	Heritabilitäten ( $h^2$ )	66
4.2.8	Zwillingseffizienzwert	67
4.2.9	Zuchtwertschätzung	67
4.2.9.1	Nachkommenprüfung Fleischanteil und Nettozunahmen	67
4.2.9.2	Eigenleistungsprüfung Fleischanteil und Nettozunahmen	71
<b>4.3</b>	<b>Körpermaße erzeugter Nachkommen</b>	<b>73</b>
4.3.1	Durchschnittliche Körpermaße aller Nachkommen	73
4.3.2	Durchschnittliche Körpermaße nach Geschlecht	73
4.3.3	Phänotypisch lineare Korrelationen und Wiederholbarkeiten	74
4.3.4	Fixe Effekte	76
4.3.4.1	Geburstyp	77
4.3.4.2	Geschlecht	77
4.3.4.3	Spender	78
4.3.4.4	Bulle	78
4.3.4.5	Alter bei der Erfassung der Messwerte	79
4.3.4.6	Herkunftsbetrieb	80
4.3.5	Varianzkomponenten und Wiederholbarkeiten ( $w$ )	80
<b>5</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>82</b>
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>88</b>
<b>7</b>	<b>SUMMARY</b>	<b>90</b>
<b>8</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>92</b>
<b>9</b>	<b>ABBILDUNGS-, ÜBERSICHTEN- UND TABELLENVERZEICHNIS</b>	<b>110</b>
<b>10</b>	<b>ANHANG</b>	<b>112</b>

## VERZEICHNIS DER VERWENDETEN ABKÜRZUNGEN

BFZF	Bayerisches Forschungszentrum für Fortpflanzungsbiologie
CR2	Charles Rosenkrans Medium
DFREML	Derivative-Free Restricted Maximum Likelihood
DFV	Deutsches Fleckvieh
DNA	Desoxyribonucleic Acid
ET	Embryo Transfer
GFP	Grün Fluoreszierendes Protein
GLM	General Linear Model
GZW	Gesamtzuchtwert
$h^2$	Heritabilität
HB-Nr.	Herdbuchnummer
IVP	<i>In vitro</i> Produktion
KB	Künstliche Besamung
KG	Klongeschwistergruppe
kg	Kilogramm
KGW	Körpergewicht
KT	Kerntransfer
LOS	Large Offspring Syndrome
LSM	Least Squares Means
MC	Mikrochirurgische Embryoteilung
MOET	Multiple Ovulation and Embryo Transfer
mSOF	Modifizierte Synthetische Ovidukt Flüssigkeit
MTDFREML	MT Derivative-Free Restricted Maximum Likelihood
mtDNA	Mitochondriale DNA
MW	Milchwert
MZ	Monozygote Zwillinge
NS	Natursprung
OPU	Ovum Pick Up
<i>p.p.</i>	<i>post partum</i>
proc.	Procedure
r	Korrelation
SCNT	Somatic Cell Nuclear Transfer
SD	Standardabweichung
SE	Standardfehler
V	Varianz
w	Wiederholbarkeit
ZEW	Zwillingseffizienzwert
ZW	Zuchtwert
ZWS	Zuchtwertschätzung

## 1 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Der Kerntransfer (KT) ist bereits eine Schlüsseltechnik in der medizinischen Forschung. Auch in der Nutztierzucht eröffnet die Erzeugung genetisch identischer Individuen durch Klonierungstechniken neue Perspektiven. Bei der Leistungsprüfung von monozygoten Zwillingen (MZ) bzw. Mehrlingen ist eine wesentlich höhere statistische Aussagekraft zu erwarten als mit Tieren, die einen geringeren Verwandtschaftsgrad aufweisen. Die Zuchtwertschätzung (ZWS) auf Fleischleistung und Fleischqualität würde mit höherer Genauigkeit erfolgen, was neben einer Erhöhung der Produktionssicherheit auch zu einer Beschleunigung des Zuchtfortschrittes führen könnte. Darüber hinaus müssten weniger Nachkommen geprüft werden, was erhebliche Kosteneinsparungen in Zuchtprogrammen bewirken würde. Für eine konsequente Umsetzung dieser neuen Verfahren in der Zuchtungspraxis muss neben dem züchterischen und wirtschaftlichen Nutzen auch das Auftreten von möglichen, unerwünschten Nebenwirkungen auf die Gesundheit und die Leistung der erzeugten Tiere durch kontrollierte, praxisorientierte Versuche überprüft werden. So wurde zwischen dem Bayerischen Forschungszentrum für Fortpflanzungsbiologie (BFZF) in Oberschleißheim, der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub und dem Lehrstuhl für Molekulare Tierzucht und Biotechnologie der LMU München ein umfangreiches Forschungsprogramm unter dem Titel „Optimierung der Prüfung auf Mastleistung und Schlachtwert an Stationen beim Rind durch Nutzung biotechnischer Methoden“ durchgeführt.

Das Ziel dieser Arbeit war zu überprüfen, ob mit Klongruppen (KG), bestehend aus MZ aus dem Embryo Transfer (ET) mikrochirurgisch geteilter Rinderembryonen (MC) und aus Mehrlingen aus dem ET durch KT erzeugter Embryonen, eine Verbesserung der ZWS von Besamungsbullen auf Fleischleistung und Fleischqualität durch höhere Genauigkeit und geringere Prüfkosten im Vergleich zu Voll- und Halbgeschwistergruppen aus konventionellem ET erfolgen könnte. So wurden, die im Rahmen des oben genannten Forschungsprogramms erzeugten männlichen Nachkommen auf der Station in Westerschondorf geprüft und die Aussagekraft der Prüfung auf Mast- und Schlachtwert mit Halbgeschwistergruppen (Nachkommenprüfung des Vaters der Prüflinge), Vollgeschwistergruppen, MZ und Kloneschwistergruppen (KG) für die an den bayerischen Mast- und Schlachtprüfungsstationen erfassten Merkmale verglichen und deren Eignung für die Tierzucht überprüft. Darüber hinaus wurde bei den erzeugten männlichen und weiblichen Geschwistern eine Reihe von weiteren Parametern erfasst und verglichen.

## 2 LITERATURÜBERSICHT

### 2.1 Erzeugung genetisch identischer Tiere

Monozygote Zwillinge (MZ) können spontan durch die getrennte Entwicklung beider Blastomeren eines Embryos im Zwei-Zell-Stadium (MEINECKE-TILLMANN und MEINECKE, 1983) oder durch Bildung von zwei inneren Zellmassen während der Entwicklung des Embryos zur Blastozyste oder beim Schlüpfvorgang aus der *Zona pellucida* entstehen (ROWSON und MOORE, 1964; HSU und GONDA, 1980; MASSIP *et al.*, 1983; NIEMANN und SACHER, 1984; VAN LANGENDONCKT *et al.*, 2000; BEHR und MILKI, 2003; DASIG *et al.*, 2004).

Beim Rind ist der Anteil an natürlich vorkommenden MZ sehr gering (0,14 - 0,44%) und das Auftreten wird in der Praxis selten überprüft (JOHANNSON *et al.*, 1974; KARLSEN *et al.*, 2000). Für verschiedene Forschungsprogramme und für die Praxis ist es deshalb sinnvoller, genetisch identische Tiere mit Hilfe biotechnischer Verfahren zu erzeugen. Dafür stehen heutzutage die MC und der KT zur Verfügung. Die Erzeugung monozygoter Mehrlinge bei landwirtschaftlichen Nutztieren wird durch BREM *et al.* (1987) und REICHEL und NIEMANN (1996) ausführlich beschrieben.

#### 2.1.1 Mikrochirurgische Embryo-Teilung

Unter MC (auch Embryosplitting genannt) versteht man das mechanische Teilen eines Embryos im frühen Entwicklungsstadium in möglichst gleichgroße Zellmassen mit ausreichenden Zellzahlen für die Aufrechterhaltung einer Embryonalentwicklung (BREM, 1986a,b). Die MC ist die einfachste und sicherste Form des Klonens beim Rind, wobei mit dieser Methode zwei (Zwillingsproduktion), theoretisch bis maximal vier völlig identische Embryonen bzw. Individuen pro Embryo erzeugt werden können (NIEMANN und MEINECKE, 1993). Die zur Teilung verwendeten Embryonen können entweder aus Spülungen der Uteri superovulierter Spendertiere im Rahmen des konventionellen ET hervorgehen (LANGE *et al.*, 1991) oder *in vitro* produziert werden (RHO *et al.* 1998a,b; SCHWARTZ und REICHENBACH, 1999). Erstmals beschrieben ANDERSON (1978), ANDERSON *et al.* (1978) und WILLADSEN *et al.* (1981) Methoden zur Erzeugung von MZ beim Rind. Daraufhin wurden monozygote Rinderzwillinge erfolgreich in den USA (WILLIAMS *et al.*, 1982; WILLIAMS und SEIDL, 1983) und in Frankreich (OZIL *et al.*, 1982) erzeugt. Techniken zur MC werden durch DANKOWSKI *et al.* (1983), KRÄUßLICH und BREM (1983), BREM *et al.* (1983), BREM (1986a,b), BREM *et al.* (1987) und SKRZYSZOWSKA *et al.* (1997) ausführlich beschrieben.

Wesentlichen Einfluss auf den Erfolg bei der Embryoteilung nehmen die Qualität und das Entwicklungsstadium des zu teilenden Embryos. Grundsätzlich gilt je intakter der Embryo, umso höher sind die Erfolgsaussichten beim Teilen (BREM, 1986a; b; REICHENBACH *et al.*, 1998).

BREM *et al.* (1987) berichteten über die Erzeugung von zeitungleichen Zwillingspaaren, nach Tiefgefrierkonservierung von Embryohälften. Die Graviditätsraten betragen 47,0% mit frisch geteilten Embryonen und 30,0% mit tiefgefrorenen Hälften. Durch Teilung zuvor tiefgefrorener Embryonen konnten damals keine Graviditäten erzielt werden. Durch den zeitlich versetzten ET von Embryohälften wäre es beispielsweise möglich, die Wartebullenhaltung zu reduzieren (BREM, 1997). Darüber hinaus stellt die zeitlich versetzte Übertragung von geteilten Embryonen eine hervorragend geeignete Methode zur Analyse von Genotyp-Jahr-Interaktionen dar (BREM, 1997).

Die MC wurde besonders im Rahmen von MOET-Programmen eingesetzt, in erster Linie um die Anzahl der graviden Empfängertiere nach der Superovulation eines Spenders zu erhöhen und somit den ET für die Praxis kostengünstiger zu gestalten (LANGE *et al.*, 1991). Nach ET beider Hälften eines geteilten Embryos auf einen Empfänger sind die zu erwartenden Graviditätsergebnisse mit denen nach ET eines ganzen Embryos vergleichbar (GORDON, 1994). ARAVE *et al.* (1987) erzielten bei dem ET von 181 einzelner Embryohälften auf Empfänger eine Graviditätsrate (Tag 60) von 57,0%. Die Abkalberate lag bei 51,0%. GRAY *et al.* (1991) erzeugten innerhalb von 3,5 Jahren 997 Graviditäten nach ET von 994 geteilten Embryonen. Dies entspricht einer Rate von 100,1% pro Embryo und 50,2% pro übertragener Hälfte. Es wurden 27,7% MZ und 44,8% Einzelkälber produziert. LEWIS (1994) erreichte eine Graviditätsrate von 56,0%. Die Graviditätsrate nach ET von Embryohälften guter bis sehr guter Embryonen bezifferte GORDON (1994) mit 50,0%. KIPPAX *et al.* (1991) erreichten sowohl nach ET von jeweils einer Embryohälfte pro Empfänger, als auch nach bilateralem ET beider Embryohälften eine Graviditätsrate von 57,0%. Der Anteil an Zwillinggraviditäten nach bilateralem ET der Hälften betrug 48,0%.

Der Einfluss der Embryoqualität, des Entwicklungsstadiums und der Kultivierungsbedingungen auf die Teilungsergebnisse und Graviditätsraten wurden durch KIPPAX *et al.* (1991), DE ARMAS *et al.* (1992), RIEDEL *et al.* (1995) und REICHENBACH *et al.* (1998) untersucht. Höhere Teilungs- und Graviditätsergebnisse wurden mit Blastozysten guter Qualität erzielt. Durch das Verpacken der Hälften in die *Zona pellucida*, vor dem ET, wurden die Ergebnisse nicht beeinflusst. In Abhängigkeit von der Kultivierungsdauer wurden jedoch schlechtere Entwicklungsraten erzielt. KÜCHENMEISTER *et al.* (2000) erzielten mit 136 geteilten und gesexten Embryonen 133 (97,8%) Graviditäten bezogen auf die Ausgangszahl der Embryonen. Dagegen wurden mit geteilten, nicht gesexten Embryonen 144,4% Graviditäten erreicht. Verluste sind durch Spätaborte (4,9%) und Totgeburten (8,7%) entstanden. LOPES *et al.* (2001) berichteten über 50,0 – 60,0% Graviditäten, wurde die Teilung und die Biopsie zur Geschlechtsbestimmung an *ex vivo* gewonnenen Embryonen unter Feldbe-

dingungen durchgeführt. RHO *et al.* (1998a,b) erzielten bei der Teilung von *in vitro* produzierten Embryonen guter Qualität hohe Weiterentwicklungsraten. Die Teilung *in vitro* produzierter Embryonen würde zu einer zusätzlichen Verbesserung der Effizienz von Ovum-Pick-Up (OPU)-Programmen führen (RHO *et al.*, 1998a,b).

### 2.1.2 Kerntransfer

Für die Erzeugung einer größeren Anzahl weitgehend genetisch identischer Tiere wird die Zellkerntransplantation oder kurz der Kerntransfer (KT) verwendet. Bei diesem Verfahren wird der Zellkern einer Zelle, sei es eine embryonale, eine fötale oder eine ausdifferenzierte adulte Körperzelle und dadurch ihre gesamte genetische Information, in eine unbefruchtete, zuvor entkernte, Eizelle des gleichen oder eines anderen Tieres übertragen. Ausführliche Beschreibungen der Technik sind bei WOLF *et al.* (1998a,b), GURDON und COLMAN (1999), COLMAN (1999/2000) WOLF *et al.* (2001) und ZAKHARTCHENKO (2004) nachzulesen. Die Effizienz einzelner Manipulationsschritte und die Ergebnisse beim KT mit embryonalen Zellen werden bei SOLTER (2000) und BREM (2001) beschrieben.

Die wesentlichen Unterschiede zwischen den Verfahren MC und KT liegen darin, dass sich die aus KT stammenden Kloneschwester hinsichtlich ihres mitochondrialen Genotyps unterscheiden können (STEINBORN *et al.*, 1998; HIENDLEDER *et al.*, 1999), und dass mit Hilfe des KT die Möglichkeit gegeben ist, größere Zahlen an Klonen eines schon ausgewachsenen Individuums herzustellen. Die Nachkommen aus KT innerhalb einer Klongruppe sind jedoch nicht völlig identisch, denn das Zytoplasma der Empfängereizellen enthält auch nach Entfernung des eigenen Chromosomensatzes (Zellkern) noch die mitochondriale DNA (ZAKHARTCHENKO, 2004). Die mitochondriale Heteroplasmie lässt sich durch die Verwendung von Zellen und Zytoplasma aus herkunftsgleichen Mutterlinien einschränken (HIENDLEDER *et al.*, 1999).

Die ersten Klone durch KT bei landwirtschaftlichen Nutztieren entstanden durch Verwendung von embryonalen Zellen als Kernspender (WILLADSEN, 1986). Beim Rind wurden die ersten Erfolge im Jahr 1987 erzielt (PRATHER *et al.*, 1987; ROBL *et al.*, 1987). Erfolgreiche Klonierung beim Rind, die ausschließlich im Labor erfolgte, ohne eine Zwischenkultur der klonierten Embryonen in temporären Empfängern, führten CLEMENT-SENGEWALD *et al.* (1990; 1992) durch. Nach dem ET von Embryonen aus KT mit embryonalen Zellen lagen die Erfolgsraten mit 6,0% (YANG *et al.*, 1993), 22,0% (BONDIOLI *et al.*, 1990), 42,0% (WILLADSEN *et al.*, 1991) und 52,0% (STICE und KEEFER, 1993) meist deutlich unter denen der KB und des konventionellen ET. STOCKINGER (1998) berichtete beim KT mit Embryonalzellen über 12,5% Graviditäten (Tag 42) und 8,3% Geburten.

Durch Verwendung von Embryonen aus Klonierung als Kernspender in einem weiteren Kerntransferzyklus (Reklonierung) kann die Effizienz des KT weiter erhöht werden (ZAKHARTCHENKO *et al.*, 1999b). ECTORS *et al.* (1995) erzielten nach zwei Reklonierungszyklen eine Teilungsrate von 79,0% und eine Weiterentwicklungsrate zu Morulae bzw. Blastozysten von 15,0%. Die Übertragung der Embryonen führte nach dem ersten bzw. zweiten Reklonierungszyklus zu 21,4% und 20,0% Kälbern. Ebenso gelang bei landwirtschaftlichen Nutztieren der KT nach Vermehrung von embryonalen Kernspenderzellen in der Kultur (CAMPBELL *et al.*, 1996; WELLS *et al.*, 1997).

WILMUT *et al.* (1997) berichteten erstmals über die erfolgreiche Klonierung mit somatischen Zellen und stellten das erste durch dieses Verfahren erzeugte Schaf „Dolly“ vor. Die Kernspenderzelle stammte aus dem Euter eines adulten Schafes. Anschließend wurde von verschiedenen Arbeitsgruppen gezeigt, dass auch mit fetalen Zellen (CIBELLI *et al.*, 1998), mit primordialen Keimzellen (ZAKHARTCHENKO *et al.*, 1998a) und mit Zellen von verschiedenen Geweben von ausgewachsenen Tieren (ZAKHARTCHENKO *et al.*, 1999a) erfolgreich kloniert werden kann (Übersichten bei BREM, 2001 und ZAKHARTCHENKO, 2004). Zusammenfassend beschreiben WILMUT *et al.* (1998) den KT unter Verwendung embryonaler und somatischer Zellen. Nach BREM (2001) liegt die Effizienz der Klonierung mit adulten Zellen beim Rind bei etwa 6,0%. Standardprotokolle für den KT und die anschließende *in vitro* Produktion (IVP) sind bei WELLS *et al.* (1999) nachzulesen. Vergleichende Untersuchungen zur Effizienz beider Verfahren wurden von LUCAS-HAHN *et al.* (2001) durchgeführt. Die Teilungs- bzw. Blastozystenraten erreichen für fetale Fibroblasten 70,0% bzw. 23,5% und für adulte Fibroblasten 76,3% bzw. 26,2%. Von insgesamt 18 auf 13 Empfängertiere übertragenen Blastozysten aus fetalen Zellen, wurden 4 Graviditäten (30,8%) erzeugt. Mit adulten Zellen entstanden 16 Blastozysten, die auf 16 Empfängertiere übertragen wurden und in 7 Graviditäten (43,7%) resultierten. Das erfolgreiche Reklonieren eines geklonten Fötus wurde durch HILL *et al.* (2001) beschrieben.

CHO *et al.* (2002) erzielten beim Rind folgende Graviditäts- und Geburtsraten, unter Verwendung von Kumuluszellen (62,5 und 18,2 %), Fibroblasten aus Ohrgewebe (68,8 und 27,3%), Eileiterzellen (28,6 und 12,5%) und uterinen Zellen (38,5 und 16,7%). Weitere Studien zu Blastozysten- und Graviditätsraten in Abhängigkeit vom verwendeten Zelltyp publizierten KISHI *et al.* (2000), FORSBERG *et al.* (2002) und POWELL *et al.* (2004).

Neben dem Einfluss der verwendeten Zellen werden die Erfolgsraten des KT unter anderem durch die Synchronisation des Zellzyklus der Kernspender- und Empfängereizelle und die Kulturbedingungen beeinflusst (LI *et al.*, 2004). Der Einfluss von Energie liefernden Kohlehydraten im Kulturmedium auf die Embryoentwicklungsraten wurde durch KWUN *et al.* (2003) untersucht. Fruktose und Glukose verbesserten die Blastozystenrate, Fruktose schien jedoch ein besserer Energielieferant als Glukose zu sein. CHOI *et al.* (2002) verglichen die Blastozysten- und Graviditätsraten nach

Verwendung von zwei verschiedenen Kulturmedien. Die Entwicklungsrate zur Blastozyste war im mSOF höher als im CR2 Medium, die Graviditätsraten wurden dadurch jedoch nicht beeinflusst. Ebenso übte das Volumen des verwendeten Zytoplasmas einen Einfluss auf die Blastozystenrate aus (PEURA *et al.*, 1997; 1998).

Die Zeitpunkte der Fusion und der Aktivierung scheinen auf die Entwicklungsrate der Embryonen Einfluss zu nehmen, jedoch weder auf die Graviditätsraten noch auf die Gesundheit der erzeugten Kälber (DU *et al.*, 1995; AKAGI *et al.*, 2003). CHOI *et al.* (2004) untersuchten den Einfluss der Aktivierungszeit auf die Blastozystenrate. Wurden die Eizellen zwei Stunden nach Fusion aktiviert, so entwickelten sich diese zu 17,3 - 21,7% Blastozysten, wurden die Eizellen später aktiviert, entwickelten sich nur 0 - 8,3% zu Blastozysten. DU *et al.* (2002) untersuchten den Einfluss des Aktivierungsprotokolls unter Verwendung von embryonalen und somatischen Zellen und der Maturationsphase der Eizellen auf die Entwicklungsraten. Weitere Ergebnisse über den Einfluss der verwendeten Aktivierungsprotokolle sind bei BOOTH *et al.* (2001) zu finden. Keinen Effekt auf die Erfolgsrate beim KT hatte die Größe des Follikels aus denen die Empfängereizellen gewonnen wurden (PIEDRAHITA *et al.*, 2002). Eine Zusammenfassung der Effizienz des KT hat PATERSON (2001) erstellt. Im Durchschnitt wurden 16,5% Kälber aus den übertragenen Embryonen geboren, jedoch verendeten bis zu 50,0% der Kälber in den ersten Wochen nach der Geburt.

PEURA (2003), VAJTA *et al.* (2003), PEURA und VAJTA (2003), TECIRLIOGLU *et al.* (2004), VAJTA *et al.* (2004), VAJTA (2004) und VAJTA *et al.* (2005) beschrieben neue Klonierungstechniken, wie das Verfahren in umgekehrter Reihenfolge (reverse-order cloning) und das handgemachte Klonen (hand made cloning), wodurch Blastozystenraten von 19,0 - 23,0% und Graviditätsraten von bis zu 35,0% erzielt wurden.

Eine Steigerung der Effizienz beim KT kann durch das sog. „assisted hatching“, das Eröffnen der *Zona pellucida* vor dem ET, erreicht werden (ZAKHARTCHENKO *et al.*, 1998b; De VOS und VAN STEIRTEGHEM, 2000).

## **2.2 Anwendungsmöglichkeiten der Klonierung**

Die Klonierung bietet potentiell eine Nutzung vor allem in der biomedizinischen Forschung (ZHANG *et al.*, 1999; COHEN *et al.*, 2000; TROUNSON, 2001; RIDEOUT *et al.*, 2002), insbesondere in Kombination mit dem Gentransfer (BREM, 2001; GALLI *et al.*, 2003). Eine sehr kontrovers diskutierte Anwendung stellt das therapeutische Klonen für die Gewinnung embryonaler Stammzellen, um Gewebe und Organe für Transplantationszwecke zu züchten, dar (AUCHINCLOSS *et al.*, 2002; MUNSIE *et al.*, 2002; BRENNER *et al.*, 2004; LANZA *et al.*, 2004; KUES *et al.*, 2005).

Des Weiteren bietet das Klonen neue strategische Möglichkeiten in der Tierzucht und in der Tierproduktion (BREM, 1997). Voraussetzung für die Nutzung der Klonierung ist jedoch die Erzeugung von normalen Graviditäten und gesunden Nachkommen in der gleichen Häufigkeit, wie sie auch nach Einsatz anderer Reproduktionsbiotechniken erwartet werden (REICHENBACH *et al.*, 2004). Weitere Anwendungen der Klonierung, wie die Erzeugung von männlichen Tieren, die nur Spermien mit definierten Geschlechtschromosomen liefern, die Vermehrung von Tieren die polyklonale Antikörper erzeugen und die durch natürliche Fortpflanzung nicht erhalten werden können, oder die Erzeugung von Tiermodellen speziell mit der Maus, werden von FORSBERG (2005) beschrieben.

### 2.2.1 Erzeugung transgener Tiere

Lange Zeit wurde für die Erzeugung von transgenen Tieren die Technik der Mikroinjektion der gewünschten DNA in die Vorkerne von Zygoten verwendet, die nach wie vor nicht sehr effizient ist (WHEELER, 2003). Eine viel versprechende Möglichkeit zur Generierung von transgenen Tieren ist das Klonen unter Verwendung von Zelllinien, in die zuvor in der Kultivierungsphase das gewünschte Genkonstrukt eingeschleust wurde (ARAT *et al.*, 2001; 2002). Die Erzeugung von transgenen Tieren durch KT ist effizienter und kostengünstiger, und es werden weniger Empfängertiere als bei der Mikroinjektionstechnik benötigt (CIBELLI *et al.*, 1998; KARATZAS, 2003; BROPHY *et al.*, 2003). Denkbare Ziele des Gentransfers in Verbindung mit der Klonierung sind die Vorbestimmung des Geschlechts, Leistungs- und Qualitätssteigerung tierischer Produkte und eine gezielte Beeinflussung gewünschter Eigenschaften, wie Krankheitsresistenz.

Ein erster Anwendungsbereich ist das sog. „gene pharming“, die Nutzung der auf dieser Weise erzeugten transgenen Tiere für die Erzeugung therapeutisch nutzbarer Proteine, z.B. in der Milch, unter anderem zur Produktion von rekombinanten Antikörpern (GROSSE-HOVEST *et al.*, 2004) oder von polyklonalen humanisierten Immunglobulinen (KUROIWA *et al.*, 2002) für die Humanmedizin. Ein weiterer Bereich ist die Erzeugung von transgenen Tieren als Tiermodelle für die Erforschung der Ursachen von bestimmten menschlichen Erkrankungen und die Entwicklung von Therapiekonzepten (WILMUT, 1998). Durch die Technik können auch „gene knock-out“ Tiere mit erhöhter Krankheits- und Parasitenresistenz erzeugt werden (DENNING *et al.*, 2001). Zum anderen ist es denkbar, geklonte transgene Tiere als Organspender für den Menschen (Xenotransplantation) zu nutzen (FRENCH *et al.*, 1998; ZAWADA *et al.*, 1998; LANZA *et al.*, 1999; DAI *et al.*, 2002; LAI *et al.*, 2002; LANZA *et al.*, 2002).

Für die Überprüfung der Transgenität können die Kernspenderzellen mit dem grün fluoreszierenden Protein (GFP) transfiziert und unter dem UV-Licht untersucht werden (ROH *et al.*, 2000; CHEN *et al.*, 2002; BORDIGNON *et al.*, 2003). GONG *et al.* (2004) erzeugten durch KT mit GFP-

transfizierten fötalen Eileiterepithelzellen 3 gesunde transgene Kälber nach ET von 17 Embryonen. ZAKHARTCHENKO *et al.* (2001) beobachteten jedoch eine geringere Effizienz nach Einsatz von transfizierten, verglichen zu nicht transfizierten Zellen. Neuere Methoden zur Transduktion der kultivierten Zellen durch Verwendung von lentiviralen Vektoren führten zu besseren Ergebnissen (HOFMANN *et al.*, 2003a, b).

### **2.2.2 Erhaltung vom Aussterben bedrohter Tierarten**

Der KT eröffnet neue Möglichkeiten zur Erhaltung gefährdeter Arten (WELLS, 2000). Nach Schätzungen sind ca. 5200 Säugetierarten vom Aussterben bedroht (RYDER *et al.*, 2000). Verschiedene Reproduktionsbiotechniken, wie KB, ET, OPU und IVP, können an frei lebenden Wildtieren nur schlecht durchgeführt werden. Für den KT können hingegen Gewebeproben entweder von lebenden oder von kürzlich verstorbenen Wildtieren entnommen und zur Anzucht von Zellkulturen genutzt werden.

WELLS *et al.* (1998) zeigten durch das Klonieren der letzten Enderby Island Kuh den praktischen Nutzen dieser Technik für die Erhaltung bedrohter Tierarten. Nach CORLEY-SMITH und BRANDHORST (1999) muss jedoch überprüft werden, inwieweit die bei Haustieren erprobten Techniken auf Wildarten übertragbar sind.

Einige Beispiele und Theorien für den Einsatz des KT zur Erhaltung gefährdeter Wildtierarten beschreiben HOLT *et al.* (1999; 2004). So könnte eine Klongruppe eines jeden Tieres in die Population aufgenommen werden, um sie zu vergrößern, ohne jedoch die genetische Variabilität dadurch zu erhöhen (HOLT *et al.* 2004).

DOMINKO *et al.* (1999) erzeugten Embryonen nach Fusion von artfremden Zellen (Schaf, Schwein, Affe und Ratte) mit Rinderzytoplasten. GOMEZ *et al.* (2003) führten Untersuchungen zum Transfer von Zellkernen aus somatischen Zellen von Afrikanischen Wildkatzen in enukleierte Eizellen von Hauskatzen durch. Über die erfolgreiche Erzeugung eines Wildschafes durch KT mit Eizellen des Hausschafes berichteten LOI *et al.* (2001). LANZA *et al.* (2000) erzielten Graviditäten und Geburten nach ET von Embryonen aus KT mit somatischen Zellen eines Gaur Bullen und Eizellen eines Hausrindes auf *Bos taurus* Empfänger. Die erzeugten Nachkommen wiesen jedoch 1,0 – 3,0% *Bos taurus* mtDNA auf. Das so geklonte Gaur verstarb einige Tage nach der Geburt an einer bakteriellen Infektion (VOGEL, 2001). Würden nach HOLT *et al.* (2004) weibliche Spenderzellen von Artverwandten Wildtieren für den Kerntransfer in *Bos taurus* Eizellen verwendet werden, würden diese Erzeugten weiblichen heteroplasmatischen Tiere über die maternale Linie diese fremde mtDNA weitervererben. Unter Verwendung männlicher Kernspender, würden ebenso heteroplasmatische Nachkommen erzeugt werden, die jedoch die fremde mtDNA durch Anpaarung mit Tieren

der eigenen Spezies nicht weitervererben. Weitere Ergebnisse zum Transspezies-Klonen zur Erhaltung der Arten zeigten SEIKUN *et al.* (2001).

### 2.2.3 Klonierung in der Tierzucht

Die in den 80er Jahren erstmals organisierten MOET (Multiple Ovulation and Embryo Transfer) Nukleuszuchtprogramme beschleunigen durch die Erhöhung der Nachkommenzahl den Zuchtfortschritt und verbessern deutlich die Schätzungsmöglichkeiten von genetischen Parametern (NICHOLAS, 1996). Schon damals wurde die Idee verfolgt, dass für die Erzeugung genetisch identischer Nachkommen eine Reihe von Anwendungsmöglichkeiten bestehen, die über die Modellfunktion für Forschungsprogramme hinausgehen und in der Besamungszucht anzusiedeln sind (BREM, 1986a, b). Als nun 1986 der KT mit Embryonalzellen entwickelt wurde, öffnete sich die Möglichkeit größere Gruppen genetisch identischer Tiere zu erzeugen (WILLADSEN, 1986). Ein weiterer Fortschritt erfolge durch den KT kultivierter somatischer Zellen. Mit „Klonschaf Dolly“ (WILMUT *et al.*, 1997) begann eine Flut von wissenschaftlichen Arbeiten, die sich, neben dem tierzüchterischen Aspekt, mit den verschiedensten Anwendungsbereichen des KT befassten. Zusammenfassend erläutern BREM (1997) und GALLI *et al.* (2003) die Einsatzmöglichkeiten des KT in der Tierzucht. Weitere Anwendungsmöglichkeiten in der Tierzucht sind bei WOLF (1998, 2000), WELLS (2003), OBACK und WELLS (2003), WELLS *et al.* (2003) und KUBOTA *et al.* (2004) nachzulesen. CLAXTON *et al.* (2004) fassen ethische, rechtliche und soziale Aspekte der Klonierung bei Haustieren zusammen.

BREM (1986a) hat die Aussichten des züchterischen Einsatzes von identischen Zwillingen aus MC umfassend beschrieben. In einem ersten Programm wurden Nachkommen von männlichen Zwillingspaaren auf Mast- und Schlachtleistung geprüft. Die Korrelationen zwischen den Prüfergebnissen der Zwillingsgeschwister waren durchweg hoch (DISTL *et al.*, 1990). Auf Grund dieser Ergebnisse (Korrelationen zwischen Prüfergebnisse über  $r = 0,8$ ) wäre es denkbar, die Prüfung auf Mast- und Schlachtleistung durch eine Zwillingsgeschwisterprüfung zu ersetzen, was zu einer Erhöhung der Prüfkapazitäten führen würde. Die damaligen Untersuchungen haben gezeigt, dass durch die Prüfung von genetisch identischen Tieren die Genauigkeit der ZWS erhöht und die Fehlervarianz verringert werden könnte (BREM, 1986a; DISTL *et al.*, 1990; DISTL *et al.*, 1991). Die verschiedenen Möglichkeiten des züchterischen Einsatzes von genetisch identischen Individuen in Zuchtprogrammen werden von BREM (2001) ausführlich dargelegt und besprochen. Für die Zuchtwertschätzung würde der Einsatz von Klengruppen die Anzahl der benötigten Tiere reduzieren und dadurch käme es zu einer besseren Nutzung der Prüfkapazitäten, ohne die Genauigkeit zu beeinträchtigen (McCLINTOCK, 1998).

Die Klonierung ist jedoch kein Züchtungsverfahren und die Technik allein bewirkt keinen Zuchtfortschritt bei der Klongruppe im Verhältnis zum Kernspender (BREM, 1997). Ein solcher Einsatz würde den bisherigen Trend der Reduzierung der genetischen Vielfalt nur verschärfen. Klone sind jedoch für Untersuchungen von Genotyp-Umwelt-Interaktionen, Genotyp-Jahr-Interaktionen und auch für die Erfassung und Untersuchung maternaler Effekte sehr gut geeignet (BREM, 1997). Die Kombination genetischer und klonaler Selektion könnte, wenn korrekt geplant, zu einer deutlichen Beschleunigung des Zuchtfortschrittes führen (BREM, 1997). Darüber hinaus kann durch Klonierung das genetische Potential von Zuchtbullen, die aus Alters- oder Gesundheitsgründen ausscheiden, erhalten werden (SHIGA *et al.*, 2005). Auch könnten zeitversetzte Kloneschwister für die Eigenleistungsprüfung auf Station genutzt werden. Am Ende der Prüfung werden durch Schlachtung eines der Klone Informationen über die Fleischleistung und die Fleischqualität gewonnen, die dazu dienen können, die verbliebenen Kloneschwister effizienter zu selektieren (KUBOTA *et al.*, 2004). BREM *et al.* (1983, 1986b, 2001) beschreiben eine ebenso denkbare tierzüchterische Strategie in der eine Embryohälfte zunächst tiefgefroren und die dazugehörige Hälfte frisch übertragen wird. Sollte jedoch aus dem Frischtransfer der ersten Hälfte keine Gravidität entstehen, so kann daraufhin die dazugehörige Hälfte aufgetaut und übertragen werden (Abbildung 1).

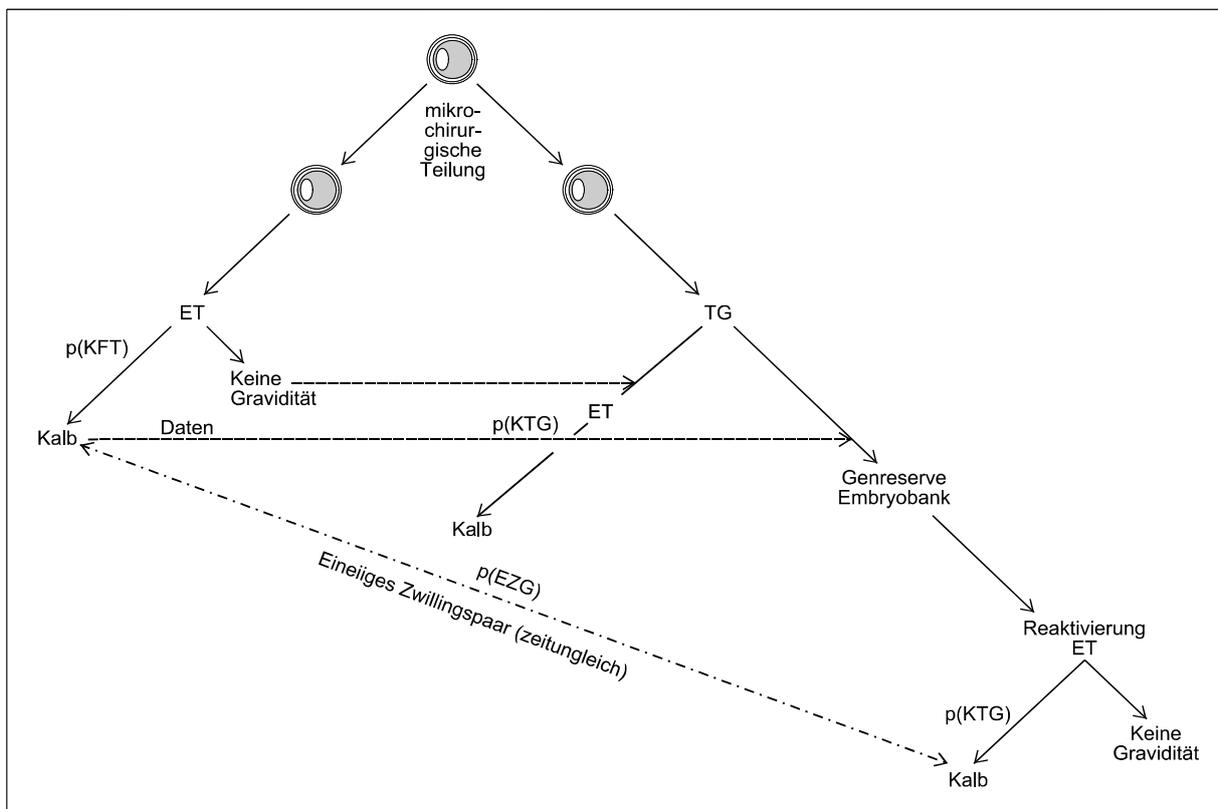


Abb. 1: Schema zur Produktion zeitungleich geborener Zwillingspaare (aus Brem, 1986a).

BREM (1997) und BREM *et al.* (1987) nennen folgende Vorteile und Einsatzmöglichkeiten von monozygoten Zwillingen in der Tierzucht:

- Reduzierung der Wartebullenhaltung, kombiniert mit einer Eigenleistungsprüfung auf Schlachtkörper- und Fleischqualität.
- Erleichterung und Verbesserung beim Export und Verkauf hochwertiger Zuchttiere, da der jeweilige MZ zu dem tiefgefrorenen Embryo hinsichtlich seines Phänotyps und seiner Leistung beurteilt werden kann.
- Verbesserung bei der Anlage von Embryobanken, da über die in der Embryobank gelagerten Individuen objektive Leistungsdaten und weitere Informationen, z.B. Geschlecht, Exterieur etc. vorliegen.
- Die Verwendung genetisch identischer Tiere führt in Experimenten, die nicht zeitlich wiederholt werden, zu einer konsequenten Verminderung der Fehlervarianz.
- Behandlungseffekte sind genauer schätzbar, wenn Behandlungsalternativen auf genetisch identische Tiere verteilt werden.
- Versuche und Vergleiche können bereits während der Gravidität, im perinatalen Zeitraum und während der ersten Aufzuchtswochen durchgeführt werden.
- Durch Verteilung der genetisch identischen Tiere auf verschiedene Umwelten können Genotyp-Umwelt-Interaktionen besser untersucht werden. Eine Trennung der Varianzkomponenten kann durch mehrere gleichzeitige Beobachtungswerte erreicht werden (z. B. Einfluss des Klimas, subtropisch oder tropisch, durch Verteilung genetisch identischer Tiere).
- Untersuchung der Genotyp-Jahr-Interaktionen durch Tiefgefrierlagerung und zeitlich versetztem ET. Bei konsequenter Anwendung, Schätzung des genetisch bedingten Zuchtfortschrittes.
- Erfassung maternaler Effekte.
- Untersuchung von Krankheitsdispositionen und Erbfehlern.
- Erhaltung genetischer Ressourcen.
- Einschränkung genetischer Vielfalt für Versuchszwecke, in denen es strebenswert ist bekannte Genotypen zu verwenden.

BOUSQUET und BLONDIN (2004) sehen neben dem Einsatz von KG in der ZWS einen möglichen Einsatz des KT zur Erzeugung von Kopien von Bullen mit hoher Nachfrage. Ebenso könnten Kopien von sehr leistungsstarken Kühen erzeugt werden. Eine ähnliche Einschätzung bezüglich des Einsatzes des KT für die Landwirtschaft sehen FABER *et al.* (2004) und PATERSON *et al.* (2003). Zusammenfassend beschreiben LEWIS *et al.* (1998) und TROUNSON (2001) den industriellen Einsatz des KT für die Landwirtschaft.

In der Tierzucht könnte der KT auf zwei Wegen kommerziell genutzt werden. Zum einen können wertvolle genetisch überlegene Tiere vermehrt (serielles Klonen, KUBOTA *et al.*, 2004) und mehr-

fach angepaart werden und zum anderen kann durch einfache genetische Manipulation der Spenderzellen in Kultur, transgene Tiere erzeugt werden (ZAKHARTCHENKO, 2004).

Der Einsatz des KT in der Landwirtschaft bzw. Tierzucht wird von LEWIS *et al.* (1998) erörtert. Der limitierende Faktor für den Einsatz dieser Technik ist immer noch die geringe Effizienz (6,0% Geburtsrate) und die daraus entstehenden Kosten pro Kalb. Die Kosten für die Erzeugung von 25.000 transferierbaren Embryonen würden sich auf 375.300 US-Dollar belaufen (Gehälter, Ausrüstung, Unterhaltungskosten, Auto, Telefon etc.), dies wären 15 US-Dollar pro Embryo. Bei einer Geburtsrate von 6,0% würde die Erzeugung eines Kalbes 250 US-Dollar kosten (ohne Tierarztkosten) (LEWIS *et al.*, 1998).

## **2.3 Nutzungsmöglichkeiten in der Zuchtwertschätzung**

### **2.3.1 Zuchtwert**

Nach KRÄUßLICH (1997) ist der Zuchtwert (ZW) die doppelte Abweichung des Durchschnitts vieler Nachkommen vom Vergleichsdurchschnitt. Der ZW eines Bullen wird in Bayern überwiegend durch seine auf Station und im Feld getesteten Nachkommen berechnet. Die Nachkommenprüfung stellt derzeit den genauesten Weg für die Schätzung der ZW auf Fleischleistung dar. Er bietet die Möglichkeit der Erfassung von zusätzlichen Daten, die nicht am lebenden Tier erfasst werden können, wie Schlachtkörpermerkmale, Fleischqualität, etc.

Das Zuchtziel für DFV in Bayern ist sowohl auf Milch als auch auf Fleischleistung ausgerichtet. Das Zuchtziel auf Fleischleistung liegt bei Tageszunahmen von Jungbullen bei über 1.300g. Wesentliche Ziele sind ein hervorragender Schlachtkörperwert durch hohe Schlachtausbeute (über 60,0%), hohen Fleischanteil (über 70,0%) und vorzügliche Fleischqualität. Um das Zuchtziel zu erreichen, werden zur Zeit 6 Nachkommen pro KB-Prüfbulle auf Station getestet. Je mehr Nachkommen geprüft werden, desto genauer ist die Zuchtwertschätzung (ZWS). Durch den Einsatz von MZ könnte die Zahl der zu testenden Nachkommen, ohne den Verlust der Genauigkeit, verringert werden. Schon HANCOCK (1954) berichtet, dass die Verwendung von MZ zu einer Verminderung der Fehlervarianz und damit zu einer Steigerung der statistischen Effizienz bzw. Empfindlichkeit führen könnte. DISTL *et al.* (1990) sehen in der Verwendung von identischen Genotypen einen großen Vorteil für die ZWS, wenn diese in der Eigenleistungsprüfung zum Einsatz kommen. Die Ergebnisse von DISTL *et al.* (1990) zeigten, dass die geprüften MZ sehr ähnliche Leistungen erbrachten.

### 2.3.2 Fleischleistungsprüfung

Die Fleischleistungsdaten in Bayern werden an zwei Prüfstationen, Schwarzenau (250 Plätze) und Westerschondorf (730 Plätze) ermittelt (KÖGEL, *et al.*, 1999). Das Ziel einer Fleischleistungsprüfung ist die Ermittlung von Leistungswerten, die Rückschlüsse auf das potentielle, vererbte Leistungsvermögen eines Bullen zulassen. Es wird davon ausgegangen, dass die Durchführung der Fleischleistungsprüfung mit MZ die Zahl der zu prüfenden Nachkommen reduzieren kann. Die Reduktion der Prüfgruppen von 10 auf 6 Tiere erfolgte schon durch einbeziehen von Prüfergebnissen verwandter Tiere (KÖGEL *et al.*, 1999). Zur Berechnung eines ZW "Fleisch" werden die in der *Tabelle 1* aufgeführten Merkmale erfasst und ausgewertet. Ergebnisse der Fleischleistung, der auf Station geprüfter Nachkommen, im Prüfljahr 2000 sind in *Tabelle 1* enthalten.

Tab. 1: Ergebnisse der Nachkommenprüfung für DFV (Jahresbericht der BLT, 2000)

Merkmale		Westerschondorf n = 343		Schwarzenau n = 100		Beide Stationen n = 443	
		$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
Geburtsgewicht	kg	42,5	11,8	42,3	11,6	42,5	11,8
Einstellgewicht	kg	89,0	11,0	88,4	10,7	88,9	10,9
Gewicht 112. Tg.	kg	146,6	13,6	159,3	15,9	149,5	15,1
Gewicht 196. Tg.	kg	246,6	26,3	266,2	27,7	251,1	27,8
Gewicht 280. Tg.	kg	372,3	36,5	384,4	36,8	375,1	36,9
Gewicht 364. Tg.	kg	492,4	42,9	495,9	38,2	493,2	41,9
Mastendgewicht	kg	599,9	50,7	610,3	45,3	602,3	49,7
Schlachthofgewicht	kg	572,4	49,0	591,6	44,2	576,7	48,6
Schlachtalter	Tage	449,7	3,0	448,6	3,3	449,4	3,1
Tgl. Zun. S. Geburt	g	1247,0	113,0	1274,0	100,0	1253,0	110,0
Tgl. Zun. ab 112. Tg.	g	1346,0	131,0	1343,0	116,0	1345,0	127,0
Tgl. Zun. 112.-364. Tg.	g	1372,0	142,0	1335,0	120,0	1364,0	138,0
Tgl. Zun. Ab 364. Tg.	g	1268,0	265,0	1367,0	239,0	1291,0	263,0
Schlachtgewicht	kg	329,6	29,6	346,0	29,2	333,3	30,3
Schl. Ausbeute <sup>1)</sup>	%	57,6	1,5	58,4	1,4	57,8	1,5
Nettozunahme <sup>2)</sup>	g	733,0	65,0	771,0	65,0	741,0	67,0
Pistolenanteil <sup>3)</sup>	%	42,6	1,5	43,8	1,0	42,9	1,2
Hautgewicht	kg	51,4	5,7	54,7	5,3	52,1	5,8
Kopfgewicht	kg	25,8	2,1	27,2	2,2	26,1	2,2
4-Füßgewicht	kg	11,5	0,9	11,9	1,0	11,6	0,9
Abschnitte <sup>4)</sup>	kg	19,0	4,0	19,3	2,8	19,1	3,8
Hautanteil <sup>5)</sup>	%	9,0	0,8	9,2	0,7	9,1	0,7
Kopfanteil <sup>5)</sup>	%	4,5	0,3	4,6	0,3	4,5	0,3
4-Füßeanteil <sup>5)</sup>	%	2,0	0,1	2,0	0,1	2,0	0,1
Abschnitteanteil <sup>5)</sup>	%	3,3	0,6	3,3	0,4	3,3	0,5
Hälftenlänge Hl.	cm	134,3	4,0	135,8	3,9	134,6	4,1
Keulenumfang/Hl.	%	87,0	3,8	90,2	3,0	87,8	3,9

Tab. 1: Forts. ... Ergebnisse der Nachkommenprüfstation für DFV (Jahresbericht der BLT, 2000)

Muskelfl. 8./9. Rippe	cm <sup>2</sup>	63,6	7,7	67,3	8,1	64,4	7,9
Bemuskelung lebend	(1-9)	5,2	0,5	5,9	0,7	5,4	0,6
Bemuskelung geschlachtet	(1-9)	5,1	0,8	5,4	1,0	5,1	0,9
EUROP- Klasse	(5-1)	3,2	0,5	3,2	0,5	3,2	0,5
Fettgewebssklasse	(1-5)	2,7	0,4	2,9	0,3	2,8	0,4
Nierentalganteil <sup>6)</sup>	%	2,6	0,7	2,7	0,5	2,6	0,7
Muskelfleisch <sup>7)</sup>	%	68,7	1,9	69,8	1,4	68,9	1,8
Fettgewebe <sup>7)</sup>	%	12,5	2,2	11,9	1,5	12,4	2,1
Fleischanteil <sup>7)</sup>	%	81,2	1,0	81,8	0,9	81,2	1,0
Muskelf. / Knochen	:1	3,7	0,2	3,8	0,2	3,7	0,2
Intr. Fettgehalt	%	2,0	0,8	2,5	0,9	2,0	0,8

<sup>1)</sup> Schlachtausbeute = Schlachtgewicht x 100 / Schlachthofgewicht; <sup>2)</sup> Nettozunahmen (g/Tag) = Schlachtgewicht x 1000 / Schlachtag; <sup>3)</sup> Pistole = Hinterviertel an 9. Rippe minus Bauchseitige Dünnung; <sup>4)</sup> Rechtlich abzutrennende Schlachtkörperteile, u.a. Nierentalg; <sup>5)</sup> Anteil am Schlachthofgewicht; <sup>6)</sup> Anteil am Schlachtgewicht; <sup>7)</sup> Mit Regressionsgleich. aus Schlachtmerkmalen geschätzt (Knochen inkl. Sehnen)

Beim Kerntransfer mit somatischen Zellen (SCNT) ist es bekannt, das durch epigenetische Veränderungen (WELLS, 2005; JAENISCH *et al.*, 2005) Klongruppen gewisse Abnormalitäten (NAICALOEBELL, 2001) und große Variabilitäten untereinander aufweisen können (LEE *et al.*, 2004). TAKAHASHI und ITO (2004) und TOMÉ *et al.* (2004) zeigten jedoch, dass speziell Milch und Fleischprodukte von Tiere aus KT sich nicht von Produkten nicht geklonter Rinder unterschieden.

## 2.4 Einflussfaktoren auf die intrauterine Entwicklung und das Wachstum

Das Wachstum beginnt pränatal nach der Konzeption und wird ab diesem Zeitpunkt durch die uterinen maternalen Einflüsse mitbestimmt (maternale Effekte). Postnatales Wachstum zeigt sich überwiegend durch Größen- und Gewichtszunahme, Änderung der Körperkondition und der Körperzusammensetzung in Abhängigkeit von Umwelteinflüssen (Klima, Aufstallung, Krankheitsdruck, Aufzuchtart, Jahr, Saison, Fütterung, etc.) aus. Das Wachstum kann in Verlaufskurven gut dargestellt werden (SCHÖNMUTH und SEELAND, 1994).

HOLLAND und ODDE (1992) fassten die Einflussfaktoren auf das fetale Wachstum bzw. auf das Geburtsgewicht von Kälbern aus KB wie folgt zusammen: genetische Faktoren (Eltern, Rasse, Heterosiseffekt, Inzuchteffekt, Geschlecht, genetische Anomalien) und Umwelteinflüsse (Alter, Größe, Gewicht und körperliche Kondition der Mutter, Gravitätäsdauer, Haltung, Klima bzw. saisonale Einflüsse). Darüber hinaus kann die Entwicklung der Kälber durch biotechnische Faktoren, wie die Behandlung der Gameten und Embryonen (KT, IVP) und die Anzahl der transferierten Embryonen pro Empfänger (MZ, Drillinge), beeinflusst werden. Zur Systematisierung lassen sich 3 Komplexe bilden: genetische, maternale und produktionstechnische Einflüsse.

### 2.4.1 Genetische Einflüsse

Neben der individuellen Veranlagung zählen hierzu die Rasse und das Geschlecht. Unterschiede in der Körperentwicklung zwischen den verschiedenen Rassen treten bereits während der Entwicklung der Embryonen und Föten im Mutterleib auf, so können Masthybriden eine bis zu 16,8% höhere Geburtsmasse als Milchrinder aufweisen (WEIHER *et al.*, 1991). In zahlreichen Untersuchungen wurde beobachtet, dass fleischbetonte Zweinutzungsrassen, wie das Deutsche Fleckvieh (DFV), den mehr milchbetonten Rassen, wie Braunvieh oder Schwarzbunten, in den Merkmalen tägliche Zunahme bzw. Gewicht und Futtermittelverwertung deutlich überlegen sind (AUGUSTINI, 1987; STEEN, 1995; STEEN und KILPATRICK, 1995). Ebenso bestehen Unterschiede zwischen fleischbetonten und milchbetonten Rassen in der Schlachtkörperzusammensetzung. Fleischrassen haben allgemein einen höheren Muskelfleischansatz und einen niedrigeren Fettansatz (AUGUSTINI, 1987; NEUMANN *et al.*, 1990; MANDELL *et al.*, 1997; LABORDE *et al.*, 2001).

Das Geschlecht bestimmt die Kategorie, da zwischen den Geschlechtern deutliche Unterschiede auftreten können. So werden zwischen den Kategorien Jungbulle, Färse und Ochse bei gleicher Handelsklasse unterschiedliche Gewebeanteile beobachtet. Die Wachstumsrate bei Bullen ist höher als bei Ochsen und Rindern und der Fettansatz beginnt später. PATTERSON *et al.* (1993) ermittelten bei Bullen einen höheren Magerfleischanteil, Knochenanteil, ein geringeres Körperhohlräumfett und einen besseren Körperbau als bei Färsen. Bessere Mastergebnisse und ein höherer Magerfleischanteil bei Bullen als bei Färsen wurden durch TEMISAN (1987), STEEN (1995) und STEEN und KILPATRICK (1995) beobachtet.

Die individuelle Veranlagung entsteht durch die zufällige Kombination der Gene der Eltern. Zwar werden die Gene bei der Befruchtung zufällig kombiniert, alle Nachkommen einer Paarung haben jedoch im Durchschnitt zu 50,0% die gleichen Gene. Dadurch unterliegen geschätzte Zuchtwerte (ZW) von Vollbrüdern einer großen Variabilität (DODENHOFF 2000, 2001). Dagegen weisen MZ aus MC eine gleiche genetische Veranlagung auf. Eine gewisse Sonderstellung nehmen geklonte Tiere aus KT durch die DNA in den Mitochondrien der Empfängereizellen, die ausschließlich über die Mutterlinie vererbt werden (GIBSON *et al.*, 1997; BREM 1997, 2001) ein. Wurden Empfängereizellen unterschiedlicher Kühe beim KT verwendet, unterscheiden sich die daraus resultierenden Nachkommen durch diesen Anteil der DNA. Die erzeugten Tiere sind deshalb nicht 100%ig genetisch identisch, was zu unterschiedlichen Leistungen führen kann. Dieser Zusammenhang kann durch einen Verwandtschaftskoeffizienten ( $r$ ) ausgedrückt werden (*Übersicht 1*).

Übersicht 1: Koeffizienten der genetischen Kovarianz verwandter Tiere (BREM, 1997).

Kovarianzen zwischen	Kausale Komponenten				
	Varianzen				
	$V_{Ga(d)}$	$V_{Ga(m)}$	$V_{Gd(d)}$	$V_{Gd(m)}$	$V_{Mt(m)}$
Kov MZ	1	1	1	1	1
Kov KG	1	1	1	1	0
Kov VG	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{4}$	1	1
Kov M NK	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	1
Kov M HG	$\frac{1}{4}$	1	0	1	1
Kov V NK	$\frac{1}{2}$	0	0	0	0
Kov V HG	$\frac{1}{4}$	0	0	0	0

*MZ = Monozygote Zwillinge; KG = Kloneschwister; VG = Vollgeschwister; HG = Halbgeschwister; V = Vater; M = Mutter; NK = Nachkommen;  $V_{Ga(d)}$  = Varianz additiver Genwirkungen, direkte Effekte;  $V_{Ga(m)}$  = Varianz additiver Genwirkungen, maternale Effekte;  $V_{Gd(d)}$  = Varianz dominanzbedingter Genwirkungen, direkte Effekte;  $V_{Gd(m)}$  = Varianz dominanzbedingter Genwirkungen, maternale Effekte;  $V_{Mt(m)}$  = Varianz mitochondrialer Genwirkungen, maternale Effekte*

Neben den regulären genetischen Faktoren sind beim SCNT epigenetische Einflüsse auf die körperliche Entwicklung von Klonen maßgebend (SHI *et al.*, 2003). LEE *et al.* (2004) stellten bei ihren Untersuchungen fest, dass Klontypen erzeugt durch Zellen eines Spenders, eine höhere Variabilität in ihrer Entwicklung aufwiesen als Halbgeschwister aus KB. HIENDLEDER *et al.* (2004) zeigten, dass die Entwicklung von Klontypen durch Zytoplasma abhängige epigenetische Veränderungen und/ oder mitochondriale DNA - DNA Interaktionen beeinflusst werden.

#### 2.4.2 Maternale Einflüsse

Als maternale Einflüsse werden prä- und postnatale Einwirkungen, überwiegend ernährungsbedingter Art, durch die Mutter auf ihr Kalb bezeichnet. Zu diesen Einflüssen zählen auch die Kalbnummer (Anzahl der geborenen Kälber einer Kuh) oder der Geburtstyp (Einlings- oder Zwillingsgravität). Die Kalbnummer steht als standardisierbare Größe für das Alter und somit für die Entwicklung der Mutter. Bei der Kalbnummer wird zwischen erster, zweiter und weiteren Kalbungen unterschieden, da das Wachstum des Muttertieres mit spätestens der dritten Kalbung abgeschlossen ist. Geburtsgewichte der Kälber werden auch von der Körperkondition der Mutter beeinflusst. Aus Gründen der Suchenhygiene und der zu erwartenden höheren Graviditätsergebnisse werden als Empfänger beim ET häufiger Färsen als Kühe eingesetzt. Die maternalen Effekte bewirken Unterschiede während der intrauterinen Entwicklung bei Nachkommen aus ET. NEUMANN *et al.* (1993) untersuchten die Wachstumsleistung von ET-Bullen und deren Zeit- und Stallgefährten, die nicht

aus ET stammten. ET-Bullenkälber, die durch Färsen ausgetragen wurden, waren bei der Einstellung um 3,7 kg Körpergewicht (KGW) leichter als der Gesamtdurchschnitt, während ET-Bullenkälber von Kühen ausgetragen, 1,9 kg KGW schwerer als der Gesamtdurchschnitt waren (NEUMANN *et al.*, 1993). Bei LONG (2001) betrug der Gewichtsunterschied zwischen Kälbern aus Kalbinnen und Kühen bis zu 10,0%. In der Wachstumsintensität unterschieden sich Kälber aus ET, die von Färsen ausgetragen wurden, nur unwesentlich von Kälbern aus Natursprung (NS) oder KB. Die maternalen Effekte wirkten sich lediglich in den frühen Lebensabschnitten aus und riefen keine nachweisbaren Nachteile bei der Aufzucht hervor (LONG, 2001). Weitere Untersuchungen über den Varianzanteil von maternalen Effekten sind bei DODENHOFF *et al.* (1999) und WEPPERT und HAYES (2004) nachzulesen.

Ebenso übt die Kalbnummer bzw. das Alter der Kuh einen Einfluss auf die Graviditätsdauer und somit auf das Geburtsgewicht bzw. auf darauf bezogene Merkmale aus (AZZAM und NIELSEN, 1987; GÄRTNER *et al.*, 1991; REGE und FAMULA, 1993; PONZONI und GIFFORD, 1994; JOHNSTON und BUNTER, 1996; BARNES, 2000).

Der Geburtstyp beeinflusst die Entwicklung von Einlings- oder Zwillingskälbern unterschiedlich, da Zwillinge zwar einer gleichen intrauterinen Umwelt (Nährstoffversorgung, hormonelle Umgebung, räumliche Bedingungen und Tragezeit) ausgesetzt sind, jedoch unterschiedlich versorgt werden. Dies wirkt sich auch auf die spätere Leistung der Kälber aus. So stellten BUNGE *et al.* (1997) fest, dass Zwillinge zum Zeitpunkt der Geburt einen signifikant niedrigeren Fett- und Energiegehalt als Einlingskälber aufwiesen. Auch die Dauer von Einlings- und Zwillingsgraviditäten unterschied sich signifikant. Zwillinge wurden im Durchschnitt eine Woche früher geboren als Einlinge und die Geburtsgewichte der Zwillinge lagen bei 78,9% des Körpergewichts von Einlingen (BUNGE *et al.*, 1997).

Eine Erhöhung der Geburtsgewichte von Zwillingen wurde durch intensivere Versorgung der graviden Empfängerkühe erreicht (BUNGE *et al.*, 1997). Über unterschiedliche Körpergewichte von Zwillinge und Einlingen aus ET wurde öfters berichtet: so hatten Zwillinge ein Körpergewicht von 84,0% (PATTERSON *et al.*, 1993), 80,0% (MCCUTCHEON *et al.*, 1991), 77,0% (DISKIN *et al.*, 1990), 77,0% (DAVIS *et al.*, 1989), 78,0% (SREENAN und DISKIN, 1985), 78,0% (WILLIAMS und EVANS, 1985) und 89,0% (ANDERSON *et al.*, 1978) des Körpergewichts von Einlingen.

Der Wachstumsverlauf von Einlings- und Zwillingskälbern wurde von PAPSTEIN *et al.* (1999a, b) untersucht. Das Geburtsgewicht der Kälber beeinflusste nachhaltig den täglichen Gewichtszuwachs. Die Wachstumsraten von gleichschweren Zwillingen und Einlingen unterschieden sich jedoch nicht (DAVIS und BISHOP, 1992; PAPSTEIN *et al.* 1999a, b). Zwillingskälber mit einem geringeren Geburtsgewicht konnten, trotz optimaler Nährstoffversorgung, diesen Gewichtsrückstand in den ersten Lebensmonaten nicht ausgleichen (WRIGHT *et al.*, 1987; WOLLERT *et al.*, 1989; PAPST-

EIN *et al.*, 1999a, b). Diese Ergebnisse konnten jedoch in anderen Untersuchungen nicht bestätigt werden. So waren Zwillinge in der Lage während der Aufzuchtphase bei gleicher oder höherer Nährstoffaufnahme ihren Rückstand gegenüber den Kälbern aus Einlingsgeburten weitgehend zu kompensieren (MICHULITZ und SCHÖNMUTH, 1986; WRIGHT *et al.*, 1987; MICHULITZ *et al.*, 1988; POLASEK und RIHA, 1988; DAVIS, 1989; DAVIS *et al.*, 1989; KEUSENHOF und PAPSTEIN, 1991; PATTERSON *et al.*, 1993).

Der Einfluss des Geburtstyps auf die spätere Schlachtkörperzusammensetzung, die Fleischbeschaffenheit und die Muskelstruktur wurden in PAPSTEIN *et al.* (1999b) wie folgt beschrieben: Zwillinge waren nicht in der Lage, bis zum 18. Lebensmonat, einen Ausgleich in den Schlachtparametern gegenüber Einlingen zu erzielen. Differenzen in der Schlachtausbeute und im Fett-Eiweiß-Verhältnis waren jedoch gering. Zwillinge hatten übereinstimmend mit ihrem niedrigeren Schlachtkörpergewicht und Fleischeiweißgehalt einen geringeren Muskeldurchmesser. Der Faseranteil war bei Zwillingen höher, was auf ein leicht erhöhtes glykolytisches Stoffwechselfpotential hinweist und teilweise durch niedrigeren pH- und höheren Farbhelligkeitswerten gekennzeichnet war.

### **2.4.3 Produktionstechnische Einflüsse**

Unter der Vielzahl von produktionstechnischen Einflüssen befinden sich die Haltungssysteme bzw. das Mastverfahren, das Schlachtalter, das Schlachtgewicht und der Gruppeneinfluss. In Deutschland wurde noch kein einheitliches Prüfsystem für alle Prüfstationen eingeführt. Die Mastverfahren unterscheiden sich überwiegend durch unterschiedliche Haltungssysteme, Versorgung und Dauer der Mast.

Der Einfluss des Ernährungsniveaus wurde von STEEN und KILPATRICK (1995) untersucht. Wurden Rinder mit 20,0% weniger, als sie *ad libitum* aufnehmen würden, gefüttert, kam es zu einer signifikanten Reduzierung des Schlachtkörperfettgehaltes und zu einem Anstieg des Magerfleisch- und Knochenanteils. Die Genotyp-Umwelt-Wechselbeziehung mit Bezug auf den Betrieb, das Ernährungsniveau, das Haltungssystem und die Mastdauer wurde von MÜLLER (1991) untersucht. Der Anteil der Wechselwirkungsvarianz an der Gesamtvarianz lag merkmalsabhängig bei 8,0% - 21,0%. Durch die standardisierten Mastverfahren auf den Prüfstationen können Einflüsse wie unterschiedliche Fütterungsintensitäten oder Haltungsformen (Betriebs- oder Herdeneffekte) weitgehend unterbunden werden, aber es werden dadurch nicht alle Einflussfaktoren völlig ausgeschaltet.

## 2.5 Körperliche Entwicklung von Mehrlingen und Klonen

KING *et al.* (1985a, b) untersuchten die Eigenschaften von 1139 neugeborenen ET-Kälbern der Rassen Holstein, Hereford, Angus, Limousin und Simmental. Das durchschnittliche Geburtsgewicht betrug 37,4 kg KGW, wobei Simmentalkälber mit 41,5 kg KGW den höchsten Wert erreichten. Den Einfluss der Tragezeit auf das Geburtsgewicht bezifferten die Autoren mit 0,29 kg KGW intrauterine Tageszunahme ab dem Zeitpunkt des Überschreitens der für die Rasse erwarteten, durchschnittlichen Gaviditätsdauer. Darüber hinaus stellten sie nach Vergleich von Kälbern aus NS und KB mit jenen aus ET fest, dass keine signifikanten Gewichtsunterschiede zwischen den Kälbern zum Zeitpunkt der Geburt bestanden.

ADAMS *et al.* (1993) verglichen die Geburtsgewichte von natürlich vorkommenden Zwillingskälbern mit denen von Einlingskälbern der Rassen Angus und Hereford. Zwillingskälber wurden mit einem Durchschnittsgewicht von 24,2 kg KGW geboren, Einzelkälber waren mit 33,1 kg KGW signifikant schwerer. Nach DAVIS *et al.* (1989), McCUTCHEON *et al.* (1991) und GORDON (1994) erreichen Zwillingskälber im Durchschnitt 80,0% des Geburtsgewichtes von Einzelkälbern derselben Rasse.

ET und MC stellen ausgereifte biotechnische Verfahren dar. Bei Nachkommen aus KT können jedoch unerwünschte Nebeneffekte auftreten, die eine praktische Anwendung dieser Technik noch einschränken (WELLS, 2005). Seit der Veröffentlichung der Geburt des ersten Kalbes aus KT (PRATHER *et al.*, 1987) wurde von verschiedenen Arbeitsgruppen über geringe Graviditätsraten, hohe Abortraten und besonders über hohe Geburtsgewichte "large offspring syndrome" (LOS) verbunden mit dem vermehrten Auftreten von Schweregeburten sowie peri- und postnatalen Kälberverlusten bei Kälbern aus KT berichtet (BONDIOLI *et al.*, 1990; WILLADSEN *et al.*, 1991; WESTHUSIN *et al.*, 1992; VAN STEKELENBURG-HAMERS *et al.*, 1993; STICE und KEEFER, 1993; BARNES *et al.*, 1993; YANG *et al.*, 1993; KEEFER *et al.*, 1994; WILSON *et al.*, 1995; HEYMAN *et al.*, 1995; HEYMAN und RENARD, 1996; GARRY *et al.*, 1996; WALKER *et al.*, 1996; KRUIP und DEN DAAS, 1997). Zusätzlich wurden in diesen Untersuchungen verlängerte Tragezeiten, hohe Totgeburten-, Morbiditäts- und Mortalitätsraten sowie ein gehäuftes Auftreten von Missbildungen beobachtet. HILL *et al.* (2000) beobachteten abnormale Entwicklungen der Plazenta von übertragenen Embryonen aus KT, die zu frühen Abgängen zwischen den Tagen 30 - 90 der Gravidität führten. Von 120 mit Embryonen aus KT belegten Empfängern waren 54 (45,0%) zum Tag 30 gravid, in der Kontrollgruppe (17 ET und 2 IVP) waren es 58,0% (11 von 19). Zwischen den Tagen 30 - 90 traten 82,0% Verluste bei den Graviditäten aus KT auf. Bei der Kontrollgruppe traten keine Verluste auf. Ähnliche Beobachtungen wurden auch durch HEYMAN *et al.* (2002) gemacht. Anhand des gemessenen Trächtigkeitsproteins (PSP60 - pregnancy serum protein),

welches die Funktionalität der Plazenta misst, konnte festgestellt werden, dass Empfänger mit höheren Werten des PSP60 im Blut vermehrt zu Aborten neigten. Zusammenfassend zeigten CIBELLI *et al.* (2002) die Gesundheitsprofile geklonter Kälber.

WILSON *et al.* (1995) stellten im Vergleich zu Kälbern aus NS, KB oder ET bei denen aus KT ein im Durchschnitt 20,0% höheres Geburtsgewicht fest. Darüber hinaus wurde eine deutliche Streuung der Geburtsgewichte von Nachkommen aus KT erzeugt mit Embryonalen Zellen ermittelt. Diese Beobachtungen werden allerdings auch bei Kälbern aus IVP gemacht. In verschiedenen Untersuchungen (HEYMAN *et al.*, 1995; GARRY *et al.*, 1996; KRUIP und DEN DAAS, 1997; BREM, 2001; LUCAS-HAHN *et al.*, 2001) wurde über häufige Aborte, Eihautwassersucht oder Missbildungen bei Klonkälbern berichtet. Entwicklungsstörungen und Immunschwächen kommen in der perinatalen bzw. frühen postnatalen Entwicklungsphase häufiger vor (BREM, 2001).

WILLADSEN *et al.* (1991) transferierten Embryonen aus KT chirurgisch auf 302 Empfänger, 128 (42,0%) der Empfänger waren am Tag 35 gravid, am Tag 90 waren es 114 (38,0%). Hiervon kam es zur Geburt von 100 (33,0%) Kälbern. Davon kalbten lediglich 16 ohne Geburtshilfeleistung (zwei Todesfälle bis zu einer Woche *p.p.*), 52 brauchten zum Teil starke Zughilfe (4 peripartale Todesfälle), die restlichen 32 wurden per Kaiserschnitt entbunden (alle Kälber lebend geboren; vier Kälber verendeten oder wurden aufgrund von Missbildungen in der ersten Lebenswoche euthanasiert). Bezüglich der Graviditätsdauer berichteten die Autoren von einer großen Streubreite (-13 bis + 16 Tage), durchschnittlich neigten die Empfänger aber zum Übertragen.

HEYMAN *et al.* (2004) verglichen Geburtsgewichte von 50 weiblichen Klontieren mit 68 KB Kontrolltieren der gleichen Rasse. Mit plus 9 kg KGW waren die Tiere aus KT signifikant schwerer als die Kälber aus KB. Nach einer Definition von YOUNG *et al.* (1998) hat ein Kalb Überwuchs, wenn es das durchschnittliche Gewicht der Kontrollgruppe plus 2 Standardabweichungen (SD) erreicht. 14,0% der Kälber konnten somit als überwüchsig ermittelt werden. 70,0% der Kälber aus KT erreichten das Alter von 6 Monaten, verglichen zu 93,0% der Kontrollgruppe. Die Wachstumsrate der Kälber war mit 0,7 - 0,8 kg KGW/ Tag mit deren der Kontrollgruppe vergleichbar.

KUBOTA *et al.* (2004) berichtete erstmals über das „serielle Klonen“ eines Bullen. Sowohl der erste Klon (G1) und die Klone des Klons (G2) waren bei der Geburt mit über 40,0 kg KGW 40,0% schwerer als das Zellspendertier, welches ein Geburtsgewicht von 30,0 kg KGW aufwies. Der G2-Klon wurde für die KB eingesetzt und alle erzeugten Nachkommen schienen normal und wiesen keinen Überwuchs auf. MIYASHITA *et al.* (2002) untersuchten die Telomere von Klontieren, die mit Spenderzellen von älteren Besamungsbullen erzeugt wurden. Sie stellten fest, dass die Telomerlängen von diesen Tieren sich nicht von anderen Tieren unterscheiden.

## 2.6 (Un-)Gleichheit von identischen Genotypen

Auf Grund des nahezu gleichen Genotyps werden theoretisch geringe Unterschiede in der Erscheinung und Leistung von KG erwartet. GÄRTNER *et al.* (1998) stellten durch Analyse von Körpermessdaten beim Rind fest, dass die Ähnlichkeit zwischen MZ größer als bei KG oder Vollgeschwistern ist. Diese Beobachtungen stimmen mit Untersuchungen an Mäusen (GÄRTNER und BAUNACK, 1981) überein. Bei KG lag die intraklonale Komponente der Varianz hoch, zwischen 43,0 – 100,0% der totalen Varianz. KENNEDY und SCHÄFER (1989) weisen auf phänotypische Unterschiede innerhalb von KG hin, die von der Heritabilität verschiedener Merkmale abhängig ist. Auch menschliche MZ sind meist sehr ähnlich zueinander, obwohl sie auch größere phänotypische Unterschiede aufweisen können. Ein Fallbeispiel hierzu zeigt, dass die genetische Gleichheit von eineiigen Zwillingspaaren erst durch den genetischen Fingerabdruck (DNA VNTR – variable number of tandem repeats) Analysen zuverlässig nachgewiesen werden kann (St. CLAIR *et al.*, 1998).

Klonkälber aus KT sind weder phänotypisch noch genetisch vollständig identisch (BREM, 1986a). Obwohl der Kern einer Empfängereizelle entfernt wird, bleibt die mitochondriale DNA (mtDNA) enthalten (1,0 – 3,0% der gesamten DNA einer Zelle). Durch die Fusion von enukleierten Eizellen und Spenderzelle aus einer verschiedenen genetischen Linie werden die mtDNA der Eizelle und der Spenderzelle kombiniert und die Nachkommen aus KT weisen eine mitochondriale Heteroplasmie auf (STEINBORN *et al.*, 2000). Hinzu kommen diverse Einflüsse der Empfängermutter (maternale Effekte) die den Embryo austrägt, ohne jedoch genetisch beteiligt zu sein (BOURDON, 1997).

STEINBORN *et al.* (2000) wiesen in 9 von 10 Klonen diese Heteroplasmie nach wobei in einzelnen Organen zwischen 0,4% – 4,0% mtDNA der Spenderzelle enthalten war. Ähnliche Ergebnisse erzielten MEIRELLES *et al.* (2001). Nach KT von *Bos taurus* Spenderzellen auf *Bos indicus* enukleierten Empfängereizellen, wurden 2,7% der *Bos indicus* mtDNA im embryonalen Gewebe (0,6% Hirn, 0,8% Lunge und 3,6% Herz) nachgewiesen. HAN *et al.* (2004) erzeugten 5 Klone durch den KT von Zellen einer Kuh der Rasse Holstein mit Eizellen einer Kuh der Rasse Luxi Yellow. Die Heteroplasmie bei den erzeugten Kälbern wurde durch rassespezifischen Primern nachgewiesen jedoch nicht quantitativ erfasst. Ähnliche Beobachtungen machten TAKEDA *et al.* (2003). Auch die Umwelt während der peri- und postnatalen Entwicklungsphase kann Ursache phänotypischer Unterschiede sein (BREM, 2001).

## 2.7 Modelle mit monozygoten Zwillingen und Klongruppen

Die besondere Bedeutung von MZ für die Forschung besteht darin, dass sie genetisch vollkommen identisch sind. So wird theoretisch erwartet, dass MZ unter Einfluss der gleichen Umweltbedingun-

gen identische Merkmalsausprägungen aufweisen (BREM, 1986a). Werden MZ nach der Geburt räumlich voneinander getrennt und unter verschiedenen Umweltbedingungen aufgezogen, können verschiedene Einflüsse auf den Genotyp, unter Einbeziehung der genetischen Varianz, erforscht werden (SCHULTE-LANGFORTH, 1990). So untersuchten HOTOVY *et al.* (1991) die genetische Varianz bezüglich des energetischen Stoffwechsels von heranwachsenden Tieren, anhand von MZ. BRAUN *et al.* (1990) nutzten MZ, um die Auswirkung von monatlichen GnRH Applikationen (6 – 12 Monate) auf die Spermamotilität von Tieren im Alter von 14 – 20 Monaten zu untersuchen. Sie stellten fest, dass die Leistung der MZ sehr ähnlich war und Unterschiede lediglich zwischen den Paaren auftraten.

ARAVE *et al.* (1992) untersuchten die Auswirkung der Trennung von MZ auf deren Wachstum, Verhalten und Ergebnisse der ersten Laktation. Sie verwendeten hierfür 7 monozygote Zwillingspaare und eine Gruppe genetisch identischer Drillingskälber, wobei jeweils ein Tier des Paares in einer Gruppe und das andere isoliert gehalten wurden. Isoliert gehaltene Tiere tendierten zu einer durchschnittlich höheren Milchleistung als Kälber, die in Gruppen untergebracht waren. Die Ähnlichkeit zwischen den Zwillingen eines Paares war jedoch niedriger als erwartet.

Anhand von 6 MZ untersuchten CORAH *et al.* (1995) den Effekt von Dexamethason auf den Schlachtkörper und die Fleischqualität. Jeweils einem Tier eines Paares wurde ein Dexamethason Implantat 30 - 60 Tage vor dem Schlachten injiziert, das zugehörige Paar diente als Kontrolle. Das Dexamethason verbesserte nicht die intramuskuläre Fetteinlagerung, jedoch wiesen die Bullen einen höheren Fettansatz, eine größere Fläche des *M. longissimus* und eine höhere Insulinkonzentration im Serum auf.

GERKEN *et al.* (1995) untersuchten anhand von 6 Gruppen von 4 genetisch identischen Klonen aus KT den Einfluss von Östrogenen und Androgenen auf die Fleischqualität. Ein Bulle pro Gruppe lief als Negativkontrolle, der Zweite bekam ein Progesteron-Östradiol-Implantat, der Dritte ein Androgen (Trenbolone Acetat) Implantat und der Vierte ein Kombinationspräparat (Östradiol und Trenbolone Acetat) und die Tiere wurden nach 112 Tagen geschlachtet. Bullen mit Implantaten zeigten höhere tägliche Zunahmen und erreichten ein höheres Endgewicht als die Kontrolltiere, wobei die Unterschiede zwischen den Behandlungsgruppen nicht signifikant waren. Die Fleischmarmorierung war bei den Bullen mit Androgenen und bei den Bullen mit den Kombipräparaten ausgeprägter als bei denen mit Östrogen behandelten Tieren. ROCHE (2003) untersuchte verschiedene Leistungsmerkmale an MZ während der Gravidität. MACHADO *et al.* (2006) untersuchten an 9 MZ den Einfluss des Genotyps auf die Ergebnisse der OPU/IVP. Die Ähnlichkeit innerhalb der Paare, war bis auf ein Zwillingspaar hoch. Bei den restlichen 8 MZ traten keine signifikanten Unterschiede innerhalb der Paare auf, signifikante Unterschiede gab es jedoch zwischen den Paaren.

## 2.8 Berechnung populationsgenetischer Parameter

Zur Züchtung muss immer der Genotyp oder der ZW eines Tieres verwendet werden, denn der Phänotyp (P), das mess- oder erfassbare Merkmal eines Tieres, wird vom Genotyp (G) und den einwirkenden Umwelteinflüssen (U) bestimmt. Mathematisch wird dies durch " $P = G + U$ " dargestellt (FALCONER und MACKAY, 1996).

### 2.8.1 Varianzkomponenten

In Experimenten, die zeitlich nicht wiederholt werden, ist eine Trennung zwischen genetische Varianz und Fehlervarianz (Umwelteinflüsse) schwierig (BREM, 1986a; BREM, 1997). Die Komponenten der phänotypischen Varianz lassen sich wie folgt berechnen:  $V_P = V_G + V_U$  (FALCONER und MACKAY, 1996). Die genetische Varianz besteht, entsprechend der Wirkungsweise der Gene, aus den Komponenten der additiven Geneffekte, der Dominanzeffekte und der epistatischen Effekte. Somit ist:  $V_G = V_A + V_D + V_E$ . Daraus leitet sich ab:  $V_P = V_A + V_D + V_E + V_U$ ; wobei:  $V_P$  = Phänotypischer Wert,  $V_G$  = Genotypischer Wert,  $V_A$  = Additiv genetischer Wert,  $V_D$  = Dominanzeffekt,  $V_E$  = Epistatischer Effekt Zuchtwert (ZW) und  $V_U$  = Umweltbedingte Varianz (FALCONER und MACKAY, 1996). Der allgemeine ZW eines Tieres ist die Summe der an die Nachkommen weitergegebenen additiven Geneffekte. Die Varianz der additiven Geneffekte einer Population ( $V_A$ ) und die Varianz der ZW ( $V_{ZW}$ ) sind gleich. Die genetisch bedingte Ähnlichkeit zwischen Verwandten ist auf die additiven Geneffekte zurückzuführen (FALCONER und MACKAY, 1996).

Die Theorie der ZWS beruht auf der Annahme, dass zu vergleichende Nachkommengruppen gleichen Umwelteinflüssen ausgesetzt waren, was jedoch in der Nutztierhaltung durch unterschiedliche Haltungsformen, etc., in der Regel nicht der Fall ist. Diese Effekte können entweder durch statistische Verfahren korrigiert werden, oder werden durch den Vergleich (Zeitgefährtenvergleich) der Merkmalswerte der Nachkommen mit dem Vergleichsdurchschnitt erfasst.

### 2.8.2 Varianz innerhalb und zwischen Gruppen

Für festgelegte Gruppen in der Population, wie KG, MZ, einzelne Nachkommen, etc., kann die Varianz zwischen den Gruppen ( $V_{\text{Gruppe}}$ ) und innerhalb der Messwerte in der Gruppe ( $V_{\text{MW}}$ ) geschätzt werden (EßL, 1987). Dies kommt bei Werten, die wiederholt erfasst wurden, zum tragen. So können diese Messwerte in zeitlichem oder in räumlichen Abstand gemessen werden. Diese Varianzen sind Grundlage für die Berechnung der Wiederholbarkeit von Messwerten oder Leistungen (EßL, 1987).

### 2.8.3 Wiederholbarkeit von Leistungen bzw. Messwerten

Die Wiederholbarkeit ( $w$ ) ist ein Maß für die relative Ähnlichkeit wiederholter Messwerte oder Leistungen bei ein und demselben Tier im Vergleich zu Messwerten oder Leistungen, die von verschiedenen Tieren stammen (EßL, 1987). So können im Laufe des Lebens eines Tieres mehrfache Leistungen ermittelt oder gemessen werden, wie z.B. die Legeleistung, die Milchleistung, die Wurfgröße, etc.. Liegen wiederholte Messungen eines Tieres oder Genotyps vor, lässt sich die phänotypische Varianz in zwei Komponenten unterteilen (BOURDON, 1997). Die eine ist die Varianz zwischen wiederholten Messungen innerhalb des Individuums (Gruppe), und die andere Varianz, diejenige zwischen den Individuen (Gruppen). Für die Wiederholbarkeit, gilt folgende Beziehung:

$$w = \frac{\sigma_B^2}{\sigma_B^2 + \sigma_W^2}$$

mit:

$\sigma_B^2$  = Varianz zwischen den Gruppen und  $\sigma_W^2$  = Varianz innerhalb der Gruppen.

Das Verhältnis von der „zwischen den Gruppen“ Varianz ( $\sigma_B^2$ ) zu der Summe von der „zwischen den Gruppen“ ( $\sigma_B^2$ ) und „innerhalb der Gruppen“ Varianz ( $\sigma_W^2$ ) ist ein Maß für die relative Beteiligung von  $\sigma_W^2$  zur gesamten Varianz (BOURDON, 1997). Ist der Wert von  $\sigma_W^2$  nun klein, sind Messungen in der Gruppe sehr ähnlich und hoch wiederholbar.

Die „innerhalb der Gruppen Varianz“ wird vollkommen durch die temporären Umweltbedingungen bestimmt. Hingegen ergibt sich die „zwischen den Gruppen Varianz“ aus den jeweiligen genetischen Voraussetzungen der Individuen und deren permanenten Umwelt (BOURDON, 1997). Wiederholte Messungen eines Merkmals entstehen in der Regel durch zeitliche oder räumliche Wiederholungen. Mit dem Einsatz von genetisch identischen Zwillingspaaren bzw. KG, können nun wiederholte Messungen an einem Genotyp durchgeführt werden. Dabei wären den zeitlichen und räumlichen Kombinationen durch den Einsatz von Biotechniken keine Grenzen gesetzt. Ebenso könnten wiederholte Messungen zur gleichen Zeit und am gleichen Ort durchgeführt werden, um so die Umwelteinflüsse zu minimieren. Die Wiederholbarkeit wird auch als die Intraklassenkorrelation ( $r_{in}$ ) bezeichnet (EßL, 1987). Nach EßL (1987) versteht man darunter die Produkt-Momentkorrelation zwischen allen möglichen Paarbildungen von Messwerten innerhalb Tieren (Klassen). Eine Zusammenfassung von Wiederholbarkeitskoeffizienten enthält *Tabelle 2*.

Tab. 2: Zusammenfassung von Wiederholbarkeitsschätzungen bei Rindern.

Quelle	Merkmale	w
BOURDON (1997)	Graviditätsdauer (Merkmal Mutter)	0,35
	Geburtsgewicht (Merkmal Mutter)	0,20
	Absetzergewicht (Merkmal Mutter)	0,40
	Körpermaße	0,80
HASSEN <i>et al.</i> (1997)	Intramuskuläre Fettmessungen	0,69
PETERS <i>et al.</i> (2000)	Geburtsgewicht	0,11
	90 Tage Gewicht	0,40
	180 Tage Gewicht	0,30
	Körperentwicklung zur Geburt	0,12
	Körperentwicklung am 90. Tag	0,57
	Körperentwicklung am 180. Tag	0,54
<i>apud</i> FALCONER und MACKAY (1996)	Schafe (Morley, 1951)	
	Wollgewicht in verschiedenen Jahren	0,74
	Kühe (Barker und Robertson, 1966)	
	Milchleistung 1. und 2. Laktation	0,40
	Fettprozentage 1. und 2. Laktation	0,67
MEYER (1995)	Rasse: Hereford	
	Gewicht (ausgewachsen)	~ 0,65
	Konditionsbeurteilung	~ 0,25
	Hüfthöhe (Kühe 3-5 Jahre)	~ 0,75
	Rasse: Wokalup	
	Gewicht (ausgewachsen)	~ 0,65
	Konditionsbeurteilung	~ 0,22
	Hüfthöhe (Kühe 3-5 Jahre)	~ 0,80

#### 2.8.4 Heritabilität im engeren Sinne ( $h^2$ )

Die Heritabilität im engeren Sinne ( $h^2$ ) ist das Verhältnis der additiven genetischen Varianz ( $V_A$ ) zur phänotypischen Varianz ( $V_P$ ). Für die ZWS für quantitative Merkmale ist  $h^2$  der wichtigste Parameter, der wie folgt dargestellt wird:

$$h^2 = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_P} \quad \text{bzw.} \quad \frac{\sigma^2_{ZW}}{\sigma^2_P}$$

mit

$\sigma^2_A$  = Additive genetische Varianz,  $\sigma^2_{ZW}$  = ZW und  $\sigma^2_P$  = phänotypische Varianz.

Eine gute Zusammenfassung einiger Heritabilitätswerte ist aus MEYER (1992) zu entnehmen. Bei der Rasse DFV reichen die  $h^2$ -Werte für das Geburtsgewicht von 0,16 - 0,44. Für die Zunahmen bis

zum Absetzen liegt dieser Wert bei 0,43 und für das Absetzergewicht liegen sie zwischen 0,12 - 0,36 (MEYER, 1992). Hier zu erkennen sind eindeutige Rassenunterschiede.

Tab. 3: Angaben zu Heritabilitätsschätzungen

Quelle	Merkmale	h <sup>2</sup>	
SCHILD (2001)	Tägl. Zunahmen in Eigenleistungsprüfstation	0,30	
	Tägl. Zunahmen im Feld	0,15	
	Bemuskelung im Feld	0,20	
	Nettozunahme in Nachkommensprüfung	0,40	
	Fleischanteil in Nachkommenprüfstation	0,50	
	Nettozunahme in gelenkter Feldprüfung	0,25	
	Handelsklasse in gelenkter Feldprüfung	0,25	
	Nettozunahmen in un gelenkter Feldprüfung	0,12	
Handelsklasse in un gelenkter Feldprüfung	0,09		
BOURDON (1997)	Geburtsgewicht	0,40	
	Absetzergewicht	0,30	
	Jährlingsgewicht	0,40	
	Gewicht (ausgewachsen)	0,65	
	Futtermverwertung	0,40	
	Hodenumfang	0,50	
Rückenfettdicke	0,40		
KRÄUBLICH (1997)	Tägliche Zunahmen	Station	Feld
	Nettozunahmen	0,30 – 0,80	0,15 – 0,50
	Futtermverwertung	0,20 – 0,40	-
	Fleischanteil / Schlachtkörper	0,25	
	Knochenanteil / Schlachtkörper	0,45	
	Fettanteil / Schlachtkörper	0,17	
	Anteil wertvoller Teilstücke	0,30	
Fleisch : Knochenverhältnis	0,30		
MEYER (1995)	Rasse: Hereford		
	Gewicht (ausgewachsen)	0,31	
	Konditionsbeurteilung	0,14	
	Hüfthöhe (Kühe 3-5 Jahre)	0,26	
	Rasse: Wokalup		
	Gewicht (ausgewachsen)	0,48	
Konditionsbeurteilung	0,57		
Hüfthöhe (Kühe 3-5 Jahre)	0,40		

Von KÖGEL *et al.* (1999) wurden bereits Heritabilitäten für die Merkmale Fleischleistung (0,58), tägl. Zunahmen (0,35), Nettozunahmen (0,31), Schlachtausbeute (0,48), Keulenumfang/Häftenlängen Verhältnis (0,64) und Muskelfleischanteil (0,42) geschätzt. Weitere Heritabilitäten sind in *Tabelle 3* zusammengefasst.

### 2.8.5 Zwillingseffizienzwert

Durch den Einsatz von MZ kann die Variation bzw. die erforderliche Versuchstierzahl verringert werden (BREM, 1986a). Dieser Vorteil von MZ kann als Zwillingseffizienzwert (ZEW) gemessen werden, der aussagt, wie viele Versuchstiere beider Gruppen (Behandlung und Kontrolle) durch ein Zwillingenpaar ersetzt werden können, ohne die statistische Aussagekraft zu verringern (BREM, 1986a). Der ZEW ist jedoch von Unterschieden innerhalb der Zwillingenpaare, die beispielsweise durch asymmetrische Embryoteilungen, unkontrollierbare prä- und postnatalen Umweltfaktoren und anderen zufälligen Faktoren, beeinflusst (BREM, 1986a). SCHEIJGROND und VOS (1960) *apud* BREM (1986a) schätzen die Effizienz von Zwillingenversuchen aus der Größe der Heritabilität ( $h^2$ ),

wie folgt:

$$ZEW = \frac{1}{(1-h^2)}$$

BIGGERS (1986) berechnete den ZEW nicht anhand der Heritabilität sondern mit Hilfe des Intraklassenkorrelationskoeffizienten ( $r_{in}$ ), wie folgt:

$$ZEW = \frac{1}{(1-r_{in})}$$

### 2.8.6 Zuchtwertschätzung

Der Zuchtwert ist ein Maß zum Aufstellen einer Rangfolge zum Selektieren und wird durch die Multiplikation von  $h^2$  mit der Abweichung vom Vergleichsdurchschnitt berechnet (KRÄUBLICH und BREM, 1997). Mit einem Tiermodell werden die Zuchtwerte von Merkmalen, die durch eine Eigenleistungs- oder Nachkommenprüfung ermittelt wurden, geschätzt.

#### 2.8.6.1 Genauigkeit der Zuchtwertschätzung

Bei monozygoten Zwillingen können Leistungen der beiden Paarlinge genetisch als Eigenleistung betrachtet werden und somit wird durch das Einbeziehen dieser Information die Genauigkeit für die Zuchtwertschätzung gesteigert (BREM, 1986a). VAN VLECK (1981) *apud* BREM (1986a) errechnete die Genauigkeit der ZWS für 1 bis 3 Eigenleistungen einer Kuh und jeweils einer Eigenleistung von bis zu 5 Kloneschwistern dieser Kuh. Für die Kombination einer Eigenleistung und eines Klons (identischer Zwilling) ergab sich bei  $h^2 = 0,25$  die gleiche Genauigkeit ( $r_{AI} = 0,63$ ), wie für die Eigenleistung einer Kuh und die Leistungsinformationen von 100 väterlichen Halbgeschwister.

### 3 MATERIAL UND METHODEN

#### 3.1 Versuchstiere

##### 3.1.1 Spender

Im Versuchszeitraum Mai 1994 – Februar 1999 wurden insgesamt 49 laktierende DFV-Kühe als Spendertiere für die Gewinnung der benötigten Embryonen eingesetzt. Das Alter der Tiere lag zu Beginn der Versuche zwischen vier und 14 Jahren. Die Spender stammten aus drei staatlichen Versuchsgütern (Betrieb A, B und C). Die im Rahmen des Projekts durchgeführten Untersuchungen zur Auswahl der Spender wurden bereits bei MÖHRLE (1999) beschrieben.

##### 3.1.2 Dauerspender

Im Laufe der Untersuchungen wurden 14 Kühe als Dauerspender für wiederholte Superovulationen bzw. Embryogewinnungen selektiert. Diese Dauerspender lieferten sowohl bei der ersten als auch bei der zweiten Embryogewinnung mindestens sechs transfertaugliche Embryonen. Die im Rahmen des Projekts durchgeführten Untersuchungen zur Embryogewinnung an mehrfach superovulierten Dauerspendern wurden bereits bei TROPFMANN (2000) beschrieben.

##### 3.1.3 Besamungsbullen

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden die Dauerspender ausschließlich mit Tiefgefriersperma eines der beiden DFV-Bullen Humberg (HB-Nr. 12/24844) oder Raser (HB-Nr. 15/43277) besamt. Die verwendeten Besamungsbullen haben sich im ZW Rahmen, Bemuskelung und Fleischleistung deutlich unterschieden (ZUCHTWERT-DATENBANK-RIND, 2000; *Übersicht 2*).

Übersicht 2: Geschätzte Zuchtwerte der eingesetzten Bullen zum 21.08.2000

Bulle	Geburtsdatum	GZW <sup>1</sup>	MW <sup>2</sup>	ZW Nettozunahme	ZW Fleischanteil	ZW Handelsklasse	Rahmen	Bemuskelung	Form	Euter
Raser	05.05.87	106	117	-5	0,14	5,2	93	88	99	114
Humberg	29.12.87	121	110	78	-0,71	7,9	111	117	102	107

<sup>1</sup> Gesamtzuchtwert; <sup>2</sup> Milchwert

### 3.1.4 Empfänger, Graviditäten und Geburten

Als Empfänger wurden ausschließlich Kalbinnen im Alter von 16 – 20 Monaten und mit mindestens 350 kg KGW verwendet. Die im Rahmen des Projekts erzielten Graviditäten und Geburten wurden bereits bei STOCKINGER (1998) beschrieben.

### 3.1.5 Kälber

Die mittels ET, MC und KT erzeugten Kälber verblieben zunächst in den zugehörigen Versuchsgütern. Die männlichen Kälber wurden zur Fleischleistungsprüfung im Alter von durchschnittlich 60 Tagen und mit im Durchschnitt 75 kg KGW in der Prüfstation nach Westerschondorf untergebracht. Die weiblichen Kälber verblieben auf den jeweiligen Betrieben.

## 3.2 Stationsprüfung

### 3.2.1 Beschickung der Station

Die Aufzucht und die Mast auf der Station Westerschondorf erfolgten in Gruppenhaltung in einem Laufstall mit 6 Söhnen von verschiedenen Prüfbullen pro Bucht. Die Fütterung erfolgte pro Leistungsabschnitt für alle Tiere gleich. Wiegenungen fanden am 112., 196., 280., 364., 405., 450. Lebenstag und zu Mastende statt. Das geplante Schlachalter lag bei 450 Tagen. Aufstallung, Fütterung und Details zur Haltung während der Mastperiode sind bei KÖGEL *et al.* (1999) und im Jahresbericht der BLT (2000) nachzulesen. Die Durchführung der Stationsprüfung ist in den Richtlinien zum Vollzug tierzuchtrechtlicher Vorschriften geregelt.

### 3.2.2 Erfassung der Prüfdaten

Nach einer durchschnittlichen Mastdauer von 450 Tagen wurden die Prüftiere nach 24stündiger Nüchterung, jedoch beliebiger Wasseraufnahme geschlachtet. Unglücklicherweise wurde das ursprünglich zum Schlachten aller Versuchstiere vorgesehene Versuchsschlachthaus der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub während des Versuchszeitraumes wegen Umbaumaßnahmen vorübergehend außer Betrieb gesetzt. Dies hatte eine weitere Gruppeneinteilung zur Folge: 33 Nachkommen von Raser und 12 von Humberg wurden im Schlachthaus Grub „alt“, 12 bzw. 14 Bullen am Schlachthof in München und 59 bzw. 37 Bullen im Schlachthaus Grub „neu“ geschlachtet. Die Erfassung der Schlachtdaten erfolgte mit einem Erfassungsbogen (*Abbildung 2*).



### 3.2.3 Anzahl der geprüften Tiere und erfasste Merkmale

Die *Tabelle 4* zeigt die Anzahl der im Rahmen des vorliegenden Projekts geprüften Versuchstiere und Zeitgefährten, sowie die beobachteten Mittelwerte der auf Station erfassten Merkmale.

Tab. 4: Erfasste Merkmale bei Versuchstieren und Zeitgefährten

Merkmale	Versuchstiere und Zeitgefährten			Versuchstiere (Halb-, Voll- und Klon-geschwister)			Versuchstiere (aus MC und KT)		
	Anzahl	$\bar{X}$	S	Anzahl	$\bar{X}$	S	Anzahl	$\bar{X}$	S
Geburtsgewicht	-	-	-	167	40,7	7,1	56	36,8	6,6
Gewicht 112.	1600	146,4	18,0	161	135,0	19,2	56	134,8	16,9
Gewicht 196.	1595	242,8	28,6	161	226,9	28,9	56	227,1	26,3
Gewicht 280.	1592	363,5	38,4	161	341,0	42,5	56	338,6	38,7
Gewicht 364.	1595	482,5	45,0	160	452,2	50,9	56	447,1	46,7
Gewicht 405.	1593	539,0	47,5	158	506,4	54,7	56	499,9	53,6
Gewicht 450.	1588	594,5	50,8	167	551,2	56,8	56	540,4	57,0
Endgewicht	1606	597,0	50,6	167	558,7	57,3	56	548,0	53,7
<b>ZUNAHMEN</b>									
Tägl. Zunahmen seit Geburt	1503	1233,5	393,8	167	1132,4	119,5	56	1116,3	119,1
Tägl. Zunahmen ab 112. Tag	1857	1322,3	128,8	161	1226,8	148,5	56	1194,3	152,8
Tägl. Zunahmen 112. – 364.	1595	1333,9	148,2	160	1258,7	161,5	56	1239,2	153,0
Tägl. Zunahmen ab 364. Tag	1582	1292,2	281,1	160	1138,0	304,6	56	1071,3	318,5
<b>SCHLACHTKÖRPERQUALITÄTSMERKMALE</b>									
Nierentalanteil, %	1604	5,0	1,5	167	4,6	1,7	56	4,6	1,9
Pistolenteil, %	1598	42,3	1,1	166	42,5	1,3	56	42,5	1,2
<b>SCHLACHTKÖRPERGEWICHTE</b>									
Schlachthofgewicht	1602	569,9	49,1	167	532,0	56,1	56	522,6	53,5
Schlachtgewicht warm	1606	330,8	30,6	167	306,2	34,3	56	301,0	32,5
Schlachtausbeute	1602	58,0	1,4	167	57,5	1,4	56	57,6	1,2
Nettozunahmen	1593	730,2	67,9	167	669,5	75,4	56	657,5	76,2
Pistolengewicht	1598	68,5	6,0	166	63,7	6,6	56	62,7	6,2
<b>SCHLACHTKÖRPERMAßE</b>									
Hälftenlänge (Hl.)	1438	133,2	4,3	167	129,3	4,6	56	128,2	4,2
Keulenumfang / Hl.	1438	88,2	2,7	167	89,0	3,1	56	89,4	2,7
Keulenumfang	1604	117,4	3,9	167	115,0	4,1	56	114,5	4,1
Rückenmuskulatur	1589	64,9	7,7	167	63,9	8,2	56	65,0	8,3
<b>ANTEILE SCHLACHTABGÄNGE AM SCHLACHTHOFGEWICHT</b>									
Haut, %	1598	8,1	1,2	163	8,5	1,1	54	8,7	1,1
Haut, kg	1602	46,0	7,5	163	45,0	6,6	54	45,4	5,4
Kopf, %	1598	2,6	0,2	163	2,7	0,2	54	2,7	0,3
Kopf, kg	1602	14,5	1,2	163	14,2	1,2	54	14,0	1,1
4 Füße, %	100	2,0	0,1	165	2,1	0,1	56	2,1	0,2
4 Füße, kg	1604	11,2	0,9	165	10,9	0,8	56	10,8	0,7
Abschnitte, %	1599	3,2	0,6	167	3,1	0,6	56	3,1	0,7
Abschnitte, kg	1603	18,6	4,2	167	16,5	4,4	56	16,2	5,0
Innere Organe, %	1593	24,2	1,8	161	25,1	1,9	54	25,3	1,6
Innere Organe, kg	1593	138,1	15,2	161	133,8	17,4	54	132,8	16,3
Abgänge, %	1602	42,0	1,4	167	42,5	1,4	56	42,4	1,2
Abgänge, kg	1602	239,1	21,1	167	225,8	23,6	56	221,6	22,4
Muskelfleisch, %	1591	74,7	2,3	164	75,4	1,9	56	75,7	1,9
Fettgewebe + Sehnen, %	1592	13,7	2,3	166	12,5	2,2	56	12,2	2,2
Fleischanteil, %	1590	88,4	0,8	164	87,9	0,7	56	87,9	0,7
Muskelfleisch / Knochen	1590	5,1	0,1	164	5,1	0,1	56	5,0	0,1

### 3.2.4 Statistische Methoden – Stationsprüfung

### 3.2.5 Klassenbildung und Merkmalsstruktur

Die Tiere wurden in verschiedenen Klassen zur genaueren Schätzung der fixen Effekte eingeteilt. Die Einteilung in Klassen verringert die Anzahl der Stufen eines fixen Effektes und somit die Anzahl an verwendeten Freiheitsgraden und führt somit zu geringeren Standardfehlern (SE). Einzubeziehende Effekte waren Geburtstyp, Bulle, Saison (Jahr-Saison), Einstellgewicht und Schlachtalter.

#### 3.2.5.1 Verteilung nach Saison

Für Merkmale vor der Schlachtung erfolgte eine Einteilung der Tiere in Klassen in Abhängigkeit von der Saison und vom Geburtsjahr. Für Merkmale nach der Schlachtung erfolgte eine Einteilung in Abhängigkeit von der Saison und vom Schlachtjahr (*Tabelle 5*).

Tab. 5: Verteilung der Versuchstiere und Zeitgefährten nach Saison und Jahr

Saison und Jahr	Schlachtsaison			Geburtssaison		
	Vergleichs- tiere	Versuchs- tiere	Tiere aus MC und KT	Vergleichs- tiere	Versuchs- tiere	Tiere aus MC und KT
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Frühjahr 1995	-	-	-	106	4	-
Sommer 1995	-	-	-	95	3	-
Herbst 1995	-	-	-	71	12	2
Winter 95/96	-	-	-	71	2	-
Frühjahr 1996	25	4	-	93	12	8
Herbst 1996	181	6	-	67	4	-
Winter 96/97	65	9	2	67	8	-
Frühjahr 1997	79	2	-	106	25	14
Sommer 1997	87	12	8	88	17	8
Herbst 1997	76	5	-	80	9	-
Winter 97/98	57	7	-	100	13	2
Frühjahr 1998	99	18	9	83	13	4
Sommer 1998	79	17	9	100	8	5
Herbst 1998	92	16	4	110	6	4
Winter 98/99	105	13	2	65	5	5
Frühjahr 1999	86	13	4	97	9	2
Sommer 1999	102	8	5	107	15	2
Herbst 1999	109	8	6	100	2	-
Winter 99/00	65	4	3	-	-	-
Frühjahr 2000	106	9	2	-	-	-
Sommer 2000	98	10	2	-	-	-
Herbst 2000	95	6	-	-	-	-
Gesamt	1606	167	56	1606	167	56

### 3.2.5.2 Verteilung nach Besamungsbulle und Zeitpunkt der Schlachtung

Die Nachkommen der beiden eingesetzten Bullen Humberg und Raser wurden innerhalb des Versuchszeitraumes geschlachtet. Die Tiere eines Zwillingspaares oder einer KG wurden entweder zusammen am gleichen Schlachttag oder getrennt an zwei aufeinander folgenden Tagen geschlachtet. Die Verteilung der Schlachtungen nach Besamungsbulle und Zeitpunkt der Schlachtung (Monat) zeigt *Abbildung 3*.

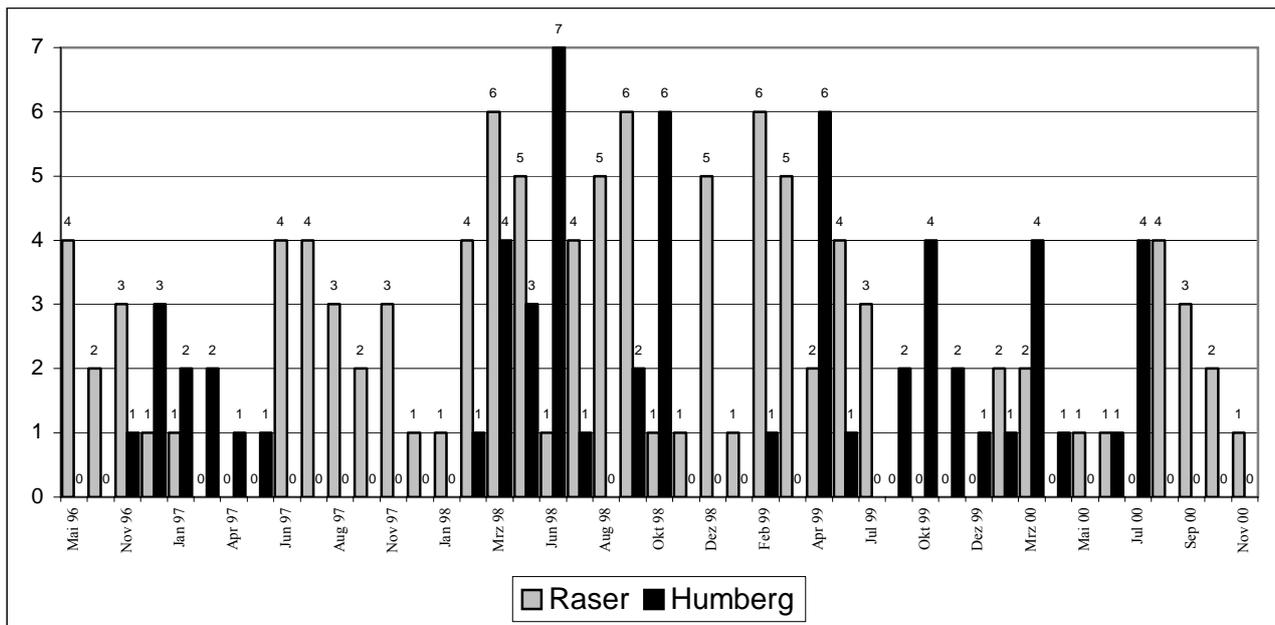


Abb. 3: Verteilung der Schlachtungen nach Bullenart und Zeitpunkt der Schlachtung (Monat)

### 3.2.5.3 Verteilung nach Einstellgewicht

Das Körpergewicht zum Zeitpunkt der Einstellung auf Station kann die Ergebnisse der anschließenden Mastperiode beeinflussen. *Tabelle 6* zeigt die Verteilung der Versuchs- und Vergleichstiere nach Körpergewicht zum Zeitpunkt der Einstallung.

Tab. 6: Verteilung der Versuchs- und Vergleichstiere nach Einstellgewicht

Einstellgewicht (kg KGW)	Vergleichs- und Versuchstiere (Halbgeschwister) Anzahl	Versuchstiere	
		Vollgeschwister Anzahl	Tiere aus MC und KT Anzahl
47 - 59	37	24	8
60 - 69	94	21	7
70 - 79	327	45	17
80 - 89	562	32	14
90 - 99	393	25	7
> 99	193	16	3
<b>Gesamt</b>	<b>1606</b>	<b>163</b>	<b>56</b>

### 3.2.5.4 Verteilung nach Schlachalter

Das Schlachalter der Versuchs- und Vergleichstiere lag zwischen 428 - 515 Tagen. *Tabelle 7* zeigt die Verteilung der Tiere in den jeweiligen Altersgruppen.

Tab. 7: Verteilung der Versuchs- und Vergleichstiere nach Schlachalter

Schlachalter (Tage)	Vergleichs- und Versuchstiere (Halbgeschwister) Anzahl	Versuchstiere	
		Vollgeschwister Anzahl	Tiere aus MC und KT Anzahl
428 - 439	20	5	-
440 - 449	522	37	16
450 - 459	835	77	25
460 - 469	183	22	5
470 - 479	33	13	6
480 - 499	6	6	-
500 - 515	7	7	4
<b>Gesamt</b>	<b>1606</b>	<b>163</b>	<b>56</b>

Die Verteilung nach Prüfbulle und das Alter der Nachkommen bei der Schlachtung in Tagen sind in *Abbildung 4* dargestellt.

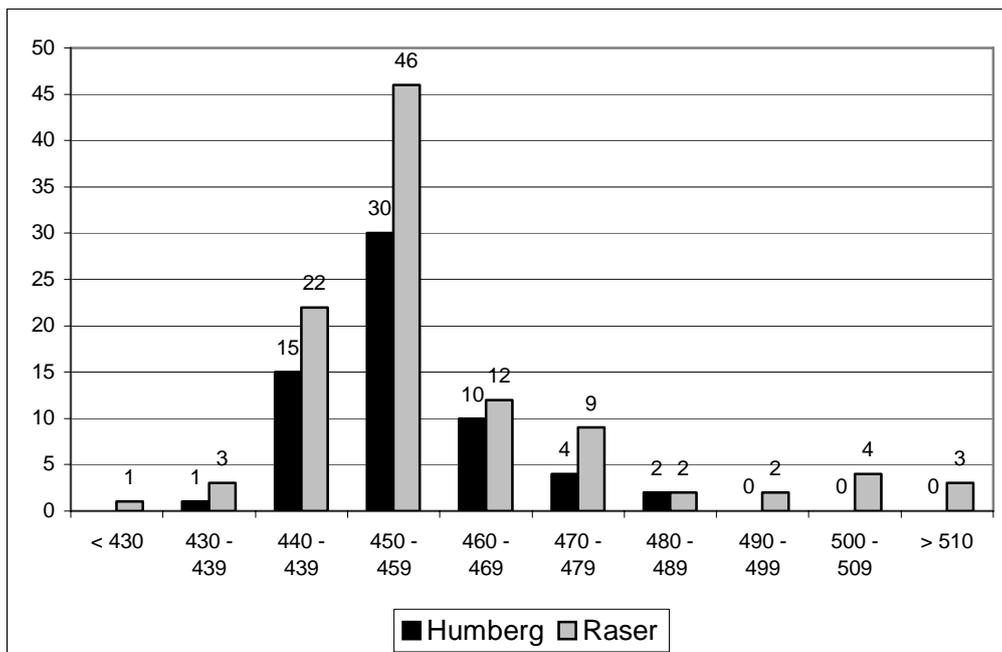


Abb. 4: Verteilung nach Besamungsbulle und Alter der Nachkommen zu Ende der Prüfperiode

### 3.2.5.5 Verteilung nach Ort der Schlachtung

Der Ort der Schlachtung (Schlachthaus) kann sich auf die Ergebnisse auswirken und wurde deshalb bei den Auswertungen ebenso berücksichtigt. Die Verteilung ist in *Tabelle 8* dargestellt.

Tab. 8: Verteilung nach Ort der Schlachtung

Ort der Schlachtung (Schlachthof)	Vergleichstiere Anzahl	Versuchstiere Anzahl	Gesamt	MZ Anzahl	Tiere aus KT Anzahl	Gesamt
Grub „alt“	525	45	570	10	0	10
München	99	26	125	10	0	10
Grub „neu“	815	96	911	26	10	36
Gesamt	1439	167	1606	46	10	56

### 3.2.5.6 Verteilung nach Geburtsgewicht und Graviditätsdauer

Die Graviditätsdauer bei Rindern liegt bei durchschnittlich 284 Tagen. Das durchschnittliche Geburtsgewicht wird beim DFV mit 35 kg KGW angesetzt (KÖGEL *et al.*, 1999). Die Geburtsgewichte und die Graviditätsdauer der unterschiedlichen Versuchsgruppen enthält *Tabelle 9*. Die Nachkommen aus KT wurden einzeln aufgeführt.

Tab. 9: Verteilung nach Geburtsgewicht und Graviditätsdauer

	Einlinge (n=111)	MZ (n=56)	Tiere aus KT (n=10)	Gesamt (n=167)
Geburtsgewicht in kg KGW	44	37	39	41
(Min. - Max.)	26 - 69	26 - 62	30 - 50	26 - 69
Graviditätsdauer in Tagen	287	283	282	285
(Min. - Max.)	265 - 301	274 - 296	274 - 290	265 - 301

### 3.2.6 Berechnung von Merkmalen

Die Merkmale wurden mit Hilfe des Erfassungsbogens (*Abbildung 2*) erfasst. Darüber hinaus wurden im Rahmen der Datenauswertung weitere Merkmale berechnet oder geschätzt. Diese Angaben sind in *Übersicht 3* zusammengefasst. EUROP- und FETT- Klassen wurden in der Auswertung nicht einbezogen. Diese lagen lediglich als Hauptklassen jedoch nicht als Unterklassen vor, was eine Normalverteilung des Datensatzes bezogen auf diese Merkmale nicht erlaubte.

## Übersicht 3: Überblick aller erfassten und berechneten Merkmale

**Mastleistung und Wachstum:**

	Berechnung oder Erfassung
Graviditätsdauer <sup>1)</sup>	(Geburtsdatum - Datum des ET + 7 Tage)
Geburtsgewicht <sup>1)</sup> (= <i>Geb Gew.</i> )	Erfasst
Gewicht am 112. Lebenstag (= <i>Gew. 112</i> )	Erfasst
Gewicht am 196. Lebenstag (= <i>Gew. 196</i> )	Erfasst
Gewicht am 280. Lebenstag (= <i>Gew. 280</i> )	Erfasst
Gewicht am 364. Lebenstag (= <i>Gew. 364</i> )	Erfasst
Gewicht am 405. Lebenstag (= <i>Gew. 405</i> )	Erfasst
Gewicht am 450. Lebenstag (= <i>Gew. 450</i> )	Erfasst
Gewicht, Mastende (= <i>End Gew.</i> )	Erfasst

<sup>1)</sup> Nur Versuchstiere**Zunahmen:**

Tgl. Zunahme Geburt bis Ende Prüfperiode	= (End Gew. - Geb Gew.) / Schlachalter * 1000
Tgl. Zunahme Tag 112 bis Ende Prüfperiode	= (End Gew. - Gew. 112) / (Schlachalter - 112) * 1000
Tgl. Zunahme (Tag 112 - 364)	= (Gew. 364 - Gew. 112) / 252 * 1000
Tgl. Zunahme Tag 364 bis Ende Prüfperiode	= (End Gew. - Gew. 364) / (Schlachalter - 364) * 1000
Nettozunahmen Geburt bis Schlachthofgewicht	= (Schlachthof Gew. - Geb Gew.) / Schlachalter * 1000

**Schlachtkörperqualität:**

Nierentalanteil, %	= (Nierentalg Gew. * 100) / rechte kalte Hälfte
Pistolenanteil, %	= (Pistolen Gew. * 100) / rechte kalte Hälfte

**Schlachtkörpergewicht und Ertrag:**

Schlachthofgewicht, kg (= <i>Schlachthof Gew.</i> )	Erfasst
Schlachtgewicht warm, kg (= <i>Schlacht Gew.</i> )	= rechte + linke warme Hälfte
Schlachtausbeute, %	= (Schlacht Gew. / Schlachthof Gew.) * 100
Nettozunahmen, g/Tg	= (Schlacht Gew. * 1000) / Schlachalter
Pistolengewicht, kg	Erfasst

**Schlachtkörpermaße:**

Hälftenlänge, cm	Erfasst
Keulenumfang, cm	Erfasst
Rückenmuskelfläche, cm <sup>2</sup>	Erfasst
Keulenumfang / Hälftenlänge, %	= (Keulenumfang / Hälftenlänge)

**Schlachtabgänge am Schlachtgewicht (kg und % des Schlachthofgewichtes):**

Haut, %	= (Haut Gew. * 100) / Schlachthof Gew.
Haut, kg	Erfasst
Kopf, %	= (Kopf Gew. * 100) / Schlachthof Gew.
Kopf, kg	Erfasst
4 Füße, %	= (4 Füße Gew. * 100) / Schlachthof Gew.
4 Füße, kg	= (2 Füße Gew.) * 2
Abschnitte, %	= (Abschnitte * 100) / Schlachthof Gew.
Abschnitte, kg	Erfasst
Innere Organe, %	= (Organe Gew. * 100) / Schlachthof Gew.
Innere Organe, kg	= (Abgänge - (Haut+Füße+Kopf+Abschnitte))
Abgänge Gesamt, %	= (Abgänge * 100) / Schlachthof Gew.
Abgänge Gesamt, kg	= Schlachthof Gew. - Schlacht Gew.

**Gewebeanteile am Schlachtkörpergewicht:**

Muskelfleischanteil, %	
Fettgewebe + Sehnenanteil, %	Durch Regressionsgleichung aus Schlachtmerkmalen geschätzt (Knochen inkl. Sehnen)
Fleischanteil, %	
Verhältnis Muskelfleisch zu Knochenanteil	

### 3.2.7 Korrektur von Datensätzen

Die Schlachtungen und Zerlegungen erfolgten unter drei verschiedenen Bedingungen (Schlachthaus Grub „alt“ / München / Grub „neu“). Im Schlachthaus Grub „alt“ wurde das Kopfgewicht als Schädel mit Haut und das Gewicht der Füße als Summe beider rechten Füße erfasst. Am Münchner Schlachthof dagegen wurde das Kopfgewicht als Schädel ohne Haut und das Gewicht der Füße als Summe beider Vorderfüße erfasst. Im Schlachthaus Grub „neu“ wurde das Kopfgewicht wie im Schlachthof München erfasst (ohne Haut). Als Gewicht der Füße wurde jedoch, wie anfänglich, das Gewicht der rechten Füße erfasst. Ab Mai 1999 wurde das Gewicht beider Vorderfüße ermittelt. Das durchschnittliche Kopfgewicht im Schlachthaus Grub „alt“ stimmt mit den Ergebnissen im Schlachthof München und Schlachthaus Grub „neu“ nicht überein (*Übersicht 4*).

Übersicht 4: Durchschnittswerte der Gewichte (kg) von Haut, Kopf und Füßen je Schlachthaus

	Schlachthaus Grub „alt“		Schlachthof München		Schlachthaus Grub „neu“			
	Raser (n = 33)	Humberg (n = 12)	Raser (n = 12)	Humberg (n = 14)	Raser (n = 59)		Humberg (n = 35)	
Haut	49,7	48,9	48,2	42,8	48,4		46,5	
Kopf	25,4	25,8	12,9	12,9	14,4		13,9	
	(n = 33)	(n = 12)	(n = 12)	(n = 14)	(n = 23)	(n = 36)	(n = 20)	(n = 15)
	REF <sup>1)</sup>	REF <sup>1)</sup>	VOF <sup>2)</sup>	VOF <sup>2)</sup>	VOF <sup>2)</sup>	REF <sup>1)</sup>	VOF <sup>2)</sup>	REF <sup>1)</sup>
Füße	5,4	5,7	5,3	5,3	5,3	5,4	5,5	5,4

<sup>1)</sup> REF = Gewicht beider rechten Füße; <sup>2)</sup> VOF = Gewicht beider Vorderfüße

Auf Grund der festgestellten Unterschiede wurde eine Anpassung der Merkmale vorgenommen. Mittelwerte und Multiplikatoren sind in *Übersicht 5* zusammengefasst.

Übersicht 5: Mittelwerte und Multiplikatoren für die Anpassung der Merkmale Kopf und Füße

		Mittelwert	Multiplikator
<i>Gewicht des Kopfes:</i>			
Schlachthaus Grub „alt“	Kopf mit Haut	25,50	0,5572455
Schlachthof München	Kopf ohne Haut	12,85	1,1058366
Schlachthaus Grub „neu“	Kopf ohne Haut	14,21	0
<i>Gewicht der Füße:</i>			
Schlachthaus Grub „alt“	Rechte Füße	5,45	0,9981651
Schlachthof München	Beide Vorderfüße	5,31	1,0244821
Schlachthaus Grub „neu“	Rechte Füße	5,38	1,0111524
Schlachthaus Grub „neu“	Beide Vorderfüße	5,44	0

Für die Anpassung der Merkmale in *Übersicht 5* wurden die Mittelwerte der Vergleichstiere (Zeitgefährten) einbezogen. Die Merkmalsdaten aller Tiere wurden durch Multiplikatoren korrigiert. Während des Versuchsablaufes wurde die Mastperiode auf der Prüfstation in Westerschondorf von 500 auf 450 Tage verkürzt. Um dies zu berücksichtigen, wurde das Endalter als Effekt mit in die Auswertungsmodelle aufgenommen. Schlachtkörper-, Klassifizierungs- und Fleischqualitätsmerkmale wurden nicht vorkorrigiert. Das Schlachalter wurde somit im statistischen Modell aufgenommen. Tiere, die aus der Prüfung wegen Krankheit, etc., ausschieden, wurden nicht in die Auswertungen miteinbezogen.

### **3.2.8 Berechnung fehlender Daten**

Fehlende Daten in der Wiegeperiode zwischen 112 – 450 Tage wurden anhand der täglichen Zunahmen zwischen nachfolgenden und vorherigen Wiegungen auf den fehlenden Tag hochgerechnet.

### **3.2.9 Vorkorrektur der Daten auf Saison, Schlachalter und Einstellgewicht**

Die Wiederholbarkeit von Merkmalen genetisch identischer Tiere wurde mit auf Saison, Schlachalter und Einstellgewicht vorkorrigierten Daten geschätzt. Darüber hinaus erfolgte eine Schätzung ohne vorkorrigierte Daten unter Einbeziehung dieser fixen Effekte. Die Vorkorrektur erfolgte durch die Berechnung der Least Squares Means (LSM) des folgenden Proc GLM Modells unter Einbeziehung von Durchschnittswerten der Vergleichstiere.

$$Y_{\text{korrigiert}} = Y_{\text{unkorrigiert}} - (\text{LSM}_{\text{Saison}} + \text{Durchschnittswerte von Y aller Vergleichstiere}) \\ - (\text{LSM}_{\text{Schlachalter}} + \text{Durchschnittswerte von Y aller Vergleichstiere}) \\ - (\text{LSM}_{\text{Einstellgewicht}} + \text{Durchschnittswerte von Y aller Vergleichstiere})$$

mit:

$$Y = \text{Messwert eines Merkmals}$$

### **3.2.10 Schätzung der einfachen linearen Korrelation und der Wiederholbarkeit**

#### **3.2.10.1 Einfache lineare Korrelation zwischen Zwillingspaaren**

Die Korrelation zwischen den Messwerten eines Zwillingspaares (Zwilling 1 und Zwilling 2) wurde durch den Quotienten zwischen der Kovarianz und die SD ihrer Messungen berechnet. Die Korrela-

tion ( $r$ ) zwischen den Zwillingen eines jeden Paares wurde nach der folgenden Gleichung berechnet (EßL, 1987):

$$r_{x,y} = \frac{SP(XY)}{\sqrt{SQ(X) \cdot SQ(Y)}}$$

mit:

$$\begin{aligned} SP(XY) &= \Sigma (X-x) * (Y-y) \\ SQ(X) &= \Sigma (X-x)^2 \\ SQ(Y) &= \Sigma (Y-y)^2 \end{aligned}$$

wobei:

$$\begin{aligned} SP(XY) &= \text{Summe aller Abweichungsprodukte von ZW1 (X) und ZW2 (Y),} \\ SQ(X) &= \text{Summe aller Abweichungsquadrate von ZW1 (X),} \\ SQ(Y) &= \text{Summe aller Abweichungsquadrate von ZW2 (Y),} \\ x &= \text{Merkmalsmittelwert von X (ZW1), } = \Sigma(X)/N, \\ y &= \text{Merkmalsmittelwert von Y (ZW2), } = \Sigma(Y)/N, \\ N &= \text{Anzahl der beobachteten Zwillingspaare} \end{aligned}$$

### 3.2.10.2 Phänotypische Wiederholbarkeit

Die phänotypische Wiederholbarkeit wurde an KG ohne Beachtung der fixen Effekte berechnet. Die in *Tabelle 10* aufgeführten Messdaten wurden zur Berechnung des darauf folgenden Beispiels, wie beschrieben bei EßL (1987) verwendet.

Tab. 10: Wiederholte Messungen des Körpergewichts (kg) von drei KG (Tag 280)

Tier-Nr.	KG 1	KG 2	KG 3
1	300	422	305
2	302	416	289
3	308	424	351
4	295	476	-
Summe	1205	1738	945

Folgendes Modell diente als Berechnungsgrundlage für das Beispiel mit Daten aus *Tabelle 10*:

$$Y_{ij} = \mu + klon_i + \varepsilon_{ij}$$

mit:

$Y_{ij}$  = Messwert  $j$  bei KG  $i$ ,  $i = 1,2,3$  und  $j = 1,2,3,4$

$\mu$  = Erwartungswert von  $Y$ ,

$klon_i$  = Abweichung der Messung  $Y_{ij}$  von  $\mu$ , bedingt durch KG  $i$ , (zwischen Gruppen)

$\varepsilon_{ij}$  = zufallsbedingte Abweichung der Messungen  $Y_{ij}$  von  $\mu + \text{klon}_i$ , (innerhalb Gruppen)

Es gelten folgende Beziehungen:

$$E(\text{klon}_i) = 0,$$

$\sigma^2(\text{klon}) = E(\text{klon}_i)^2 = \text{Varianzkomponente von } \sigma^2(Y), \text{ die auf die Variation der einzelnen Klon-Effekte zurückgehen,}$

$$E(\varepsilon_{ij}) = 0,$$

$\sigma^2(\varepsilon) = E(\varepsilon_{ij})^2 = \text{Varianzkomponente von } \sigma^2(Y), \text{ die auf die Variation der } \varepsilon \text{-Effekte zurückgeht,}$

$$\sigma^2(Y) = \sigma^2(\text{klon}) + \sigma^2(\varepsilon)$$

Für die Wiederholbarkeit von Einzelmerkmalen ( $w$ ) gilt folgende Beziehung:

$$w = \frac{\sigma^2_{\text{klon}}}{\sigma^2_{\text{klon}} + \sigma^2_{\varepsilon}}$$

Somit kann  $w$  über die Schätzung von  $\sigma^2(\text{klon})$  und  $\sigma^2(\varepsilon)$  berechnet werden. Dafür wird die Summe der quadrierten Y-Werte in jene Komponenten zerlegt, die den einzelnen Effekten entsprechen:

$$\begin{aligned} \text{SQ}(Y) &= \Sigma Y^2 = (300)^2 + (302)^2 + \dots + (351)^2 &= 1421059,00 \\ \text{SQ}(\mu) &= (\Sigma Y^2)/N = (300 + 302 + \dots + 351)^2/11 &= 1374231,30 \\ \text{SQ}(Y|\mu) &= \text{SQ}(Y) - \text{SQ}(\mu) &= 46827,70 \\ \text{SQ}(\mu\text{klon}) &= [\Sigma_i(\Sigma_j Y_{ij})^2]/n = ((1205)^2/4) + ((1738)^2/4) + ((945)^2/3) &= 1415842,25 \\ \text{SQ}(\text{klon}\mu) &= \text{SQ}(\mu\text{klon}) - \text{SQ}(\mu) &= 41610,95 \\ \text{SQ}(\varepsilon) &= \text{SQ}(Y) - \text{SQ}(\mu\text{klon}) &= 5213,75 \end{aligned}$$

wobei:

$$\begin{aligned} N &= \text{Anzahl aller Y-Werte,} \\ a &= \text{Anzahl KG} \\ n &= \text{Anzahl der Wiegunen pro KG} \\ \text{SQ} &= \text{Summe der quadrierten Werte} \end{aligned}$$

Varianzursache	Freiheitsgrade (df)	SQ	DQ <sup>3)</sup>	E(DQ) <sup>4)</sup>	
KG <sup>1)</sup>	(klon  $\mu$ )	$a - 1 = 2$	41610,95	20805,475	$\sigma^2(\varepsilon) + n * \sigma^2(\text{kg})$
Zufällige Fehler <sup>2)</sup>	( $\varepsilon$ )	$N - a = 8$	5213,75	651,71875	$\sigma^2(\varepsilon)$
Total	(Y  $\mu$ )	$N - 1 = 10$	446827,7	44682,77	$\sigma^2(\varepsilon) + [(N-n)/(N-1)] * \sigma^2(\text{kg})$

<sup>1)</sup> Varianz zwischen den KG

<sup>2)</sup> Varianz innerhalb der KG

<sup>3)</sup>  $DQ = SQ/df$

<sup>4)</sup>  $E(DQ) = \text{Erwartungswerte von } DQ$

Für  $\sigma^2(\text{klon})$  und  $\sigma^2(\varepsilon)$  werden erwartungstreue Schätzwerte erhalten, wenn die entsprechenden DQ-Werte ihren Erwartungswerten gegenübergestellt und die erhaltenen Gleichungen nach  $\sigma^2(\text{klon})$  und  $\sigma^2(\varepsilon)$  aufgelöst werden.

$$s^2(\text{klon}) = [\text{DQ}(t|u) - \text{DQ}(\varepsilon)] / n$$

und  $s^2(\varepsilon) = \text{DQ}(\varepsilon)$

somit ist:

$$s^2(\text{klon}) = (20805,475 - 651,719) / 3,666 = 5496,479$$

$$s^2(\varepsilon) = 651,719$$

daraus folgt:

$$\hat{w} = s^2(\text{kg}) / (s^2(\text{kg}) + s^2(\varepsilon)) = 0,894$$

### 3.2.11 Schätzung der Varianzkomponenten

Zur Schätzung der Varianzkomponenten und zur Schätzung der Einflüsse der fixen Effekte wurde SAS Version 8e verwendet. Für die Schätzung der Heritabilitäten wurde das frei verfügbare DFREML Programm Version 3 für DOS von KARIN MEYER verwendet und zur Schätzung der ZW das von KEITH BOLDMAN und DALE VAN VLECK entwickelte und frei verfügbare MTDFREML.

### 3.2.12 Überprüfung der Normalverteilung

Alle verwendeten Datensätze wurden auf Normalität und Heterogenität mit SAS Version 8e und *Proc UNIVARIATE* geprüft.

### 3.2.13 Überprüfung der fixen Effekte

Zur Überprüfung des Einflusses verschiedener fixer Effekte auf die Messdaten der Versuchstiere wurde mit Hilfe von SAS (*proc glm*) folgende Modelle (Geburstyp, Einstellgewicht, Saison, Schlachtalter und Prüfbulle) eingesetzt.

Für die Merkmale Graviditätsdauer und Geburtsgewicht wurde folgendes Modell verwendet:

$$Y_{ikln} = \mu + \text{gebstyp}_i + \text{gebsai}_k + \text{bulle}_l + \varepsilon_{ikln}$$

Für die Merkmale Mastgewichte und Zunahmen folgendes Modell:

$$Y_{ijkln} = \mu + \text{gebstyp}_i + \text{eingew}_j + \text{gebsai}_k + \text{bulle}_l + \varepsilon_{ijkln}$$

Für alle anderen Merkmale wurde folgendes Modell verwendet:

$$Y_{ijklmn} = \mu + \text{gebtyp}_i + \text{eingew}_j + \text{saison}_k + \text{bulle}_l + \text{salter}_m + \varepsilon_{ijklmn}$$

mit:

- $Y_{ijklmn}$  = Messwert des Tieres n des Geburtstyps i, mit dem Einstallgewicht j in der Saison k des Bullen l und dem Schlachtalter m,
- $\mu$  = gemeinsame Konstante für alle Y-Werte,
- $\text{gebtyp}_i$  = fixer Effekt des Geburtstyps i,  $i = 1$  und  $2$ ,
- $\text{eingew}_j$  = fixer Effekt des Einstallgewichts (Gruppe) j,  $j = 1$  bis  $7$
- $\text{saison}_k$  = fixer Effekt der Saison der Schlachtung k,  $k = 1$  bis  $18$
- $\text{gebsai}_k$  = fixer Effekt der Saison der Geburt k,  $k = 1$  bis  $18$
- $\text{bulle}_l$  = fixer Effekt des Bullen l,  $l = 1$  und  $2$
- $\text{salter}_m$  = fixer Effekt des Schlachtalters (Gruppe) m,  $m = 1$  bis  $7$
- $\varepsilon_{ijklmn}$  = Zufallskomponente von  $Y_{ijklmn}$

### 3.2.14 Schätzung der Varianzkomponenten und Berechnung der Wiederholbarkeit

Für die Schätzung der Wiederholbarkeit wurden die Varianzkomponenten mit Hilfe von SAS 8e, *Proc MIXED* Modellen geschätzt.

Die Wiederholbarkeiten ( $w$ ) wurden nach folgenden Modellen berechnet:

$$w = \frac{\sigma_B^2}{\sigma_B^2 + \sigma_W^2}$$

mit:

- $\sigma_B^2$  = Varianz zwischen den Gruppen ( $B = \textit{between}$ )
- $\sigma_W^2$  = Varianz innerhalb der Gruppen ( $W = \textit{within}$ )

I - Für Halbgeschwistergruppen (Versuchstiere und Zeitgefährten):

$$Y_{ijklmno} = \mu + \text{HG}_i + \text{mastgr}_j + \text{eingew}_k + \text{saison}_l + \text{bulle}_m + \text{salter}_n + \varepsilon_{ijklmno}$$

mit:

- $Y_{ijklmno}$  = Messwert n der Halbgeschwistergruppen i,  $i = 1, 2, \dots, 263$
- $\mu$  = Erwartungswert von Y,
- $\text{HG}_i$  = Abweichung der Messung  $Y_{ijklmno}$  von  $\mu$ , die durch die Halbgeschwistergruppe i bedingt ist, (zwischen den HG-Gruppen)
- $\text{mastgr}_j$  = Abweichung der Messung  $Y_{ijklmno}$  von  $\mu$ , die durch die Mastgruppe j bedingt ist,

- $\text{eingew}_k =$  fixer Effekt Einstallgewicht  $k$ ,  $k = 1$  bis  $7$ ,  
 $\text{saison}_l =$  fixer Effekt der Saison  $l = 1$  bis  $18$ ,<sup>1)</sup>  
 $\text{bulle}_m =$  fixer Effekt des Bullen  $m$ ,  $m=263$ ,  
 $\text{salter}_n =$  fixer Effekt des Schlachalters  $n$ ,  $n=1$  bis  $7$ ,  
 $\varepsilon_{ijklmno} =$  zufallsbedingte Abweichung der Messungen  $Y_{ijklmno}$  von  $\mu + HG_i$   
 (Messfehler)

II - Für unkorrigierte Daten von KG (aus MC und KT):

$$Y_{ijklmnop} = \mu + KG_i + \text{bdam}_j + \text{eingew}_k + \text{saison}_l + \text{bulle}_m + \text{salter}_n + \text{gebtyp}_o + \varepsilon_{ijklmnop}$$

mit:

- $Y_{ijklmnop} =$  Messwert  $p$  der KG  $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, 26$ ,  
 $\mu =$  Erwartungswert von  $Y$ ,  
 $KG_i =$  Abweichung der Messung  $Y_{ijklmnop}$  von  $\mu$ , die durch die KG  $i$   
 bedingt ist, (zwischen den KG)  
 $\text{bdam}_j =$  Abweichung der Messung  $Y_{ijklmnop}$  von  $\mu$ , die durch das  
 Empfängertier  $j$  bedingt ist,  
 $\text{eingew}_k =$  fixer Effekt Einstallgewicht  $k$ ,  $k = 1$  bis  $7$ ,  
 $\text{saison}_l =$  fixer Effekt der Saison  $l = 1$  bis  $12$ ,<sup>1)</sup>  
 $\text{bulle}_m =$  fixer Effekt des Bullen  $m$ ,  $m=1$  und  $2$ ,  
 $\text{salter}_n =$  fixer Effekt des Schlachalters  $n$ ,  $n=1$  bis  $7$ ,  
 $\text{gebtyp}_o =$  fixer Effekt des Geburtstyps  $o$ ,  $o = 1$  und  $2$ ,  
 $\varepsilon_{ijklmnop} =$  zufallsbedingte Abweichung der Messungen  $Y_{ijklmnop}$  von  $\mu + KG_i$   
 (Messfehler)

<sup>1)</sup> Saison steht für die Geburtssaison bei Merkmalen, die vor der Schlachtung erfasst wurden, und für Schlachtsaison bei Merkmalen, die nach der Schlachtung erfasst wurden.

III - Für korrigierte Daten von KG (aus MC und KT)

$$Y_{ijklm} = \mu + KG_i + \text{bdam}_j + \text{bulle}_k + \text{gebtyp}_l + \varepsilon_{ijklm}$$

mit:

- $Y_{ijklm} =$  Messwert  $m$  der KG  $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, 26$   
 $\mu =$  Erwartungswert von  $Y$ ,  
 $KG_i =$  Abweichung der Messung  $Y_{ijklmno}$  von  $\mu$ , die durch die KG  $i$   
 bedingt ist (zwischen den KG)  
 $\text{bdam}_j =$  Abweichung der Messung  $Y_{ijklmno}$  von  $\mu$ , die durch das  
 Empfängertier  $j$  bedingt ist,  
 $\text{bulle}_k =$  fixer Effekt des Bullen  $m$ ,  $m=1$  und  $2$ ,

$\text{gebt}_{i1}$  = fixer Effekt des Geburtstypes  $o$ ,  $o = 1$  und  $2$ ,  
 $\varepsilon_{ijklm}$  = zufallsbedingte Abweichung der Messungen  $Y_{ijklmnop}$  von  $\mu + \text{KG}_i$   
 (Messfehler)

Es gelten folgende Beziehungen:

$E(\text{KG}_i) = 0$ ,  
 $\sigma^2(\text{KG}) = E(\text{KG}_i)^2 = \text{Varianzkomponente von } \sigma^2(Y)$ , die auf die Variation der einzelnen  
 KG-Effekte zurückgeht,  
 $E(\varepsilon_{ij}) = 0$ ,  
 $\sigma^2(\varepsilon) = E(\varepsilon_{ij})^2 = \text{Varianzkomponente von } \sigma^2(Y)$ , die auf die Variation der  
 $\varepsilon$ -Effekte zurückgeht,  
 $\sigma^2(Y) = \sigma^2(\text{KG}) + \sigma^2(\varepsilon)$

### 3.2.14.1 Statistische Signifikanz eines zufälligen Effekts

Die statistische Signifikanz eines zufälligen Effekts im Modell wurde wie folgt berechnet: Aus der Schätzung von Varianzkomponenten mit der „restricted maximum likelihood“ Methode resultieren *Log likelihood* Werte. Wird nun ein komplettes Modell (zu testender Effekt einbezogen) und ein reduziertes Modell (zu testender Effekt aus dem Modell entnommen) zur Schätzung herangezogen, zeigt die Differenz der beiden *log likelihood* Werte multipliziert mit  $-2$  die Signifikanz dieses zufälligen Effektes. Diese Differenz zwischen den *log likelihood* Schätzungen beider Modelle zeigt eine  $\chi^2$ -Verteilung mit Erwartungswerten gleich der Anzahl an zu testenden zufälligen Effekten. Liegt diese nun unter dem kritischen  $\chi^2$ -Wert (für  $p < 0,05$ ; 1 Freiheitsgrad (FG) = 3,84;  $p < 0,01$ , 1 FG = 6,63), so hat der getestete zufälliger Effekt keinen Einfluss auf die zu berechnenden Varianzen.

### 3.2.15 Schätzung der Heritabilitäten

Die Schätzung der Heritabilität (Heritabilität im engeren Sinne,  $h^2$ ) ist der Anteil der additiven genetischen Varianz an der phänotypischen Varianz. Zur Schätzung der Heritabilität wurden alle Tiere (Versuchs- und Vergleichstiere) miteinbezogen. Die Vergleichstiere waren ausschließlich Halbgeschwistergruppen. Die Versuchstiere waren jedoch Halb-, Voll-, und Klongschwister. Um den identischen Genotyp bei der Schätzung zu beachten, wurden alle MZ und auch die KG als jeweils ein Tier und somit als ein Genotyp mit wiederholten Messungen eingebracht.

Die Heritabilität wurde wie folgt berechnet:

$$h^2 = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_P}$$

mit:

$\sigma^2_A$  = Additiv genetische Varianz

$\sigma^2_P$  = Phänotypische Varianz

Zur Schätzung der additiven Varianz und daraus folgenden Heritabilitäten wurde DFREML von KARIN MEYER (Version 3 für DOS) herangezogen. Folgendes Modell wurde dafür verwendet:

$$Y_{ijklmn} = \mu + \text{tier}_i + \text{mastgr}_j + \text{eingew}_k + \text{saison}_l + \text{salter}_m + \varepsilon_{ijklmn}$$

mit:

$Y_{ijklmn}$  = Messwert n der Tieres bzw. des Genotyps i,  $i = 1, 2, \dots, 1593$

$\mu$  = Erwartungswert von Y,

$\text{tier}_i$  = Abweichung der Messung  $Y_{ijklmn}$  von  $\mu$ , die durch da Tier i bedingt ist  
(zufälliger Effekt)

$\text{mastgr}_j$  = Abweichung der Messung  $Y_{ijklmn}$  von  $\mu$ , die durch die Mastgruppe j  
bedingt ist (zufälliger Effekt)

$\text{eingew}_k$  = fixer Effekt Einstellgewicht k,  $k = 1$  bis 7,

$\text{saison}_l$  = fixer Effekt der Saison  $l = 1$  bis 18, <sup>1)</sup>

$\text{salter}_n$  = fixer Effekt des Schlachalters n,  $n=1$  bis 7,

$\varepsilon_{ijklmn}$  = zufallsbedingte Abweichung der Messungen  $Y_{ijklmn}$  von  $\mu + \text{tier}_i + \text{mastgr}_j$   
(Messfehler)

<sup>1)</sup> Saison steht für die Geburtssaison bei Merkmalen, die vor der Schlachtung erfasst wurden, und für Schlachtsaison bei Merkmalen, die nach der Schlachtung erfasst wurden.

### 3.2.16 Zwillingseffizienzwert

Nach BREM (1986a) gibt der ZEW an, wie viele Versuchtiere in jeder von zwei Gruppen durch ein monozygoten Zwillingspaar ersetzt werden können, ohne dass dadurch die statistische Aussagefähigkeit des Tests verringert wird. Der Zwillingseffizienzwert nach BIGGERS (1986) wurde wie folgt berechnet:

$$ZEW = \frac{1}{(1-w)}$$

wobei:

$w$  = Wiederholbarkeit

### 3.2.17 Zuchtwertschätzung Fleischleistung

Als Zielgrößen für die Schätzung des ZW Fleischleistung wurden die Merkmale „Nettozunahmen“ und „Fleischleistung“ herangezogen. Die Schätzung der ZW und ihrer Genauigkeit erfolgte mit MTDFREML. Zur Vereinfachung der vergleichenden Schätzungen wurde ein Tiermodell angewandt. Um die Genauigkeit der ZW für Raser und Humberg zu berechnen, wurden verschiedene Nachkommengruppen (Halbgeschwister, KG und Zwillingspaargruppen) unterschiedlicher Größe gebildet und zur Berechnung verwendet. Obwohl Kloneschwister genetisch identisch sind, können sie im Pedigree nur als Vollgeschwister erfasst werden. So wurden Versuchstiere aus MC und KT als ein Genotyp mit mehreren Messungen betrachtet und ihnen eine gleiche Identifikationsnummer zugeordnet und dadurch ein ZW ihres Genotyps ermittelt.

#### 3.2.17.1 Schätzmodelle

Zur Schätzung der ZW und ihrer Genauigkeiten wurden unterschiedliche Nachkommengruppen der Bullen Raser und Humberg verwendet und ggf. die Verwandtschaftsgrade geändert. Da die Identifikation eines gleichen Genotyps nur durch die Modifikation des Abstammungsgitters erfolgen konnte, wurden die ZW mit Hilfe eines Tiermodells berechnet, das auch dem heutigen Standard der ZW-Berechnung entspricht. Als fixe Effekte wurden die Saison-, Einstellgewichts- und die Schlachtklassen berücksichtigt. Zur Vereinfachung wurden permanente Umwelteffekte, wie beispielsweise die Mastgruppe, im Berechnungsmodell nicht berücksichtigt.

Das Modell zur Berechnung war wie folgt:

$$Y_{ijklm} = \mu + \text{tier}_i + \text{eingew}_j + \text{saison}_k + \text{salter}_l + \varepsilon_{ijklm}$$

mit:

$Y_{ijklm}$  = Messwert  $m$  der Tiere bzw. des Genotyps  $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$

$\mu$  = Erwartungswert von  $Y$ ,

$\text{tier}_i$  = Abweichung der Messung  $Y_{ijklm}$  von  $\mu$ , die durch da Tier  $i$  bedingt ist, zufälliger Effekt.

$\text{eingew}_j$  = fixer Effekt Einstellgewicht  $j$ ,  $j = 1$  bis  $7$ ,

$\text{saison}_k$  = fixer Effekt der Saison  $k = k$  bis  $18$ ,<sup>1)</sup>

$\text{salter}_l$  = fixer Effekt des Schlachalters  $l$ ,  $l=1$  bis  $7$ ,

$\varepsilon_{ijklm}$  = zufallsbedingte Abweichung der Messungen  $Y_{ijklm}$  von  $\mu + HG_i$  (Messfehler)

<sup>1)</sup> Saison steht für die Geburtssaison bei Merkmalen, die vor der Schlachtung erfasst wurden, und für Schlachtsaison bei Merkmalen, die nach der Schlachtung erfasst wurden.

### 3.3 Körpermaße

#### 3.3.1 Erfassung der Daten

Die Daten wurden mit Hilfe eines Maßbands für Nutztiere und einem Viehmesstab erfasst (Abbildung 5). Die Rinder standen mit erhobenem Kopf und ordentlichem Stand auf ebener Fläche zum Zeitpunkt des Vermessens.

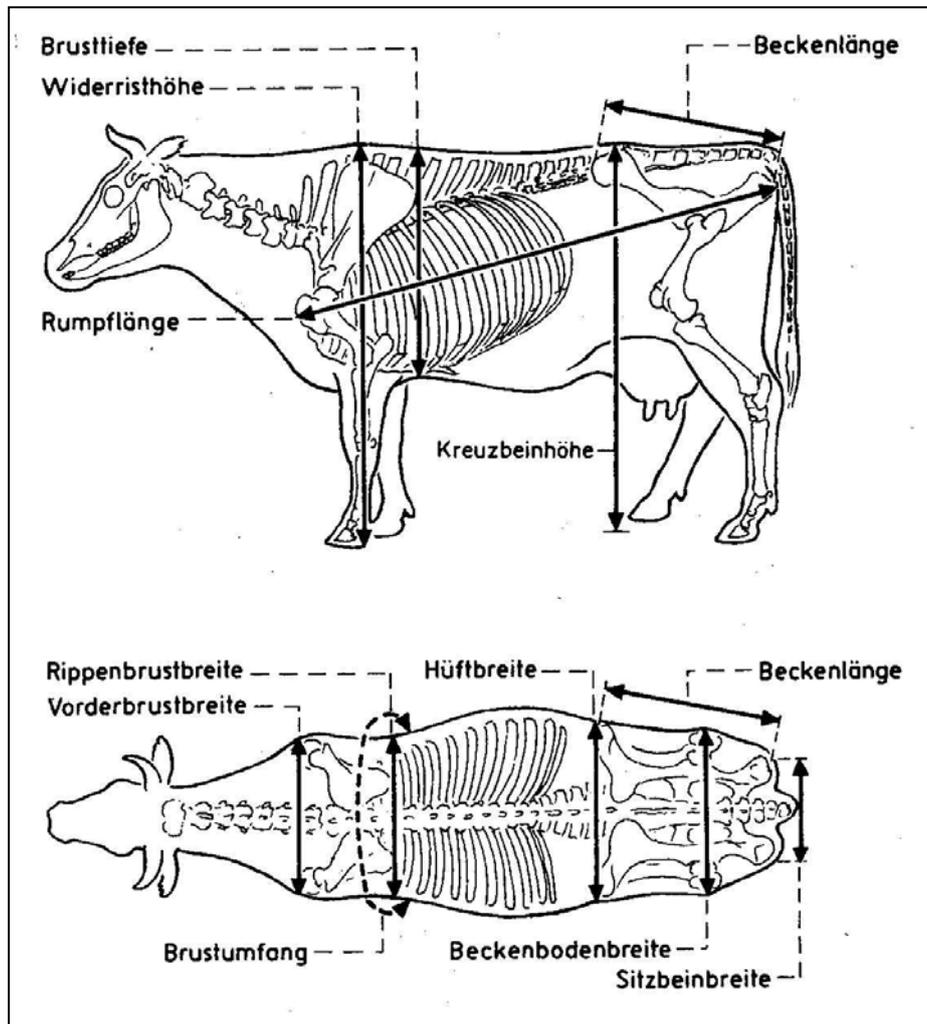


Abb. 5: Schematische Darstellung der erfassten Körpermaße (nach SCHWARK, 1989)

Zusätzlich zu den abgebildeten Messungen wurden noch der Umfang des linken Vorderfußes (VFU) und die Kopflänge (KL) gemessen. Zum Zeitpunkt der Messungen wurde auch das Körpergewicht erfasst.

### 3.3.1.1 Anzahl der vermessenen Tiere und erfasste Merkmale

*Tabelle 11* zeigt die Anzahl an weiblichen und männlichen Tieren an denen Körpermaße erfasst und zur Auswertung herangezogen wurden.

Tab. 11: Erfasste Merkmale an weiblichen und männlichen Tieren

Merkmal	Weiblich Anzahl	Männlich Anzahl	Gesamt	MZ Paare (Anzahl)	KG Gruppen (Anzahl)	Gesamt
Widerristhöhe (WH)	107	96	203	27 (54)	2 (3+4)	61
Kreuzbeinhöhe (KH)	107	100	207	28 (56)	2 (3+4)	63
Beckenbodenbreite (BBB)	107	90	197	27 (54)	1 (3)	57
Brustumfang (BU)	107	99	206	28 (56)	2 (3+4)	63
Brusttiefe (BT)	106	-	106	17 (34)	-	34
Hüftbreite (HB)	107	-	107	18 (36)	-	36
Rumpflänge (RL)	107	-	107	18 (36)	-	36
Beckenlänge (BL)	107	-	107	18 (36)	-	36
Rippenbrustbreite (RBB)	107	-	107	18 (36)	-	36
Kopflänge (KL)	107	-	107	18 (36)	-	36
Vorderfußumfang (VFU)	107	-	107	18 (36)	-	36
Sitzbeinbreite (SBB)	107	-	107	18 (36)	-	36
Vorderbrustbreite (VBB)	107	-	107	18 (36)	-	36

### 3.3.2 Statistische Methoden - Körpermaße

#### 3.3.3 Klassenbildung und Merkmalsstruktur

Für einen Überblick, wie der Datensatz aufgebaut war, folgt eine Aufstellung über die Struktur und Verteilung einzelner Tiere innerhalb der fixen Effekte. Für die Auswertung wurden zur einfacheren und genaueren Schätzung bei einigen fixen Effekten Klassen gebildet, um die Anzahl der Stufen und somit die Anzahl an verwendeten Freiheitsgraden zu reduzieren. Einzubeziehende Effekte waren Geburtstyp, Bulle, Kuh, Geschlecht, Alter beim Vermessen und Herkunftsbetrieb.

##### 3.3.3.1 Verteilung nach Herkunftsbetrieb und Geschlecht

Die Versuchstiere wurden in vier verschiedenen Betrieben geboren. Der Herkunftsbetrieb wurde als fixer Effekt gewählt, da die Tiere während der Versuchsperiode mehrfach den Betrieb wechselten. *Tabelle 12* zeigt die Verteilung der Tiere nach Geschlecht und Herkunftsbetrieb.

Tab. 12: Verteilung der Tiere nach Geschlecht und Herkunftsbetrieb

Herkunftsbetrieb	Weiblich Anzahl	Männlich Anzahl	Gesamt	MZ	KG	Gesamt
				Paare (Anzahl)	Gruppen (Anzahl)	
A	40	24	64	9 (18)	1 (3)	21
B	18	38	56	5 (10)	1 (4)	14
C	31	24	55	9 (18)	0	18
D	17	14	31	5 (10)	0	10
Gesamt	106	100	206	56	7	63

### 3.3.3.2 Verteilung der Tiere nach Spender

Tabelle 13 zeigt die Anzahl der pro Spender zum Vermessen verfügbaren Tiere. Auf Grund der geringen Anzahl an beteiligten Kühen, wurden diese als fixer Effekt in die Auswertung der Daten miteinbezogen.

Tab. 13: Verteilung der Nachkommen nach Spender und Geschlecht

Spendername	Weiblich Anzahl	Männlich Anzahl	Gesamt
Holli	2	4	6
Hanna	2	4	6
Relia	0	1	1
Heide	4	3	7
Regia	8	7	15
Pentola	3	12	15
Hinka	13	7	20
Birne	10	4	14
Nena	4	0	4
Maria	5	2	7
Ronda	13	21	34
Elvira	10	12	22
Liesel	3	5	8
Andrea	11	7	18
Suleika	9	20	29
Gesamt	100	106	206

### 3.3.3.3 Verteilung der Tiere nach Bulle

Alle vermessenen Tiere stammten von den Besamungsbullen Raser und Humberg (*Tabelle 14*).

Tab. 14: Verteilung der Nachkommen aus MC und KT nach Bulle

Bulle	Versuchstiere Anzahl	MZ	KG	Gesamt
		Paare (Anzahl)	Gruppen (Anzahl)	
Humberg	84	12 (24)	1 (3)	27
Raser	122	16 (32)	1 (4)	36
Gesamt	206	56	7	63

### 3.3.3.4 Verteilung der Tiere nach Alter beim Vermessen

Zur Verringerung der Anzahl der Freiheitsgrade wurden die Tiere in Altersgruppen unterteilt. (*Tabelle 15*).

Tab. 15: Einteilung der Versuchstiere in Altersklassen zum Zeitpunkt der Vermessung

Alter beim Vermessen (Tage)	Altersgruppe	Versuchstiere Anzahl
< 300	1	5
301 - 399	2	9
400 - 439	3	20
440 - 479	4	87
480 - 549	5	16
550 - 699	6	11
700 - 799	7	8
800 - 899	8	10
900 - 999	9	7
1000 - 1099	10	9
1100 - 1199	11	7
1200 - 1499	12	11
1500 - 2000	13	6
Gesamt		206

### 3.3.3.5 Verteilung der Tiere nach Geburtstyp und Geschlecht

Anhand der fixen Effekte wurde überprüft, ob der Geburtstyp (Einlings- bzw. Zwillingskälber) einen Einfluss auf die Körpermaße hatte. *Tabelle 16* zeigt die Verteilung weiblicher und männlicher Tiere in dem jeweiligen Geburtstyp.

Tab. 16: Verteilung der Versuchstiere nach Geburtstyp und Geschlecht

Geburtstyp	Weiblich Anzahl	Männlich Anzahl	Gesamt
Einling	56	62	118
Zwilling	51	37	88
Gesamt	107	99	206

### 3.3.3.6 Schätzung der Korrelation und der phänotypischen Wiederholbarkeit

Die Schätzung der einfachen linearen Korrelation und der phänotypischen Wiederholbarkeit der Daten erfolgte wie bereits unter 3.2.9 für die Fleischleistungsdaten beschrieben.

### 3.3.3.7 Überprüfung der fixen Effekte

Für die Merkmale Widerristhöhe (WH), Kreuzbeinhöhe (KH) Beckenbodenbreite (BBB) und Brustumfang (BU) wurde folgendes Modell verwendet:

$$Y_{ijklmnop} = \mu + \text{gebtyp}_i + \text{kuh}_k + \text{bulle}_l + \text{sex}_m + \text{alter}_n + \text{betrieb}_o + \varepsilon_{ijklmnop}$$

Für die Merkmale Brusttiefe (BT), Hüftbreite (HB), Rumpflänge (RL), Beckenlänge (BL), Rippenbrustbreite (RBB), Kopflänge (KL) Vorderfußumfang (VFU), Sitzbeinbreite (SBB) und Vorderbrustbreite die nur an weiblichen Tieren erfasst wurden, wurde folgendes Modell verwendet:

$$Y_{iklnop} = \mu + \text{gebtyp}_i + \text{Kuh}_k + \text{bulle}_l + \text{alter}_n + \text{betrieb}_o + \varepsilon_{iklnop}$$

mit:

- $Y_{ijklmnop}$  = Messwert des Tieres p des Geburtstyps i, mit der Kuh k  
des Bullen l mit dem Geschlecht m, dem Alter n, auf dem Herkunftsbetrieb o,  
 $\mu$  = gemeinsame Konstante für alle Y-Werte,  
 $\text{gebtyp}_i$  = fixer Effekt des Geburtstyps i,  $i = 1$  und  $2$ ,

$kuh_k$	=	fixer Effekt der Kuh $j$ , $j = 1$ bis 15
$bulle_l$	=	fixer Effekt des Bullen $l$ , $l = 1$ und 2
$sex_m$	=	fixer Effekt des Geschlechtes $m$ , $m = 1$ und 2
$alter_n$	=	fixer Effekt der Altersgruppe beim Vermessen $n$ , $n = 1$ bis 13
$betrieb_o$	=	fixer Effekt des Herkunftsbetriebes $o$ , $o = 1$ bis 4
$\varepsilon_{ijklmnop}$	=	Zufallskomponente von $Y_{ijklmnop}$

### 3.3.3.8 Schätzung der Varianzkomponenten und Wiederholbarkeiten

Für die Schätzung der Wiederholbarkeit wurden die Varianzkomponenten in SAS 8e mit Hilfe von *proc mixed* Modellen geschätzt.

Die Wiederholbarkeiten ( $w$ ) wurden, wie unter 3.2.14 beschrieben, mit folgenden Modellen berechnet:

I - Für Vollgeschwistergruppen (Versuchstiere):

$$Y_{ijklm} = \mu + VG_i + empf_j + sex_k + alter_l + \varepsilon_{ijklm}$$

mit:

$Y_{ijklm}$	=	Messwert $n$ der Vollgeschwistergruppen $i$ , $i = 1, 2, \dots, 263$
$\mu$	=	Erwartungswert von $Y$ ,
$VG_i$	=	Abweichung der Messung $Y_{ijklm}$ von $\mu$ , die durch die Vollgeschwistergruppe $i$ bedingt ist, (zwischen den VG-Gruppen)
$empf_j$	=	Abweichung der Messung $Y_{ijklm}$ von $\mu$ , die durch den Empfänger $j$ bedingt ist,
$sex_k$	=	fixer Effekt Geschlecht $k$ , $k = 1$ (männlich) , 2 (weiblich)
$alter_l$	=	fixer Effekt der Altersgruppe beim Messen $n$ , $n=1$ bis 13,
$\varepsilon_{ijklmn}$	=	zufallsbedingte Abweichung der Messungen $Y_{ijklm}$ von $\mu + VG_i$ (Messfehler)

II - Für Zwillingspaare und KG (Versuchstiere):

$$Y_{ijklm} = \mu + KG_i + sex_k + alter_l + \varepsilon_{ijklm}$$

mit:

$Y_{ijklm}$	=	Messwert $n$ der Vollgeschwistergruppen $i$ , $i = 1, 2, \dots, 263$
$\mu$	=	Erwartungswert von $Y$ ,

- $KG_i$  = Abweichung der Messung  $Y_{ijklm}$  von  $\mu$ , die durch die  
Zwillingspaare bzw. KG i bedingt ist,  
(zwischen den KG)
- $sex_k$  = fixer Effekt Geschlecht k, k = 1 (männlich), 2 (weiblich)
- $alter_l$  = fixer Effekt der Altersgruppe beim Messen n, n=1 bis 13,
- $\varepsilon_{ijklmn}$  = zufallsbedingte Abweichung der Messungen  $Y_{ijklm}$  von  $\mu + VG_i$   
(Messfehler)

Der zufällige Effekt des Empfängers wurde bei den MZ und KG nicht mit einbezogen, da mit einer Ausnahme alle Tiere eines Paares, bzw. einer KG durch den gleichen Empfänger ausgetragen wurden.

## 4 ERGEBNISSE

### 4.1 Anzahl erzeugter Nachkommen

Tabelle 17 zeigt die im Rahmen des Projekts durch ET, MC und KT insgesamt erzeugten Graviditäten und Nachkommen.

Tab. 17: Im Rahmen des Projekts erzeugte Graviditäten und Nachkommen

Graviditäten	542		
Aborte	41		
Geschlachtete Empfänger	8		
	Gesamt	männlich	weiblich
Kälber	493	273	220
Totgeburten	41	23	18
Perinatale Verluste	64	47	17
Abgänge	18	18	-

Die Abortrate betrug 7,6%. Acht Empfängertiere (1,5%) wurden geschlachtet und schieden aus dem Versuch aus. Es wurden 493 Kälber geboren, dabei traten 8,3% Totgeburten auf. Die perinatalen Verluste betragen 13,0%. In den ersten Lebensmonaten sind 18 Kälber (3,7%) verendet.

### 4.2 Stationsprüfung

#### 4.2.1 Anzahl auf Station geprüfter männlicher Nachkommen

Von 15 Spendertieren konnten ausreichend männliche Nachkommen für die Stationsprüfung erzeugt werden. Die Anzahl und die Verteilung der erzeugten Nachkommen zeigt *Tabelle 18*.

Tab. 18: Verteilung der auf Station geprüften männlichen Nachkommen

	Vater		Gesamt
	Raser	Humberg	
Eingestellte Tiere	110	75	185
Ausfälle (Tod oder Krankheit)	6	12	18
Geprüfte Tiere	104	63	167
<i>Hiervon:</i>			
KG 1	4	-	4
KG 2	-	3	3
KG 3	3	-	3
Zwillingspaare (Anzahl)	15 (30)	8 (16)	46
Einlinge	67	44	111

Aus den 542 erzeugten Graviditäten sind insgesamt 185 männliche Prüfkälber entstanden. Die Stationsprüfung haben 104 Söhne des DFV-Bullen Raser und 63 Söhne des DFV-Bullen Humberg vollendet. Vergleichstiere bildeten 1439 Söhne von 239 DFV-Bullen, die in Westerschondorf im gleichen Zeitraum geprüft wurden.

#### 4.2.2 Mast- und Schlachtleistung der Nachkommen von Raser und Humberg

Tabelle 19 zeigt die Mast- und Schlachtleistungswerte von Nachkommen beider Bullen. Die Werte weichen nur geringfügig von den Ergebnissen der Vergleichstiere im Prüfwahl 2000 (Jahresbericht 2000 der BLT-Grub) ab. Somit lagen die im Rahmen des Projekts geprüften Tiere im Populationsmittel. Die durchschnittliche Schlachtkörperzusammensetzung der Nachkommen beider Bullen ist in *Abbildung 6* dargestellt.

Tab. 19: Mast- und Schlachtleistung geprüfter Nachkommen von Raser und Humberg

Merkmale	Raser ( $n = 104$ )			Humberg ( $n = 63$ )		
	Anzahl	$\bar{x}$	SD	Anzahl	$\bar{x}$	SD
Geburtsgewicht (kg)	104	39,3	6,5	63	43,0	7,5
Einstellalter (Tage)	104	61,3	19,4	61	58,6	18,3
Einstellgewicht (kg)	102	76,1	16,1	61	84,3	17,3
Gewicht 112. Tg. (kg)	100	134,7	19,7	61	135,7	18,6
Gewicht 196. Tg. (kg)	100	226,5	26,4	61	227,7	32,8
Gewicht 280. Tg. (kg)	100	335,0	39,5	61	350,8	45,7
Gewicht 364. Tg. (kg)	99	441,9	45,5	61	468,8	54,9
Gewicht 405. Tg. (kg)	98	493,9	48,5	60	526,8	58,5
Gewicht 450. Tg. (kg)	104	536,4	50,1	63	575,8	58,9
Mastendgewicht (kg)	104	545,0	52,6	63	581,2	58,1
Schlachthofgewicht (kg)	104	519,0	50,9	63	553,5	58,0
Schlachalter (Tage)	104	459,1	17,9	63	455,3	9,3
Tgl. Zun. s. Geburt (g)	104	1101,9	105,3	63	1182,7	125,2
Tgl. Zun. ab 112. Tg. (g)	100	1184,3	134,3	61	1296,5	145,3
Tgl. Zun. 112.-364. Tg. (g)	99	1219,8	145,6	61	1321,9	167,2
Tgl. Zun. ab 364. Tg. (g)	99	1086,3	293,1	61	1221,8	306,6
Schlachtgewicht (kg)	104	299,4	32,0	63	317,6	35,3
Schl. Ausbeute <sup>1)</sup> (%)	104	57,7	1,4	63	57,3	1,3
Nettozunahme <sup>2)</sup> (g)	104	652,4	67,3	63	697,9	79,9
Pistolenanteil <sup>3)</sup> (%)	104	42,9	1,2	62	41,9	1,1
Hautgewicht (kg)	100	45,4	7,1	63	44,3	5,7
Kopfgewicht (kg)	100	14,3	1,1	63	14,1	1,3
4-Füßgewicht (kg)	104	10,8	0,9	61	11,0	0,8
Abschnitte <sup>4)</sup> (kg)	104	14,8	3,0	63	19,2	5,0
Hautanteil <sup>5)</sup> (%)	100	8,7	1,2	63	8,0	1,0
Kopfanteil <sup>5)</sup> (%)	100	2,8	0,2	63	2,6	0,2

Fort. Tab. 19: Mast- und Schlachtleistung geprüfter Nachkommen von Raser und Humberg

4-Füßbeanteil <sup>5)</sup>	(%)	104	2,1	0,1	61	2,0	0,1
Anteil an Abschnitten <sup>5)</sup>	(%)	104	2,8	0,5	63	3,4	0,7
Hälftenlänge HI.	cm	104	127,6	4,1	63	132,1	4,2
Keulenumfang/HI.	(%)	104	90,1	2,9	63	87,2	2,4
Muskelfl. 8./9. Rippe	cm <sup>2</sup>	104	64,0	7,8	63	63,9	8,8
Nierentalanteil <sup>6)</sup>	(%)	104	4,0	1,1	63	5,6	1,9
Muskelfleisch <sup>7)</sup>	(%)	104	75,9	1,8	60	74,5	1,8
Fettgewebe <sup>7)</sup>	(%)	104	11,9	2,1	62	13,6	2,2
Fleischanteil <sup>7)</sup>	(%)	104	87,8	0,6	60	88,0	0,7
Muskelfleisch : Knochen	( :1)	104	5,1	0,1	60	5,0	0,1

<sup>1)</sup> Schlachtausbeute = Schlachtgewicht x 100 / Schlachthofgewicht; <sup>2)</sup> Nettozunahmen (g/Tag) = Schlachtgewicht x 1000 / Schlachtalter; <sup>3)</sup> Pistole = Hinterviertel an 9. Rippe minus Bauchseitige Dünnung; <sup>4)</sup> Rechlich abzutrennende Schlachtkörperteile, u.a. Nierentalg; <sup>5)</sup> Anteil am Schlachthofgewicht; <sup>6)</sup> Anteil am Schlachtgewicht; <sup>7)</sup> Mit Regressionsgleichung aus Schlachtmerkmalen geschätzt (Knochen inkl. Sehnen).

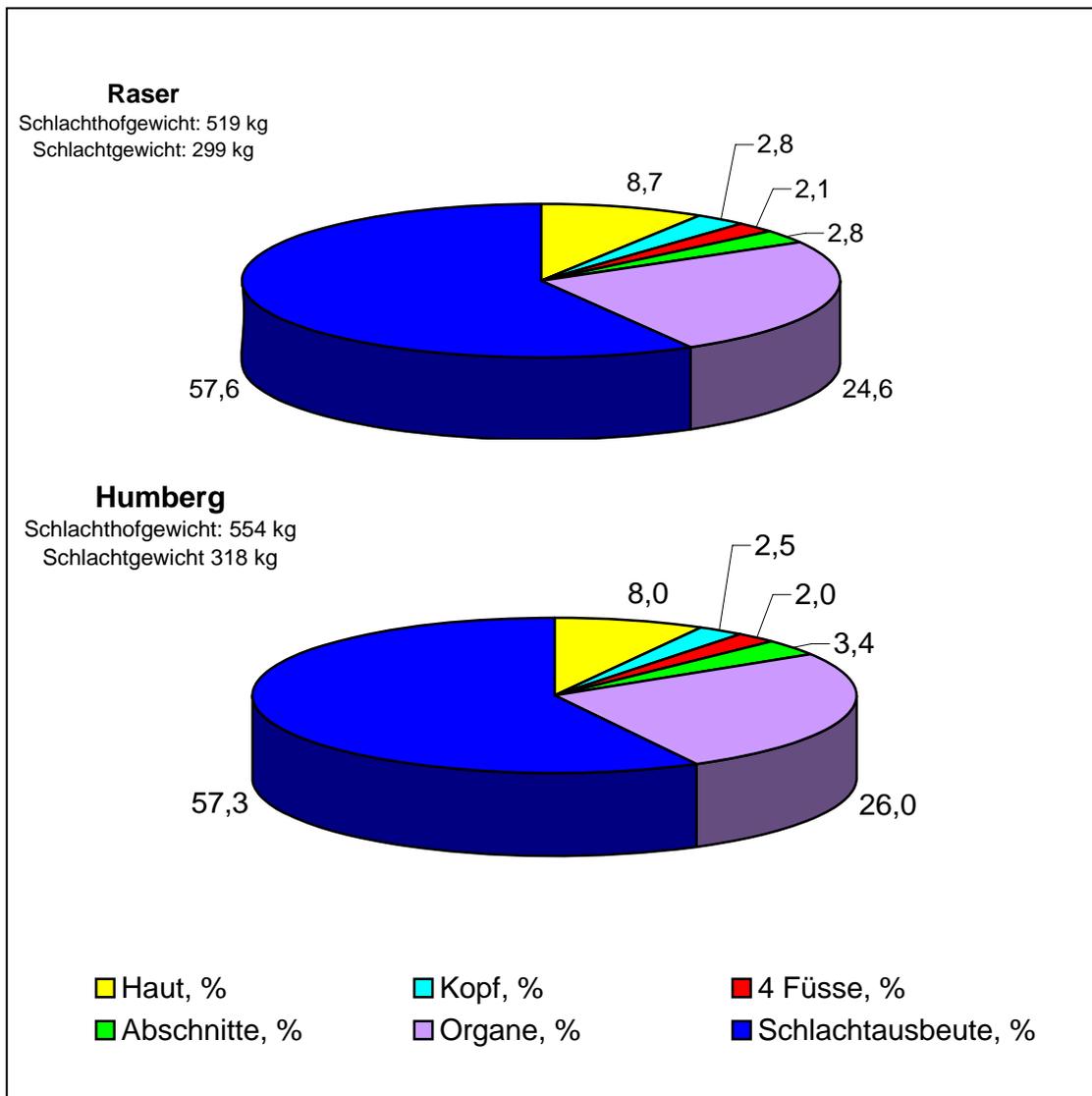


Abb. 6: Zusammensetzung der Schlachtkörper geprüfter Nachkommen (%)

Abbildung 6 zeigt, dass das Schlachtgewicht der männlichen Nachkommen von Humberg im Durchschnitt um 19 kg höher als bei den Nachkommen von Raser war. Beim Schlachthofgewicht, unterschieden sich die Nachkommengruppen im Durchschnitt um 33 kg KGW. Bei den Nachkommen von Raser wurden jedoch im Durchschnitt weniger Abschnitte und ein geringerer Organanteil beobachtet, was zu einer um 0,3% höheren Schlachtausbeute führte.

#### 4.2.3 Phänotypische lineare Korrelationen der Merkmale von Zwillingspaaren

Tabelle 20 zeigt die berechneten phänotypischen Korrelationen zwischen den Messwerten beider Zwillinge eines Paares.

Die jeweiligen Leistungen beider Zwillinge eines Paares waren hoch korreliert. Demnach ist der Zuwachs eines Zwillinges in etwa gleich zu dem anderen Zwilling eines Paares, unter gleichen Versuchsbedingungen. Im Schnitt aller Merkmale wurde eine Korrelation von 0,91 ermittelt.

Tab. 20: Phänotypische Korrelationen zwischen Messwerten der Zwillingspaare

Merkmale	Korrelation	Merkmale	Korrelation
Graviditätsdauer	0,998	Nettozunahmen	0,949
Geburtsgewicht	0,984	Pistolengewicht	0,938
Gewicht 112. Tg.	0,866	Hälftenlänge (Hl.)	0,796
Gewicht 196. Tg.	0,905	Keulenumfang / Hl.	0,834
Gewicht 280. Tg.	0,925	Keulenumfang	0,948
Gewicht 364. Tg.	0,917	Rückenmuskulatur	0,869
Gewicht 405. Tg.	0,940	Haut, %	0,988
Gewicht 450. Tg.	0,961	Haut, kg	0,978
Mastendgewicht	0,957	Kopf, %	0,885
Tgl. Zunahmen s. Geburt	0,955	Kopf, kg	0,832
Tgl. Zunahmen ab 112. Tg.	0,924	4 Füße, %	0,894
Tgl. Zunahmen 112. – 364. Tg.	0,908	4 Füße, kg	0,900
Tgl. Zunahmen ab 364. Tg.	0,796	Abschnitte, %	0,914
Nierentalganteil, %	0,913	Abschnitte, kg	0,944
Pistolenanteil, %	0,834	Innere Organe, %	0,893
Schlachthofgewicht	0,958	Innere Organe, kg	0,951
Schlachtgewicht warm	0,897	Abgänge, %	0,845
Schlachtausbeute	0,845	Abgänge, kg	0,963

Die grafischen Darstellungen in *Abbildung 7* zeigen die Korrelationen der Leistungen für das hoch korrelierende Merkmal Hautgewicht und für das weniger korrelierende Merkmal Hälftenlänge.

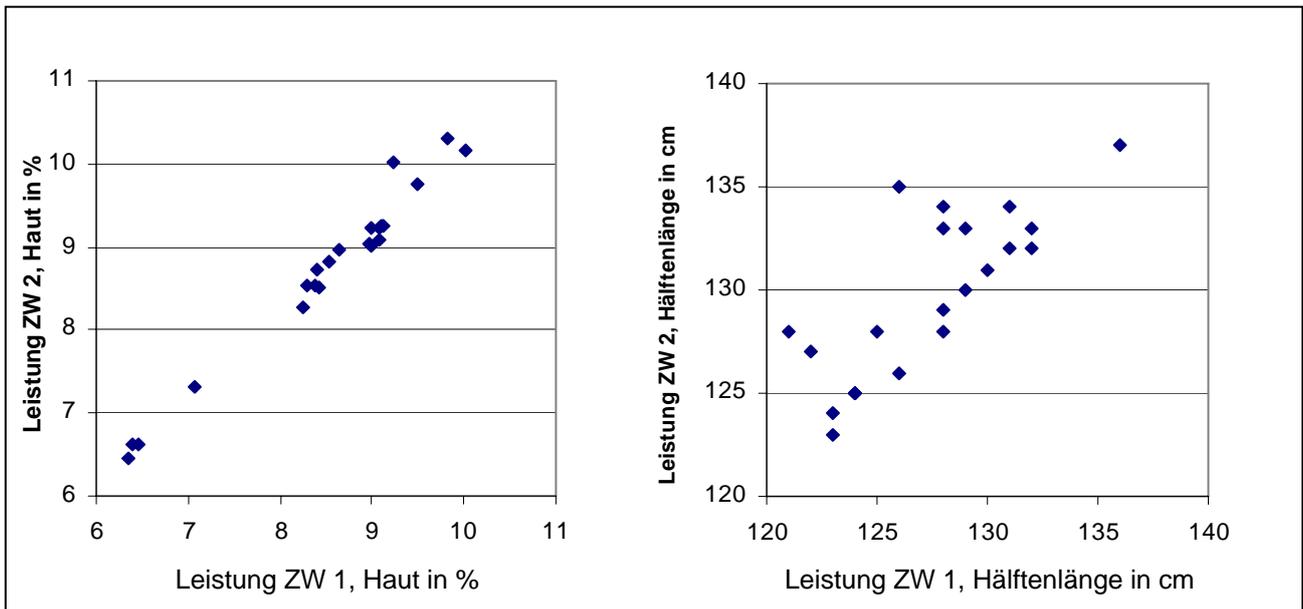


Abb. 7: Korrelation des prozentualen Hautanteils und der Hälftenlänge (cm)

#### 4.2.4 Phänotypische Wiederholbarkeit der Messwerte

Unter Verwendung der Summe der quadrierten Y-Werte wurden folgende Wiederholbarkeiten für die phänotypischen Merkmale der Klon- und Zwillingsgruppen berechnet (*Tabelle 21*).

Tab. 21: Phänotypische Wiederholbarkeit der Zwillingspaare und KG

Merkmale	MZ (23 Paare)	3 KG (3 + 3 + 4 Tiere)
<b>GEWICHTE</b>		
Gewicht 112. Tg.	0,663	0,859
Gewicht 196. Tg.	0,701	0,932
Gewicht 280. Tg.	0,800	0,928
Gewicht 364. Tg.	0,814	0,945
Gewicht 405. Tg.	0,863	0,882
Gewicht 450. Tg.	0,850	0,807
Mastendgewicht	0,826	0,758
<b>ZUNAHMEN</b>		
Tgl. Zunahmen s. Geburt	0,828	0,786
Tgl. Zunahmen ab 112. Tg.	0,812	0,763
Tgl. Zunahmen 112. – 364. Tg.	0,807	0,886
Tgl. Zunahmen ab 364. Tg.	0,600	0,393

Forts. Tab. 21: Phänotypische Wiederholbarkeit der Zwillingspaare und KG

SCHLACHKÖRPERQUALITÄTSMERKMALE		
Nierentalanteil, %	0,842	0,907
Pistolenanteil, %	0,681	0,518
SCHLACHKÖRPERGEWICHTE		
Schlachthofgewicht	0,848	0,827
Schlachtgewicht warm	0,800	0,844
Schlachtausbeute	0,656	0,567
Nettozunahmen	0,824	0,874
Pistolengewicht	0,796	0,833
SCHLACHTKÖRPERMAßE		
Hälftenlänge (Hl.)	0,659	0,745
Keulenumfang / Hl.	0,635	0,844
Keulenumfang	0,824	0,565
Rückenmuskulatur	0,655	0,680
ANTEIL SCHLACHTABGÄNGE AM SCHLACHTHOFGEWICHT		
Haut, %	0,968	0,941
Haut, kg	0,920	0,675
Kopf, %	0,798	0,876
Kopf, kg	0,678	0,429
4-Füße, %	0,805	0,961
4-Füße, kg	0,780	0,426
Abschnitte, %	0,835	0,935
Abschnitte, kg	0,854	0,905
Innere Organe, %	0,775	0,544
Innere Organe, kg	0,874	0,799
Abgänge, %	0,616	0,568
Abgänge, kg	0,861	0,775
Durchschnitt aller Merkmale	0,762	0,734

Die Berechnung der phänotypischen Wiederholbarkeit als Faktor zur Gleichheit der Beobachtungswerte an MZ und KG ergaben eine durchschnittliche Wiederholbarkeit von 76,2% für MZ und 73,4% für KG.

#### 4.2.5 Fixe Effekte

Bei der Untersuchung des Einflusses von Geburtstyp, Einstellgewicht, Saison, Bulle und Schlachtalter wurden folgende Unterschiede ermittelt (Tabelle 22). Effekte, die nicht mit in das Modell aufgenommen wurden, sind mit einem Minus gekennzeichnet.

Tab. 22: Darstellung der fixen Effekte mit Angaben zu den Signifikanzen

Merkmale	Fixe Effekte				
	Geburstyp	Einstellgewicht	Saison	Bulle	Schlachalter
Graviditätsdauer	✓**	–	✓*	✓*	–
Geburtsgewicht	✓**	–	✓**	✓*	–
Gewicht 112. Tg.	✓	✓**	✓*	✓**	–
Gewicht 196. Tg.	✓	✓**	✓	✓	–
Gewicht 280. Tg.	✓	✓**	✓	✓	–
Gewicht 364. Tg.	✓	✓**	✓	✓	–
Gewicht 405. Tg.	✓	✓**	✓	✓	–
Gewicht 450. Tg.	✓*	✓**	✓*	✓	–
Mastendgewicht	✓*	✓**	✓	✓	✓
Tgl. Zunahmen s. Geburt	✓	✓**	✓	✓	–
Tgl. Zunahmen ab 112. Tg.	✓*	✓*	✓*	✓*	✓
Tgl. Zunahmen 112. – 364. Tg.	✓	✓**	✓	✓	–
Tgl. Zunahmen ab 364. Tg.	✓**	✓	✓	✓	✓
Nierentalanteil, %	✓	✓**	✓**	✓**	✓
Pistolenanteil, %	✓	✓**	✓	✓**	✓
Schlachthofgewicht	✓	✓**	✓	✓	✓
Schlachtgewicht warm	✓*	✓**	✓	✓	✓
Schlachtausbeute	✓	✓	✓*	✓*	✓
Nettozunahmen	✓*	✓**	✓*	✓	✓
Pistolengewicht	✓*	✓**	✓	✓	✓*
Hälftenlänge (Hl.)	✓**	✓**	✓**	✓**	✓
Keulenumfang / Hl.	✓	✓	✓*	✓**	✓
Keulenumfang	✓*	✓**	✓	✓	✓
Rückenmuskulatur	✓	✓	✓**	✓	✓
Haut, %	✓	✓**	✓**	✓**	✓
Haut, kg	✓	✓**	✓**	✓**	✓
Kopf, %	✓	✓**	✓**	✓**	✓
Kopf, kg	✓*	✓	✓	✓*	✓
4 Füße, %	✓	✓**	✓	✓**	✓
4 Füße, kg	✓*	✓**	✓*	✓	✓*
Abschnitte, %	✓	✓**	✓**	✓**	✓
Abschnitte, kg	✓	✓**	✓**	✓**	✓*
Innere Organe, %	✓	✓**	✓**	✓**	✓
Innere Organe, kg	✓	✓**	✓**	✓**	✓
Abgänge, %	✓	✓	✓*	✓*	✓
Abgänge, kg	✓*	✓**	✓	✓	✓

✓\*\* =  $p < 0,01$ ; ✓\* =  $p < 0,05$ ; ✓ = nicht signifikant; – = Effekt im Modell nicht erfasst

#### 4.2.5.1 Geburtstyp

Der Geburtstyp hatte einen hoch signifikanten Einfluss ( $p < 0,01$ ) auf die Dauer der Gravidität (MZ 283 Tage vs. Einlingskälber 287 Tage), das Geburtsgewicht (37 kg KGW vs. 44 kg KGW) (Abbildung 8), die Hälftenlänge (128,5 cm vs. 130,4 cm) und die Zunahmen im letzten Mastabschnitt (1156,0 g vs. 1246,0 g). Der Geburtstyp übte auch einen signifikanten Einfluss ( $p < 0,05$ ) auf das 450 Tage Gewicht, das Mastendgewicht, die Zunahmen ab Tag 112 und auf die Rahmenmerkmale, wie Pistolengewicht, Schlachtgewicht Hälftenlänge, Gewicht der Abgänge und Kopf- und Fußgewichte aus.

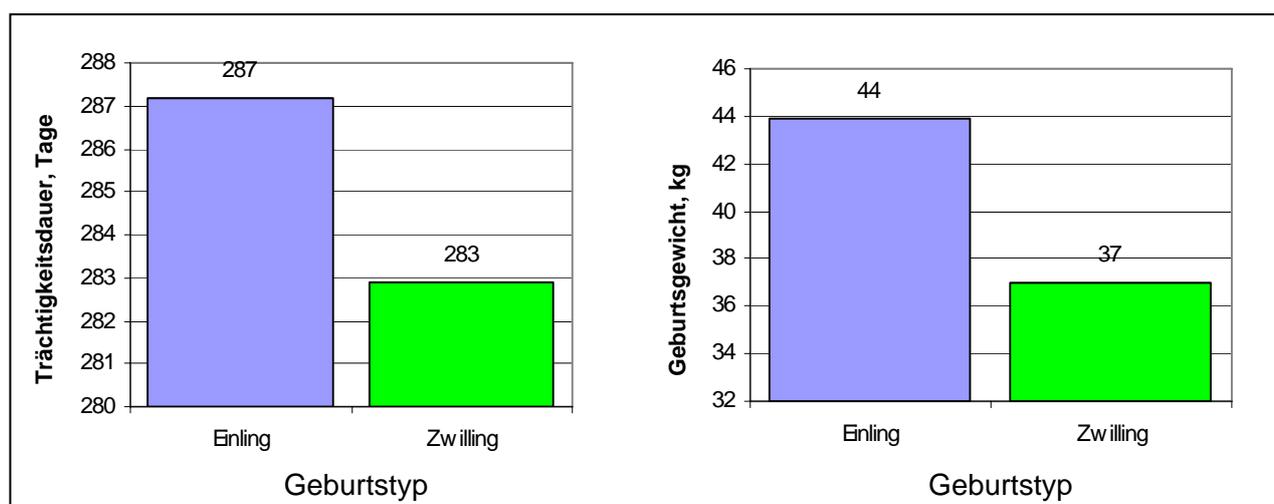


Abb. 8: Beeinflusste Merkmale, Graviditätsdauer (Tage) und Geburtsgewicht (kg KGW)

#### 4.2.5.2 Einstellalter

Das Gewicht zum Zeitpunkt des Einstellens hatte über die ganze Mastdauer, bis hin zum Abschluss der Prüfung, einen hoch signifikanten Einfluss ( $p < 0,01$ ) auf die Gewichte in den jeweiligen Mastabschnitten. Die Differenzen der Einstellgewichte zu Beginn der Mast blieben signifikant unterschiedlich ( $p < 0,01$ ) bis zum Mastendgewicht. So konnten Tiere, die mit niedrigem Gewicht eingestellt wurden, die Gewichtsunterschiede nicht aufholen und blieben in ihrer Leistung hinter den Tieren zurück, die zu Beginn schon schwerer waren (Abbildung 9).

Die täglichen Zunahmen in den Leistungsabschnitten „seit Geburt bis Mastende“, „ab dem 112. Tag bis Mastende“ und „zwischen dem 112. – 364. Masttag“ wurden ebenfalls von der Höhe des Einstellgewichts beeinflusst. Tiere, die mit einem Gewicht zwischen 47 – 59 kg KGW eingestellt wurden, nahmen im ersten Leistungsabschnitt „seit Geburt bis Mastende“ im Durchschnitt 1.098 g/Tag zu. Die tägliche Zunahme von Tieren, die beim Einstellen über 100 kg KGW hatten, war mit 1.224 g/Tag signifikant höher. Diese Tendenz wurde auch bei den Zunahmen in den Leistungsabschnitten

„112. Tag bis Ende der Mast“ und „zwischen den Tagen 112 – 364“ beobachtet. Erst zu Ende der Mast, ab dem 364. Tag, hatte das Einstellgewicht keinen signifikanten Einfluss mehr auf die Zunahmen.

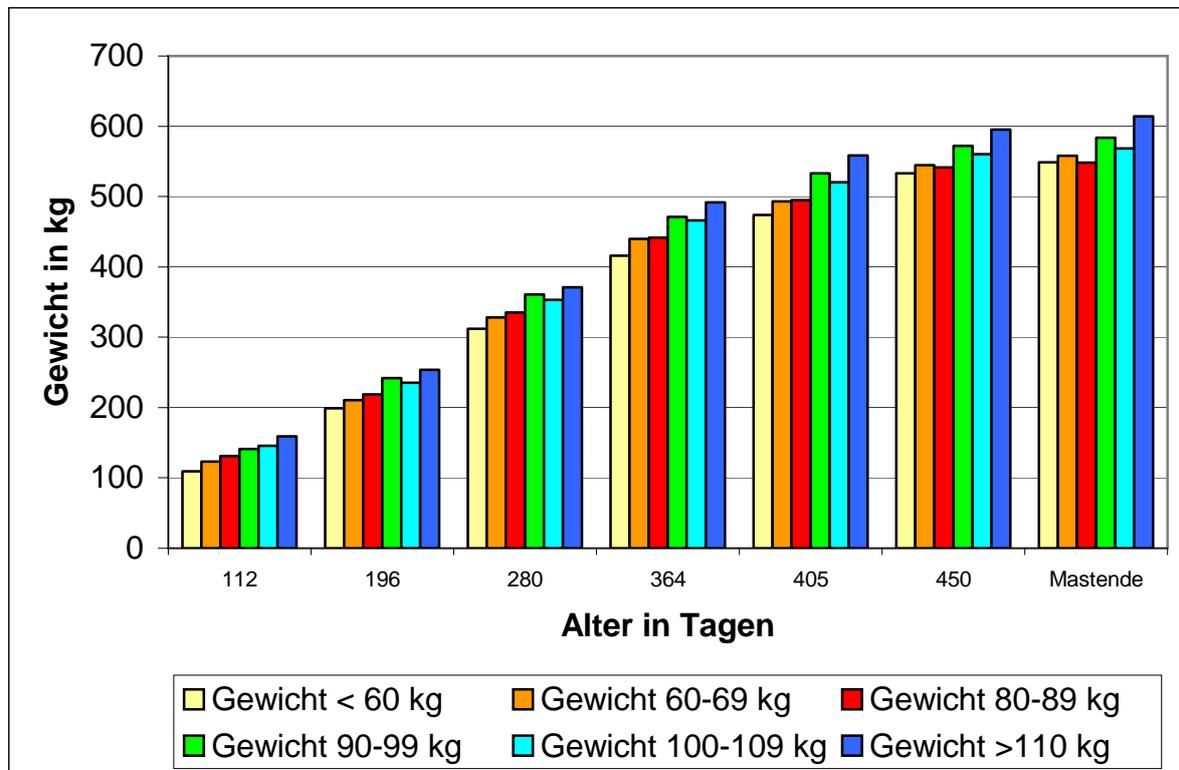


Abb. 9: Gewichtsverlauf in Abhängigkeit des Einstellgewichts

Ebenso wurde das Pistolengewicht beeinflusst. Das Gewicht der Pistolen von Tieren mit niedrigen Einstellgewichten (< 80,0 kg KGW) lag im Durchschnitt bei 63,0 kg. Hingegen wog die Pistole von Tieren mit höheren Einstellgewichten (>80,0 kg KGW) 65,0 – 70,0 kg.

Tieren, die schon mit hohem Gewicht auf Station kamen hat letztendlich auch ein höheres Gewicht der Organe (130,0 kg vs. 144,0 kg). Das Verhältnis zwischen dem Organgewicht und dem Körpergewicht wurde jedoch dadurch nicht beeinflusst.

#### 4.2.5.3 Saison (Geburts- und Schlachtsaison)

Der Effekt des Geburtsmonats und des Jahres (Geburtssaison) hatte einen signifikanten Einfluss ( $p < 0,05$ ) auf die Dauer der Gravidität (*Abbildung 10*), das Geburtsgewicht und das Körpergewicht zum 112. Lebenstag (*Abbildung 11*).

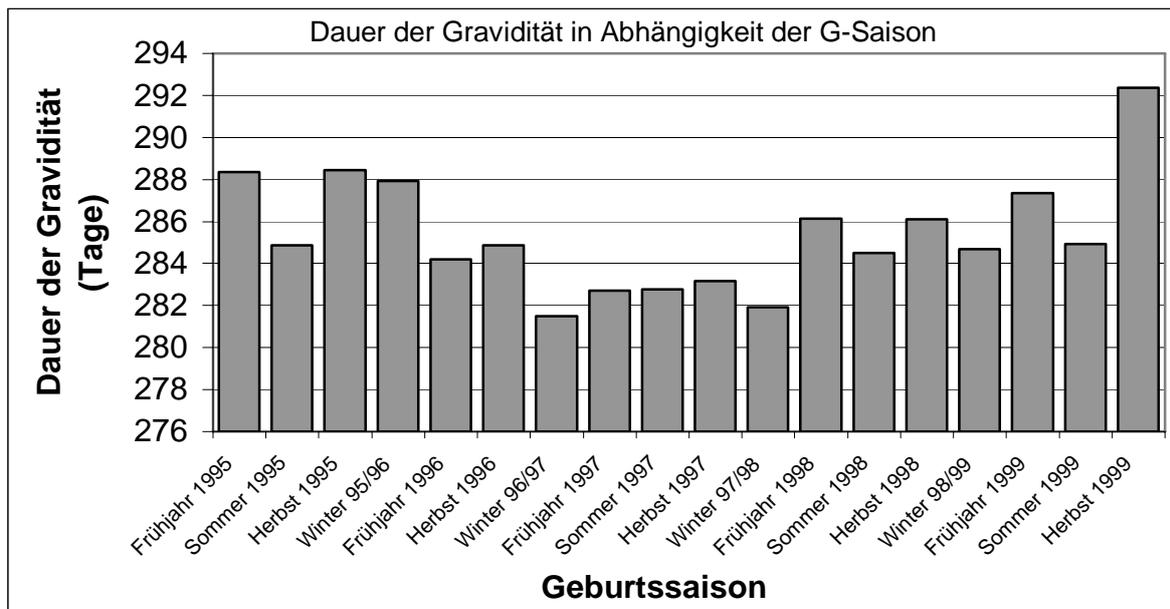


Abb. 10: Dauer der Gravidität pro Geburtssaison und Jahr

Auffallend war die signifikant kürzere Graviditätsdauer bei denen im Zeitraum vom Winter 96/97 – Winter 97/98 geborenen Kälbern. Ebenso auffällig waren die im Durchschnitt längeren Graviditäten im Herbst 1999, von 292 Tagen.

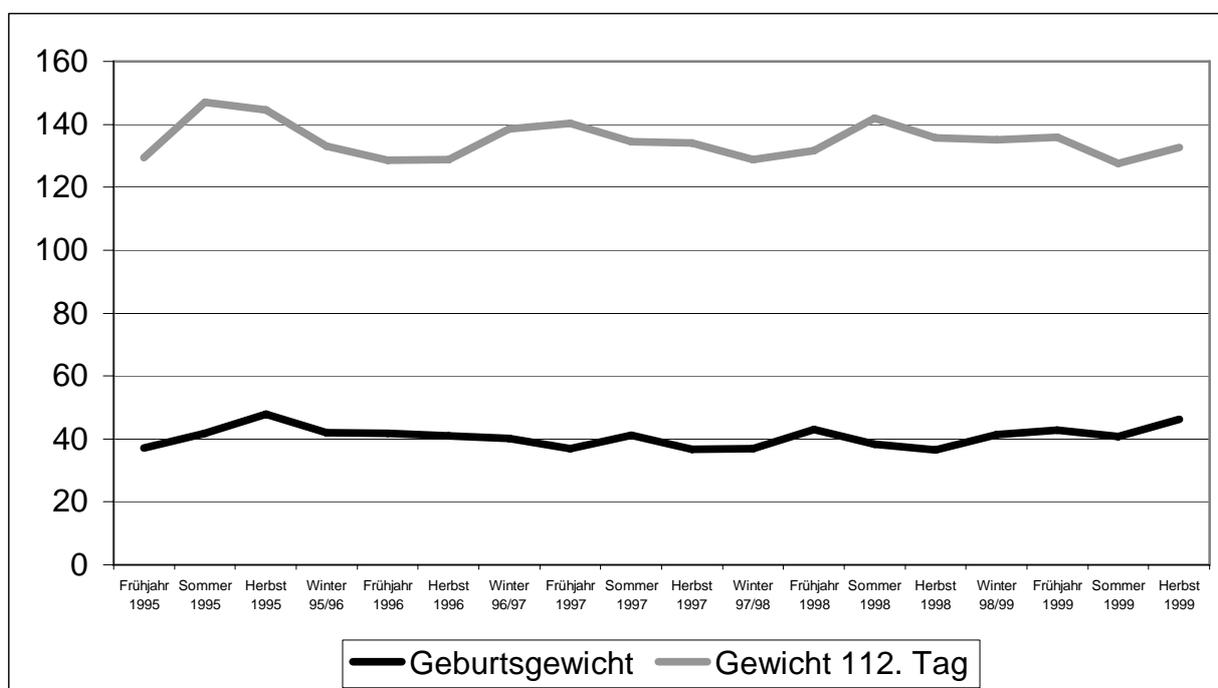


Abb. 11: Geburtsgewicht und Gewicht am 112. Tag in Abhängigkeit von der Saison und Jahr

Das Geburtsgewicht lag über die Jahre verteilt, im Durchschnitt bei 40,0 kg KGW. Im Herbst 1995 wurden Kälber mit im Schnitt 47,8 kg KGW und im Herbst 1999 mit 46,2 kg KGW geboren. Unterschiede im Gewicht waren bis hin zum 112. Tag signifikant. Danach wurden keine signifikanten Unterschiede mehr beobachtet. Der Schlachtmonat und das Jahr übten einen Einfluss auf den Nierentalganteil, die Schlachtausbeute und die meisten Merkmale der Körperanteile, wie Haut (%), Kopf (%) und innere Organe (%) aus.

#### 4.2.5.4 Bulle

Der Bulle hatte einen signifikanten Einfluss sowohl auf die Graviditätsdauer als auch auf die Geburtsgewichte ( $p < 0,05$ ). Einen hoch signifikanten Einfluss hatte der Bulle auf das Endgewicht, die Zunahmen zwischen dem 112. – 364. Tag, die Hälftenlänge, das prozentuale Verhältnis zwischen Keulenumfang zur Hälftenlänge und die Merkmale der Körperanteile ( $p < 0,01$ ) (Tabelle 23).

Tab. 23: Unterschiede zwischen den eingesetzten Bullen (LS-Mittelwerte)

Merkmale	Humberg	Raser
Graviditätsdauer	286,3	284,4
Geburtsgewicht	42,0	39,4
Gewicht 112. Tg.	131,2	138,6
Tgl. Zunahmen ab 112. Tg.	1262,5	1204,6
Nierentalganteil, %	5,3	3,9
Pistolenanteil, %	41,9	42,8
Hälftenlänge (HL)	130,8	128,1
Keulenumfang / HL	88,1	90,6
Haut, %	7,7	8,6
Haut, kg	41,6	45,8
Kopf, %	2,6	2,7
Kopf, kg	13,9	14,4
4 Füße, %	2,0	2,1
Abschnitte, %	3,3	2,8
Abschnitte, kg	18,3	15,2
Innere Organe, %	25,2	24,1
Innere Organe, kg	136,4	129,0

#### 4.2.5.5 Schlachtalter

Das Schlachtalter beeinflusste nur das 4-Füßegewicht ( $p < 0,05$ ) und den prozentualen Anteil der Organe zum Schlachthofgewicht ( $p < 0,01$ ). So stieg mit zunehmendem Alter das 4-Füßegewicht von 10,7 auf 11,4 kg an und der relative Anteil der Organe am Lebendgewicht nahm mit steigendem Alter ab.

#### 4.2.6 Wiederholbarkeiten der Mast-, Schlacht- und Fleischleistungsmerkmale

Unter Berücksichtigung der fixen Effekte und mit vorkorrigiertem Datensatz wurden für die unterschiedlichen Verwandtschaftsgrade (bzw. genetischen Gruppen) die Varianzen innerhalb und zwischen den Gruppen bzw. Paaren mittels SAS 8e und REML geschätzt (Anhang, *Tabellen A1-A3*). *Tabelle 24* zeigt die mit den entsprechenden Modellen berechneten Wiederholbarkeiten.

Tab. 24: Geschätzte Wiederholbarkeit durch Einsatz verschiedener Modelle

Merkmale	Halbgeschwister	MZ und KG	MZ und KG (korrigiert)
Gewicht 112. Tg.	0,14	0,717	0,695
Gewicht 196. Tg.	0,11	0,613	0,718
Gewicht 280. Tg.	0,10	0,785	0,636
Gewicht 364. Tg.	0,14	0,730	0,491
Gewicht 405. Tg.	0,12	0,832	0,675
Gewicht 450. Tg.	0,17	0,738	0,675
Mastendgewicht	0,17	0,786	0,693
Tgl. Zunahmen seit Geburt	0,19	0,719	0,690
Tgl. Zunahmen ab 112. Tg.	0,18	0,743	0,684
Tgl. Zunahmen 112. – 364. Tg.	0,13	0,753	0,527
Tgl. Zunahmen ab 364. Tg.	0,15	0,488	0,558
Nierentalganteil, %	0,16	0,786	0,714
Pistolenanteil, %	0,11	0,753	0,523
Schlachthofgewicht	0,18	0,811	0,757
Schlachtgewicht warm	0,17	0,837	0,762
Schlachtausbeute	0,13	0,842	0,653
Nettozunahmen	0,17	0,842	0,777
Pistolengewicht	0,18	0,833	0,744
Hälftenlänge	0,28	0,516	0,491
Keulenumfang / Hälftenlänge, %	0,19	0,624	0,552
Keulenumfang	0,20	0,759	0,725
Rückenmuskulatur	0,10	0,558	0,683
Haut, %	0,32	0,922	0,926
Haut, kg	0,22	0,862	0,908
Kopf, %	0,23	0,736	0,652
Kopf, kg	0,18	0,619	0,611
4-Füße, %	0,13	0,881	0,800
4-Füße, kg	0,2	0,726	0,780
Abschnitte, %	0,17	0,777	0,720
Abschnitte, kg	0,18	0,678	0,722
Innere Organe, %	0,24	0,686	0,595
Innere Organe, kg	0,19	0,673	0,690
Abgänge, %	0,13	0,842	0,653
Abgänge, kg	0,19	0,767	0,726
Durchschnitt	0,169	0,699	0,656

Bei Schätzungen innerhalb Halbgeschwistergruppen wurde eine Wiederholbarkeit von durchschnittlich 0,17 ermittelt. Schätzungen innerhalb der KG lagen, unabhängig vom Modell, sehr hoch (0,70 und 0,66). Die höchsten Schätzwerte wurden mit dem Modell erzielt, in dem alle getesteten fixen Effekte enthalten waren. Die ermittelten Werte nach Vorkorrektur des Datensatzes auf Saison waren mit denen von unbereinigten Daten vergleichbar.

#### 4.2.7 Heritabilitäten ( $h^2$ )

Eine Zusammenfassung der berechneten Heritabilitäten zeigt *Tabelle 25*. Die Mastleistungsmerkmale zeigten im Schnitt eine hohe Heritabilität ( $h^2=0,41$ ). Das Mastabschnittsgewicht zu Beginn der Mast (Gewicht im Alter von 112 Tagen) scheint jedoch stärker durch die Umwelteinflüsse als durch das vererbte genetische Potential beeinflusst gewesen zu sein ( $h^2=0,27$ ), da der Anteil der Umweltvarianz  $\sigma_U$  an der phänotypischen Varianz  $\sigma_P$  zu diesem Zeitpunkt höher als bei späteren Wiegungen lag.

Tab. 25: Berechnete Heritabilitäten ( $h^2$ )

Merkmale	$h^2$	Merkmale	$h^2$
Gewicht 112. Tg.	0,27	Pistolengewicht	0,49
Gewicht 196. Tg.	0,39	Hälftenlänge (HL)	0,55
Gewicht 280. Tg.	0,34	Keulenumfang / HL, %	0,61
Gewicht 364. Tg.	0,42	Keulenumfang	0,52
Gewicht 405. Tg.	0,40	Rückenmuskulatur	0,43
Gewicht 450. Tg.	0,47	Haut, %	0,79
Mastendgewicht	0,46	Haut, kg	0,60
Tgl. Zunahm. ab der Geburt	0,49	Kopf, %	0,60
Tgl. Zunahm. ab dem 112. Tg.	0,48	Kopf, kg	0,48
Tgl. Zunahm. 112. - 364. Tg.	0,43	4 Füße, %	0,58
Tgl. Zunahm. ab dem 364. Tg.	0,40	4 Füße, kg	0,67
Nierentalganteil, %	0,62	Abschnitte, %	0,61
Pistolenanteil, %	0,39	Abschnitte, kg	0,55
Schlachthofgewicht	0,47	Innere Organe, %	0,52
Schlachtgewicht warm	0,44	Innere Organe, kg	0,52
Schlachtausbeute	0,52	Abgänge, %	0,52
Nettozunahmen	0,44	Abgänge, kg	0,54

Die täglichen Zunahmen hingegen sind zu Beginn der Mast individuell bestimmt und verringern ihre Vererbbarkeit im letzten Mastabschnitt. Sehr hohe Heritabilitäten wurden bei den Merkmalen

der Körperzusammensetzung, wie Nierentalganteil, Haut, Kopf, 4-Füße, innere Organe und Abgänge beobachtet. Standardfehler (SE) und permanente Umwelteffekte und deren SE sind in *Tabelle A4* (Anhang) dargestellt.

#### 4.2.8 Zwillingseffizienzwert

Die in *Tabelle 26* dargestellten ZEW zeigen einen Durchschnitt aller Merkmale von 2,9.

Tab. 26: Berechnete Zwillingseffizienzwerte (nach BIGGERS, 1986)

Merkmale	ZEW	Merkmale	ZEW
Gewicht 112. Tg.	3,3	Pistolengewicht	3,9
Gewicht 196. Tg.	3,6	Hälftenlänge	2,0
Gewicht 280. Tg.	2,7	Keulenumfang / HL, %	2,2
Gewicht 364. Tg.	2,0	Keulenumfang	3,6
Gewicht 405. Tg.	3,1	Rückenmuskulatur	3,2
Gewicht 450. Tg.	3,1	Haut, %	13,5
Endgewicht	3,3	Haut, kg	10,9
Tgl. Zun. ab der Geburt	3,2	Kopf, %	2,9
Tgl. Zun. ab dem 112. Tg.	3,2	Kopf, kg	2,6
Tgl. Zun. 112. – 364. Tg.	2,1	4 Füße, %	5,0
Tgl. Zun. ab dem 364. Tg.	2,3	4 Füße, kg	4,5
Nierentalganteil, %	3,5	Abschnitte, %	3,6
Pistolenanteil, %	3,1	Abschnitte, kg	3,6
Schlachthofgewicht	4,1	Innere Organe, %	2,5
Schlachtgewicht warm	4,2	Innere Organe, kg	3,2
Schlachtausbeute	2,9	Abgänge, %	2,9
Nettozunahmen	4,5	Abgänge, kg	3,6

Die meisten Zwillingseffizienzwerte lagen zwischen 2 und 4, lediglich für die Merkmale Hautanteil und -gewicht wurden sehr hohe Werte beobachtet.

#### 4.2.9 Zuchtwertschätzung

##### 4.2.9.1 Nachkommenprüfung Fleischanteil und Nettozunahmen

In den *Tabellen 27* und *28* sind die Zuchtwerte der Bullen Raser und Humberg für die Merkmale Fleischanteil und Nettozunahmen zusammengefasst. Für die Schätzungen (*S*) 1-6 wurden einzelne Tiere bzw. Tiergruppen des Versuchstierdatensatzes ausgewählt. In *S* 7-9 (*Tabellen 32* und *33*)

wurden die ZW anhand von drei MZ erst als Gruppe von Halbgeschwistern (*S* 7), dann als Gruppe von 3 ZWP (*S* 8) und zuletzt als 6 Beobachtungen eines Tieres (*S* 8) geschätzt.

Tab. 27: Geschätzte Zuchtwerte (Nachkommenprüfung für Fleischanteil)

<i>S</i>	Raser	GZW	SE	$r_{AI}$	Humberg	GZW	SE	$r_{AI}$
1	12 reine HG	-1,057	1,35	0,74	10 reine HG	-1,09	1,46	0,68
2	102 Söhne als HG	-1,227	0,68	0,94	58 Söhne als HG	-1,002	0,79	0,92
3	102 Söhne als HG-, VG und KG	-1,152	0,81	0,91	58 Söhne als HG-, VG und KG	-1,035	0,92	0,89
4	15 ZWP	-1,241	1,18	0,81	8 ZWP	-0,815	1,35	0,74
5	6 ZWP	-0,480	1,49	0,67	5 ZWP	-0,379	1,51	0,65
6	2 ZWP	-0,255	1,77	0,46	2 ZWP	0,042	1,74	0,49
7	3 ZWP als HG	-0,912	1,63	0,58	3 ZWP als HG	-0,184	1,61	0,60
8	3 ZWP als ZWP	-0,821	1,67	0,55	3 ZWP als ZWP	-0,188	1,65	0,56
9	3 ZWP als 1 Tier	-0,546	1,79	0,44	3 ZWP als 1 Tier	-0,129	1,80	0,44
10	Klon (4) als VG	-0,962	1,81	0,45	-	-	-	-
11	Klon (4) als 2 ZWP	-0,836	1,81	0,42	-	-	-	-
12	Klon (4) als 1 Tier	-0,651	1,85	0,38	-	-	-	-
13	Klon (3) als HG	-0,476	1,74	0,49	Klon (3) als HG	0,478	1,74	0,49
14	Klon (3) als 2 ZWP	-0,407	1,78	0,46	Klon (3) als 2 ZWP	0,423	1,78	0,46
15	Klon (3) als 1 Tier	-0,321	1,83	0,40	Klon (3) als 1 Tier	0,322	1,83	0,40
16	6 reine HG	-0,549	1,57	0,62	6 reine HG	-0,597	1,63	0,58
17	6 HG als ZWP	-0,457	1,64	0,57	6 HG als ZWP	-0,556	1,68	0,54
18	6 HG als 1 Tier	-0,280	1,79	0,44	6 HG als 1 Tier	-0,325	1,80	0,43
19	6 reine HG	-0,137	1,57	0,62	6 reine HG	-1,001	1,58	0,61
20	6 reine HG	-0,662	1,56	0,62	6 reine HG	-0,884	1,58	0,61
21	6 reine HG	-0,695	1,56	0,63	6 reine HG	-0,912	1,64	0,58
22	6 reine HG	-0,654	1,57	0,62	6 reine HG	-0,946	1,67	0,55
23	6 reine HG	-0,691	1,61	0,59	6 reine HG	-0,412	1,61	0,59
24	3 ZWP	-0,821	1,67	0,55	3 ZWP	-0,188	1,65	0,56
25	3 ZWP	-0,531	1,66	0,56	3 ZWP	-0,139	1,67	0,55
26	3 ZWP	-0,380	1,76	0,47	3 ZWP	-0,245	1,64	0,57
27	3 ZWP	-1,082	1,65	0,57	3 ZWP	-0,283	1,64	0,57
28	3 ZWP	-0,173	1,64	0,57	3 ZWP	-1,179	0,65	0,56

ZWP = Zwillingspaar(e); Klon (4)/(3) = KG bestehend aus 4 bzw. 3 Tieren; HG = Halbgeschwister; reine HG = tatsächliche (nicht nur angenommene) HG; *S* = Schätzdurchgang; VG = Vollgeschwister; GZW = geschätzter ZW; SE = Standardfehler;  $r_{AI}$  = Schätzgenauigkeit des ZW

Ähnlich wurde in *S 10 – 12* vorgegangen. Anhand der 4er KG wurden die ZW Fleischanteil und Nettozunahmen von Raser unter der Annahme von 4 Halbgeschwistern (*S 10*), 2 Zwillingspaaren (*S 11*) und 4 Beobachtungen eines Tieres (*S 12*) geschätzt. Für *S 13 – 15* wurde nach dem gleichen Prinzip die 3er KG von Raser und Humberg eingesetzt. Die gleiche Vorgehensweise, lediglich für 6 Halbgeschwister, wurde in *S 16 – 18* angewandt. Die Berechnungen *S 19 – 28* dienten dazu, den Einfluss der zufälligen Gruppe zu demonstrieren. So wurden unterschiedliche Ergebnisse der ZWS nach zufälliger Auswahl von jeweils 6 verschiedenen Halbgeschwister bzw. 3 verschiedenen ZWP aus einer großen Population von Nachkommen eines Bullen, ermittelt.

Die Genauigkeit war von der Anzahl der Nachkommen in der jeweiligen Gruppe abhängig. Die höchsten Schätzgenauigkeiten wurden somit anhand der größeren Nachkommengruppen erzielt (*S 2*). Die Genauigkeit der Schätzung war dagegen geringer, wenn diese Nachkommen als Halb-, Voll- und Klongeschwister (*S 3*) in den Berechnungen einbezogen wurden. Ebenso konnte eine genauere Schätzung mit 12 bzw. 10 Halbgeschwistern (*S 1*) als mit 6 bzw. 5 Zwillingspaaren (*S 5*) ermittelt werden. Dies war unabhängig von dem berechneten Merkmal. Errechnete ZW und die Genauigkeiten für das Merkmal Nettozunahmen sind in der *Tabelle 33* zusammengefasst. Die Anzahl an Nachkommen in *S 2* erlaubte eine gute Schätzgenauigkeit. Daraus folgt, dass ZW von  $-1,227\%$  Fleischanteil und  $-117,854$  g für die Nettozunahme (Raser) und  $-1,002\%$  Fleischanteil und  $-56,118$  g Nettozunahme (Humberg) als Richtwerte betrachtet werden können.

Der Einsatz von 3 Zwillingspaaren in der ZWS als 6 Halbgeschwister (*S 7*), als 3 Zwillingspaare (*S 8*) oder als 6 wiederholte Messungen an einem Genotyp (*S 9*) führten zu einer Abnahme der Schätzgenauigkeit, in Abhängigkeit des zunehmenden Verwandtschaftsgrades. Diese Beobachtung wurde durch den Einsatz der KG und Halbgeschwistergruppen (*S 10 – S 18*) mit unterschiedlichen fiktiven Verwandtschaftsverhältnissen bestätigt. Die Schätzgenauigkeit verringerte sich hierdurch um  $5,0\%$ . *S 19 – 23* und *S 24 – 28* zeigen, dass durch zufällig gewählte Halbgeschwistergruppen unterschiedliche ZW geschätzt werden. Die Schwankungsbreite blieb jedoch geringer ( $-35,1$  bis  $-65,7$ ) als bei dem Einsatz von 3 Zwillingspaaren ( $-9,8$  bis  $-46,1$ ).

Tab. 28: Geschätzte Zuchtwerte (Nachkommenprüfung für Nettozunahmen)

S	Raser	GZW	SE	r <sub>AI</sub>	Humberg	GZW	SE	r <sub>AI</sub>
1	12 reine HG	-102,886	1,35	0,74	10 reine HG	-33,684	1,46	0,68
2	104 Söhne als HG	-117,854	0,68	0,94	63 Söhne als HG	-56,118	0,77	0,92
3	104 Söhne als HG-, VG und KG	-109,132	0,81	0,91	63 Söhne als HG-, VG und KG	-48,599	0,91	0,89
4	15 ZWP	-87,442	1,18	0,81	8 ZWP	-56,881	1,35	0,74
5	6 ZWP	-39,454	1,49	0,67	5 ZWP	-50,625	1,51	0,65
6	2 ZWP	-28,155	1,77	0,46	2 ZWP	2,118	1,74	0,49
7	3 ZWP als HG	-44,451	1,63	0,58	3 ZWP als HG	-57,443	1,59	0,61
8	3 ZWP als ZWP	-51,697	1,67	0,55	3 ZWP als ZWP	-62,873	1,59	0,61
9	3 ZWP als 1 Tier	-26,370	1,80	0,44	3 ZWP als 1 Tier	-31,940	1,79	0,44
10	Klon (4) als HG	-52,752	1,78	0,45	-	-	-	-
11	Klon (4) als 2 ZWP	-44,939	1,81	0,42	-	-	-	-
12	Klon (4) als 1 Tier	-36,738	1,85	0,38	-	-	-	-
13	Klon (3) als HG	-92,184	1,74	0,49	Klon (3) als HG	24,666	1,74	0,49
14	Klon (3) als 1 ZWP + 1 HG	-77,709	1,78	0,46	Klon (3) als 1 ZWP +1 HG	23,125	1,78	0,46
15	Klon (3) als 1 Tier	-62,271	1,83	0,40	Klon (3) als 1 Tier	16,647	1,83	0,40
16	6 reine HG	-65,717	1,58	0,62	6 reine HG	-15,310	1,63	0,58
17	6 HG als ZWP	-54,556	1,65	0,57	6 HG als ZWP	-10,661	1,69	0,54
18	6 HG als 1 Tier	-33,657	1,79	0,44	6 HG als 1 Tier	-8,786	1,80	0,43
19	6 reine HG	-65,717	1,58	0,62	6 reine HG	-15,310	1,63	0,58
20	6 reine HG	-52,914	1,62	0,59	6 reine HG	-31,649	1,58	0,61
21	6 reine HG	-46,152	1,62	0,59	6 reine HG	-43,927	1,56	0,63
22	6 reine HG	-58,430	1,61	0,59	6 reine HG	-67,290	1,51	0,65
23	6 reine HG	-35,088	1,67	0,55	6 reine HG	-18,742	1,57	0,62
24	3 ZWP	-91,116	1,59	0,61	3 ZWP	-31,793	1,65	0,56
25	3 ZWP	-46,120	1,69	0,54	3 ZWP	-36,325	1,67	0,55
26	3 ZWP	-9,840	1,66	0,56	3 ZWP	-33,519	1,66	0,55
27	3 ZWP	-22,932	1,66	0,56	3 ZWP	-28,398	1,67	0,55
28	3 ZWP	-35,469	1,64	0,57	3 ZWP	-45,288	1,65	0,57

ZWP = Zwillingsspaar(e); Klon (4)/(3) = KG bestehend aus 4 bzw. 3 Tieren; HG = Halbgeschwister; reine HG = tatsächliche (nicht nur angenommene) HG; S= Schätzdurchgang; VG = Vollgeschwister; GZW = geschätzter ZW; SE = Standardfehler; r<sub>AI</sub> = Schätzgenauigkeit des ZW

#### 4.2.9.2 Eigenleistungsprüfung Fleischanteil und Nettozunahmen

In *Tabellen 29* und *30* sind die ZW der Nachkommen der Prüfbullen Raser und Humberg dargestellt. Die Schätzgenauigkeit stieg in Abhängigkeit von der Anzahl der Beobachtungen an.

Tab. 29: Geschätzte Zuchtwerte (Eigenleistungsprüfung für Fleischleistung)

Männliche Nachkommen von Raser	GZW	SE	r <sub>AI</sub>	Männliche Nachkommen von Humberg	GZW	SE	r <sub>AI</sub>
<i>Tiere bzw. Genotyp mit einem Beobachtungswert:</i>							
11577482	-1,363	1,34	0,74	14156608	-1,594	1,37	0,73
11577489	-1,070	1,38	0,72	16133968	-0,876	1,32	0,75
16133923	-0,800	1,44	0,69	14156625	-0,816	1,38	0,73
30017956	-0,731	1,42	0,70	18622339	-0,691	1,32	0,75
18622268	-0,709	1,36	0,73	18622500	-0,601	1,32	0,75
12787153	-0,204	1,42	0,70	12787246	-0,359	1,42	0,70
14156691	0,087	1,33	0,74	18622476	0,098	1,32	0,75
14156658	0,278	1,32	0,75	18622468	0,266	1,32	0,75
<i>Tiere bzw. Genotyp mit zwei Beobachtungswerten:</i>							
Zwillingspaar 1	-1,692	1,24	0,78	Zwillingspaar 1	-1,206	1,19	0,80
Zwillingspaar 2	-1,54	1,19	0,80	Zwillingspaar 2	-1,179	1,20	0,80
Zwillingspaar 3	-1,405	1,24	0,78	Zwillingspaar 3	-0,998	1,19	0,80
Zwillingspaar 4	-1,144	1,27	0,77	Zwillingspaar 4	-0,806	1,17	0,81
Zwillingspaar 5	-1,101	1,21	0,80	Zwillingspaar 5	-0,640	1,17	0,81
Zwillingspaar 6	-1,073	1,18	0,81	Zwillingspaar 6	-0,342	1,23	0,79
Zwillingspaar 7	-0,74	1,19	0,8	Zwillingspaar 7	0,062	1,17	0,81
Zwillingspaar 8	-0,643	1,21	0,80	Zwillingspaar 8	0,326	1,17	0,81
Zwillingspaar 9	-0,634	1,21	0,80	-	-	-	-
Zwillingspaar 10	-0,591	1,25	0,78	-	-	-	-
Zwillingspaar 11	-0,471	1,18	0,81	-	-	-	-
Zwillingspaar 12	-0,441	1,19	0,80	-	-	-	-
Zwillingspaar 13	-0,187	1,18	0,81	-	-	-	-
Zwillingspaar 14	-0,05	1,18	0,81	-	-	-	-
Zwillingspaar 15	-0,04	1,17	0,81	-	-	-	-
<i>Tiere bzw. Genotyp mit drei Beobachtungswerten:</i>							
KG (3 Tiere)	-0,985	1,36	0,73	KG (3 Tiere)	0,462	1,07	0,85
<i>Tiere bzw. Genotyp mit 4 Beobachtungswerten:</i>							
KG (4 Tiere)	-0,767	1,09	0,84	-	-	-	-

Tab. 30: Geschätzte Zuchtwerte (Eigenleistungsprüfung für Nettozunahmen)

Männliche Nachkommen von Raser	GZW	SE	r <sub>AI</sub>	Männliche Nachkommen von Humberg	GZW	SE	r <sub>AI</sub>
<i>Tier bzw. Genotyp mit einem Beobachtungswert:</i>							
11577436	-61,492	1,34	0,74	11577419	6,558	1,4	0,71
11577480	-84,389	1,34	0,74	11577516	-9,044	1,36	0,73
14156653	-82,031	1,34	0,74	14156635	-72,77	1,37	0,73
14156716	-66,294	1,35	0,74	14156787	-45,24	1,33	0,75
18576915	-72,28	1,38	0,72	18599012	-54,324	1,36	0,73
18622533	-52,786	1,61	0,59	18622336	-52,445	1,31	0,76
19528811	-78,98	1,34	0,74	18622404	-7,873	1,32	0,75
33393467	-34,009	1,31	0,76	19772630	-52,819	1,37	0,73
<i>Tiere bzw. Genotyp mit zwei Beobachtungswerten:</i>							
Zwillingspaar 1	-78,348	1,19	0,80	Zwillingspaar 1	-85,155	1,20	0,80
Zwillingspaar 2	-57,829	1,19	0,80	Zwillingspaar 2	2,408	1,23	0,79
Zwillingspaar 3	-92,335	1,19	0,80	Zwillingspaar 3	-32,664	1,17	0,81
Zwillingspaar 4	-53,287	1,20	0,80	Zwillingspaar 4	-61,725	1,19	0,80
Zwillingspaar 5	-131,452	1,24	0,78	Zwillingspaar 5	-27,584	1,19	0,80
Zwillingspaar 6	-93,136	1,24	0,78	Zwillingspaar 6	-18,055	1,17	0,81
Zwillingspaar 7	-77,504	1,25	0,78	Zwillingspaar 7	-44,848	1,17	0,81
Zwillingspaar 8	-39,568	1,18	0,81	Zwillingspaar 8	-25,341	1,17	0,81
Zwillingspaar 9	-75,309	1,21	0,80	-	-	-	-
Zwillingspaar 10	-56,471	1,21	0,80	-	-	-	-
Zwillingspaar 11	-76,491	1,18	0,81	-	-	-	-
Zwillingspaar 12	-9,541	1,17	0,81	-	-	-	-
Zwillingspaar 13	-64,225	1,18	0,81	-	-	-	-
Zwillingspaar 14	-43,52	1,27	0,77	-	-	-	-
Zwillingspaar 15	-30,902	1,18	0,81	-	-	-	-
<i>Tier bzw. Genotyp mit drei Beobachtungswerten:</i>							
KG (3 Tiere)	-53,446	1,36	0,73	KG (3 Tiere)	14,062	1,07	0,85
<i>Tier bzw. Genotyp mit vier Beobachtungswerten:</i>							
KG (4 Tiere)	-129,573	1,09	0,84	-	-	-	-

Die Genauigkeit der ZWS mit einem Beobachtungswert lag zwischen 59,0 – 76,0%. Durch eine Erhöhung der Anzahl an Beobachtungen pro Genotyp steigt die Genauigkeit der ZWS. So liegt diese bei zwei Messungen (Berechnung mit einem Zwillingspaar) bei ca. 80,0% und bei drei bzw. vier Messungen (Klongruppen) bei ca. 85,0% (Tabellen 29 und 30).

### 4.3 Körpermaße erzeugter Nachkommen

#### 4.3.1 Durchschnittliche Körpermaße aller Nachkommen

Die *Tabelle 31* enthält die Durchschnittswerte aller gemessenen Merkmale. Nachkommen des Bullen Humberg waren in der Regel größer als die von Raser.

Tab. 31: Durchschnittliche Körpermaße weiblicher und männlicher Nachkommen

	Alle Tiere					Bulle: Raser					Bulle: Humberg				
	Anzahl	$\bar{x}$	SD	Min.	Max.	Anzahl	$\bar{x}$	SD	Min.	Max.	Anzahl	$\bar{x}$	SD	Min.	Max.
Geb.-Gew.	125	38,3	8,4	20,0	69,0	73	37,4	7,2	24,0	69,0	52	39,6	9,8	20,0	62,0
WH	203	126,4	7,6	100,0	141,0	120	125,7	8,0	100,0	138,0	84	127,4	6,8	105,0	141,0
KH	207	130,6	6,9	107,0	146,0	123	130,1	7,1	107,0	142,0	85	131,3	6,6	112,0	146,0
BBB	197	48,5	4,9	35,0	57,5	113	48,1	4,9	35,0	57,5	85	49,0	4,9	36,5	57,5
BU	206	191,3	17,5	134,0	230,0	122	190,5	17,3	139,0	216,0	85	192,7	17,9	134,0	230,0
BT	106	68,2	8,0	53,0	81,0	62	68,4	8,3	53,0	81,0	45	68,1	7,8	53,0	80,0
HB	107	47,5	7,3	31,0	58,0	62	46,9	7,7	31,0	58,0	46	48,4	6,8	32,0	56,5
RL	107	149,1	16,4	110,0	181,0	62	147,4	16,7	110,0	172,0	46	151,7	15,9	114,5	181,0
BL	107	48,2	5,6	35,0	57,0	62	47,6	5,8	35,0	57,0	46	49,1	5,3	36,5	55,8
RBB	107	46,6	7,4	30,0	64,0	62	45,7	7,4	30,0	58,0	46	48,1	7,3	32,0	64,0
KL	107	45,8	5,3	36,0	55,0	62	45,7	5,2	36,0	54,0	46	46,0	5,5	36,5	55,0
VFU	107	21,7	2,4	16,0	25,5	62	22,0	2,3	16,0	25,5	46	21,5	2,6	17,0	25,5
SBB	107	29,1	4,5	18,5	38,0	62	29,2	4,8	18,5	38,0	46	29,1	4,2	20,0	38,0
VBB	107	45,0	6,4	31,5	57,0	62	44,1	6,1	31,5	57,0	46	46,4	6,6	33,0	57,0
Gew.	178	526,0	108,0	232,0	709,0	106	520,1	106,9	232,0	709,0	73	536,7	110,1	289,0	703,0
Alter (Tage)	206	632,7	336,7	238,0	1908,0	122	646,8	374,8	238,0	1908,0	84	612,2	273,1	322,0	1514,0

*Geb.-Gew.* = Geburtsgewicht; *WH* = Widerristhöhe; *KH* = Kreuzbeinhöhe; *BBB* = Beckenbodenbreite; *BU* = Brustumfang; *BT* = Brusttiefe; *HB* = Hüftbreite; *RL* = Rumpflänge; *BL* = Beckenlänge; *RBB* = Rippenbrustbreite; *KL* = Kopflänge; *VFU* = Vorderfußumfang; *SBB* = Sitzbeinbreite; *VBB* = Vorderbrustbreite.

#### 4.3.2 Durchschnittliche Körpermaße nach Geschlecht

Für die Merkmale Widerristhöhe (WH), Kreuzbeinhöhe (KH), Beckenbodenbreite (BBB) und Brustumfang (BU) konnten Messwerte sowohl an männlichen als auch an weiblichen Nachkommen beider Bullen erfasst werden. Die männlichen Nachkommen waren im Schnitt deutlich größer und besaßen einen größeren Rahmen als weibliche Tiere (*Tabelle 32*).

Tab. 32: Durchschnittswerte männlicher und weiblicher Nachkommen beider Bullen

	Männliche Tiere					Weibliche Tiere				
	Anzahl	$\bar{x}$	SD	Min.	Max.	Anzahl	$\bar{x}$	SD	Min.	Max.
Geb.-Gew.	57	42,5	8,8	26,0	69,0	68	34,7	6,1	20,0	50,0
WH	96	129,0	4,0	118,0	138,0	107	124,1	9,1	100,0	141,0
KH	100	131,6	4,3	118,0	141,0	107	129,6	8,6	107,0	146,0
BBB	90	50,7	2,6	46,0	56,0	106	46,6	5,5	35,0	57,5
BU	99	195,8	7,3	177,0	214,0	107	187,1	22,5	134,0	230,0
Gewicht	100	566,7	54,2	433,0	709,0	78	473,9	134,6	232,0	701,0
Alter (Tage)	100	459,3	21,2	428,0	572,0	106	796,2	406,6	238,0	1908,0

*Geb.-Gew.* = Geburtsgewicht; *WH* = Widerristhöhe; *KH* = Kreuzbeinhöhe;  
*BBB* = Beckenbodenbreite; *BU* = Brustumfang.

### 4.3.3 Phänotypisch lineare Korrelationen und Wiederholbarkeiten

Die phänotypische Korrelation der Körpermaße eines jeden Zwillingspaares war sehr hoch. Ergebnisse der phänotypischen Korrelationen der Messwerte der Zwillingspaare sind in *Tabelle 33* dargestellt. Widerristhöhe, Kreuzbeinhöhe, Beckenbodenbreite und Brustumfang konnten anhand mehrerer Zwillingspaare berechnet werden, da der Datensatz aller männlichen und weiblichen Tiere verfügbar war.

Die höchste Korrelation zeigte das Merkmal „Gewicht beim Messen“, die niedrigste Korrelation hatte mit 0,86 das Merkmal „Brustumfang“. Graphisch dargestellt, sind die Zusammenhänge der Datensätze zweier MZ eindeutig zu erkennen. *Abbildung 12* zeigt die Merkmale Widerristhöhe, Kreuzbeinhöhe, Beckenbodenbreite und Brustumfang.

Sehr eng korreliert waren die Merkmale Widerristhöhe und Kreuzhöhe. Eine etwas größere Streuung hatte das Merkmal Beckenbodenbreite. Bis auf wenige Ausreißer war das Merkmal „Brustumfang“ eines Zwillingspaares eng miteinander korreliert.

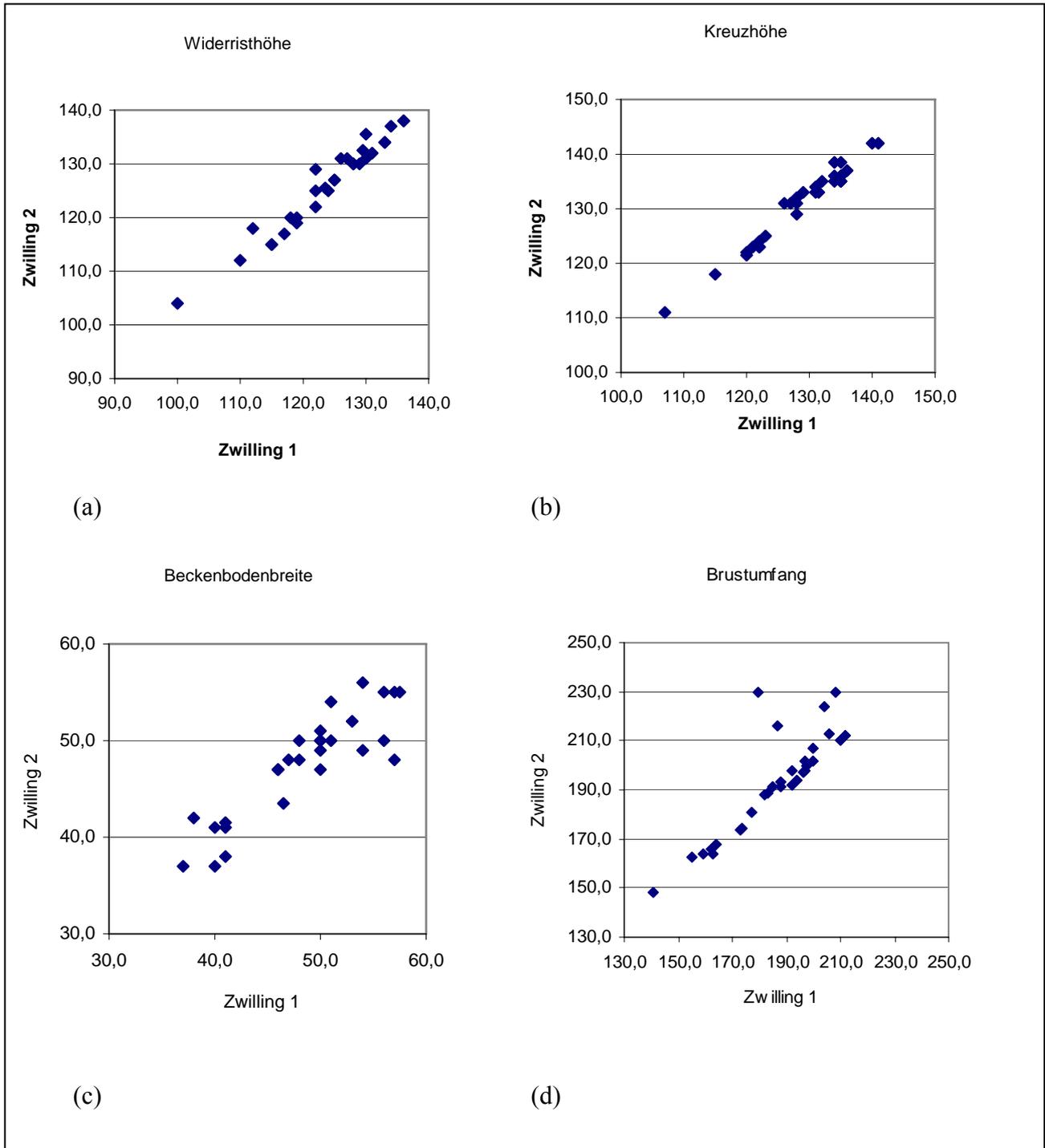


Abb. 12: Leistungswerte von Zwillingspaaren

Tab. 33: Phänotypische Korrelationen und Wiederholbarkeiten zwischen Zwillingspaaren

Merkmal	Korrelation	Wiederholbarkeit
<b>Weibliche und männliche Tiere</b>		
Gewicht beim Messen	0,992	0,987
Widerristhöhe (WH)	0,976	0,943
Kreuzbeinhöhe (KH)	0,984	0,943
Beckenbodenbreite (BBB)	0,934	0,979
Brustumfang (BU)	0,861	0,795
<b>Weibliche Tiere</b>		
Beckentiefe (BT)	0,961	0,998
Hüftbreite (HB)	0,981	0,997
Rumpflänge (RL)	0,955	0,997
Beckenlänge (BL)	0,986	0,999
Rippenbogenbreite (RBB)	0,875	0,984
Kopflänge (KL)	0,960	0,997
Vorderfußumfang (VFU)	0,914	0,994
Sitzbeinbreite (SBB)	0,929	0,993
Vorderbrustbreite (VBB)	0,967	0,994

#### 4.3.4 Fixe Effekte

Bei der Untersuchung des Einflusses von Geburtstyp, Geschlecht, Spender, Bulle, Alter beim Vermessen und dem Betrieb konnten folgende statistische Signifikanzen ermittelt werden (Tabelle 34).

Tab. 34: Darstellung der fixen Effekte mit Angaben zu den Signifikanzen

Merkmale	Fixe Effekte					
	Geburstyp	Geschlecht	Spender	Bulle	Alter	Betrieb
<b>Weibliche und männliche Tiere</b>						
Gewicht beim Messen	✓	✓**	✓	✓**	✓**	✓*
Widerristhöhe (WH)	✓	✓**	✓*	✓**	✓**	✓*
Kreuzbeinhöhe (KH)	✓	✓**	✓	✓	✓**	✓*
Beckenbodenbreite (BBB)	✓	✓**	✓	✓**	✓**	✓*
Brustumfang (BU)	✓	✓**	✓	✓*	✓**	✓*
<b>Weibliche Tiere</b>						
Brusttiefe (BT)	✓	–	✓*	✓	✓**	✓
Hüftbreite (HB)	✓	–	✓	✓*	✓**	✓*
Rumpflänge (RL)	✓	–	✓	✓*	✓**	✓
Beckenlänge (BL)	✓	–	✓*	✓**	✓**	✓*
Rippenbogenbreite (RBB)	✓	–	✓	✓*	✓**	✓
Kopflänge (KL)	✓	–	✓**	✓	✓**	✓
Vorderfußumfang (VFU)	✓	–	✓**	✓	✓**	✓**
Sitzbeinbreite (SBB)	✓	–	✓	✓	✓**	✓**
Vorderbrustbreite (VBB)	✓	–	✓*	✓	✓**	✓**

✓\*\* =  $p < 0,01$ ; ✓\* =  $p < 0,05$ ; ✓ = nicht signifikant; – = Effekt im Modell nicht erfasst

#### 4.3.4.1 Geburtstyp

Der Geburtstyp (Einling, Zwilling) übte keinen Einfluss auf die erfassten Merkmale aus. *Tabelle 35* zeigt vergleichend die Körpermaße in Abhängigkeit vom Geburtstyp.

Tab. 35: Körpermaße in Abhängigkeit vom Geburtstyp (LS-Mittelwerte)

Merkmale	Geburtstyp	
	Einling	Zwilling
<b>Weibliche und männliche Tiere</b>		
Gewicht beim Messen (kg KGW)	595,64	588,40
Widerristhöhe (WH)	130,30	130,26
Kreuzbeinhöhe (KH)	134,19	134,00
Beckenbodenbreite (BBB)	49,71	50,29
Brustumfang (BU)	198,53	198,85
<b>Weibliche Tiere</b>		
Brusttiefe (BT)	68,13	67,46
Hüftbreite (HB)	47,43	46,68
Rumpflänge (RL)	150,26	147,55
Beckenlänge (BL)	47,93	47,57
Rippenbogenbreite (RBB)	45,13	46,22
Kopflänge (KL)	45,61	45,88
Vorderfußumfang (VFU)	21,88	21,70
Sitzbeinbreite (SBB)	27,82	27,80
Vorderbrustbreite (VBB)	44,93	44,16

*Tabelle 35* zeigt, dass obwohl die Tiere unterschiedlich schwer waren (596,0 kg KGW vs. 588,0 kg KGW), keine Unterschiede bezüglich der erfassten Merkmale zwischen den Gruppen beobachtet wurde.

#### 4.3.4.2 Geschlecht

*Tabelle 36* zeigt vergleichend die Größenunterschiede zwischen männlichen und weiblichen Tieren.

Tab. 36: Körpermaße in Abhängigkeit vom Geschlecht (LS-Mittelwerte)

Merkmale	Weibliche Tiere	Männliche Tiere
Gewicht beim Messen	492,59	691,45
Widerristhöhe (WH)	124,20	136,36
Kreuzbeinhöhe (KH)	129,45	138,74
Beckenbodenbreite (BBB)	46,32	53,68
Brustumfang (BU)	185,28	212,09

Es wurde ermittelt, dass das Geschlecht der Tiere einen signifikanten Einfluss auf die Körpermaße hatte. Die männlichen Tiere waren im Schnitt größer als die weiblichen Tiere.

#### 4.3.4.3 Spender

Die Spenderkühe übten auf ihre Nachkommen einen signifikanten Einfluss bezüglich der Widerristhöhe, der Brusttiefe, der Beckenlänge und der Vorderbrustbreite aus. Die Kopflänge und der Vorderfußumfang wurden hochsignifikant durch die Mutter beeinflusst. *Tabelle 37* zeigt die berechneten LS-Mittelwerte der Merkmale für jeden Spender.

Tab. 37: Körpermaße in Abhängigkeit vom Spendertier (LS-Mittelwerte)

Spender	WH	KH	BBB	BU	BT	HB	RL	BL	RBB	KL	VFU	SBB	VBB
Holli	134,7	136,5	49,2	201,0	68,9	46,4	144,4	46,8	39,4	48,6	20,8	23,6	37,5
Hanna	133,5	138,3	51,5	198,7	71,9	49,2	152,9	48,8	50,8	42,3	23,1	28,6	49,6
Relia	130,0	132,7	51,6	199,2	68,6	48,0	155,7	47,8	49,8	46,6	21,6	26,0	46,1
Heide	131,4	134,7	49,9	201,4	65,5	47,0	152,4	49,3	46,1	44,4	21,0	27,5	46,9
Regia	129,9	134,9	50,2	194,4	65,8	44,7	151,5	43,8	41,8	48,4	21,7	28,4	45,9
Pentola	131,0	135,2	49,8	196,6	68,5	46,3	145,6	46,9	43,4	47,1	23,2	28,3	43,1
Hinka	130,8	133,9	49,8	194,0	65,5	47,2	146,1	48,6	43,7	45,2	21,4	27,8	43,1
Birne	127,5	132,5	48,9	196,5	66,6	47,2	145,7	47,9	46,8	46,0	22,7	28,5	41,8
Nena	127,0	133,1	50,2	199,8	68,4	46,9	147,6	47,8	47,7	47,0	21,8	27,1	45,9
Maria	129,5	132,3	48,8	197,2	64,8	46,4	145,5	46,3	43,6	43,3	20,3	27,1	43,2
Ronda	128,8	132,8	50,5	202,2	70,7	48,6	148,7	49,0	47,6	45,0	21,8	29,9	45,6
Elvira	130,6	134,2	48,2	197,0	67,9	46,2	149,3	48,8	43,4	45,6	21,1	28,2	42,9
Liesel	130,1	132,5	50,7	201,4	67,0	46,9	148,3	48,1	47,1	44,9	21,7	28,1	45,6
Andrea	129,5	133,8	50,7	202,2	69,2	47,6	150,8	48,6	48,3	45,9	22,8	30,3	46,5
Suleika	129,7	134,2	49,2	201,0	68,9	46,4	144,4	46,8	39,4	48,6	20,8	23,6	37,5

*WH = Widerristhöhe; KH = Kreuzbeinhöhe; BBB = Beckenbodenbreite; BU = Brustumfang; BT = Brusttiefe; HB = Hüftbreite; RL = Rumpflänge; BL = Beckenlänge; RBB = Rippenbrustbreite; KL = Kopflänge; VFU = Vorderfußumfang; SBB = Sitzbeinbreite; VBB = Vorderbrustbreite.*

#### 4.3.4.4 Bulle

Der Bulle hatte auf fast alle Merkmale einen signifikanten Einfluss. Merkmale wie Kreuzbeinhöhe, Brusttiefe, Kopflänge, Sitzbeinbreite und Vorderfußumfang unterschieden sich jedoch nicht zwischen den Bullen. *Tabelle 38* zeigt die Unterschiede zwischen den Körpermaßen in Abhängigkeit vom verwendeten Bullen.

Tab. 38: Körpermaße in Abhängigkeit vom Bullen (LS- Mittelwerte)

Merkmale	Humberg	Raser
<b>Weibliche und männliche Tiere</b>		
Gewicht beim Messen	608,94	575,09
Widerristhöhe (WH)	131,38	129,18
Kreuzbeinhöhe (KH)	134,79	133,51
Beckenbodenbreite (BBB)	50,68	49,32
Brustumfang (BU)	200,41	196,97
<b>Weibliche Tiere</b>		
Brusttiefe (BT)	68,61	66,99
Hüftbreite (HB)	48,03	46,08
Rumpflänge (RL)	151,26	146,55
Beckenlänge (BL)	48,82	46,67
Rippenbogenbreite (RBB)	47,49	43,87
Kopflänge (KL)	46,06	45,43
Vorderfußumfang (VFU)	22,06	21,52
Sitzbeinbreite (SBB)	48,34	43,48
Vorderbrustbreite (VBB)	45,61	43,48

#### 4.3.4.5 Alter bei der Erfassung der Messwerte

Das Alter beim Vermessen hatte einen großen Einfluss auf die Körpermaße. Mit steigendem Alter vergrößerten sich die Messwerte (*Tabelle 39*).

Tab. 39: Körpermaße in Abhängigkeit vom Alter (LS- Mittelwerte)

Alter (Tage)	WH	KH	BBB	BU	BT	HB	RL	BL	RBB	KL	VFU	SBB	VBB
< 300	117,0	120,1	41,9	160,5	54,5	32,6	117,8	37,1	32,4	41,1	18,4	18,5	33,4
300 - 399	115,3	119,6	41,9	162,4	55,0	35,7	125,3	39,4	35,1	38,6	19,6	21,7	35,5
400 - 439	122,8	126,9	45,7	179,2	60,3	39,9	134,8	42,7	40,3	40,8	20,0	24,2	39,2
440 - 479	123,0	126,8	47,1	182,0	59,4	41,9	135,9	43,7	38,7	38,7	22,4	24,3	41,6
480 - 549	126,6	131,1	46,1	185,3	62,1	41,9	142,1	42,7	40,8	41,1	21,7	24,4	38,6
550 - 699	128,1	133,9	49,6	195,4	68,5	46,8	149,7	49,7	47,7	49,0	22,7	28,6	44,4
700 - 799	134,1	140,4	52,5	211,7	72,3	52,4	155,5	50,9	51,3	46,1	22,4	31,0	50,2
800 - 899	135,8	140,0	54,4	215,8	74,4	53,1	157,0	50,8	53,0	50,3	22,6	31,7	49,4
900 - 999	135,7	138,4	54,1	216,3	72,9	51,3	159,0	51,3	50,8	51,3	21,4	30,6	46,7
1000 - 1099	138,8	140,8	54,4	215,5	74,5	53,2	162,1	53,2	48,3	50,6	23,5	32,1	47,7
1100 - 1199	138,1	139,9	53,1	217,3	74,9	53,5	161,2	50,7	48,4	50,6	22,4	28,9	49,2
1200 - 1499	139,2	143,2	53,5	222,2	75,6	54,5	165,5	54,1	54,4	49,0	22,5	31,8	52,7
1500 - 2000	139,1	142,2	55,5	219,3	76,9	54,9	169,9	54,4	52,6	47,5	23,5	33,7	50,6

#### 4.3.4.6 Herkunftsbetrieb

Einen signifikanten Einfluss auf das Wachstum hatte der Herkunftsbetrieb (*Tabelle 40*). So wurden Widerristhöhe, Kreuzbeinhöhe, Beckenbodenbreite, Brustumfang, Hüftbreite und Beckenlänge signifikant ( $p < 0,05$ ) und Vorderfußumfang, Sitzbeinbreite, und Vorderbrustbreite hoch signifikant ( $p < 0,01$ ) vom Herkunftsbetrieb beeinflusst.

Tab. 40: Körpermaße in Abhängigkeit vom Herkunftsbetrieb (LS- Mittelwerte)

Merkmale	Herkunftsbetrieb			
	A	B	C	D
WH	131,4	128,7	130,5	130,5
KH	134,4	132,5	134,8	134,7
BBB	50,5	50,3	50,7	48,5
BU	200,2	197,8	201,7	195,1
BT	67,8	67,6	69,3	66,5
HB	46,7	46,6	49,0	45,9
RL	148,0	149,4	151,0	147,3
BL	47,3	47,8	49,1	46,8
RBB	46,2	44,8	47,9	43,8
KL	45,3	46,3	46,3	45,1
VFU	20,5	23,4	23,4	19,9
SBB	29,6	26,1	28,4	27,2
VBB	43,5	44,1	47,2	43,4

*WH = Widerristhöhe; KH = Kreuzbeinhöhe; BBB = Beckenbodenbreite; BU = Brustumfang; BT = Brusttiefe; HB = Hüftbreite; RL = Rumpflänge; BL = Beckenlänge; RBB = Rippenbrustbreite; KL = Kopflänge; VFU = Vorderfußumfang; SBB = Sitzbeinbreite; VBB = Vorderbrustbreite.*

#### 4.3.5 Varianzkomponenten und Wiederholbarkeiten (w)

Die berechneten Wiederholbarkeiten der Messwerte der MZ und der Vollgeschwistergruppen sind in *Tabelle 41* dargestellt.

Merkmale von genetisch identischen Tieren hatten in der Regel eine höhere Wiederholbarkeit als die der Vollgeschwistergruppen.

Tab. 41: Wiederholbarkeiten der Messwerte von Klonen und Vollgeschwistergruppen

Merkmale	Wiederholbarkeit (w)	
	Klone und MZ	Vollgeschwister
<b>Weibliche und männliche Tiere</b>		
Widerristhöhe (WH)	0,593	0,001
Kreuzbeinhöhe (KH)	0,608	0,000
Beckenbodenbreite (BBB)	0,637	0,038
Brustumfang (BU)	0,362	0,014
<b>Weibliche Tiere</b>		
Brusttiefe (BT)	0,130	0,182
Hüftbreite (HB)	0,737	0,000
Rumpflänge (RL)	0,371	0,025
Beckenlänge (BL)	0,872	0,140
Rippenbogenbreite (RBB)	0,542	0,163
Kopflänge (KL)	0,196	0,280
Vorderfußumfang (VFU)	0,841	0,195
Sitzbeinbreite (SBB)	0,328	0,237
Vorderbrustbreite (VBB)	0,738	0,280

## 5 DISKUSSION

Die durchschnittlichen Mast- und Schlachtergebnisse der durch ET, MC und KT erzeugten männlichen Nachkommen der Bullen Humberg und Raser lagen in der Größenordnung der Ergebnisse von Nachkommengruppen anderer im gleichen Zeitraum auf der Station in Westerschondorf geprüften Bullen (BLT-Jahresbericht, 2000). Die erzeugten Nachkommen von Humberg waren im Schnitt schwerer, größer und wiesen höhere Zunahmen als die Nachkommen von Raser auf. Dies war auf Grund der zu Beginn der Untersuchungen bereits bekannten ZW beider Bullen zu erwarten. Die Bullen haben sich in den Merkmalen Nettozunahme, Handelsklasse, Rahmen und Bemuskelung deutlich unterschieden (ZUCHTWERT-DATENBANK-RIND, 2000).

Bei der Berechnung der einfachen linearen phänotypischen Korrelationen der Beobachtungswerte von Zwilling 1 zu Zwilling 2 eines jeden Paares wurden hohe Korrelationswerte ermittelt. Bei den meisten Merkmalen lagen diese Korrelationen zwischen 0,90 - 0,95. Der Zuwachs bzw. die Körperentwicklung von Zwillingen eines Paares, das unter gleichen Umweltbedingungen gehalten wurde, waren somit sehr ähnlich. Dadurch erlaubt die Prüfung eines Zwillinges gute Aussagen über die Veranlagung seines genetisch identischen Geschwisters. Diese hohen Ähnlichkeiten zwischen MZ wurden durch die Berechnungen der Wiederholbarkeit bestätigt. Die erzielten Ergebnisse stimmen mit denen anderer Autoren, die eine sehr hohe Ähnlichkeit zwischen MZ festgestellt hatten, überein (BRAUN *et al.*, 1990; MACHADO *et al.*, 2006; KLEIN *et al.*, 2006).

MZ aus MC entstehen aus einem Embryo und sind somit genetisch vollkommen identisch. Dagegen sind KG aus KT nicht vollkommen identisch, wenn die entkernte Eizelle und Spenderzelle nicht aus einer genetischen Linie stammen. Werden genetisch Fremde Zellen fusioniert, wird die mtDNA beider Zellen kombiniert. Deshalb weisen Nachkommen aus KT in der Regel eine mitochondriale Heteroplasmie auf, die zu genetischen und phänotypischen Unterschieden zwischen den Kloneschwistern führt (GÄRTNER *et al.*, 1998; HIENDLEDER *et al.*, 1999; 2004; STEINBORN *et al.*, 2000). Hinzu kommen verschiedene Einflüsse der Empfängermütter, welche die erzeugten Embryonen austragen, aber genetisch nicht beteiligt sind. Diese durch diverse intrauterine und perinatale Umwelteinflüsse bedingten maternale Effekte sind seit langem bekannt und können sich besonders auf die phänotypische Ausprägung der erzeugten Tiere auswirken (BREM, 2001). Hierbei spielt es eine Rolle, ob die Hälften eines geteilten Embryos durch zwei oder, nach unilateralem ET beider Hälften, wie es in der vorliegenden Arbeit geschah, durch ein Empfängertier ausgetragen wurden. Werden die Embryohälften durch zwei Empfängertiere ausgetragen, so muss dieser maternale Effekt, der die Mastleistung unterschiedlich beeinflussen kann, stärker berücksichtigt werden. Die variierenden Fellzeichnungen zwischen MZ aus MC und KG aus KT, wie sie in der vorliegenden Untersuchung in der Regel auch beobachtet wurden, werden durch intrauterinen Umwelteffekte

erklärt und als "Entwicklungsrauschen" bezeichnet (BREM, 2001). Durch derartige Unterschiede bedingt, erhöht sich unter Umständen die Varianz von Merkmalen innerhalb einer Gruppe genetisch identischer Individuen. Im Schnitt aller Merkmale wurde dies in der vorliegenden Untersuchung auch bestätigt. Die phänotypische Wiederholbarkeit innerhalb ihres Paares bzw. einer KG lag bei MZ bei 78,1% und bei KG bei 73,9%. Dass die Unterschiede der Körpergewichte innerhalb KG geringer als innerhalb MZ war, kann durch die geringe Gesamtzahl der verfügbaren Klone erklärt werden. Um genauere und besser vergleichbare Schätzwerte zu bekommen müssten größere und mehrere KG für die Berechnung zur Verfügung stehen. Die Erzeugung von KG mit Hilfe der embryonalen Klonierung (ZAKHARTCHENKO *et al.*, 1995) erwies sich jedoch als sehr schwierig. Auch für die Erzeugung größerer KG war die Effizienz dieses Verfahrens zu gering (STOCKINGER, 1998).

In der Auswertung eingesetzte fixe Effekte ergaben, dass sowohl die Graviditätsdauer als auch das Geburtsgewicht sehr stark von dem Geburtstyp (Einlings- oder Zwillingsgravidität) abhängig war. So dauerte eine Einlingsgravidität im Schnitt 4 Tage länger als eine Zwillingsgravidität. Einlinge waren im Durchschnitt 7 kg KGW schwerer als MZ, was die Ergebnisse von DAVIS *et al.* (1989), McCUTCHEON *et al.* (1991), GORDON (1994) bestätigte. Diese Unterschiede waren teilweise durch die kürzere Graviditätsdauer bei MZ bedingt. Der intrauterine Zuwachs im letzten Monat der Gravidität wird in der Literatur mit ca. 0,2 – ca.0,7 kg KGW pro Tag angegeben (SCHWARK, 1989). Auch müssen sich bei Zwillingsgraviditäten zwei Kälber den intrauterinen Raum bzw. die intrauterine Versorgung teilen. Dies erfolgt jedoch nicht immer gleichmäßig, was zu unterschiedlichen Geburtsgewichten zwischen MZ und Einlingen, wie sie in den vorliegenden Untersuchungen beobachtet wurden, führen kann. Zum Zeitpunkt der Schlachtung waren die Organe von Einlingskälbern im Durchschnitt 4,5 kg schwerer als bei MZ, was möglicherweise durch eine höhere Fetteinlagerung bei Einlingskälbern bedingt war. Die MZ waren zu Beginn der Mast den Einlingen im Körpergewicht unterlegen, diese Unterschiede haben sich jedoch zu Ende der Mast ausgeglichen. Diese Beobachtungen stimmen mit denen anderen Untersuchungen überein (PAPSTEIN *et al.*, 1999a). Ein Zusammenhang bestand zwischen dem Körpergewicht zum Zeitpunkt der Einstellung auf Station und dem Gewicht zu den jeweiligen Mastabschnittszeitpunkten. So konnten Tiere, die zu Beginn der Prüfung mit höherem Gewicht eingestellt wurden, ihren Gewichtsvorsprung bis zum Ende der Mast beibehalten (GREGORY *et al.*, 1990).

Die Geburtssaison beeinflusste die Mastergebnisse über die gesamte Prüfungsdauer. Diese saisonalen Unterschiede können teilweise auf eine unterschiedliche Versorgung der Empfänger bzw. der sich entwickelnden Föten zurückgeführt werden. Ebenso können Temperaturunterschiede, wie sie durch den Wechsel der Jahreszeiten bedingt sind, eine Rolle in der Entwicklung der Tiere spielen. Saisonale Unterschiede im Schlachtgewicht und Schlachtkörperzusammensetzung, wie Nierentalg-

anteil, werden durch die Schlachtsaison (Monat und Jahr) erfasst. Diese beobachteten Unterschiede können auch durch den im Versuchszeitraum mehrmals erfolgten Wechsel des Schlachtortes (Grub „alt“ - München - Grub „neu“) bedingt gewesen sein. Dieser Einfluss wurde in den Auswertungen jedoch nicht gesondert berücksichtigt, da dieser schon durch die Saisonklassen erfasst wurde.

Der Bulle hatte überwiegend Einfluss auf das Mastendgewicht und die Körpergrößenmerkmale. Die Gewichtszunahme könnte auf einen besseren oder schlechteren Muskelaufbau des jeweiligen Tieres zurückzuführen sein, der genetisch bestimmt ist. Die ZW für Bemuskelung und Rahmen für den Bullen Humberg sind höher als die von Raser. Dadurch sind die ermittelten Unterschiede in den Zunahmen, dem Pistolenanteil, der Hälftenlänge und der Körperzusammensetzung bei den Nachkommen beider Bullen zu erklären. Das Schlachtalter beeinflusste den prozentualen Gewichtsanteil der inneren Organe, was ebenso auf den durch das Alter bedingten Fettansatz der Organe zurückgeführt werden kann.

Die mit REML geschätzten Wiederholbarkeiten der erfassten Merkmale bei MZ waren sehr hoch. Im Vergleich zu den Halbgeschwistergruppen lagen diese im Durchschnitt 5- bis 6-mal höher. Dies war auf Grund der ermittelten hohen phänotypischen Wiederholbarkeiten und Korrelationen sowie der engen Verwandtschaftsgrade auch zu erwarten. Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass die Ähnlichkeiten zwischen MZ oder Tieren einer KG sehr hoch sind und in etwa in den Bereichen von wiederholten Messungen an einem und demselben Tier liegen. Der zufällige Effekt des Empfängers, im Modell berücksichtigt, führte zu keinen statistisch signifikanten Ergebnissen bei der Schätzung von Varianzparametern. Da die MZ paarweise von einem Empfänger ausgetragen wurden, war dies auch zu erwarten. Einen sehr großen Anteil der totalen phänotypischen Varianz bildete der zufällige Effekt der Mastgruppe.

Die Heritabilitäten aller Merkmale lagen hoch. Die bekannt hohe Vererbbarkeit von gewichtsbezogenen Merkmalen, täglichen Zunahmen und Bemuskelung wurde in der vorliegenden Untersuchung bestätigt.

Die Zwillingseffizienzwerte der einzelnen Merkmale lagen zwischen 2 – 13. So könnten beispielsweise für die Merkmale Haut (%) und Abgänge (kg) 13 Halbgeschwister durch ein Zwillingsspaar ersetzt werden, um eine gleiche Schätzgenauigkeit zu erreichen. Im Schnitt lagen diese Werte bei etwa 3 – 4. Die vorliegende Untersuchung bestätigt, dass die Ergebnisse der erfassten Merkmale innerhalb MZ und KG sehr ähnlich zueinander sind. Durch die Einstellung der Gruppen auf Station unter gleichen Bedingungen werden diese Umwelteinflüsse nach der Geburt minimiert. Die zwischen den Tieren eines Zwillingsspaares ermittelten Werte unterscheiden sich nicht signifikant von denen, die durch wiederholte Beobachtungen an ein und demselben Tier erreicht werden.

Die Werte der mit Hilfe biotechnischer Verfahren erzeugten Nachkommen lagen im Bereich des Populationsmittels. In der Nachkommenprüfung wurde durch Einsatz von Halbgeschwistern eine

höhere Schätzgenauigkeit des ZW der Bullen Raser und Humberg erreicht. Mit dem Einsatz der Zwillingspaare bzw. KG in der Nachkommenprüfung verringerte sich die Schätzgenauigkeit. Dies ist dadurch zu erklären, dass mit genetisch identischen Tieren die Aufteilung der genetischen Varianz in die additive Varianz und die Restvarianz nicht möglich ist. Werden 6 HG zur Nachkommenprüfung herangezogen, entsprechen diese mehr einer ausgeglichenen Stichprobe aus der Population, als 3 Zwillingspaare. Mit 6 HG werden 6 verschiedene Kombinationen des Genotyps der Mutter und des Vaters getestet. Mit 3 Zwillingspaaren sind es hingegen nur 3 Kombinationen, was 3 HG mit jeweils 2 Messungen entspricht. Dies führt zu einer geringen Schätzgenauigkeit. Dagegen könnte in der Eigenleistungsprüfung mit genetisch identischen Kopien eines zu prüfenden Bullen eine höhere Genauigkeit erreicht und die Anzahl der erforderlichen Prüflinge reduziert werden (BREM, 2001). Die Erstellung von Kopien eines bereits ausgewachsenen Tieres ist gegenwärtig durch KT mit somatischen Zellen grundsätzlich möglich.

Weitere Untersuchungen bezüglich der Körpermaße zeigten anhand der berechneten Wiederholbarkeiten, das MZ und KG auch hier eine hohe phänotypische Ähnlichkeit aufweisen. Messungen am Körper eines Tieres könnte bedingt durch menschliche Fehlerquellen eine geringere Genauigkeit aufweisen. Diese Messfehler könnten Ursache für die kleineren Wiederholbarkeiten als bei den Fleischleistungsdaten sein. In der Literatur beschriebene Einflussfaktoren, die sich auf das Wachstum auswirken können (PAPSTEIN *et al.*, 1999a, 1999b), wurden durch diese Arbeit bestätigt.

Für die Nutzung der Klonierung müssen jedoch noch verschiedene Hürden überwunden werden. In der vorliegenden Arbeit wurden häufiger, als es gewöhnlich bei NS, KB oder ET vorkommt, Aborte und Graviditätsstörungen (Eihautwassersucht) beobachtet (HILL *et al.*, 2000; HEYMAN *et al.*, 2002). Aus der Literatur ist bekannt, dass diese Probleme unabhängig von den verwendeten Verfahren und Kernspenderzellen (Embryonalzellen, adulte Zellen) auftreten können. Hinzu kommen peripartale Entwicklungsstörungen. Nachkommen aus KT weisen in einzelnen Fällen deutlich höhere Geburtsgewichte auf (zu große Früchte; LOS) (HEYMAN und RENARD, 1996; GARRY *et al.*, 1996; KRUIP und DEN DAAS, 1997). Diese Übergröße verursacht häufiger Schweregeburten. Trotz Geburtseinleitung und tierärztlicher Geburtshilfe (*Sectio caesarea*) kann es bei Klonkälbern zu verschiedenen Entwicklungsstörungen (Ödeme, Arthrogrypose, Pneumonie, Anasarka, Omphaloarteritis, Stoffwechselstörungen, etc.) in den ersten Lebenstagen kommen, was durch die eigenen Beobachtungen auch bestätigt wurde (STOCKINGER, 1998). So sind neben den Graviditäts-, Geburts- und Entwicklungsstörungen häufig auch direkte und indirekte Wirkungen der Verfahren auf die Tiergesundheit und Entwicklungsfähigkeit der erzeugten Nachkommen zu diskutieren. Es entstehen häufiger immun- und lebensschwache Kälber, was zu Entwicklungsstörungen oder zum Tod führen kann. Es ist nicht auszuschließen, dass die Nachkommen einem erhöhten Krankheitsrisiko ausgesetzt sind und dadurch unterschiedliche Leistungsdepressionen entstehen können.

Ferner kann es bei der Klonierung mit somatischen Zellen zu epigenetischen Störungen kommen, die so einflussreich sein können, dass „genetisch identische“ Klengruppen eine höhere Variabilität aufweisen, als Halbgeschwister (LEE *et al.*, 2004). Ebenso werden diese epigenetischen Einflüsse für die entstehenden Abnormalitäten verantwortlich gemacht (NAICA-LOEBELL, 2001).

Wie bereits erwähnt, gilt als gesichert, dass Klengeschwister aus KT nicht 100%ig identisch sind, wenn die Empfängereizellen von einem anderen Individuum als der Kernspender stammen. Der übertragene Zellkern enthält nicht die gesamte Erbmasse, sondern ein Bruchteil davon befindet sich im Zytoplasma der Empfängereizelle (mitochondriale DNA) (HIENDLEDER *et al.* 1999, 2004). In den letzten Jahren wurde intensiv untersucht, inwieweit sich die Heteroplasmie der mitochondrialen DNA auf die phänotypische Ausprägung von Klengeschwistern modifizierend auswirkt. Es steht fest, dass nur wenn Spenderzelle und Empfängereizelle aus der gleichen maternalen Linie stammen, die erzeugten Individuen einer KG erbgleich sind. Die jeweiligen Individuen werden aber auch durch maternale Einflüsse während der Gravidität geprägt, was die phänotypische Ähnlichkeit negativ beeinflusst, so dass sie auch in diesem Fall nicht vollständig identisch sind.

Auf Grund der gegenwärtig geringen Erfolgsquote ist der KT für eine effiziente Generierung geklonter Nachkommengruppen für die Stationsprüfung noch nicht geeignet. Im Hinblick auf die Klonierungstechniken ist von Bedeutung, dass die Effizienz beim Klonieren von der Herkunft der Zellkerne abhängig ist. In der vorliegenden Arbeit wurden ausschließlich *ex-vivo* gewonnene Embryonen als Kernspender eingesetzt. Die Effizienz der Klonierung mit diesen Zellen erwies sich für die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit als zu gering. Sie wird zusätzlich durch die Anzahl der Blastomeren eines Kernspenderembryos beschränkt. Der Einsatz von somatischen Zellen als Kernspender dagegen kann theoretisch zu einer deutlichen Effizienzsteigerung führen, weil dadurch ein Individuum in nahezu beliebiger Zahl reproduziert werden kann. Es wird auch erwartet, dass mit diesem Verfahren die Kosten der Klonierung durch eine Effizienzsteigerung reduziert werden könnten. Aber eines der größten Probleme der Klonierung, die hohen Verluste während der Gravidität, Geburt und in der frühen postpartalen Phase wurde dadurch noch nicht gelöst. Das Verfahren verspricht nach wie vor interessante Anwendungen in der Tierzucht, wenn es gelingt, die Effektivität dieser Biotechnik weiter zu erhöhen, sie nebenwirkungsfrei, kostengünstig und praxisreif einzusetzen. Erst nach dem Ausbleiben von unerwünschten Nebenwirkungen, wie sie weiterhin bei vielen Graviditäten und Nachkommen aus KT beobachtet werden, kann eine praktische Anwendung der Technik überhaupt denkbar sein.

Die Technik der MC kann für die Erzeugung genetisch identischer Geschwister effizient und erfolgreich eingesetzt werden (LUCAS-HAHN *et al.*, 2001). Probleme bei Graviditäten und Geburten treten nicht häufiger im Vergleich zu NS, KB oder ET auf. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist je-

doch die begrenzte Zahl an identischen Individuen (in der Praxis maximal zwei). Der Einsatz muss unter folgenden Voraussetzungen erfolgen:

- Eine gute Auswahl der Spender ist wichtig für den Erfolg. Hierfür ist eine regelmäßige Betreuung der Fruchtbarkeit auf Herdenbasis sehr hilfreich. Superovulationen bzw. Embryogewinnungen können mit guten Ergebnissen bei einem gleichen Spender wiederholt durchgeführt werden.
- Für die MC sind ausschließlich Embryonen guter Qualität (Klasse 1) geeignet. Für die MC muss eine gute Mikromanipulationseinheit vorhanden sein. Durch *in vitro* Zwischenkultivierung der gewonnenen Embryonen und der erzeugten Embryohälften können diese vor dem Transfer besser beurteilt werden.
- Es sollte eine Empfängerherde mit geeigneter Anzahl an verfügbaren Empfängertieren vorhanden sein.
- Die Graviditäten, Geburten und geborenen Kälber müssen gut betreut werden, um Verluste zu vermeiden.
- Nicht zuletzt bedarf es einer engagierten Arbeitsmannschaft, bestehend aus Kräften die sich fachlich ergänzen und in der Lage sind, sich gegenseitig zu vertreten.

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

### **Untersuchungen zur Nutzung genetisch identischer Zwillinge aus mikrochirurgischer Embryoteilung und von Klongruppen aus Kerntransfer in der Rinderzucht**

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war zu überprüfen, ob mit Klongruppen, bestehend aus monozygoten Zwillingen aus der Übertragung mikrochirurgisch geteilter Rinderembryonen und aus Mehrlingen aus der Übertragung durch Kerntransfer erzeugter Embryonen, eine Verbesserung der Zuchtwertschätzung von Besamungsbullen auf Fleischleistung und Fleischqualität durch höhere Genauigkeit und geringere Prüfkosten im Vergleich zu Voll- und Halbgeschwistergruppen aus konventionellem Embryo Transfer erfolgen könnte. So wurden erzeugte männliche Nachkommen auf der Station in Westerschondorf geprüft und die Aussagekraft der Prüfung auf Mast- und Schlachtwert mit Halbgeschwistergruppen (Nachkommenprüfung des Vaters der Prüflinge), Vollgeschwistergruppen, Monozygoten Zwillingen und Klongeschwistergruppen für die an den bayerischen Mast- und Schlachprüfungsstationen erfassten Merkmale verglichen. Darüber hinaus wurden bei den erzeugten männlichen und weiblichen Nachkommensgruppen (Halbgeschwister, monozygote Zwillinge) verschiedene Körpermaße erfasst und verglichen.

Aus 542 erzeugten Graviditäten sind insgesamt 273 männliche und 220 weibliche Kälber entstanden. Pränatale Verluste entstanden durch Aborte (7,6%) und durch Notschlachtungen gravider Empfänger (1,5%). Totgeburten ereigneten sich zu 8,3% und innerhalb der ersten Lebenstage verendeten 13,0% der Kälber. Die verbliebenen 185 männlichen Kälber wurden auf Station zur Prüfung eingestellt. 104 Söhne des Bullen Raser und 63 Söhne des Bullen Humbert haben die Stationsprüfung vollendet. Von den 104 Nachkommen von Raser waren 67 Tiere Einlinge, 15 Zwillingspaare (30 Tiere) und 2 Klongruppen aus Kerntransfer zu 3 und 4 Tieren. Von den 63 Nachkommen des Bullen Humbert waren 44 Tiere Einlinge, 8 Zwillingspaare (16 Tiere) und eine Klongruppe aus Kerntransfer zu 3 Tieren. Die Mast und Schlachtleistungsergebnisse der Versuchsgruppe entsprachen denen der Vergleichstiere, die im gleichen Zeitraum auf der Station in Westerschondorf geprüft wurden. Nachkommen des Bullen Humbert waren schwerer als die von Raser. Es wurden hohe phänotypische lineare Korrelationen der Messwerte zwischen Zwillingspaaren (0,91) beobachtet. Die berechneten phänotypischen Wiederholbarkeiten lagen bei Zwillingspaaren mit im Durchschnitt 0,762 höher als bei Klongruppen aus Kerntransfer mit 0,734. Die Fleischleistungsmerkmale wurden durch Geburtstyp, Einstellgewicht, Geburts- bzw. Schlachtsaison, Bullen und Schlachalter beeinflusst. Zwillinge waren bei der Geburt durchschnittlich um 7 kg KGW leichter als Einlinge und hatten eine kürzere durchschnittliche Graviditätsdauer (283 bzw. 287 Tage). Tiere mit geringerem Einstellgewicht waren bis zum Ende der Prüfung leichter als diejenigen, die mit höherem Gewicht eingestellt wurden. Die vergleichend geschätzten Wiederholbarkeiten von Halbgeschwistern

und Klongruppen lagen bei 0,17 bzw. 0,70. Die Ähnlichkeit der Klone untereinander war somit deutlich höher als bei Halbgeschwistern. Die geschätzten Heritabilitäten lagen zwischen 0,27 – 0,79. Für die meisten Merkmale lagen diese jedoch um 0,40. Der Zwillingseffizienzwert, der eine Aussage über die Anzahl an Versuchstieren, die durch den Einsatz eines Zwillingspaares ersetzt werden können, ohne die statistische Schätzgenauigkeit zu verringern, lag für die berechneten Merkmale zwischen 2,00 - 13,50. Folgende Schätzgenauigkeiten, für Zuchtwerte auf Nachkommenprüfung, geschätzt mit Gruppen unterschiedlicher Verwandtschaftsgrade, wurden erzielt: Halbgeschwistergruppe zu 102 Tieren = 0,94; Halbgeschwistergruppe zu 12 Tieren = 0,74; Halbgeschwistergruppen zu 6 Tieren = 0,62; 3 Zwillingspaare = 0,55; 1 Klongruppe = 0,40. Für Zuchtwerte auf Eigenleistungsprüfung, geschätzt anhand eines Tieres bzw. eines Genotyps wurden folgende Schätzgenauigkeiten erzielt: ein Tier = 0,73; ein Genotyp mit zwei Beobachtungswerten = 0,80; und ein Genotyp mit 4 Beobachtungswerten = 0,84. An 10 ausgewachsenen männlichen und 18 ausgewachsenen weiblichen Zwillingspaaren wurden verschiedene Körpermaße ermittelt und verglichen. Die phänotypische Korrelation und die Wiederholbarkeit lagen mit  $r = 0,95$  und  $w = 0,98$  relativ hoch. Die geschätzten Wiederholbarkeiten bei Klongeschwister ( $w = 0,60$ ) waren höher als bei Halbgeschwistern ( $w = 0,15$ ). Die Körpermaße der ausgewachsenen Tiere wurde durch das Geschlecht, den Spender, den Bullen, das Alter und den Herkunftsbetrieb beeinflusst, jedoch nicht dadurch, ob sie als Einlinge oder Zwillinge ausgetragen wurden. Die männlichen Tiere waren größer als die weiblichen. Die Nachkommen des Bullen Humbert waren größer als die von Raser. Das Alter der Tiere zum Zeitpunkt des Vermessens hatte einen signifikanten Einfluss auf die Körpermaße der Tiere.

In der vorliegenden Arbeit war der Kerntransfer mit Embryonalzellen für eine effiziente Generierung geklonter Nachkommengruppen nicht geeignet. Für die Untersuchungen konnten lediglich 3 männliche Klongruppen mittels Kerntransfer erzeugt werden, welche die Stationsprüfung erfolgreich vollendeten. Durch mikrochirurgische Embryoteilung konnten identische Zwillinge zuverlässig erzeugt werden. Eine höhere Genauigkeit der Zuchtwertschätzung für die Bullen Raser und Humbert durch die Nachkommenprüfung mit genetisch identischen Tieren wurde nicht erreicht. Dagegen zeigte sich, dass der Einsatz von genetisch identischen Nachkommen in der Eigenleistungsprüfung eine höhere Genauigkeit erlauben würde. Die Prüfergebnisse des zu testenden Bullen zusammen mit denen seines Klongeschwisters würden die Daten von 6 seiner Nachkommen ersetzen, mit dem wesentlichen Vorteil einer höheren Schätzgenauigkeit. Genetisch identische Zwillinge aus mikrochirurgischer Embryoteilung können beispielsweise in der Eigenleistungsprüfung auf Station eingestellt werden und am Ende der Prüfung durch Schlachtung eines der Zwillinge und Erfassung von Merkmalen der Schlachtkörperzusammensetzung und der Fleischqualität würde für den überlebenden Zwilling eine genauere Zuchtwertschätzung ermöglichen.

## 7 SUMMARY

### **Investigations about potential uses of monozygotic twins produced by embryo splitting and of nuclear transfer derived clones in cattle breeding programs**

The aim of the present study was to estimate breeding values of groups of monozygotic twins produced by embryo splitting and of groups of clones produced by nuclear transfer and to compare the results with those of full and half sibs produced by conventional embryo transfer in order to evaluate implications for progeny testing strategies on-station. Progeny testing was performed on the station at Westerschondorf and the data for growth and carcass traits were compared among groups of half sibs (progeny testing of breeding sires), full sibs, monozygotic twins and nuclear transfer derived clones. In addition, body measurement traits data of produced male and female offspring (half sibs, monozygotic twins) were recorded and subjected to comparative analysis.

Out of 542 generated pregnancies a total of 273 German Simmental male and 220 female calves were born. Prenatal losses were caused by abortion (7.6 %) and slaughtered or perished recipients (1.5 %). Still born calf rate was 8.3 % and within the first days 13.0 % of the calves died. Remaining male calves were tested on-station. 104 sons of the bull “Raser” and 63 sons of “Humberg” have finished the testing period successfully. The 104 offspring of “Raser” consisted of 67 singleton calves, 15 pairs of monozygotic twins (30 animals) and 2 groups of clones produced by nuclear transfer (3 and 4 animals, respectively). The 63 offspring of “Humberg” consisted of 44 singleton calves, 8 pairs of monozygotic twins (16 animals) and 1 group of clones (3 animals). The growth and carcass traits were within the range for controls tested on-station in the same period. Offsprings of “Humberg” were heavier than those of “Raser”. The phenotypic linear correlations between measurements of twins (0.91) were high. The phenotypical repeatabilities of traits within monozygotic twins were, with an average of 0.762, higher than those within groups of clones with 0.734. Meat production traits were influenced by the type of pregnancy (singleton or twins), the starting weight, the season at birth and at slaughter, the sire and the age at slaughter.

Twin calves were, on average, 7 kg lighter than singletons and had, on average, a shorter gestation period (283 vs. 287 days). Animals with lower weights at the beginning of the fattening period remained lighter in weight compared to those with higher starting weights until the end of testing.

Comparative estimated repeatabilities for half sibs and groups of clones were 0.17 vs. 0.70. Thus the resemblance within clones was significant higher than within half sibs. Estimated heritabilities ranged between 0.27 – 0.79. For most of the traits these estimates were around 0.40. Twin efficiency values, as a criterion to estimate the number of animals that can be replaced by a pair of twins without negatively influencing the accuracy of prediction, ranged from 2.00 – 13.50.

Accuracies of prediction of breeding values by progeny testing with different relationship groups were as follow: half sib group of 102 animals = 0.94; half sib group of 12 animals = 0.74; half sib group of 6 animals = 0.62; 3 pairs of monozygotic twins = 0.55; and 1 group of clones = 0.40. The breeding values of the tested animal were as follow: one animal = 0.73; one genotype with two observations = 0.80; and one genotype with 4 observations = 0.84.

Body measurement values were estimated from 10 full-grown male and 18 full-grown female pairs of monozygotic twins. Phenotypic correlations and repeatabilities were relatively high with  $r = 0.95$  and  $w = 0.98$ .

Estimated repeatabilities of genetically identical animals were high ( $w = 0.6$ ) compared to half sibs ( $w = 0.15$ ) and the body measurements were affected by the sex, the dam, the sire, the age at measuring and the herd where the animal was born. The data of body measurements of the adult animals were not affected by the type of pregnancy (singleton or twins). Steers were much larger than heifers and cows and offspring of "Humberg" were larger than the offspring of "Raser". The age at measurement had a significant effect on body size.

In the present study, nuclear transfer with embryonic cells was not efficient to produce a reasonable number of clones for comparative analysis. Only 3 groups of male clones could be produced by nuclear transfer and tested successfully on-station. However, sufficient number of monozygotic twins could be produced by embryo splitting and tested on-station. An increase in the accuracy of the estimating breeding values of "Raser" and "Humberg" by progeny testing of genetic identical offspring could not be obtained. On the other hand, it was shown that the use of genetic identical animals for self testing and estimating their own breeding value would improve the accuracy. Results of a tested bull together with findings of its identical sibling could replace data from 6 of his offspring, with the advantage of a more accurate estimation of its breeding value. Monozygotic twins produced by embryo splitting could be, for example, tested on-station, after the testing period one twin could be slaughtered and carcass traits and meat quality data could be collected. This procedure would lead to a more accurate breeding value for its surviving twin.

## 8 LITERATURVERZEICHNIS

ADAMS R, GARRY FB, ALDRIDGE BM, HOLLAND MD, ODDE KG. Physiologic differences between twin and single born beef calves in the first two days of life. *Cornell Vet* 1993; 83: 13-29.

AKAGI S, ADACHI N, MATSUKAWA K, KUBO M, TAKAHASHI S. Developmental Potential of Bovine Nuclear Transfer Embryos and Postnatal Survival Rate of Cloned Calves Produced by Two Different Timings of Fusion and Activation. *Mol. Rep. Dev.* 2003; 66: 264-272

ANDERSON GB. Methods for producing twins in cattle. *Theriogenology* 1978; 9:3-16.

ANDERSON GB, CUPPS PT, DROST M, HORTON MB, WRIGHT RW. Induction of twinning in heifers by bilateral embryo transfer. *Journal of Animal Science* 1978; 46:449-452.

ARAT S, RZUCIDLO SJ, GIBBONS J, MIYOSHI K, STICE SL. Production of Transgenic Bovine Embryos by Transfer of Transfected Granulosa Cells Into Enucleated Oocytes. *Mol. Reprod. Dev.* 2001; 60: 20 – 26

ARAT S, GIBBONS J, RZUCIDLO SJ, RESPESS DS, TUMLIN M, and STICE SL. In Vitro Development of Bovine Nuclear Transfer Embryos from Transgenic Clonal Lines of Adult and Fetal Fibroblast Cells of the Same Genotype. *Biol. Reprod.* 2002; 66: 1768–1774

ARAVE CW, BUNCH TD, MICKELSEN CH, WARNICK K. Factors affecting survivability of transferred whole and demi-embryos in a commercial dairy herd. *Theriogenology* 1987; 28: 373-382.

ARAVE CW, ALBRIGHT JL, ARMSTRONG DV, FOSTER WW, LARSON LL. Effects of isolation of calves on growth, behavior, and first lactation milk yield of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 1992; 75: 3408-15

AUCHINCLOSS H, BONVENTRE JV. Transplanting cloned cells into therapeutic promise. *Nature Biotech.* 2002; 20: 666

AUGUSTINI C. Einfluss produktionstechnischer Faktoren auf die Schlachtkörper- und Fleischqualität. Aus Rindfleisch – Schlachtkörperwert und Fleischqualität. *Kulmbach Reihe* 1987; Bd. 7: 152-179.

AZZAM SM, NIELSEN MK. Genetic parameters for gestation length, birth date and first breeding date in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 1987; 64: 348-356.

BARNES FL. The effects of the early uterine environment on the subsequent development of embryo and fetus. *Theriogenology* 2000; 53: 649-658.

BARNES F, ENDEBROCK M, LOONEY C, POWELL R, WETHUSIN M, BONDIOLI K. Embryo cloning in cattle: the use of in vitro matured oocytes. *J Reprod Fertil* 1993; 97: 317-320.

BEHR B, MILKI AA. Visualization of atypical hatching of a human blastocyst in vitro forming two identical embryos. *Fertil Steril.* 2003; 80(6): 1502-3.

BIGGERS JD. The potential use of artificially produced monozygotic twins for comparative experiments. *Theriogenology* 1986; 26: 1-25.

BLT, Bayerische Landesanstalt für Tierzucht. Jahresbericht 2000, Band 40.

- BONDIOLI KR, WESTHUSIN ME, LOONEY CR. Production of identical bovine offspring by nuclear transfer. *Theriogenology* 1990; 33: 165-174.
- BOOTH PJ, HOLM P, VAJTA G, GREVE T, CALLESEN H. Effect of two Activation Treatments and Age of Blastomere Karyoplasts on In vitro Development of Bovine Nuclear Transfer Embryos. *Mol. Reprod. Dev.* 2001; 60: 377-383
- BORDIGNON V, KEYSTON R, LAZARIS A, BILODEAU AS, PONTES JHF, ARNOLD D, FECTEAU G, KEEFER C, SMITH LC. Transgene Expression of Green Fluorescent Protein and Germ Line Transmission in cloned calves derived from in vitro Transfected somatic cells. *Biol. Reprod.* 2003; 68: 2013-2023
- BOURDON RM. *Understanding Animal Breeding.* 1997, New Jersey, Prentic-Hall, Inc.
- BOUSQUET D, BLONDIN P. Potential Uses of Cloning in Breeding Schemes: Dairy Cattle. *Cloning and Stem Cells* 2004; 6: Number 2, 190 - 197
- BRAUN J, SCHAMS D, BREM G. Reproductive functions in experimentally derived monozygotic cattle twins. *Berl Münch Tierärztl Wschr.* 1990; 103: 213-213
- BREM, G. *Mikromanipulation an Rinderembryonen und deren Anwendungsmöglichkeiten in der Tierzucht.* 1986a, Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag.
- BREM G. Application models of reproductive manipulation. 1986b, In Smith C, King J W B und MacKay J C, (Hrsg): *New technologies in animal breeding, Genetic developments.* Oxford, Clarendon Press.
- BREM G. *Biotechnik und Züchtung.* 1997, In Kräußlich H, und Brem G, (Hrsg.): *Tierzucht und Allgemeine Landwirtschaftslehre für Tiermediziner,* Stuttgart, Ferdinand Enke.
- BREM G. *Reproduktionsforschung beim Rind,* 2001, 10 Jahre Bayerisches Forschungszentrum für Fortpflanzungsbiologie – BFZF, Stuttgart, Eugen Ulmer Verlag.
- BREM G, KRÄUSSLICH H, SZILVASSY B, KRUFF B, LAMPETER WW, GRAF F. Zur Erzeugung eineiiger Rinderzwillinge durch Embryo-Mikrochirurgie. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* 1983; 96: 153-157.
- BREM G, NIEMANN H, SACHER B, SMIDT D. Zum Tiefgefrieren mikrochirurgisch geteilter Rinderembryonen und der Erstellung zeitungleich geborener monozygoter Zwillingspaare. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 1987; 94: 195-197.
- BRENNER CA, KUBISCH HM, PIERCE KE. Role of the mitochondrial genome in assisted reproductive technologies and embryonic stem cell-based therapeutic cloning. *Reprod. Fert. Dev.* 2004; 16: 743 -751
- BROPHY B, SMOLENSKI G, WHEELER T, WELLS D, HUILLIER L-P, LAIBLE G. Cloned transgenic cattle produced milk with higher levels of  $\beta$ -casein and  $\kappa$ -casein. *Nature Biotech.* 2003; 21: 157- 162
- BUNGE O, PAPSTEIN H-J, ENDER K. Untersuchungen zum Wachstum, Stoffansatz und Schlachtwert von Erstlingskühen mit Einlings und Zwillingsträchtigkeiten. 2. Mitteilung: Stoff- und Energieansatz, Geburtsgewichte und Geburtsverläufe. *Züchtungskunde* 1997; 69: 20-30.

- CAMPBELL KHS, MCWHIR J, RITCHIE WA, WILMUT I. Sheep cloned by nuclear transfer from a cultured cell line. *Nature* 1996; 380: 64 – 66.
- CHEN SH, VAUGHT TD, MONAHAN JA, BOONE J, EMSLIE E, JOBST PM, LAMBORN AE, SCHNIEKE A, ROBERTSON L, COLMAN A, DAI Y, POLEJAEVA IA, AYARES DL. Efficient Production of Transgenic cloned calves using preimplantation Screening. *Biol. Reprod.* 2002; 67: 1488- 1492
- CHO JK, LEE BC, PARK JI, LIM JM, SHIN SJ, KIM KY, LEE BD, HWANG WS. Development of bovine oocytes reconstructed with different donor somatic cells with or without serum starvation. *Theriogenology* 2002; 57: 1819-1828
- CHOI YH, LEE BC, LIM JM, KANG SK, HWANG WS. Optimization of culture medium for cloned bovine embryos and its influence on pregnancy and delivery outcome. *Theriogenology* 2002; 58: 1187-1197
- CHOI JY, KIM CI, PARK CK, YANG BK, CHEONG HT. Effect of Activation Time on the Nuclear Remodeling and On vitro Development of Nuclear Transfer Embryos derived from bovine somatic cells. *Mol. Reprod. Dev.* 2004; 69: 289- 295
- CIBELLI JB, STICE SL, GOLUEKE PJ, KANE JJ, JERRY J, BLACKWELL C, PONCE DE LEÓN FA, ROBL JM. Cloned Transgenic Calves Produced from Nonquiescent Fetal Fibroblasts. *Science* 1998; 280: 1256 – 1258
- CIBELLI JB, CAMPBELL KH, SEIDL GE, WEST MD, LANZA RP. The health profile of cloned animals. *Nat. Biotech.* 2002; 20: 13-14
- CLAXTON J, SACHEZ E, MATTHIESSEN-GUYADER L. Ethical, Legal, and Social Aspects of Farm Animal Cloning in the 6<sup>th</sup> Framework Program for Research. *Cloning and Stem Cells* 2004; 6: 178-181
- CLEMENT-SENGEWALD A, BERG U, BREM G. The use of IVM/IVF bovine embryos in nuclear transfer experiments. *Proc. Of the 4<sup>th</sup> Franco-Czecholovak Meeting 1990: Through the oocyte to the embryo, Prague, CSFR, 31.*
- CLEMENT-SENGEWALD A, PALMA GA, REICHENBACH H-D, BESENFELDER U, BREM G. Development and status of cattle embryo cloning in Germany. *Reprod. Dom. Anim.* 1992; 28: 399-405.
- COHEN J, WILLADSEN S, SCHIMMEL T, LEVRON J. Micromanipulation as clinical tool. In: *Handbook of in vitro fertilization.* 2000. (Trousou A, and Gardner D, Eds.) Boca Raton, CRC Press.
- COLMAN A. Somatic cell nuclear transfer in mammals: progress and applications. *Cloning* 1999/2000; (4): 185-200
- CORAH TJ, TATUM JD, MORGAN JB, MORTIMER RG, SMITH GC. Effects of a dexamethasone implant on deposition of intramuscular fat in genetically identical cattle. *J. Anim. Sci.* 1995 Nov; 73(11): 3310-6.
- CORLEY-SMITH GE, BRANDHORST BP. Preservation of Endangered Species and Populations: A Role for Genome Banking, Somatic Cell Cloning, and Androgenesis? *Mol. Reprod.Dev.* 1999; 53: 363-367

DAI Y, VAUGHT TD, BOONE J, CHEN SH, PHELPS CJ, BALL S, MONAHAN JA, JOBST PM, McCREATH KJ, LAMBORN AE, COWELL-LUCERO JL, WELLS KD, COLMAN A, POLEJAEVA IA, AYARES DL. Targeted disruption of the  $\alpha$ 1,3 galactosyltransferase gene in cloned pigs. *Nature Biotech.* 2002; 20: 251- 255

DANKOWSKI K, ROSELIUS R, HAHN J. Ergebnisse zur Erstellung monozygoter Rinderzwillinge auf der Embryotransferstation der RPN in Nückel-Bremerhaven. *Deutsche tierärztliche Wochenschrift* 1983; 90: 414-418.

DASIG D, LYON J, BEHR B, MILKI AA. Monozygotic twin birth after the transfer of a cleavage stage embryo resulting from a single pronucleated oocyte. *J Assist Reprod Genet.* 2004; 21(12): 427-9.

DAVIS ME. Use of embryo transfer to produce twinning in beef cattle: Post weaning performance of calves. *Livestock Production Science* 1989; 23: 295.

DAVIS ME, HARVEY WR, BISHOP MD, GEARHEART WW. Use of embryo transfer to induce twinning in beef cattle: embryo survival rate, gestation length and weaning weight of calves. *J. Anim. Science* 1989; 67: 301-310

DAVIS ME, BISHOP MD. Induction of multiple births in beef cows with FSH: calving rate and subsequent performance. *Livestock Production Science* 1992; 32 (1): 41-62.

DE ARMAS R, SOLANO R, BERNAL A, GONZALES F. Factors affecting in vitro and in vivo viability of bisected cattle embryos. *Theriogenology* 1992; 37: 199.

De VOS A und VAN STEIRTEGHEM A. Zona Hardening, Zona Drilling and Assisted Hatching: New Achievements in Assisted Reproduction. *Cells Tissues Organs* 2000; 166: 220–227

DENNING C, BURL S, AINSLIE A, BRACKEN J, DINNYES A, FLETCHER J, KING T, RITCHIE M, RITCHIE WA, ROLLO M; DE SOUSA P, TRAVERS A, WILMUT I, CLARK AJ. Deletion of the  $\alpha$  (1,3)galactosyl transferase (GGTA1) gene and the prion protein (PrP) gene in sheep. *Nature Biotech.* 2001; 19: 559 - 562

DISKIN MG, MCEVOY TG, SREENAN JM. A comparison of growth rate of single and twin-born beef calves. *Animal Production* 1990; 50: 546 (abstr.).

DISTL O, BREM G, KRÄUBLICH H, GOTTSCHALK A. Embryo-Splitting: erster Schritt zur klonalen Selektion. *Der Tierzüchter* 1990; 42: 474-475.

DISTL O, BREM G, KRÄUBLICH H, GOTTSCHALK A. Die Alternative zur Nachkommenprüfung. *Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt* 1991; 35: 35-37.

DODENHOFF J, VAN VLECK LD, WILSON DE. Comparison of models to estimate genetic effects of weaning weight of Angus cattle. *J Anim Sci.* 1999; 77(12): 3176-84.

DODENHOFF J. Ungleiche Vollbrüder. *Rinderzucht Fleckvieh* 2000; 3: 24.

DODENHOFF J. Ungleiche Vollbrüder – Teil II. *Rinderzucht Fleckvieh* 2001; 1: 18-19.

DOMINKO T, MITALIPOVA M, HALEY B, BEYHAN Z, MEMILI E, McKUSICK FIRST NL. Bovine Oocyte Cytoplasm Supports Development of Embryos Produced by Nuclear Transfer of Somatic Cell Nuclei from Various Mammalian Species. *Biol. Reprod.* 1999; 60: 1496-1502

- DU F, JIANG S, YANG X. Combined activation treatments of Recipients cytoplasts prior to nuclear transfer improves development of cloned embryos. *Theriogenology* 1995; 43 (1): 201
- DU F, SUNG LY, TIAN XC, YANG X. Differential Cytoplast Requirements for embryonic and somatic cell nuclear transfer in Cattle. *Mol. Reprod. Dev.* 2002; 63: 183 - 191
- ECTORS FJ, DELVAL A, SMITH LC, TOUATI K, BECKERS FJ, ECTORS F. First and second cycle nuclear transfer in cattle: Comparison of Efficiency in Embryo development and ongoing pregnancies. *Theriogenology* 1995; 43: 204.
- EBL A. *Statistische Methoden in der Tierproduktion*. 1987. Wien, Österreichischer Agrarverlag.
- FABER DC, FERRE LB, METZGER J, ROBL JM and KASINATHAN P. Agro-Economic Impact of Cattle Cloning. *Cloning and Stem Cells* 2004; 6: 198 - 207
- FALCONER DS , MACKAY TFC. *Introduction to quantitative genetics*. 1996. Essex, England, Longman
- FORSBERG EJ, STRELCHENKO NS, AUGENSTEIN AL, BETTHAUSER JM, CHILDS LA, EILERTSEN KJ, ENOS JM, FORSYTHE TM, GOLUEKE PJ, KOPPANG RW, LANGE G, LESMEISTER TL, MALLON KS, MELL GD, MISICA PA, PACE MM, PFISTER-GENSKOW M, VOELKER GR, WATT SR, BISHOP MD. Production of cloned cattle from in vitro systems. *Biol. Reprod.* 2002; 67: 327-333
- FORSBERG EJ. Commercial applications of nuclear transfer cloning: three examples. *Reprod. Fertil. Dev.* 2005; 17: 59-68
- FRENCH AJ, GREENSTEIN JL, LOVELAND BE, MOUNTFORD PS. Current and future prospects for Xenotransplantation. *Reprod. Fertil. Dev.* 1998; 10: 683-696
- GALLI C, DUCHI R, CROTTI G, TURINI P, PONDERATO N, COLLEONI S, LAGUTINI I, LAZZARI G: Bovine embryo technologies. *Theriogenology* 2003; 59: 599-616
- GARRY FB, ADAMS R, McCANN JP, ODDE KG. Postnatal characteristics of calves produced by nuclear transfer cloning. *Theriogenology* 1996; 45: 141-152.
- GÄRTNER K, BAUNACK E. Is the similarity of monozygotic twins due to genetic factors alone? *Nature* 1981; 292: 646-647.
- GÄRTNER K, OSTHEIMER C, RAPP K. Der Einfluss der uterinen Umwelt auf Körperlängen und Körpergewicht, untersucht an monozygoten Rinderzwillingen nach Embryotransfer auf eine oder zwei Ammen. *Reproduction in Domestic Animals* 1991; 26: 235-250.
- GÄRTNER K, BONDIOLI K, HILL K, RAPP K. High variability of body sizes within Nucleus-Transfer-Clones of calves: Artifacts or biological features? *Reproduction in Domestic Animals* 1998; 33: 67-75.
- GERKEN CL, TATUM JD, MORGAN JB, SMITH GC. Use of genetically identical (clone) steers to determine the effects of estrogenic and androgenic implants on beef quality and palatability characteristics. *J Anim Sci.* 1995 Nov;73(11): 3317-24.
- GIBSON JP, FREEMAN AE, BOETTCHER P J. Cytoplasmic and mitochondrial inheritance of economic traits in cattle. *Livestock Production Science* 1997; 47: 115-124.

- GOMEZ MC, JENKINS JA, GIRALDO A, HARRIS FR, KING A, DRESSER BL, POPE CE. Nuclear Transfer of synchronized African wild cat somatic cells into Enucleated domestic cat oocytes. *Biol. Reprod.* 2003; 69: 1032-1041
- GONG G, DAI Y, FAN B, ZHU H, ZHU S, WANG H, WANG L, TANG B, LI R, WAN R, LIU Y, HUANG Y, ZHANG L, SUN X und LI N. Birth of Calves Expressing the Enhanced Green Fluorescent Protein After Transfer of Fresh or Vitrified/Thawed Blastocysts Produced by Somatic Cell Nuclear Transfer. *Mol. Reprod. Dev.* 2004; 69: 278–288
- GORDON I. Laboratory production of cattle embryos. 1994. CAB International.
- GRAY KR, KR BONDIOLI, CL BETTS. The commercial application of embryo splitting in beef cattle. *Theriogenology* 1991; 35: 37-44.
- GREGORY KE, ECHTERNKAMP SE, DICKERSON GE, CUNDIFF LV, KOCH RM, VAN VLECK LD. Twinning in cattle: III. Effects of twinning on dystocia, reproductive traits, calf survival, calf growth and cow productivity. *J Anim Sci.* 1990; 68(10): 3133-3144.
- GROSSE-HOVEST L, MÜLLER S, MINOIA R, WOLF E, ZAKHARTCHENKO V, WENIGERKIND H, LASSNIG C, BESENFELDER U, MÜLLER M, LYTTON SD, JUNG G, BREM G. Cloned transgenic farm animals produce a bispecific antibody for T cell mediated tumor cell killing. *PNAS* 2004; 101: 6858-6863
- GURDON JB, COLMAN A. The future of cloning. *Nature* 1999; 402: 743-746
- HAN ZM, CHEN DY, LI JS, SUN QY, WAN QH, KOU ZH, RAO G, LEI I, LIU ZH, FANG SG. Mitochondrial DNA heteroplasmy in calves cloned by using adult somatic cell. *Mol. Rep. Dev.* 2004; 67: 207-214
- HANCOCK J. Monozygotic Twins in cattle. *Advanc. Genet.*, 1954; 6: 141-181
- HASSEN A, WILSON DE, ROUSE GH, WILLHAM RL. Repeatability of Ultrasound-predicted percentage intramuscular fat. 1997. <http://www.exnet.iastate.edu/Pages/ansci/beefreports/asl-1435.pdf>
- HEYMAN Y, RENARD JP. Cloning of domestic species. *Anim Reprod Sci* 1996; 42: 427-436.
- HEYMAN Y, CAMOUS S, CHESNÉ P, MARCHAL J, RENARD JP. Gestational profiles following Transfer of cloned bovine blastocysts developed in vitro. *Theriogenology* 1995; 43: 234.
- HEYMAN Y, CHAVATTE-PALMER P, LeBOURHIS D, CAMOUS S, VIGNON X, RENARD JP. Frequency and Occurrence of Late-Gestation Losses from Cattle Cloned Embryos. *Biol. Reprod.* 2002; 66: 6–13
- HEYMAN Y, RICHARD C, RODRIGUEZ-MARTINEZ H, LAZZARI G, CHAVETTE-PALMER P, VIGNON X, GALLI C. Zootechnical Performance of Cloned Cattle and Offspring: Preliminary Results. *Cloning and Stem Cells* 2004; 6, Number 2: 111-120
- HIENDLEDER S, SCHMUTZ SM, ERHARDT G, GREEN RD, PLANTE Y. Transmitochondrial differences and varying levels of heteroplasmy in nuclear transfer cloned cattle. *Mol Reprod Dev.* 1999; 54: 24-31.

HIENDLEDER S, BEBBERE D, ZAKHARTCHENKO V, REICHENBACH HD, WENIGERKIND H, LEDDA S, WOLF E. Maternal-Fetal Transplacental Leakage of Mitochondrial DNA in Bovine Nuclear Transfer Pregnancies: Potential Implications for Offspring and Recipients. *Cloning and Stem Cells*. 2004; 6: 150-156

HIENDLEDER S, PRELLE K, BRUGGERHOFF K, REICHENBACH HD, WENIGERKIND H, BEBBERE D, STOJKOVIC M, MULLER S, BREM G, ZAKHARTCHENKO V, WOLF E. Nuclear-cytoplasmic interactions affect in utero developmental capacity, phenotype, and cellular metabolism of bovine nuclear transfer fetuses. *Biol Reprod*. 2004 Apr; 70(4): 1196-205.

HILL JR, BURGHARDT RC, JONES K, LONG CR, LOONEY CR, SHIN T, SPENCER TE, THOMPSON JA, WINGER QA, WESTHUSIN ME. Evidence for placental abnormality as the major cause of mortality in first- trimester somatic cell cloned bovine fetuses. *Biol Reprod*. 2000; 63(6): 1787-94.

HILL JR, WINGER QA, BURGHARDT RC, WESTHUSIN ME. Bovine nuclear transfer embryo development using cells derived from a cloned fetus. *Animal Reproduction Science* 2001; 67: 17-26

HOFMANN A, KESSLER B, EWERLING S, WEPPERT M, VOGG B, LUDWIG H, STOJKOVIC M, BOELHAUVE M, BREM G, WOLF E & PFEIFER A. Efficient transgenesis in farm animals by lentiviral vectors. *EMBO reports* 2003a; 4 : 1054–1060

HOFMANN A, ZAKHARTCHENKO V, WEPPERT M, SEBALD H, WENIGERKIND H, BREM G, WOLF E & PFEIFER A. Generation of Transgenic Cattle by Lentiviral Gene Transfer into Oocytes. *Biol. Reprod*. 2003b ; 71: 405–409

HOLLAND MD, KG ODDE. Factors affecting calf birth weight: A review. *Theriogenology* 1992; 38: 769-798.

HOLT WV, PICKARD AR. Role of reproductive technologies and genetic resource banks in animal conservation. *Reviews of Reproduction* 1999; 4: 143-150

HOLT WV, PICKARD AR, PRATHER RS. Wildlife conservation and reproductive cloning. *Reprod*. 2004; 127: 317-324

HOTOVY SK, JOHNSON KA, JOHNSON DE, CARSTENS GE; BOURDON RM SEIDL GE Jr. Variations among twin beef cattle in maintenance energy requirements. *J. Anim Sci*. 1991; 69: 940-946

HSU YC, GONDA MA. Monozygotic twin formation in mouse embryos in vitro. *Science* 1980; 209: 605-606.

JAENISCH R, HOCHEDLINGER K, EGGAN K. Nuclear cloning, epigenetic reprogramming and cellular differentiation. *Novartis Found Symp*. 2005; 265: 107-18; discussion 118-28. Review.

JOHANNSON I, LINDHE B, PIRCHNER F. Causes of variation in the frequency of monozygous and dizygous twinning in various breeds in cattle. *Hereditas*, 1974; 78: 201-234.

JOHNSTON DJ, BUNTER KL. Days to calving in Angus cattle: Genetic and environmental effects, and covariances with other traits. *Livestock Production Science* 1996; 45: 13-22.

KARATZAS CN. Designer milk from transgenic clones. *Nature Biotechnology* 2003; 21: 138-139

- KARLSEN A, RUANE J, KLEMENTSDAL G, HERINGSTAD B. Twinning rate in Norwegian cattle: Frequency, (co)variance components and genetic trends. *J. Anim. Sci.* 2000; 78:15-20.
- KEEFER CL, STICE SL, MATTHEWS DL. Bovine inner cell mass cells as donor nuclei in the production of nuclear transfer embryos and calves. *Biol Reprod* 1994; 50: 935-939.
- KENNEDY BW, SCHAEFFER LR. Genetic Evaluation under an animal model when identical genotypes are represented in the population. *J Anim Sci*, 1989; 67: 1946-1955.
- KEUSENHOF R, PAPSTEIN H-J. Zur Fütterung biotechnisch erzeugter Zwillingskälber bei künstlicher Aufzucht. *Archiv für Tierzucht, Dummerstorf*, 1991; 34 (6): 519-528.
- KING KK, GE SEIDEL Jr, RP ELSDEN. Bovine embryo transfer pregnancies. I. Abortion rates and characteristics of calves. *J Anim Sci* 1985a; 61: 747-757.
- KING KK, GE SEIDEL Jr, RP ELSDEN. Bovine embryo transfer pregnancies. II. Lengths of gestation. *J Anim Sci* 1985b; 61: 757-762.
- KIPPAX IS, CHRISTIE WB, ROWAN TG. Effects of method of splitting, stage of development and presence or absence of zona pellucida on fetal survival in commercial bovine embryo transfer of bisected embryos. *Theriogenology* 1991; 35: 25-35.
- KISHI M, ITAGAKI Y, TAKAKURA R, IMAMURA M, SUDO T, YOSHINARI M, TANIMOTO M, YASUE H, KASHIMA N. Nuclear Transfer in Cattle Using Colostrum-Derived Mammary Gland Epithelial Cells and Ear-Derived Fibroblast Cells. *Theriogenology* 2000; 54: 675-684
- KLEIN C, BAUERSACHS S, ULBRICH SE, EINSPANIER R, MEYER HH, SCHMIDT SEM, REICHENBACH H-D, VERMEHREN M, SINOWATZ F, BLUM H, WOLF E. Monozygotic twin model reveals novel embryo-induced transcriptome changes of bovine endometrium in the pre-attachment period. *Biol. Reprod.* 2006; 74 (2): 253-264.
- KÖGEL J, LINDNER J, ECKHART H. Aussagewert der Stationsprüfung beim Rind verbessern. *Schule und Beratung*, 1999; 4/5, IV-13 – IV 19.
- KRÄUßLICH H, BREM G. Future aspects of micromanipulation with embryos for cattle breeding. *South African Journal of Animal Science*, 1983; 13: 286-291.
- KRÄUßLICH H. Fleischleistungsmerkmale. 1997, In Kräußlich H, und Brem G, (Hrsg.): *Tierzucht und Allgemeine Landwirtschaftslehre für Tiermediziner*, Stuttgart, Enke.
- KRUIP TAM, DEN DAAS JHG. In vitro produced and cloned embryos: effects on pregnancy, parturition and offspring. *Theriogenology* 1997; 47: 43-52.
- KUBOTA C, TIAN XC YANG X. Serial bull cloning by somatic cell nuclear transfer. *Nature Biotech.* 2004; 22: 693 - 694
- KÜCHENMEISTER U, FORKMANN A, ZEUNER A, REGUSZYNSKI K. Trächtigkeits- und Kalbeergebnisse nach Geschlechtsbestimmung und / oder Teilung von Rinderembryonen im ambulanten Einsatz. *Jahrestagung der deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft Embryotransfer (AET-d)*, Verden, 29./30. Juni 2000.
- KUES WA, CARNWATH JW, NIEMANN H. From fibroblast and stem cells: implications for cell therapies and somatic cloning. *Reprod. Fert. Dev.* 2005; 17: 125-134

KUROIWA Y, KASINATHAN P, CHOI YJ, NAEEM R, TOMIZUKA K, SULLIVAN EJ, KNOTT JG, DUTEAU A, GOLDSBY RA, OSBORNE BA, ISHIDA I, ROBL JM. Cloned transchromosomal calves producing human immunoglobulin. *Nature Biotech.* 2002; 20: 889 – 894

KWUN J, CHANG K, LIM J, LEE E, LEE B, KANG S, HWANG W. Effects of exogenous hexoses on bovine in vitro fertilized and cloned embryo development: Improved blastocyst formation after glucose replacement with fructose in a serum-free culture medium. *Mol. Rep. Dev.* 2003; 65: 167-174

LABORDE FL, MANDELL IB, TOSH JJ, WILTON JW, BUCHANAN-SMITH JG. Breed effects on growth performance, carcass characteristics, fatty acid composition, and palatability attributes in finishing steers. *Journal of Animal Science*, 2001; 79: 355-365.

LAI L, KOLBER-SIMONDS D, PARK KW, CHEONG HT, GREENSTEIN JL, IM GS, SAMUEL M, BONK A, RIEKE A, DAY BN, MURPHY CN, CARTER DB, HAWLEY RJ, Prather RS. Production of  $\alpha$ -1,3-Galactosyltransferase Knockout Pigs by Nuclear Transfer Cloning. *Science* 2002; 295: 1089

LANGE H, WILKE G, BREM G (1991). Embryoteilung in der Praxis der Osnabrücker Herdbuchgenossenschaft. In BREM G (Hrsg.), *Fortschritte in der Tierzucht*, Stuttgart, Eugen Ulmer Verlag.

LANZA RP, CIBELLI JB, WEST MD. Prospects for the use of nuclear transfer in human transplantation. *Nature Biotechnology* 1999; 17: 1171- 1174

LANZA RP, CIBELLI JB, DIAZ F, MORAES CT, FARIN PW, FARIN CE, HAMMER CJ, WEST MD and DAMIANI P. Cloning of an Endangered Species (*Bos gaurus*) Using Interspecies Nuclear Transfer. *Cloning* 2000; 2: 79 - 90

LANZA RP, CHUNG HY, YOO JJ, WETTSTEIN PJ, BLACKWELL C, BORSON N, HOFMEISTER E, SCHUCH G, SOKER S, MORAES CT, WEST MD, ATALA A. Generations of histocompatible tissues using nuclear transfer. *Nature Biotech.* 2002; 20: 689-696

LANZA R, MOORE MAS, WAKAYAMA T, PERRY ACF, SHIEH JH, HENDRIKX J, LERI A, CHIMENTI S, MONSEN A, NURZYNSKA D, WEST MD, KAJSTURA J, ANVERSA P. Regeneration of the infarcted heart with stem cells derived by nuclear transplantation. *Circ. Res.* 2004; 94: 820-827

LEE RS, PETERSON AJ, DONNISON MJ, RAVELICH S, LEDGARD AM, LI N, OLIVER JE, MILLER AL, TUCKER FC, BREIER B, WELLS DN. Cloned cattle fetuses with the same nuclear genetics are more variable than contemporary half-siblings resulting from artificial insemination and exhibit fetal and placental growth deregulation even in the first trimester. *Biol Reprod.* 2004 Jan; 70(1): 1-11.

LEWIS IM. Splitting cattle embryos commercially: the effect of sucrose, embryo stage and the duration between embryo recovery and bisection. *Theriogenology* 1994; 41: 237.

LEWIS IM, PEURA TT, TROUNSON AO. Large-scale applications of cloning technologies for agriculture: an industry perspective. *Reprod. Fertil. Dev.* 1998; 10: 677–681

- LI GP, BUNCH TD, WHITE KL, ASTON KI, MEERDO LN, PATE BJ, SESSIONS BR. Development, chromosomal composition, and cell allocation of bovine cloned blastocysts derived from chemically assisted enucleation and cultured in conditioned media. *Mol Reprod Dev.* 2004; 68(2): 189-97.
- LOI P, PTAK G, BARBONI B, FULKA J Jr., CAPPAI P, CLINTON M. Genetic rescue of an endangered mammal by cross-species nuclear transfer using post-mortem somatic cells. *Nature Biotech.* 2001; 19: 962 - 964
- LONG RA. Calving difficulty is a complex problem. 2001. *Angus Beef Bulletin*, Online Section, [www.angusbeefbulletin.com/articlePDF/0301abb\\_CalvingDifficulty.pdf](http://www.angusbeefbulletin.com/articlePDF/0301abb_CalvingDifficulty.pdf)
- LOPES RFF, FORELL F, OLIVEIRA ATD, RODRIGUES JL. Splitting and Biopsy for bovine embryo sexing under field conditions. *Theriogenology* 2001; 56: 1383-1392
- LUCAS-HAHN A, LEMME E, SCHINDLER L, HADELER KG, WRENZYCKI C, HERRMANN D, NIEMANN H. Einsatz von fetalen und adulten Fibroblasten im Kerntransfer beim Rind – Vergleichende Untersuchungen. Jahrestagung der deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft Embryotransfer (AET-d), Dresden, 21./22. Juni 2001.
- MACHADO S A, REICHENBACH H-D, WEPPERT M, WOLF E, BAYARD DIAS GONÇALVES P. The variability of ovum pick-up response and in vitro embryo production using monozygotic twins. *Theriogenology* 2006; 65 (3): 573-583
- MANDELL IB, GULLETT EA, WILTON JW, KEMP RA, ALLEN OB. Effects of gender and breed on carcass traits, chemical composition, and palatability attributes in Hereford and Simmental bulls and steers. *Livestock Production Science*, 1997; 49 (3): 235-248.
- MASSIP A, VAN DER ZWALMEN P, MULNARD J, ZWIJSEN W. Atypical hatching of a cow blastocyst leading to separation of complete twin half blastocysts. *Veterinary Record* 1983; 112: 301.
- McCLINTOCK AE. Impact of cloning on cattle breeding systems. *Reprod. Fertil. Dev.* 1998; 10: 667–669
- McCUTCHEON GA, CAFFREY PJ, KELLEHER DL, BROPHY PO. Twinning in a suckler herd. 1. Effects on performance of cows and their calves. *Irish J. of Agricultural Research* 1991; 30: 1-9.
- MEINECKE-TILLMANN S, MEINECKE B. Mikrochirurgische Eingriffe am Embryo – Biologische Bedeutung und Konsequenzen für Forschung und Praxis., 32. Internationale Fachtagung Fortpflanzung und Besamung, Wels, 22.- 23.9.1983.
- MEIRELLES F, BORDIGNON V, WATANABE Y, DAYAN A, LOBO R, RENARD J, SMITH L. Complete replacement of the mitochondrial genotyp in *Bos indicus* calf reconstructed by nuclear transfer to a *Bos taurus* oocyte. *Genesis*, 2001; 158: 351-356
- MEYER K. Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. *Livestock Production Science* 1992; 31: 179-204.
- MEYER K. Estimates of genetics parameters for mature weight of Australian beef cows and its relationship to early growth and skeletal measures. *Livestock Production Science* 1995; 44:125-137.

- MICHULITZ H, SCHÖNMUTH G. Mastleistung und Schlachtwert von Rinderzwillingen. *Wiss. Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Math.-Nat. Reihe* 1986; 35 (4): 350.
- MICHULITZ H, STOLZENBURG U, SCHÖNMUTH G. Mastleistung und Schlachtwert von Zwillingen der SMR-Population. *Tierzucht*, 1988; 42: 119.
- MIYASHITA N, SHIGA K, FUJITA T, UMEKI H, SATO W, SUZUKI T, NAGAI T. Normal telomere lengths of spermatozoa in somatic cell-cloned bulls. *Theriogenology* 2002; 59: 1557-1565
- MÖHRLE E. Untersuchungen zur Auswahl geeigneter Spenderkühe für den Embryotransfer im Rahmen der Fruchtbarkeitsbetreuung auf Herdenbasis. *Diss. med. vet.*, 1999; Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.
- MÜLLER J. Genotyp-Umwelt-Wechselbeziehungen in der Nachkommenprüfung von fleischbetonten Fleckviehbullen. *Archiv für Tierzucht, Dummerstorf* 1991; 34(5): 371-378.
- MUNSIE M, O'BRIEN C, MOUNTFORD P. Transgenic strategy for demonstrating nuclear reprogramming in the mouse. *Cloning Stem Cells*. 2002; 4(2): 121-30.
- NAICA-LOEBELL A, Epigenetische Veränderungen sind für Missbildungen bei Klontieren verantwortlich. 2001 <http://www.heise.de/bin/tp/issue/r4/dl-artikel2.cgi?artikelnr=9331&mode=print>
- NEUMANN W, WEIHER O, NICOLA M, RÖBEKAMP W. Ergebnisse der Leistungsprüfung von fünf Fleischrindrassen bei hohem Grobfuttereinsatz. *Archiv für Tierzucht, Berlin* 1990; 33(1):39-48.
- NEUMANN C, SEELAND G, NEUMANN K. Zur Wachstumsleistung von Bullen aus dem Embryotransfer. *Archiv für Tierzucht, Dummerstorf* 1993; 36 (4): 337-343.
- NICHOLAS FW. Genetic improvement through reproductive technology. *Anim. Reprod. Sci.* 1996; 42: 205-214
- NIEMANN H, MEINECKE B. Erzeugung identischer Zwillinge durch mikrochirurgische Embryoteilung. 1993, In H NIEMANN& B MEINECKE (Hrsg.), *Embryotransfer und assoziierte Biotechniken bei landwirtschaftlichen Nutztieren*, Stuttgart, Enke Verlag.
- NIEMANN H, SACHER B. Monozygote Zwillinge nach unchirurgischem Transfer eines einzelnen tiefgefrorenen und aufgetauten Rinderembryos (Kurmitteilung). *Deutsche tierärztliche Wochenschrift*, 1984; 91: 266-267.
- OBACK B, WELLS DN. Cloning cattle. *Cloning Stem Cells* 2003; 5(4): 243-256
- OZIL JP, HEYMAN Y, RENARD JP. Production of monozygotic twins by micromanipulation and cervical transfer in the cow. *Veterinary Record* 1982; 6:126-127.
- PAPSTEIN H-J, LOSAND B, GABEL M, ENDER K. Wachstumsuntersuchungen an Fleischrindbullen und -färsen aus Zwillingsgeburten bei hohem Ernährungsniveau. 1.Mitteilung: Mastleistung und Wachstumsverlauf. *Züchtungskunde* 1999a; 71: 168-181.
- PAPSTEIN H-J, LOSAND B, FIEDLER I, HARTUNG M, ENDER K. Wachstumsuntersuchungen an Fleischrindbullen und -färsen aus Zwillingsgeburten bei hohem Ernährungsniveau. 2.Mitteilung: Schlachtkörperzusammensetzung, Fleischbeschaffenheit und Muskelstruktur. *Züchtungskunde*, 1999b 71: 267-276.

- PATERSON L. Somatic Cell Nuclear Transfer (Cloning) Efficiency, 2001; Verfügbar unter: <http://www.mindfully.org/GE/GE3/Cloning-EfficiencyAug01.htm>
- PATERSON L, DeSOUSA P, RITCHIE W, KING T, WILMUT I. Application of reproductive biotechnology in animals: implications and potentials Applications of reproductive cloning. *Anim Reprod Sci* 2003; 79: 137–143
- PATTERSON DC, STEEN RWJ, KILPATRICK DJ. A comparison of growth, food efficiency and carcass characteristics of single and twin beef calves derived by embryo transfer. *Animal Production* 1993; 57: 81-89.
- PETERS SO, NWOSU IC, OZOJE MO, IKEOBI CON. Genetic Parameter Estimates for growth traits in Cattle genotypes. 2000; Verfügbar unter: <http://elib.tiho-hannover.de/publications/6wccgalp/papers/23101.pdf>
- PEURA TT, WILD SP, TROUNSON AO. The effect of cytoplasmic volume on development of bovine nuclear transfer embryos derived from in vivo donor embryos. *Theriogenology* 1997; 47: 235.
- PEURA TT, LEWIS IM, TROUNSON AO. The effect of Recipient Oocyte Volume on Nuclear Transfer in Cattle. *Molecular Reproduction and Development* 1998; 50: 185 - 191
- PEURA TT, VAJTA G. A Comparison of Established and New Approaches on Ovine and Bovine Nuclear Transfer. *Cloning and Stem Cells* 2003; 5: 257-277
- PEURA TT. Improved In Vitro Development Rates of Sheep Somatic Nuclear Transfer Embryos by using a Reverse-Order Zona-Free Cloning Method. *Cloning and Stem Cells* 2003; 5: 13-24
- PIEDRAHITA JA, WELLS DN, MILLER AL, OLIVER JE, BERG MC, PETERSON AJ, TERVIT HR. Effects of follicular size of cytoplasm donor on the efficiency of cloning in cattle. *Molecular Reproduction and Development* 2002; 61: 317 - 326
- POLASEK M, RIHA J. Growth of twin calves obtained using embryo transfer. *Vyzkum v Chovn Skotu*, 1988; 31: 1-5.
- PONZONI RW, GIFFORD DR. Reproductive and some peri-natal variables in a mixed breed beef cattle herd. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 1994; 111: 52-64.
- POWELL AM, TALBOT NC, WELLS KD, KERR DE, PURSEL VG, WALL RJ. Cell donor influences success of producing cattle by somatic cell nuclear transfer. *Biol Reprod.* 2004; 71(1): 210-216.
- PRATHER RS, FL BARNES, MM SIMS, JM ROBL, WH EYESTONE, NL FIRST. Nuclear transplantation in the bovine embryo: assessment of donor nuclei and recipient oocyte. *Biol Reprod* 1987; 37: 859-866.
- REGE JEO, FAMULA TR. Factors affecting calving date and its relationship with production traits of Hereford dams. *Animal Production*, 1993; 57: 385-395.
- REICHELT B, NIEMANN H. Erstellung monozygoter Mehrlinge bei landwirtschaftlichen Nutztieren. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 1996; 103: 340-348.

REICHENBACH HD, SCHWARTZ J, WOLF E, BREM G. Effects of embryo developmental stage, quality and short-term culture on the efficiency of bovine embryo splitting. *Theriogenology* 1998; 49: 224

REICHENBACH HD, GRAUVOGL A, LAUTNER M, WENZEL C, BARTELS T, HAU?MANN H, HERZOG A, REETZ I, TRAUTWEIN H, WENDT M. Tierschutzaspekte in der Biotechnologie. *Tierärztl. Umschau* 2004; 59: 651 – 655.

RHO GJ, JOHNSON WH, BETTERIDGE KJ. Cellular Composition and Viability of Demi- and Quarter-Embryos made from bisected bovine Morulae and Blastocysts produced in vitro. *Theriogenology* 1998a ; 50: 885-895

RHO GJ, JOHNSON WH, BETTERIDGE KJ. Production of identical embryos by bisecting bovine morulae and blastocysts produced in vitro. *Theriogenology* 1998b; 49: 225

RIDEOUT WM, HOCHEDLINGER K, KYBA M, DALEY GQ JAENISCH R. Correction of a genetic defect by nuclear transplantation and combined cell and gene therapy. *Cell* 2002; 109: 17-27

RIEDEL J, ZAKHARTCHENKA V, WOLF E. Effect of embryo developmental stage and quality on the efficiency of in vitro produced bovine embryo splitting. *Theriogenology*, 1995; 45: 221.

ROBL JM, PRATHER RS, BARNES F, EYESTONE W, NORTHEY D, GILLIGAN B, FIRST NL. Nuclear transplantation in bovine embryos. *J Anim Sci* 1987; 64: 642-647.

ROCHE JR. Effect of pregnancy on milk production and bodyweight from identical twin study. *J Dairy Sci.* 2003; 86(3): 777-83.

ROH S, SHIM H, HWANG WS, YOON JT. In vitro development of green fluorescent protein (GFP) transgenic bovine embryos after nuclear transfer using different cell cycles and passages of fetal fibroblasts. *Reprod. Fertil. Dev.* 2000; 12: 1-6

ROWSON LEA, MOORE RM. Occurrence and development of identical twins in sheep. *Nature*, 1964; 201: 521-522

RYDER OA, MCLAREN A, BRENNER S, ZHANG YP, BENIRSCHKE K. DNA Banks for Endangered Animal Species. *Science*, 2000; 288, Issue 5464: 275-277

SAS/STAT Software. Release 8.02. 2001; SAS Inst. Inc., Cary NC.

SCHILD HJ. Zuchtwertschätzung für Fleischleistung. Information des StMeLF, Rinder Zuchtwertschätzung für Fleischleistung. 2001. Verfügbar unter: <http://www.bl.t.bayern.de>

SCHÖNMUTH G, SEELAND G. Wachstum und Fleisch. 1994, In Züchtungslehre, Stuttgart, Eugen Ulmer.

SCHULTE-LANGFORT M. Die Entwicklung physiologischer Merkmale von Kälbern innerhalb des ersten Lebensjahres: unter besonderer Berücksichtigung der (Un-)Ähnlichkeit von monozygoten Zwillingen aus Mikrochirurgie. Dissertation med. vet. 1990 LMU-München.

SCHWARK HJ. Tierproduktion Rinderzucht, 1989, Berlin, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag.

- SCHWARTZ J, REICHENBACH H-D. Mikrochirurgische Embryoteilung – Ein Verfahren zur Effizienzsteigerung von Programmen mit transvaginaler Follikelpunktion und in vitro Produktion. Jahrestagung, Arbeitsgemeinschaft Embryotransfer Deutschland (AET-D), Grub, 17.-18.06.1999
- SEIKUN J, PAVASUTHIPAISIT K, JARUANSUWAN M, KITIYANANT Y. Xenonuclear transplantation of buffalo (*Bubalus bubalis*) fetal and adult somatic cell nuclei into bovine (*Bos indicus*) oocyte cytoplasm and their subsequent development. *Theriogenology* 2001; 57: 1829-1837
- SHI W, ZAKHARTCHENKO V, WOLF E. Epigenetic reprogramming in mammalian nuclear transfer. *Differentiation*. 2003 Mar; 71(2): 91-113. Review.
- SHIGA K, UMEKI H, SHIMURA H, FUJITA T, WATANABE S, NAGAI T. Growth and fertility of bulls cloned from the somatic cells of an aged and infertile bull. *Theriogenology* 2005; 64 (2): 334-343
- SKRZYSZOWSKA M, SMORAG Z, KATSKA L. Demi-Embryo production from hatching of zona-drilled bovine and rabbit blastocysts. *Theriogenology* 1997; 48: 551-557.
- SOLTER D. Mammalian cloning: advances and limitations. *Nat Rev Genet*. 2000; 1(3):199- 207.
- SREENAN JM, DISKIN MG. Manipulation of the reproductive rate to increase calf crop and output from the suckler herd. *Animal Production*, 1985; 40: 527 (abstr.).
- ST CLAIR DM, ST CLAIR JB, SWAINSON CP, BAMFORTH F, MACHIN GA. Twin zygosity testing for medical purposes. *Am J Med Genet*, 1998; 77(5):412-4.
- STEEL RGD, TORRIE JH. Principles and procedures of statistics. 1980. New York, McGraw-Hill, Inc.
- STEEN RWJ. The effect of plane of nutrition and slaughter weight on growth and food efficiency in bulls, steers and heifers of three breed crosses. *Livestock Production Science* 1995; 42:1-11.
- STEEN RWJ, KILPATRICK DJ. Effects of plane of nutrition and slaughter weight on the carcass composition of serially slaughtered bulls, steers and heifers of three breed crosses. *Livestock Production Science*, 1995; 43: 205-213.
- STEINBORN R, ZAKHARTSCHENKO V, WOLF E, MÜLLER M, BREM G. Nonbalanced mix of mitochondrial DNA in cloned cattle produced by cytoplasm-blastomere fusion. *FEBS Lett*. 1998; 426: 357-361.
- STEINBORN R, SCHINOGL P, ZAKHARTCHENKO V, ACHMANN R, SCHERNTHANER W, STOJKOVIC M, WOLF E, MÜLLER M, BREM G. Mitochondrial DNA heteroplasmy in cloned cattle produced by fetal and adult cloning. *Nature Genetics* 2000; 25: 255-257.
- STICE SL, KEEFER CL. Multiple generation bovine embryo cloning. *Biol Reprod* 1993; 48: 715-719.
- STOCKINGER MD. Graviditätsergebnisse, Geburtsverlauf und klinisch-chemische Eigenschaften von Kälbern aus Embryotransfer und Klonierung durch Mikrochirurgie und Kerntransfer. *Diss. med. vet.*, 1998; Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.
- TAKAHASHI S, ITO Y. Evaluation of Meat Products from Cloned Cattle: Biological and Biochemical Properties. *Cloning and Stem Cells* 2004; 6: 165-171

TAKEDA K, TAKAHASHI S, ONISHI A, GOTO Y, MIYAZAWA A, IMAI H. Dominant distribution of mitochondrial DNA from recipient oocytes in bovine embryos and offspring after nuclear transfer. *J. Reprod. Fertile.* 2003; 116: 253-259

TECIRLIOGLU RT, FRENCH AJ, LEWIS IM, VAJTA G, KORFIATIS NA, HALL VJ, RUDDOCK NT, COONEY MA, TROUNSON AO. Birth of a cloned calf derived from a vitrified handmade cloned embryo. *Reprod Fertil Dev.* 2004; 15(7): 361-6.

TEMISAN V. Abschätzung der grobgeweblichen Schlachtkörperzusammensetzung beim Rind. *Aus Rindfleisch – Schlachtkörperwert und Fleischqualität. Kulmbach Reihe, 1987; Bd. 7, 118-151.*

TOMÈ D, DUBARRY M, FROMENTIN G. Nutritional Value of Milk and Meat Products Derived from Cloning. *Cloning and Stem Cells* 2004; 6, Number 2: 172-177

TROPFMANN AT. Vergleich zwischen der Embryogewinnung an mehrfach superovulierten Dauerspenderkühen und der Embryoerzeugung durch in vitro Produktion nach transvaginaler Follikelpunktion. *Diss. med. vet., 2000; Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.*

TROUNSON A. Nuclear transfer in human medicine and animal breeding. *Reprod. Fertil. Dev.* 2001; 13: 31-39

VAJTA G, LEWIS IM, TROUNSON AO, PURUP S, MADDOX-HYTTEL P, SCHMIDT M, PEDERSEN HG, GREVE T, CALLESEN H. Handmade somatic cell cloning in cattle: analysis of factors contributing to high efficiency in vitro. *Biol Reprod.* 2003; 68(2): 571-8.

VAJTA G, BARTELS P, JOUBERT J, de la REY M, TREADWELL R, CALLESEN H. Production of a healthy calf by somatic cell nuclear transfer without micromanipulators and carbon dioxide incubators using the Handmade Cloning (HMC) and the Submarine Incubation System (SIS). *Theriogenology* 2004; 62: 1465-1472

VAJTA G. Hand made cloning approach: potential and limitations. *Reprod. Fertil. Dev.* 2004; 17: 97-112

VAJTA G, KRAGH PM, MTANGO NR, CALLESEN H. Hand made cloning approach: potentials and limitations. *Reprod. Fertil. Dev.* 2005; 17: 97-112

VAN LANGENDONCKT A, WYNS C, GODIN PA, TOUSSAINT-DEMYLIE D, DONNEZ J. Atypical hatching of a human blastocyst leading to monozygotic twinning: a case report. *Fertility and Sterility* 2000; 74, 5: 1047- 1050

VAN STEKELENBURG-HAMERS AEP, VAN INZEN WG, VAN ACHTERBERG TAE, KRUIP TAM, DE LAAT SW, WEIMA SM. Nuclear transfer and electrofusion in bovine in vitro-matured/in vitro-fertilized embryos: effects of media and electrical fusion parameters. *Mol Reprod Dev* 1993; 36: 307-312.

VOGEL G. Cloned Gaur a Short-Lived Success. *Science* 2001; 291: 409

WALKER SK, HARTWICH KM, SEAMARK RF. The production of unusually large offspring following embryo manipulation: concepts and challenges. *Theriogenology* 1996; 45: 111-120.

- WEIHER O, BUHZ C, NEUMANN W, MÜNCH H. Untersuchungen zur Bestimmung der Rassendifferenzen zwischen Mastbullen der Milchrindpopulation und Fleischrindbullen verschiedener Rassen. *Archiv für Tierzucht*, Berlin 1991; 34(2): 125-130.
- WELLS DN. Cloning for animal conservation. *Cloning* 2000; 2: 152-155
- WELLS DN. Cloning in livestock agriculture. *Reprod. Suppl.* 2003; 61: 131-150
- WELLS DN. Animal cloning: problems and prospects. *Rev. Sci. Tech.* 2005; 24 (1): 251-264
- WELLS DN, MISCIA PM, DAY TA, TERVIT HR. Production of cloned lambs from an established embryonic cell line: A comparison between in vivo- and in vitro-matured cytoplasts. *Biol. Reprod.* 1997; 57: 385 – 393.
- WELLS DN, MISCIA PM, TERVIT HR, VIVANCO WH. Adult somatic cell nuclear transfer is used to preserve the last surviving cow of the Enderby Island cattle breed. *Reprod. Fertil. Dev.* 1998; 10: 369–378
- WELLS DN, MISICA PM, TERVIT HR. Production of cloned calves following nuclear transfer with cultured adult mural granulosa cells. *Biology of Reproduction*, 1999; 60: 996-1005.
- WELLS DN, OBACK B, LAIBLE G. Cloning livestock: a return to embryonic cells. *Trends Biotechnol.* 2003; 21 (10): 428-432
- WEPPERT M, HAYES JF. Direct genetic and maternal genetic influences on first lactation production in four breeds of dairy goats. *Small Ruminant Research* 2004; 52: 173–178
- WESTHUSIN ME, LEVANDUSKI MJ, SCARBOROUGH R, LOONEY CR, BONDIOLI KR. Viable embryos and normal calves after nuclear transfer into Hoechst stained enucleated demioocytes of cows. *J Reprod Fertil* 1992; 95: 475-480.
- WHEELER MB. Production of transgenic livestock: promise fulfilled. *J Anim Sci.* 2003; 81 Suppl 3: 32-37. Review.
- WILLADSEN SM. Nuclear transplantation in sheep embryos. *Nature*, 1986; 277: 298-300.
- WILLADSEN SM, LEHN-JENSEN H, FEHILLY CB, NEWCOMB R. The production of monozygotic twins of preselected parentage by micromanipulation of non-surgically collected cow embryos. *Theriogenology* 1981; 15: 23-29.
- WILLADSEN SM, JANZEN RE, McALISTER RJ, SHEA BF, HAMILTON G, McDERMAND D. The viability of late morulae and blastocysts produced by nuclear transplantation in cattle. *Theriogenology* 1991; 35: 161-170.
- WILLIAMS DO, EVANS C. The production of twin calves by non-surgical transfer of two embryos in cows in a spring-calving Hereford X Friesian suckler herd. *Animal Production*, 1985; 40:555 (abstr.).
- WILLIAMS TJ, ELSDEN RP, SEIDL JR GE. Identical twin bovine pregnancies derived from bisected embryos. *Theriogenology* 1982; 17: 114.
- WILLIAMS TJ, SEIDL JR GE. Methodology and Equipment for Microsurgery with mammalian ova. 1983; Proceedings of the workshop, IXth Annual Meeting of the International Embryo Transfer Society, 33-52.

- WILMUT I, SCHNIEKE AE, MCWHIR J, KIND AJ, CAMPELL KHS. Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells. *Nature* 1997; 385: 810-813.
- WILMUT I, YOUNG L, CAMPBELL KH. Embryonic and somatic cell cloning. *Reprod Fertil Dev.* 1998; 10(7-8): 639-43.
- WILMUT I. Cloning for medicine. *Sci Am.* 1998; 279(6): 58-63.
- WILSON JM, WILLIAMS JD, BONDIOLI KR, LOONEY CR, WESTHUSIN ME, McCALLA DF. Comparison of birth weight and growth characteristics of bovine calves produced by nuclear transfer (cloning), embryo transfer and natural mating. *Anim Reprod Sci* 1995; 38, 78-83.
- WOLF E. Biotechnology of reproduction – perspectives for animal breeding and genetics *Reprod. Do., Anim. , Physiology, Pathology, Biotechnology*, 31.Tagung über Physiologie und Pathologie der Fortpflanzung, München, 5. und 6. März 1998
- WOLF E. Kerntransfer und Reprogrammierung – Anwendung in der Biotechnologie und Tierzucht. *NOVA ACTA LEOPOLDINA NF* 2000; 83, Nr. 318: 19-33
- WOLF DP, MITALIPOV S, NORGREEN Jr. RB. Nuclear transfer technology in mammalian cloning. *Arch. Med. Res.* 2001; 32: 609-613
- WOLF E, ZAKHARTCHENKO V, BREM G. Nuclear transfer in mammals: Recent developments and future perspectives. *Exp. Phys.* 1998a ; 65: 99-100
- WOLF E, BOXHAMMER K, BREM G, PRELLE K, REICHENBACH H-D, REISCHL J, SANTL B, SCHERNTHANER W, STOJKOVIC M, WENIGERKIND H, ZAKHARTCHENKO V. Recent progress in the in vitro production and cloning of bovine embryos. *Arq. Fac. Vet. UFRGS, Porto Alegre*, 1998b; 26: 160-178.
- WOLLERT J, BAUMUNG A, GÖRLICH L. Untersuchungen zum Leistungsvermögen von Zwillingen beim Fleischrind. *Archiv für Tierzucht, Berlin*, 1989; 32, 6: 527-534.
- WRIGHT IA, RUSSEL AJF, HUNTER EA. The effects of genotype and post weaning nutrition on compensatory growth in cattle reared as singles and twins. *Animal Production*, 1987; 45: 423-432.
- YANG X, JIANG S, FARELL P, FOOTE R, McGRATH A. Nuclear Transfer in cattle: effect of nuclear donor cells, cytoplasm age, co-culture and embryo transfer. *Mol. Reprod. Dev.* 1993; 35: 29-36.
- YOUNG L, SINCLAIR K, WILMUT I. Large offspring syndrom in cattle and sheep. *Rev. Reprod.* 1998; 3: 155-163.
- ZAKHARTCHENKO V. Cloning by nuclear transfer in cattle: From basic science to biotechnology. *Habilitationsschrift zur Erlangung der Lehrbefähigung für das Fach “Tierzucht und Biotechnologie”*, 2004; Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.
- ZAKHARTCHENKO V, WOLF E, PALMA GA, BREM G. Effect of donor embryo cell number and cell size on the efficiency of bovine embryo cloning. *Mol Reprod Dev* 1995; 42: 53-57.
- ZAKHARTSCHENKO V, REICHENBACH H-D, RIEDL J, PALMA GA, WOLF E, BREM G. Nuclear Transfer in cattle using in vivo-derived vs. in vitro-produced donor embryos: Effect of developmental stage. *Mol. Reprod. Dev.* 1996; 44: 493-498

ZAKHARTCHENKO V, SCHERNTHANER W, STOJKOVIC M, DÜCHLER M, BUGINGO C, WOLF E, BREM G. Cultured bovine mammary gland cells as donors for nuclear transfer. *Theriogenology* 1998a; 47: 238 (Abstr.)

ZAKHARTCHENKO V, REICHENBACH H-D, STOJKOVIC M, BOXHAMMER K, BREM G, WOLF E. Hatching of bovine nuclear transfer embryos: effect on pregnancy rate. *Reprod. Dom. Anim.* 1998b; Suppl 5: 14.

ZAKHARTCHENKO V, ALBERIO R, STOJKOVIC M, PRELLE K, SCHERNTHANER W, STOJKOVIC P, WENIGERKING H, WANKE R, DÜCHLER M, STEINBORN R, MUELLER M, BREM G und WOLF E. Adult cloning in Cattle: Potential of Nuclei From a Permanent Cell Line and from Primary cultures. *Mol. Reprod. Dev.* 1999a ; 54: 264-272

ZAKHARTCHENKO V, DURCOVA-HILLS G, SCHERNTHANER W, STOJKOVIC M, REICHENBACH H-D, MÜLLER S, PRELLE K, STEINBORN R, MÜLLER M, WOLF E, BREM G. Potential of fetal germ cells for nuclear transfer in cattle. *Mol Reprod Dev* 1999b; 52: 421-426.

ZAKHARTCHENKO V, MUELLER S, ALBERIO R, SCHERNTHANER W, STOJKOVIC M, WENIGERKIND H, WANKE R, LASSNIG C, MUELLER M, WOLF E, BREM G. Nuclear Transfer In Cattle With Non-Transfected and Transfected Fetal or Cloned Transgenic Fetal and Postnatal Fibroblasts. *Mol. Reprod. Dev.* 2001; 60: 362-369

ZAWADA W, CIBELLI J, CHOI P, CLARKSON E, GOLUEKE P, WITTA S; BELL K, KANE J, PONCE de LEON F, JERRY D, ROBL j, FREED C, STICE S. Somatic cell cloned transgenic bovine neurons for transplantation in parkinsonian rats. *Nat. Med.* 1998; 4: 569-574

ZHANG J, WANG C, KREY L, LIU H, MENG L, BLASZCZYK A, ADLER A, GRIFO J. In vitro maturation of human preovulatory oocytes reconstructed by germinal vesicle transfer. *Fertil. Steril* 1999; 71: 726-731

ZUCHTWERT-DATENBANK- RIND. 2000. <http://www.stmlf-design2.bayern.de/rinddb/>

## 9 ABBILDUNGS-, ÜBERSICHTEN- UND TABELLENVERZEICHNIS

<i>Abb. 1: Schema zur Produktion zeitungleich geborener Zwillingspaare (aus Brem, 1986a).</i>	10
<i>Abb. 2: Erfassungsbogen für die Fleischleistungsprüfung beim Rind.</i>	30
<i>Abb. 3: Verteilung der Schlachtungen nach Bulle und Zeitpunkt der Schlachtung (Monat).</i>	33
<i>Abb. 4: Verteilung nach Besamungsbulle und Alter der Nachkommen zu Ende der Prüfperiode</i>	34
<i>Abb. 5: Schematische Darstellung der erfassten Körpermaße (nach SCHWARK, 1989)</i>	47
<i>Abb. 6: Zusammensetzung der Schlachtkörper geprüfter Nachkommen (%)</i>	56
<i>Abb. 7: Korrelation des prozentualen Hautanteils und der Hälftenlänge (cm).</i>	58
<i>Abb. 8: Beeinflusste Merkmale, Graviditätsdauer (Tage) und Geburtsgewicht (kg KGW)</i>	61
<i>Abb. 9: Gewichtsverlauf in Abhängigkeit des Einstellgewichts.</i>	62
<i>Abb. 10: Dauer der Gravidität pro Geburtssaison und Jahr.</i>	63
<i>Abb. 11: Geburtsgewicht und Gewicht am 112. Tag in Abhängigkeit von der Saison und Jahr.</i>	63
<i>Abb. 12: Leistungswerte von Zwillingspaaren.</i>	75
<i>Übersicht 1: Koeffizienten der genetischen Kovarianz verwandter Tiere (BREM, 1997).</i>	16
<i>Übersicht 2: Geschätzte Zuchtwerte der eingesetzten Bullen zum 21.08.2000</i>	28
<i>Übersicht 3: Überblick aller erfassten und berechneten Merkmale</i>	36
<i>Übersicht 4: Durchschnittswerte der Gewichte (kg) von Haut, Kopf und Füßen je Schlachthaus</i>	37
<i>Übersicht 5: Mittelwerte und Multiplikatoren für die Anpassung der Merkmale Kopf und Füße</i>	37
<i>Tab. 1: Ergebnisse der Nachkommenprüfstation für DFV (Jahresbericht der BLT, 2000)</i>	13
<i>Tab. 2: Zusammenfassung von Wiederholbarkeitsschätzungen bei Rindern.</i>	25
<i>Tab. 3: Angaben zu Heritabilitätsschätzungen</i>	26
<i>Tab. 4: Erfasste Merkmale bei Versuchstieren und Zeitgefährten</i>	31
<i>Tab. 5: Verteilung der Versuchstiere und Zeitgefährten nach Saison und Jahr.</i>	32
<i>Tab. 6: Verteilung der Versuchs- und Vergleichstiere nach Einstellgewicht</i>	33
<i>Tab. 7: Verteilung der Versuchs- und Vergleichstiere nach Schlachalter</i>	34
<i>Tab. 8: Verteilung nach Ort der Schlachtung</i>	35
<i>Tab. 9: Verteilung nach Geburtsgewicht und Gaviditätsdauer</i>	35
<i>Tab. 10: Wiederholte Messungen des Körpergewichts (kg) von drei KG (Tag 280).</i>	39
<i>Tab. 11: Erfasste Merkmale an weiblichen und männlichen Tieren</i>	48
<i>Tab. 12: Verteilung der Tiere nach Geschlecht und Herkunftsbetrieb</i>	49
<i>Tab. 13: Verteilung der Nachkommen nach Spender und Geschlecht</i>	49
<i>Tab. 14: Verteilung der Nachkommen aus MC und KT nach Bulle</i>	50
<i>Tab. 15: Einteilung der Versuchstiere in Altersklassen zum Zeitpunkt der Vermessung</i>	50

<i>Tab. 16: Verteilung der Versuchstiere nach Geburtstyp und Geschlecht.....</i>	<i>51</i>
<i>Tab. 17: Im Rahmen des Projekts erzeugte Graviditäten und Nachkommen .....</i>	<i>54</i>
<i>Tab. 18: Verteilung der auf Station geprüften männlichen Nachkommen.....</i>	<i>54</i>
<i>Tab. 19: Mast- und Schlachtleistung geprüfter Nachkommen von Raser und Humberg .....</i>	<i>55</i>
<i>Tab. 20: Phänotypische Korrelationen zwischen Messwerten der Zwillingspaare.....</i>	<i>57</i>
<i>Tab. 21: Phänotypische Wiederholbarkeit der Zwillingspaare und KG .....</i>	<i>58</i>
<i>Tab. 22: Darstellung der fixen Effekte mit Angaben zu den Signifikanzen.....</i>	<i>60</i>
<i>Tab. 23: Unterschiede zwischen den eingesetzten Bullen (LS-Mittelwerte).....</i>	<i>64</i>
<i>Tab. 24: Geschätzte Wiederholbarkeit durch Einsatz verschiedener Modelle.....</i>	<i>65</i>
<i>Tab. 25: Berechnete Heritabilitäten (<math>h^2</math>) .....</i>	<i>66</i>
<i>Tab. 26: Berechnete Zwillingseffizienzwerte (nach BIGGERS, 1986) .....</i>	<i>67</i>
<i>Tab. 27: Geschätzte Zuchtwerte (Nachkommenprüfung für Fleischanteil).....</i>	<i>68</i>
<i>Tab. 28: Geschätzte Zuchtwerte (Nachkommenprüfung für Nettozunahmen).....</i>	<i>70</i>
<i>Tab. 29: Geschätzte Zuchtwerte (Eigenleistungsprüfung für Fleischleistung).....</i>	<i>71</i>
<i>Tab. 30: Geschätzte Zuchtwerte (Eigenleistungsprüfung für Nettozunahmen).....</i>	<i>72</i>
<i>Tab. 31: Durchschnittliche Körpermaße weiblicher und männlicher Nachkommen .....</i>	<i>73</i>
<i>Tab. 32: Durchschnittswerte männlicher und weiblicher Nachkommen beider Bullen .....</i>	<i>74</i>
<i>Tab. 33: Phänotypische Korrelationen und Wiederholbarkeiten zwischen Zwillingspaaren .....</i>	<i>76</i>
<i>Tab. 34: Darstellung der fixen Effekte mit Angaben zu den Signifikanzen.....</i>	<i>76</i>
<i>Tab. 35: Körpermaße in Abhängigkeit vom Geburtstyp (LS-Mittelwerte) .....</i>	<i>77</i>
<i>Tab. 36: Körpermaße in Abhängigkeit vom Geschlecht (LS-Mittelwerte) .....</i>	<i>77</i>
<i>Tab. 37: Körpermaße in Abhängigkeit vom Spendertier (LS-Mittelwerte) .....</i>	<i>78</i>
<i>Tab. 38: Körpermaße in Abhängigkeit vom Bullen (LS- Mittelwerte).....</i>	<i>79</i>
<i>Tab. 39: Körpermaße in Abhängigkeit vom Alter (LS- Mittelwerte) .....</i>	<i>79</i>
<i>Tab. 40: Körpermaße in Abhängigkeit vom Herkunftsbetrieb (LS- Mittelwerte).....</i>	<i>80</i>
<i>Tab. 41: Wiederholbarkeiten der Messwerte von Klonen und Vollgeschwistergruppen.....</i>	<i>81</i>

**10 ANHANG**

Tabelle A1: Varianzen und Wiederholbarkeiten der Halbgeschwister

Merkmal	Fixe Effekte (✓= Effekt im Modell)			Zufällige Effekte (Varianzen)					Wiederholbarkeit w	-2 Res Log L	H <sub>A</sub> H <sub>O</sub>	[H <sub>O</sub> -H <sub>A</sub> ]	H <sup>2</sup>
	Einstell- gewicht	Jahreszeit (Geburt bzw. Schlachtung)	Schlacht- alter	Halbge- schwister Varianz $\sigma^2_{HG}$  Varianz innerhalb der Gruppen	Mastgruppen Varianz $\sigma^2_{Mastgru}$	Fehler- Varianz $\sigma^2_{Fehler}$  Varianz zwischen den Gruppen	Summe geschätzter Varianzen	Phänotypische Varianz $\sigma^2_P$					
<b>GEWICHTE PRO MASTABSCHNITT</b>													
Gewicht 112.	✓**	✓**	-	18,500	75,230	110,490	204,200	325,600	0,140	12799,700	H <sub>A</sub>	135,800	0,090
	✓**	✓**	-	27,150	-	180,270	207,400		0,130	12935,500	H <sub>O</sub>		
Gewicht 196.	✓**	✓**	-	54,720	146,400	421,320	622,400	816,200	0,110	14588,800	H <sub>A</sub>	48,800	0,090
	✓**	✓**	-	61,160	-	560,010	621,200		0,100	14637,600	H <sub>O</sub>		
Gewicht 280.	✓**	✓**	-	95,770	205,230	868,070	1169,100	1474,900	0,100	15576,000	H <sub>A</sub>	23,300	0,080
	✓**	✓**	-	100,040	-	1062,690	1162,700		0,090	15599,300	H <sub>O</sub>		
Gewicht 364.	✓**	✓*	-	190,300	287,180	1183,590	1661,100	2026,900	0,140	16139,200	H <sub>A</sub>	22,700	0,110
	✓**	✓**	-	190,670	-	1458,850	1649,500		0,120	16161,900	H <sub>O</sub>		
Gewicht 405.	✓**	✓	-	203,850	261,750	1464,520	1930,100	2259,600	0,120	16371,900	H <sub>A</sub>	13,800	0,110
	✓**	✓**	-	206,680	-	1714,680	1921,400		0,110	16385,700	H <sub>O</sub>		
Gewicht 450.	✓**	✓	-	348,740	258,260	1647,160	2254,200	2582,400	0,170	16524,400	H <sub>A</sub>	10,800	0,150
	✓**	✓	-	349,620	-	1895,670	2245,300		0,160	16535,200	H <sub>O</sub>		
Endgewicht	✓**	✓	✓**	349,020	260,810	1655,890	2265,700	2555,800	0,170	16687,600	H <sub>A</sub>	11,000	0,150
	✓**	✓	✓**	350,380	-	1906,570	2257,000		0,160	16698,600	H <sub>O</sub>		
<b>ZUNAHMEN</b>													
tgl. Zunahmen s. Geburt	✓**	✓	-	1877,500	1259,100	8016,100	11152,700	12736,400	0,190	19073,700	H <sub>A</sub>	10,600	0,170
	✓**	✓	-	1876,600	-	9229,900	11106,500		0,170	19084,300	H <sub>O</sub>		
tgl. Zunahmen ab 112.Tag	✓**	✓	-	2510,100	1726,000	11775,000	16011,100	16593,400	0,180	19589,000	H <sub>A</sub>	9,400	0,160
	✓**	✓	-	2506,300	-	13441,000	15947,300		0,160	19598,400	H <sub>O</sub>		

Forts. Tabelle A1: Varianzen und Wiederholbarkeiten der Halbgewister

tgl. Zun. 112.- 364. Tag	✓*	✓**	-	2168,100	3820,300	14196,000	20184,400	21951,200	0,130	20061,300	H <sub>A</sub>	28,500	0,110
	✓*	✓**	-	2181,600	-	17866,000	20047,600		0,110	20089,800	H <sub>O</sub>		
tgl. Zunahmen ab 364. Tag	✓	✓**	-	9628,900	8514,100	55636,000	73778,900	79029,800	0,150	21924,000	H <sub>A</sub>	13,700	0,130
	✓*	✓**	-	9668,000	-	63968,000	73636,000		0,130	21937,700	H <sub>O</sub>		
<b>SCHLACHTKÖRPERQUALITÄTSMERKMALE</b>													
Nierentalanteil, %	✓**	✓*	✓	0,310	0,370	1,600	2,300	2,400	0,164	5806,700	H <sub>A</sub>	25,900	0,140
	✓*	✓*	✓	0,340	-	1,950	2,300		0,147	5832,600	H <sub>O</sub>		
Pistolenanteil, %	✓	✓**	✓*	0,140	0,010	1,080	1,200	1,300	0,115	4849,300	H <sub>A</sub>	0	0,110
	✓	✓**	✓*	0,130	-	1,090	1,200		0,106	4849,300	H <sub>O</sub>		
EUROP-Klasse	✓**	✓**	✓**	0,020	0,010	0,230	0,300	0,300	0,080	2405,000	H <sub>A</sub>	0,500	0,080
	✓**	✓**	✓**	0,020	-	0,230	0,300		0,080	2405,500	H <sub>O</sub>		
FETT -Klasse	✓**	✓**	✓	0,030	0,020	0,200	0,200	0,300	0,130	2316,500	H <sub>A</sub>	5,000	0,120
	✓**	✓**	✓	0,030	-	0,210	0,200		0,120	2321,500	H <sub>O</sub>		
<b>SCHLACHTKÖRPERGEWICHTE</b>													
Schlachthofgewicht	✓**	✓	✓**	341,050	260,910	1530,510	2132,500	2414,900	0,180	16543,000	H <sub>A</sub>	12,600	0,160
	✓**	✓*	✓**	343,000	-	1780,960	2124,000		0,160	16555,600	H <sub>O</sub>		
Schlachtgewicht warm	✓**	✓**	✓**	125,030	88,260	611,430	824,700	933,800	0,170	15098,100	H <sub>A</sub>	9,600	0,150
	✓**	✓**	✓**	127,660	-	695,150	822,800		0,160	15107,700	H <sub>O</sub>		
Schlachtsausbeute	✓	✓**	✓	0,220	0,050	1,500	1,800	1,900	0,130	5434,500	H <sub>A</sub>	0,500	0,130
	✓**	✓**	✓**	0,220	-	1,550	1,800		0,130	5435,000	H <sub>O</sub>		
Nettozunahmen	✓**	✓**	✓*	609,700	452,110	2939,004	4000,900	4604,600	0,170	17441,100	H <sub>A</sub>	10,400	0,150
	✓**	✓**	✓	619,090	-	3369,630	3988,700		0,160	17451,500	H <sub>O</sub>		
Pistolengewicht	✓**	✓	✓**	5,240	2,650	23,820	31,700	35,700	0,180	9907,800	H <sub>A</sub>	6,200	0,170
	✓**	✓	✓**	5,300	-	26,360	31,700		0,170	9914,000	H <sub>O</sub>		
<b>SCHLACHTKÖRPERMAßE</b>													
Hälftenlänge (HL)	✓**	✓**	✓*	3,940	1,470	10,350	15,800	18,500	0,280	7842,400	H <sub>A</sub>	9,500	0,250
	✓**	✓**	✓*	3,910	-	11,790	15,700		0,250	7851,900	H <sub>O</sub>		
Keulenumfang/ HL	✓	✓**	✓	1,250	0,368	5,050	6,700	7,400	0,200	6694,700	H <sub>A</sub>	2,900	0,190
	✓	✓**	✓	1,250	-	5,410	6,700		0,190	6697,600	H <sub>O</sub>		
Keulenumfang	✓**	✓**	✓*	2,350	1,160	9,520	13,000	14,900	0,200	8531,200	H <sub>A</sub>	7,300	0,180
	✓**	✓**	✓*	2,430	-	10,600	13,000		0,190	8538,500	H <sub>O</sub>		

Forts. Tabelle A1: Varianzen und Wiederholbarkeiten der Halbgewister

Rückenmuskulatur	✓**	✓	✓	5,700	1,150	50,640	57,500	59,300	0,100	10832,500	H <sub>A</sub>	0,400	0,100
	✓**	✓	✓	5,690	-	51,780	57,500		0,100	10832,900	H <sub>O</sub>		
<b>ANTEIL SCHLACHTABGÄNGE AM SCHLACHTGEWICHT</b>													
Haut, %	✓	✓**	✓**	0,160	0,070	0,350	0,600	1,500	0,320	3530,800	H <sub>A</sub>	14,800	0,280
	✓	✓**	✓**	0,170	-	0,420	0,600		0,280	3545,600	H <sub>O</sub>		
Haut, kg	✓**	✓**	✓*	5,390	2,470	19,050	26,900	55,900	0,220	9642,800	H <sub>A</sub>	7,400	0,200
	✓**	✓**	✓*	5,550	-	21,350	26,900		0,210	9650,200	H <sub>O</sub>		
Kopf, %	✓**	✓**	✓	0,010	0	0,020	0	0	0,230	-807,200	H <sub>A</sub>	6,300	0,220
	✓**	✓**	✓	0,010	-	0,030	0		0,220	-800,900	H <sub>O</sub>		
Kopf, kg	✓**	✓**	✓**	0,220	0,130	1,020	1,400	1,500	0,180	4999,600	H <sub>A</sub>	8,100	0,160
	✓**	✓**	✓**	0,220	-	1,150	1,400		0,160	5007,700	H <sub>O</sub>		
4 Füße, %	✓**	✓**	✓	0,000	0	0,010	0	0	0,130	-1857,600	H <sub>A</sub>	10,500	0,120
	✓**	✓**	✓	0,000	-	0,020	0		0,120	-1847,100	H <sub>O</sub>		
4 Füße, kg	✓**	✓	✓*	0,120	0,060	0,500	0,700	0,700	0,200	3881,000	H <sub>A</sub>	6,500	0,180
	✓**	✓	✓*	0,120	-	0,550	0,700		0,180	3887,500	H <sub>O</sub>		
Abschnitte, %	✓**	✓**	✓**	0,050	0,060	0,230	0,300	0,300	0,170	2738,600	H <sub>A</sub>	29,700	0,140
	✓**	✓**	✓*	0,050	-	0,280	0,300		0,150	2768,300	H <sub>O</sub>		
Abschnitte, kg	✓**	✓**	✓**	2,450	2,870	10,890	16,200	17,700	0,180	8866,600	H <sub>A</sub>	30,100	0,150
	✓**	✓**	✓**	2,570	-	13,610	16,200		0,160	8896,700	H <sub>O</sub>		
Innere Organe, %	✓	✓**	✓**	0,400	0,130	1,230	1,800	3,300	0,240	5308,000	H <sub>A</sub>	5,000	0,230
	✓	✓**	✓**	0,410	-	1,360	1,800		0,230	5313,000	H <sub>O</sub>		
Innere Organe, kg	✓**	✓**	✓	30,370	19,210	125,400	175,000	232,000	0,190	12533,500	H <sub>A</sub>	10,700	0,170
	✓**	✓**	✓	29,860	-	144,230	174,100		0,170	12544,200	H <sub>O</sub>		
Abgänge, %	✓	✓**	✓	0,220	0,050	1,500	1,800	1,900	0,130	5434,500	H <sub>A</sub>	0,500	0,130
	✓	✓**	✓	0,220	-	1,550	1,800		0,130	5435,000	H <sub>O</sub>		
Abgänge, kg	✓**	✓*	✓*	65,910	47,64	283,830	397,400	443,600	0,190	13897,700	H <sub>A</sub>	12,400	0,170
	✓**	✓*	✓*	65,180	-	330,190	395,400		0,160	13910,100	H <sub>O</sub>		

✓ = p > 0,05; ✓\* = p < 0,05; ✓\*\* = p < 0,01;  $\chi^2_{(p<0.05;df=1)} = 3,84$  (STEEL und TORRIE, 1980)

Tabelle A2: Varianzen und Wiederholbarkeiten der Klongruppen

Merkmal	Fixe Effekte (✓ = Effekt im Modell)					Zufällige Effekte (Varianzen)					Wiederholbarkeit w	-2 Res Log L	[H <sub>0</sub> -H <sub>A</sub> ]
	Einstellgewicht	Jahreszeit (Geburt bzw. Schlachtung)	Bulle	Geburstyp	Schlachtalter	Verwandtschaftsgruppe Klone Varianz $\sigma^2_{MZ-Klone}$ Varianz innerhalb der Gruppen	Empfänger Varianz $\sigma^2_{Empf}$	Fehler-Varianz $\sigma^2_{Fehler}$ Varianz zwischen den Gruppen	Summe geschätzter Varianzen	Phänotypische Varianz $\sigma^2_P$			
<b>TRÄCHTIGKEITSDAUER + GEWICHTE PRO MASTABSCHNITTSSENDE</b>													
Geburtsgewicht	-	✓**	✓	✓*	-	1,250	13,275	1,910	16,400	43,400	0,395	213,500	21,400
	-	✓**	✓	✓**	-	10,510	0	5,420	15,900		0,660	234,900	
Gewicht 112.	✓**	✓	✓	✓	-	90,000	0	35,590	125,600	286,640	0,717	288,100	0
	✓**	✓	✓	✓	-	90,000	-	35,590	125,600		0,717	288,100	
Gewicht 196.	✓**	✓	✓	✓	-	154,190	0	97,270	251,500	691,650	0,613	321,700	0
	✓**	✓	✓	✓	-	154,210	-	97,270	251,500		0,613	321,700	
Gewicht 280.	✓	✓	✓	✓	-	282,700	471,680	149,880	904,300	1498,840	0,654	354,400	3,900
	✓	✓	✓	✓*	-	745,370	-	203,600	949,000		0,785	358,300	
Gewicht 364.	✓	✓	✓	✓	-	621,830	567,790	225,510	1415,100	2182,680	0,734	370,000	3,100
	✓	✓	✓	✓	-	1202,270	-	289,010	1491,300		0,806	373,100	
Gewicht 405.	✓	✓	✓	✓	-	1623,850	329,870	351,870	2305,600	2870,560	0,822	385,900	1,000
	✓	✓	✓	✓	-	1953,480	-	393,970	2347,500		0,832	386,900	
Gewicht 450.	✓	✓	✓	✓	-	1421,390	365,270	581,150	1786,700	3252,770	0,710	397,800	0,500
	✓	✓	✓	✓	-	1771,430	-	628,670	1771,400		0,738	398,300	
Endgewicht	✓	✓	✓	✓	✓	2034,160	197,090	594,970	2826,200	2880,580	0,774	360,300	0,200
	✓	✓	✓	✓	✓	2264,020	-	614,720	2878,700		0,786	360,500	
<b>ZUNAHMEN</b>													
tgl. Zunahmen s. Geburt	✓	✓	✓	✓	-	6263,840	2070,490	2950,920	11285,300	14178,000	0,680	458,700	0,700
	✓	✓	✓	✓	-	8241,570	-	3218,450	11460,000		0,719	459,400	
tgl. Zunahmen ab 112.Tag	✓	✓	✓	✓	-	12844,000	3327,650	5084,980	21256,600	23349,000	0,716	480,600	0,600
	✓	✓	✓	✓	-	15969,000	-	5528,050	21497,100		0,743	481,200	

Forts. Tabelle A2: Varianzen und Wiederholbarkeiten der Klongruppen

tgl. Zun. 112.- 364. Tag	✓	✓	✓	✓	-	8910,900	11055,000	2925,420	22891,300	23401,000	0,753	471,300	5,000
	✓	✓	✓	✓	-	20256,000	-	4172,190	24428,200		0,829	476,300	
tgl. Zunahmen ab 364. Tag	✓	✓	✓	✓	-	6187,130	33243,000	42900,000	82330,100	101430,000	0,126	550,000	0,400
	✓	✓	✓	✓	-	42774,000	-	44874,000	87648,000		0,488	550,400	
<b>SCHLACHTKÖRPERQUALITÄTSMERKMALE</b>													
Nierentalganteil, %	✓*	✓	✓*	✓	✓	1,070	0	0,290	1,400	3,490	0,786	99,200	0
	✓*	✓	✓*	✓	✓	1,070	-	0,290	1,400		0,786	99,200	
Pistolenanteil, %	✓	✓	✓	✓	✓	0,640	0,531	0,390	1,600	1,400	0,624	108,700	0,900
	✓	✓	✓	✓	✓	1,280	-	0,420	1,700		0,753	109,600	
EUROP-Klasse	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0,230	0,200	0,260	0	72,100	0
	✓*	✓	✓*	✓	✓	0	-	0,230	0,200		0	72,100	
FETT-Klasse	✓*	✓	✓	✓	✓	0	0,013	0,120	0,100	0,230	0	51,200	0,100
	✓**	✓*	✓	✓	✓	0	-	0,120	0,100		0	51,300	
<b>SCHLACHTKÖRPERGEWICHTE</b>													
Schlachthofgewicht	✓	✓	✓	✓	✓*	2080,390	0	486,120	2566,500	2866,110	0,811	345,400	0,0
	✓	✓	✓	✓	✓*	2080,280	-	486,130	2566,400		0,811	345,400	
Schlachtgewicht warm	✓	✓	✓	✓	✓*	874,780	0	170,220	1045,000	1054,540	0,837	312,500	0
	✓	✓	✓	✓	✓*	875,040	-	170,200	1045,200		0,837	312,500	
Schlachtsausbeute	✓	✓	✓	✓	✓*	2,280	0	0,430	2,700	1,470	0,842	115,300	0
	✓	✓	✓	✓	✓*	2,280	-	0,430	2,700		0,842	115,300	
Nettozunahmen	✓	✓	✓	✓	✓*	4258,820	0	799,900	5058,700	5811,350	0,842	363,900	0
	✓	✓	✓	✓	✓*	4259,530	-	799,840	5059,400		0,842	363,900	
Pistolengewicht	✓	✓	✓	✓	✓*	38,880	0	6,820	45,700	38,140	0,851	206,000	0
	✓	✓	✓	✓	✓*	33,880	-	6,820	40,700		0,833	206,000	
<b>SCHLACHTKÖRPERMAßE</b>													
Hälftenlänge (Hl.)	✓	✓	✓	✓	✓	6,560	0	6,150	12,700	17,300	0,516	190,100	0
	✓	✓	✓	✓	✓	6,560	-	6,150	12,700		0,516	190,100	
Keulenumfang / Hl.	✓	✓	✓	✓	✓*	3,930	0	2,370	6,300	7,170	0,624	161,700	0
	✓	✓	✓	✓	✓*	3,930	-	2,370	6,300		0,624	161,700	
Keulenumfang	✓	✓	✓	✓	✓*	10,420	0	3,300	13,700	16,800	0,759	177,800	0
	✓	✓	✓	✓	✓*	10,410	-	3,300	13,700		0,759	177,800	

Forts. Tabelle A2: Varianzen und Wiederholbarkeiten der Klongruppen

Rückenmuskulatur	✓	✓	✓	✓	✓	30,020	0	23,800	53,800	68,070	0,558	235,900	0
	✓	✓	✓	✓	✓	30,030	-	23,790	53,800		0,558	235,900	
<b>ANTEIL SCHLACHTABGÄNGE AM SCHLACHTGEWICHT</b>													
Haut, %	✓	✓	✓	✓	✓	0,770	0	0,070	0,800	1,300	0,922	57,300	0
	✓	✓*	✓	✓	✓	0,770	-	0,070	0,800		0,922	57,300	
Haut, kg	✓	✓*	✓	✓	✓*	15,740	0	2,510	18,300	28,820	0,862	164,500	0
	✓	✓*	✓	✓	✓*	15,740	-	2,510	18,300		0,862	164,500	
Kopf, %	✓	✓	✓	✓	✓	0,050	0	0,020	0,100	0,080	0,736	2,600	0
	✓	✓	✓	✓	✓	0,050	-	0,020	0,100		0,736	2,600	
Kopf, kg	✓	✓	✓*	✓	✓	0,000	0,456	0,360	0,800	1,270	0,000	93,900	0,800
	✓	✓	✓	✓	✓*	0,610	-	0,370	1,000		0,619	94,700	
4 Füße, %	✓	✓	✓	✓	✓	0,020	0	0	0	0,020	0,881	-42,600	0
	✓	✓	✓	✓	✓	0,020	-	0	0		0,881	-42,600	
4 Füße, kg	✓	✓	✓	✓	✓*	0,260	0,011	0,100	0,400	0,470	0,715	61,600	0
	✓	✓	✓	✓	✓**	0,270	-	0,100	0,400		0,726	61,600	
Abschnitte, %	✓	✓	✓	✓	✓	0,170	0	0,050	0,200	0,470	0,777	39,900	0
	✓	✓	✓	✓	✓	0,170	-	0,050	0,200		0,777	39,900	
Abschnitte, kg	✓	✓	✓	✓	✓	7,450	0	3,540	11,000	25,210	0,678	176,700	0
	✓	✓	✓	✓	✓	7,450	-	3,540	11,000		0,678	176,700	
Innere Organe, %	✓	✓	✓	✓	✓	1,320	0	0,610	1,900	2,490	0,686	111,700	0
	✓	✓	✓	✓	✓	1,320	-	0,610	1,900		0,686	111,700	
Innere Organe, kg	✓	✓	✓	✓	✓	127,370	0	62,010	189,400	265,640	0,673	254,700	0
	✓	✓	✓	✓	✓	127,390	-	62,000	189,400		0,673	254,700	
Abgänge, %	✓	✓	✓	✓	✓*	2,280	0	0,430	2,700	1,470	0,842	115,300	0
	✓	✓	✓	✓	✓*	2,280	-	0,430	2,700		0,842	115,300	
Abgänge, kg	✓	✓	✓	✓	✓*	335,070	0	101,680	436,800	503,980	0,767	291,300	0
	✓	✓	✓	✓	✓*	335,090	-	101,680	436,800		0,767	291,300	

✓ = p > 0,05; ✓\* = p < 0,05; ✓\*\* = p < 0,01;  $\chi^2_{(p < 0,05; df=1)} = 3,84$  (STEEL und TORRIE, 1980)

Tabelle A3: Varianzen und Wiederholbarkeiten der Klongruppen bereinigt

Merkmal	fix. Effekte		Zufällige Effekte (Varianzen)					Wiederholbarkeit w	-2 Res Log L	[H <sub>O</sub> -H <sub>A</sub> ]	H <sup>2</sup> = σ <sup>2</sup> <sub>MZ-Klone</sub> / Summe geschätzter Varianz
	Bulle	Geburstyp	Verwandtschaftsgruppe Klone Varianz σ <sup>2</sup> <sub>MZ-Klone</sub> Varianz innerhalb der Gruppen	Empfänger Varianz σ <sup>2</sup> <sub>Empf</sub>	Fehler- Varianz σ <sup>2</sup> <sub>Fehler</sub> Varianz zwischen den Gruppen	Summe geschätzter Varianzen	Phäno- typische Varianz σ <sup>2</sup> <sub>P</sub>				
<b>TRÄCHTIGKEITSDAUER + GEWICHTE PRO MASTABSCHNITTSENDE</b>											
Gewicht 112.	✓	✓	91,810	0	40,220	132,000	129,480	0,695	395,500	0,000	0,695
	✓	✓	91,810	-	40,220	132,000		0,695	395,500		
Gewicht 196.	✓	✓	264,090	28,636	105,430	398,200	380,310	0,715	451,400	0,100	0,718
	✓	✓	282,660	-	111,100	393,800		0,718	451,500		
Gewicht 280.	✓	✓	303,660	467,190	173,610	944,500	902,910	0,636	490,600	7,500	0,322
	✓	✓	621,070	-	282,810	903,900		0,687	498,100		
Gewicht 364.	✓	✓	237,750	787,950	246,730	1272,400	1280,930	0,491	508,000	7,900	0,187
	✓	✓	854,740	-	399,950	1254,700		0,681	515,900		
Gewicht 405.	✓	✓	817,080	735,160	392,670	1944,900	2019,690	0,675	530,800	4,600	0,420
	✓	✓*	1408,060	-	533,850	1941,900		0,725	535,400		
Gewicht 450.	✓	✓	1147,440	567,960	640,390	2355,800	2453,980	0,642	547,400	2,000	0,675
	✓	✓	1580,440	-	759,570	2340,000		0,675	549,400		
Endgewicht	✓	✓	1301,280	599,000	627,840	2528,100	2612,450	0,675	549,000	2,300	0,693
	✓	✓	1726,720	-	764,470	2491,200		0,693	551,300		
<b>ZUNAHMEN</b>											
tgl. Zunahmen s. Geburt	✓	✓	6297,950	1835,460	3074,320	11207,700	11628,710	0,672	629,900	1,000	0,690
	✓	✓	7680,530	-	3451,600	11132,100		0,690	630,900		
tgl. Zunahmen ab 112.Tag	✓	✓	10865,000	4461,790	5417,410	20744,200	21602,160	0,667	661,600	2,000	0,684
	✓	✓	13978,000	-	6461,370	20439,400		0,684	663,600		
tgl. Zun. 112.- 364. Tag	✓	✓	3483,730	11184,000	3127,990	17795,700	18094,050	0,527	645,400	10,800	0,196
	✓	✓	11485,000	-	5800,300	17285,300		0,664	656,200		

Forts. Tabelle A3: Varianzen und Wiederholbarkeiten der Klongruppen bereinigt

tgl. Zunahmen ab 364. Tag	✓	✓	55735,000	7080,170	46885,000	109700,200	104996,680	0,543	760,200	0	0,558
	✓	✓	60887,000	-	48312,000	109199,000		0,558	760,200		
<b>SCHLACHTKÖRPERQUALITÄTSMERKMALE</b>											
Nierentalganteil, %	✓**	✓	0,990	0,102	0,410	1,500	2,740	0,707	156,400	0,200	0,714
	✓**	✓	1,070	-	0,430	1,500		0,714	156,600		
Pistolenanteil, %	✓*	✓	0,130	0,444	0,460	1,000	1,430	0,222	148,800	1,200	0,523
	✓**	✓	0,550	-	0,510	1,100		0,523	150,000		
EUROP - Klasse	✓	✓	0,020	0	0,220	0,200	0,240	0,096	82,500	0,000	0,096
	✓	✓	0,020	-	0,220	0,200		0,096	82,500		
FETT - Klasse	✓	✓	0,040	0,015	0,100	0,200	0,170	0,307	55,500	0,200	0,343
	✓	✓	0,050	-	0,100	0,200		0,343	55,700		
<b>SCHLACHTKÖRPERGEWICHTE</b>											
Schlachthofgewicht	✓	✓*	1608,900	33,950	516,330	2159,200	2525,430	0,757	542,800	1,300	0,757
	✓	✓*	1839,830	-	589,190	2429,000		0,757	544,100		
Schlachtgewicht warm	✓	✓*	635,810	160,89	193,520	990,200	1004,680	0,767	493,000	2,000	0,762
	✓	✓*	740,590	-	231,100	971,700		0,762	495,000		
Schlachtausbeute	✓	✓*	0,950	0,077	0,530	1,600	1,520	0,644	163,200	0,100	0,653
	✓	✓*	1,020	-	0,540	1,600		0,653	163,300		
Nettozunahme	✓	✓	3297,630	582,820	925,120	4805,060	4912,520	0,781	576,000	1,300	0,777
	✓	✓*	3674,640	-	1056,610	4731,300		0,777	577,300		
Pistolengewicht	✓	✓*	21,220	10,228	7,320	38,800	37,170	0,744	321,100	4,800	0,547
	✓	✓*	27,450	-	10,150	37,600		0,730	325,900		
<b>SCHLACHTKÖRPERMAßE</b>											
Hälftenlänge	✓	✓	3,85	3,3147	5,69	12,800	12,940	0,404	282,000	1,300	0,491
	✓	✓	6,27	-	6,49	12,800		0,491	283,300		
Keulenumfang /Hälfenl. %	✓	✓	3,07	0,000	2,49	5,600	5,520	0,552	236,600	0,000	0,552
	✓	✓	3,07	-	2,49	5,600		0,552	236,600		
Keulenumfang	✓	✓	9,80	2,297	3,80	15,900	14,940	0,720	278,800	1,100	0,725
	✓	✓	11,35	-	4,31	15,700		0,725	279,900		
Rückenmuskulatur	✓	✓	44,97	2,111	21,44	68,500	64,990	0,677	361,700	0,000	0,683
	✓	✓	46,82	-	21,76	68,600		0,683	361,700		

Forts. Tabelle A3: Varianzen und Wiederholbarkeiten der Klongruppen bereinigt

<b>ANTEIL SCHLACHTABGÄNGE AM SCHLACHTGEWICHT</b>											
Haut, %	✓	✓	1,020	0,098	0,070	1,200	1,250	0,937	100,100	3,500	0,926
	✓	✓*	1,100	-	0,090	1,200		0,926	103,600		
Haut, kg	✓	✓	31,190	0	3,140	34,300	33,230	0,908	281,100	0	0,908
	✓	✓	31,180	-	3,150	34,300		0,908	281,100		
Kopf, %	✓	✓	0,030	0,011	0,020	0,100	0,060	0,641	-13,400	1,300	0,652
	✓	✓	0,040	-	0,020	0,100		0,652	-12,100		
Kopf, kg	✓	✓	0,000	0,730	0,340	1,100	1,120	0,000	138,500	3,300	0,611
	✓	✓	0,670	-	0,430	1,100		0,611	141,800		
Füße, %	✓	✓	0,010	0,001	0	0	0,020	0,796	-84,800	0,300	0,800
	✓	✓	0,020	-	0	0		0,800	-84,500		
Füße, kg	✓	✓**	0,340	0,047	0,100	0,500	0,450	0,778	88,500	0,700	0,780
	✓	✓**	0,370	-	0,110	0,500		0,780	89,200		
Abschnitte, %	✓*	✓	0,150	0	0,060	0,200	0,370	0,720	50,900	0	0,720
	✓**	✓	0,150	-	0,060	0,200		0,720	50,900		
Abschnitte, kg	✓*	✓	8,970	0	3,450	12,400	19,430	0,722	267,900	0	0,722
	✓**	✓	8,970	-	3,450	12,400		0,722	267,900		
Innere Organe, %	✓	✓	1,100	0	0,770	1,900	2,040	0,587	171,600	0	0,595
	✓	✓	1,150	-	0,780	1,900		0,595	171,600		
Innere Organe, kg	✓	✓	120,120	0	53,870	174,000	186,110	0,690	395,100	0	0,690
	✓	✓	120,120	-	53,870	174,000		0,690	395,100		
Abgänge, %	✓	✓*	0,950	0,077	0,530	1,600	1,520	0,644	163,200	0,100	0,653
	✓	✓*	1,020	-	0,540	1,600		0,653	163,300		
Abgänge, kg	✓	✓	261,290	22,943	101,390	385,600	399,630	0,720	449,400	0,200	0,726
	✓	✓	279,490	-	105,480	385,000		0,726	449,600		

✓ = p > 0,05; ✓\* = p < 0,05; ✓\*\* = p < 0,01;  $\chi^2_{(p < 0,05; df=1)} = 3,84$  (STEEL und TORRIE, 1980)

Tab. A4: Berechnete Heritabilitäten ( $h^2$ ) und permanente Umwelteinflüsse ( $c^2$ ) und deren Standardfehler (SE)

Merkmal	$h^2$	SE	$c^2$	SE	log likelihood	$-2[H_0-H_A]$
<b>GEWICHTE PRO MASTABSCHNITT</b>						
Gewicht 112.	0,265	0,079	0,298	0,028	-4911,260	227,498
	0,582	0,001	-	-	-5025,000	
Gewicht 196.	0,392	0,094	0,144	0,025	-5845,390	58,152
	0,441	0,103	-	-	-5874,470	
Gewicht 280.	0,340	0,086	0,083	0,023	-6350,670	19,029
	0,358	0,090	-	-	-6360,180	
Gewicht 364.	0,421	0,086	0,089	0,023	-6613,480	22,198
	0,445	0,089	-	-	-6624,580	
Gewicht 405.	0,404	0,081	0,083	0,023	-6725,420	18,656
	0,426	0,087	-	-	-6734,750	
Gewicht 450.	0,467	0,076	0,069	0,022	-6800,490	13,999
	0,482	0,081	-	-	-6807,490	
Endgewicht	0,463	0,073	0,072	0,021	-6884,670	15,414
	0,476	0,078	-	-	-6892,380	
<b>ZUNAHMEN</b>						
tgl. Zunahmen s. Geburt	0,486	0,075	0,066	0,021	-8049,730	13,303
	0,501	0,081	-	-	-8056,380	
tgl. Zunahmen ab 112.Tag	0,479	0,072	0,080	0,022	-8318,260	17,929
	0,494	0,078	-	-	-8327,220	
tgl. Zun. 112.- 364. Tag	0,429	0,087	0,123	0,024	-8553,470	42,653
	0,454	0,091	-	-	-8574,800	
tgl. Zunahmen ab 364. Tag	0,397	0,060	0,147	0,025	-9473,680	55,890
	0,409	0,068	-	-	-9501,630	
<b>SCHLACHTKÖRPERQUALITÄTSMERKMALE</b>						
Nierentalanteil, %	0,624	0,099	0,110	0,023	-1496,440	35,872
	0,651	0,103	-	-	-1514,370	
Pistolenanteil, %	0,390	0,077	0,012	0,018	-1041,500	-0,196
	0,390	0,081	-	-	-1041,400	
<b>SCHLACHTKÖRPERGEWICHTE</b>						
Schlachthofgewicht	0,470	0,074	0,072	0,022	-6818,280	12,051
	0,485	0,080	-	-	-6824,310	
Schlachtgewicht warm	0,435	0,070	0,060	0,021	-6096,140	10,478
	0,446	0,077	-	-	-6101,380	
Schlachtausbeute	0,509	0,086	0,020	0,019	-1326,580	1,529
	0,522	0,089	-	-	-1327,340	
Nettozunahmen	0,444	0,072	0,058	0,021	-7271,290	9,437
	0,457	0,080	-	-	-7276,010	
Pistolengewicht	0,488	0,076	0,055	0,026	-3522,680	7,441
	0,505	0,079	-	-	-3526,400	
<b>SCHLACHTKÖRPERMAßE</b>						
Hälftenlänge (Hl.)	0,554	0,069	0,058	0,022	-2653,730	10,136
	0,586	0,071	-	-	-2658,800	
Keulenumfang/ Hl.	0,612	0,069	0,053	0,022	-2093,290	8,563
	0,621	0,069	-	-	-2097,570	
Keulenumfang	0,519	0,075	0,077	0,023	-2838,590	16,134
	0,575	0,074	-	-	-2846,660	
Rückenmuskulatur	0,431	0,080	0,039	0,020	-4021,360	4,664
	0,432	0,832	-	-	-4023,700	

Forts. Tab. A4: Berechnete Heritabilitäten ( $h^2$ ) und permanente Umwelteinflüsse ( $c^2$ ) und deren Standardfehler (SE)

<b>ANTEIL SCHLACHTABGÄNGE AM SCHLACHTHOFGEWICHT</b>						
Haut, %	0,792	0,048	0,073	0,022	-382,230	30,669
	0,868	0,040	-	-	-397,570	
Haut, kg	0,604	0,105	0,077	0,023	-3439,250	8,752
	0,655	0,124	-	-	-3443,630	
Kopf, %	0,598	0,591	0,077	0,022	1789,800	12,908
	0,668	0,055	-	-	1783,350	
Kopf, kg	0,479	0,083	0,080	0,023	-1122,720	24,187
	0,539	0,084	-	-	-1134,810	
4 Füße, %	0,584	0,099	0,042	0,020	2306,260	6,859
	0,600	0,100	-	-	2302,830	
4 Füße, kg	0,648	0,078	0,047	0,019	-560,810	3,582
	0,666	0,084	-	-	-562,600	
Abschnitte, %	0,607	0,094	0,125	0,024	21,290	46,871
	0,680	0,102	-	-	-2,150	
Abschnitte, kg	0,552	0,084	0,131	0,024	-3009,500	45,424
	0,616	0,098	-	-	-3032,220	
Innere Organe, %	0,524	0,073	0,049	0,021	-1270,660	7,185
	0,554	0,072	-	-	-1274,250	
Innere Organe, kg	0,524	0,075	0,066	0,021	-4857,550	13,289
	0,561	0,080	-	-	-4864,190	
Abgänge, %	0,509	0,086	0,020	0,019	-1324,630	2,896
	0,522	0,056	-	-	-1326,080	
Abgänge, kg	0,542	0,075	0,076	0,022	-5510,330	16,826
	0,572	0,084	-	-	-5518,750	

$$\chi^2_{(p<0.05;df=1)} = 3,84 \text{ (STEEL und TORRIE, 1980)}$$

## Danksagung

Herrn Prof. Dr. Eckhard Wolf danke ich sehr herzlich für die immer freundliche Betreuung und mir die Möglichkeit gegeben zu haben, diese Arbeit anzufertigen.

Besonders bedanken möchte ich mich bei meinem externen Betreuer Dr. Horst-Dieter Reichenbach, für die jederzeit gewährte Unterstützung.

Herzlich bedanken möchte ich mich bei PD Dr. Stefan Hiendleder, PD Dr. Valeri Zakhartchenko, Dr. Barbara Kessler, Dr. Regina Klose, Dr. Wolfgang Voss, Sonja Ewerling, Dr. Regine Rottmayer, Wiebke Scholz, Sissi Stärk, Tuna Güngör, Peter Rieblinger und allen anderen nicht namentlich genannten Mitarbeitern des Moorversuchsguts in Badersfeld.

Ebenso möchte ich dem kaufm. Geschäftsführer des Bayerischen Forschungszentrums für Fortpflanzungsbiologie, Herrn Dr. Aumüller danken mir gestattet zu haben, diese Arbeit nebenberuflich anzufertigen.

Für die fachliche Beratung bezüglich der statistischen Auswertung möchte ich mich bei dem Leiter des Instituts für Tierzucht der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Herrn Dr. K.-U. Götz und bei den Mitarbeitern des Instituts, besonders Herrn Dr. J. Dodenhoff bedanken. Zugleich bedanke ich mich hierfür bei Herrn Prof. Dr. Roger I. Cue von der McGill Universität in Montreal.

Für die immer kooperative und freundliche Hilfe bedanke ich mich bei Herrn Robert Schwaiger des Lehr-, Versuchs- und Fachzentrums für Milchvieh- und Rinderhaltung Achselschwang, bei Frau Andrea Koßmann des Instituts für Tierhaltung und bei Herrn Maximilian Pickl des Instituts für Tierzucht der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) sowie bei allen anderen nicht namentlich genannten Mitarbeitern der LfL, die bei dieser Arbeit mitgewirkt haben. Mein Dank gilt auch dem Leiter des Versuchsschlachthauses der LfL in Grub, Herrn J. Möstl und seinen Mitarbeitern.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei den Verantwortlichen, Herrn Prof. Dr. G. Brem und Herrn Prof. Dr. H. Kräußlich, die das Projekt in die Wege geleitet haben, recht herzlich bedanken.

Lebenslauf:

Name: Myriam Weppert

Geburtsdatum: 06. November 1971

Geburtsort: Werneck, Kreis Schweinfurt

Eltern: Hans-Henning Weppert, Dipl. Ing. Maschinenbau /Elektrotechnik  
Heidrun Weppert, geb. Fleischer, Drogistin

Familienstand: ledig

1977 - 1983 Grund- und Hauptschule Eching

1983 - 1988 Realschule Unterschleißheim

20.07.1988 Realschulabschluss

1988 - 1990 Fachoberschule Landshut

29.06.1990 Fachhochschulreife

1990 - 1995 Studium der Landwirtschaft, Schwerpunkt Tierhaltung, Fachhochschule Weihenstephan, Freising

06.09.1995 Diplom zum Dipl. Ing. Agrar. (FH)

10.1995 – 03.1996 Praktikum BMW AG, CKD Werk Neufahrn

1996 - 1999 Studium zum Master of Science, McGill University, Department of Animal Science, Montreal, Kanada

04.06.1999 Master of Science

08.1999 - 09.2002 Mitarbeiterin an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LFL), Institut für Tierzucht, Arbeitsgruppe Biotechnik

seit Okt. 2002 Mitarbeiterin des Lehrstuhls für Molekulare Tierzucht und Biotechnologie und dem Bayerischen Forschungszentrum für Fortpflanzungsbiologie, Badersfeld, Oberschleißheim