

Effekte der Rückkreuzung auf Fleckvieh  
aus einer Kreuzungsherde mit Deutschen Holstein-Genanteilen  
auf Milchleistung und Milchqualität

Oliver-Vincent Nolte

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

Effekte der Rückkreuzung auf Fleckvieh  
aus einer Kreuzungsherde mit Deutschen Holstein-Genanteilen  
auf Milchleistung und Milchqualität

von

Oliver-Vincent Nolte

aus Hanau

München 2019

Aus dem Lehr- und Versuchsgut der Tierärztlichen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München

Angefertigt unter der Leitung von:

Prof. Dr. Armin M. Scholz

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

Dekan:

Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

Berichterstatter: Prof. Dr. Armin M. Scholz

Korreferent/en: Univ.- Prof. Dr. Holm Zerbe

Tag der Promotion:

25. Februar 2019

Meiner Familie

# 1. Inhaltsverzeichnis

<b><u>1. INHALTSVERZEICHNIS</u></b> .....	<b>1</b>
<b><u>A. ABBILDUNGSVERZEICHNIS</u></b> .....	<b>7</b>
<b><u>B. TABELLENVERZEICHNIS</u></b> .....	<b>10</b>
<b><u>C. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</u></b> .....	<b>13</b>
<b><u>I. EINLEITUNG</u></b> .....	<b>15</b>
<b><u>II. LITERATUR</u></b> .....	<b>16</b>
<b><u>1. KREUZUNGSZUCHT</u></b> .....	<b>16</b>
1.1 GENETISCHE GRUNDLAGEN .....	18
1.2 SYSTEME DER KREUZUNGSZUCHT .....	18
1.3 ÜBERSICHT DER KREUZUNGSVERSUCHE .....	20
1.4 RASSENVERGLEICH .....	22
1.4.1 DEUTSCHES FLECKVIEH .....	22
1.4.2 DEUTSCHE HOLSTEINS (ROTBUNTE UND SCHWARZBUNTE) .....	23
<b><u>2. MILCHLEISTUNG UND MILCHQUALITÄT</u></b> .....	<b>24</b>
2.1 MILCHLEISTUNG.....	25
2.2 MELKBARKEIT, MILCHFLUSS, MELKDAUER.....	26
2.3 MILCHTEMPERATUR.....	27
2.4 ZELLGEHALT DER MILCH .....	28
2.5 LEITFÄHIGKEIT.....	31
2.6 FETTGEHALT DER MILCH .....	32
2.7 EIWEIßGEHALT DER MILCH .....	34
2.8 HARNSTOFFGEHALT DER MILCH.....	36

<b><u>3. SONSTIGES.....</u></b>	<b><u>37</u></b>
3.1 KRAFTFUTTER.....	37
3.2 KÖRPERGEWICHT .....	39
3.3 AKTIVITÄT .....	40
<b><u>III. MATERIAL UND METHODEN.....</u></b>	<b><u>42</u></b>
<b><u>1. ALLGEMEINES .....</u></b>	<b><u>42</u></b>
1.1 VERSUCHSBETRIEB.....	42
1.2 VERSUCHSZEITRAUM .....	42
1.3 VERSUCHSTIERE .....	42
1.4 KREUZUNGSVERFAHREN .....	43
1.5 HALTUNG .....	43
1.6 MILCHENTZUG.....	44
1.7 MELKROBOTER .....	44
1.8 TIERMEDIZINISCHE BETREUUNG .....	45
1.9 REPRODUKTION UND BRUNSTBEOBACHTUNG .....	46
1.10 FÜTTERUNG.....	46
1.11 TROCKENSTELLEN .....	49
<b><u>2. STATISTISCHE METHODEN .....</u></b>	<b><u>49</u></b>
2.1 ALLGEMEINES .....	49
2.2 MODELLE.....	50
2.2.1 AMS-DATEN.....	51
2.2.2 LKV-DATEN .....	53
2.2.3 PRÜFTAGESDATEN .....	53
<b><u>IV. ERGEBNISSE .....</u></b>	<b><u>54</u></b>

<b>1. AMS-DATEN .....</b>	<b>54</b>
1.1 MILCHMENGE AUS TAGESDATEN .....	54
1.1.1 IN ABHÄNGIGKEIT VOM „FLECKVIEHGENANTEIL“ .....	54
1.1.2 IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „LAKTATIONSNUMMER“ .....	55
1.1.3 IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „MEHRLINGSEIGENSCHAFT“ .....	56
1.2 MILCHMENGE PRO GEMELK AUS MELKDATEN.....	57
1.2.1 IN ABHÄNGIGKEIT VON „FLECKVIEHGENANTEIL“ .....	57
1.2.2 IN ABHÄNGIGKEIT VON „LAKTATIONSNUMMER“ .....	58
1.2.3 IN ABHÄNGIGKEIT VON „MEHRLINGSEIGENSCHAFT“ .....	59
1.3 MILCHMENGE JE EUTERVIERTTEL PRO GEMELK AUS MELKDATEN.....	60
1.3.1 ABHÄNGIGKEIT VOM „FLECKVIEHGENANTEIL“ .....	60
1.3.2 IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „LAKTATIONSNUMMER“ .....	61
1.3.3 IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „MEHRLINGSEIGENSCHAFT“ .....	62
1.4 BESUCHSZEIT IM AMS AUS MELKDATEN .....	63
1.4.1 IN ABHÄNGIGKEIT VOM „FLECKVIEHGENANTEIL“ .....	63
1.4.2 IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „LAKTATIONSNUMMER“ .....	64
1.4.3 IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „MEHRLINGSEIGENSCHAFT“ .....	65
1.5 HÖCHSTE MILCHFLUSSGESCHWINDIGKEIT AUS MELKDATEN .....	66
1.5.1 IN ABHÄNGIGKEIT VOM „FLECKVIEHGENANTEIL“ .....	66
1.5.2 IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „LAKTATIONSNUMMER“ .....	67
1.5.3 IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „MEHRLINGSEIGENSCHAFT“ .....	68
1.6 MILCHTEMPERATUR AUS MELKDATEN .....	69
1.6.1 IN ABHÄNGIGKEIT VOM „FLECKVIEHGENANTEIL“ .....	69
1.6.2 IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „LAKTATIONSNUMMER“ .....	70

1.6.3	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „MEHRLINGSEIGENSCHAFT“ .....	71
1.7	LEITFÄHIGKEIT JE EUTERVIERTTEL AUS MELKDATEN .....	72
1.7.1	IN ABHÄNGIGKEIT VOM „FLECKVIEHGENANTEIL“ .....	72
1.7.2	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „LAKTATIONSNUMMER“ .....	73
1.7.3	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „MEHRLINGSEIGENSCHAFT“ .....	74
1.8	FETTGEHALT AUS MELKDATEN.....	75
1.8.1	IN ABHÄNGIGKEIT VOM „FLECKVIEHGENANTEIL“ .....	75
1.8.2	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „LAKTATIONSNUMMER“ .....	76
1.8.3	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „MEHRLINGSEIGENSCHAFT“ .....	77
1.9	EIWEIßGEHALT AUS MELKDATEN .....	78
1.9.1	IN ABHÄNGIGKEIT VOM „FLECKVIEHGENANTEIL“ .....	78
1.9.2	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „LAKTATIONSNUMMER“ .....	79
1.9.3	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „MEHRLINGSEIGENSCHAFT“ .....	79
1.10	KRAFTFUTTERRATION (KFR) AUS MELKDATEN UND TAGESDATEN.....	80
1.10.1	IN ABHÄNGIGKEIT VOM „FLECKVIEHGENANTEIL“ .....	80
1.10.2	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „LAKTATIONSNUMMER“.....	81
1.10.3	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „MEHRLINGSEIGENSCHAFT“ .....	82
1.11	AKTIVITÄT AUS MELKDATEN .....	83
1.11.1	IN ABHÄNGIGKEIT VOM „FLECKVIEHGENANTEIL“ .....	83
1.11.2	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „LAKTATIONSNUMMER“ .....	84
1.12	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „MEHRLINGSEIGENSCHAFT“ .....	85
1.13	KÖRPERGEWICHT (KGW) AUS MELKDATEN.....	86
1.13.1	IN ABHÄNGIGKEIT VOM „FLECKVIEHGENANTEIL“ .....	86
1.13.2	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „LAKTATIONSNUMMER“.....	87

1.13.3	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „MEHRLINGSEIGENSCHAFT“ .....	88
<b>2.</b>	<b>LKV-DATEN .....</b>	<b>89</b>
2.1	TAGESMILCHMENGE AUS LKV-DATEN .....	89
2.1.1	IN ABHÄNGIGKEIT VOM „FLECKVIEHGENANTEIL“ .....	89
2.1.2	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „LAKTATIONSNUMMER“ .....	90
2.1.3	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „MEHRLINGSEIGENSCHAFT“ .....	91
2.2	FETTGEHALT AUS LKV-DATEN.....	92
2.2.1	IN ABHÄNGIGKEIT VOM „FLECKVIEHGENANTEIL“ .....	92
2.2.2	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „LAKTATIONSNUMMER“ .....	92
2.2.3	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „MEHRLINGSEIGENSCHAFT“ .....	93
2.3	EIWEIßGEHALT AUS LKV-DATEN.....	94
2.3.1	IN ABHÄNGIGKEIT VOM „FLECKVIEHGENANTEIL“ .....	94
2.3.2	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „LAKTATIONSNUMMER“ .....	95
2.3.3	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „MEHRLINGSEIGENSCHAFT“ .....	96
2.4	ZELLZAHL AUS LKV-DATEN .....	97
2.4.1	IN ABHÄNGIGKEIT VOM „FLECKVIEHGENANTEIL“ .....	97
2.4.2	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „LAKTATIONSNUMMER“ .....	98
2.4.3	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „MEHRLINGSEIGENSCHAFT“ .....	99
2.5	LOGZELLZAHL AUS LKV-DATEN .....	100
2.5.1	IN ABHÄNGIGKEIT VOM „FLECKVIEHGENANTEIL“ .....	100
2.5.2	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „LAKTATIONSNUMMER“ .....	101
2.5.3	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „MEHRLINGSEIGENSCHAFT“ .....	102
2.6	HARNSTOFF AUS LKV-DATEN.....	103
2.6.1	IN ABHÄNGIGKEIT VOM „FLECKVIEHGENANTEIL“ .....	103

2.6.2	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „LAKTATIONSNUMMER“ .....	104
2.6.3	IN ABHÄNGIGKEIT VON DER „MEHRLINGSEIGENSCHAFT“ .....	105
<b>V.</b>	<b><u>DISKUSSION</u></b> .....	<b>107</b>
1.	TAGESMILCHMENGE .....	107
2.	MILCHMENGE PRO GEMELK .....	108
3.	BESUCHSZEIT IM AMS UND MILCHFLUSSGESCHWINDIGKEIT .....	109
4.	MILCHTEMPERATUR UND ZELLZAHL .....	110
5.	LEITFÄHIGKEIT UND FETTGEHALT .....	111
6.	EIWEIßGEHALT .....	113
7.	HARNSTOFFGEHALT .....	114
8.	KÖRPERGEWICHT .....	115
9.	KRAFTFUTTER .....	115
10.	AKTIVITÄT .....	116
<b>VI.</b>	<b><u>ZUSAMMENFASSUNG</u></b> .....	<b>118</b>
<b>VII.</b>	<b><u>SUMMARY</u></b> .....	<b>120</b>
<b>VIII.</b>	<b><u>LITERATURVERZEICHNIS</u></b> .....	<b>121</b>
<b>IX.</b>	<b><u>ANHANG</u></b> .....	<b>131</b>
<b>IX.1</b>	<b><u>TABELLEN AUS AMS-DATEN</u></b> .....	<b>131</b>
<b>IX.2</b>	<b><u>TABELLEN AUS LKV-DATEN</u></b> .....	<b>150</b>
<b>X.</b>	<b><u>DANKSAGUNG</u></b> .....	<b>156</b>

## A. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung des Heterosiseffektes: Abweichung der F1-Nachkommen vom Mittel der Eltern .....	18
Abbildung 2: Aktivität gemessen an der Schrittzahl im Tagesverlauf (2-Stunden Takt), modifiziert nach Roelofs et al. (2005) .....	41
Abbildung 3: Grundfutterzusammensetzung (Teil-TMR) in Prozent für Leistungsgruppe und Trockensteher.....	47
Abbildung 4: Kraftfutterzusammensetzung für laktierende Kühe in Prozent. ....	48
Abbildung 5: Auflistung der über das AMS verabreichten Kraftfuttermengen in kg, in Abhängigkeit der verschiedenen Tiergruppen und Laktationsstadien.....	48
Abbildung 6: Tagesmilchmenge in kg aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“ .....	55
Abbildung 7: Milchmenge in kg aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ .....	56
Abbildung 8: Milchmenge in kg aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“ .....	57
Abbildung 9: Milchmenge in Kg pro Gemelk aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom Fleckviehgenanteil (%) .....	58
Abbildung 10: Milchmenge in kg pro Gemelk aus AMS- Daten in Abhängigkeit von der Laktationsnummer.....	59
Abbildung 11: Milchmenge in kg pro Gemelk aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der Mehrlingseigenschaft.....	60
Abbildung 12: Milchmenge in kg je Euterviertel pro Gemelk aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom Fleckviehgenanteil (%) .....	61
Abbildung 13: Milchmenge in kg je Euterviertel pro Gemelk aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ .....	62
Abbildung 14: Milchmenge in kg je Euterviertel pro Gemelk aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“ .....	63
Abbildung 15: Besuchszeit in Sek. aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“ (%) .....	64

Abbildung 16: Besuchszeit in Sek. aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ .....	65
Abbildung 17: Besuchszeit in Sek. aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“ .....	66
Abbildung 18: Höchste Milchflussgeschwindigkeit in Kg/min aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“ (%).....	67
Abbildung 19: Höchste Milchflussgeschwindigkeit in Kg/min aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ .....	68
Abbildung 20: Höchste Milchflussgeschwindigkeit in kg/min aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“ .....	69
Abbildung 21: Milchtemperatur in °C aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“ (%)... 70	
Abbildung 22: Milchtemperatur in °C aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ ....	71
Abbildung 23: Milchtemperatur in °C aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“ 71	
Abbildung 24: Leitfähigkeit je Euterviertel in mS/cm aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“ (%).....	73
Abbildung 25: Leitfähigkeit je Euterviertel in mS/cm je Euterviertel aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ .....	74
Abbildung 26: Leitfähigkeit je Euterviertel in mS/cm aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“ .....	75
Abbildung 27: Fettgehalt in % aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“ .....	76
Abbildung 28: Fettgehalt in % aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ .....	77
Abbildung 29: Fettgehalt in % aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“ .....	77
Abbildung 30: Eiweißgehalt in % aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“ .....	78
Abbildung 31: Eiweißgehalt in % aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“.....	79
Abbildung 32: Eiweißgehalt in % aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“ .....	80
Abbildung 33: Kraftfutterverzehr in kg aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“ .....	81
Abbildung 34: Kraftfutterration in kg aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ ....	82
Abbildung 35: KFR in kg aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“ .....	83
Abbildung 36: Aktivität aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“ .....	84

Abbildung 37: Aktivität aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ .....	85
Abbildung 38: Aktivität aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“ .....	86
Abbildung 39: Körpergewicht (KGW) in kg aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“ .....	87
Abbildung 40: Körpergewicht (KGW) in kg aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ .....	88
Abbildung 41: Körpergewicht (KGW) in kg aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“ .....	89
Abbildung 42: Tagesmilchmenge in Kilogramm aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit vom Fleckviehgenanteil (%) .....	90
Abbildung 43: Tagesmilchmenge in Kilogramm aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Laktationsnummer .....	91
Abbildung 44: Tagesmilchmenge in Kg aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Mehrlingseigenschaft .....	91
Abbildung 45: Fettgehalt in Prozent aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit vom Fleckviehgenanteil (%) .....	92
Abbildung 46: Fettgehalt in Prozent aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Laktationsnummer .....	93
Abbildung 47: Fettgehalt in Prozent aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit zur Mehrlingseigenschaft .....	94
Abbildung 48: Eiweißgehalt in Prozent aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit vom Fleckviehgenanteil (%) .....	95
Abbildung 49: Eiweißgehalt in Prozent aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Laktationsnummer .....	96
Abbildung 50: Eiweißgehalt in Prozent aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Mehrlingseigenschaft .....	97
Abbildung 51: Zellzahl (x1000) aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit vom Fleckviehgenanteil (%) .....	98
Abbildung 52: Zellzahl (x1000) aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Laktationsnummer .....	99
Abbildung 53: Zellzahl (x1000) aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Mehrlingseigenschaft .....	100

Abbildung 54: Logarithmierte Zellzahl (SCS) aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit vom Fleckviehgenanteil (%) .....	101
Abbildung 55: Logarithmierte Zellzahl (SCS) aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Laktationsnummer .....	102
Abbildung 56: Logarithmierte Zellzahl (SCS) aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Mehrlingseigenschaft .....	103
Abbildung 57: Harnstoff in mg/100 ml aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit vom Fleckviehgenanteil (%) .....	104
Abbildung 58: Harnstoff in mg/100ml aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Laktationsnummer .....	105
Abbildung 59: Harnstoff in mg/100 ml aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Mehrlingseigenschaft .....	106
Abbildung 60: Beziehung zwischen Leitfähigkeit (mS/cm) und Milchfettgehalt (%) aus AMS-Daten des Lehr- und Versuchsgutes .....	112
Abbildung 61: Beziehung zwischen Tagesmilchmenge (kg) und AMS-Aktivität (ley-Aktivität) .....	117

## B. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Durchschnittliche Zellzahlen/ml Milch der in Bayern häufigsten Milchviehrassen aus LKV Milchleistungsprüfung.....	30
Tabelle 2: Melksaisonklassen und Abkalbesaisonklassen 1-6.....	50
Tabelle 3: Einteilung der Laktationen in Laktationsnummern .....	51
Tabelle 4: Fleckviehgenanteile in Klassen .....	51
Tabelle 5: Tagesleistung in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“ aus Tagesdaten.....	131
Tabelle 6: Tagesleistung in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer " aus Tagesdaten .....	132
Tabelle 7: Tagesleistung in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Tagesdaten.....	132
Tabelle 8: Milchmenge pro Gemelk in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten .....	132
Tabelle 9: Milchmenge pro Gemelk (kg) in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ aus Melkdaten	133
Tabelle 10: Milchmenge pro Gemelk (kg) in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten .....	133
Tabelle 11: Milchmenge je Euterviertel in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten .....	133
Tabelle 12: Milchmenge je Euterviertel in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten ...	134
Tabelle 13: Milchmenge je Euterviertel in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten	135
Tabelle 14: Melkzeit pro Gemelk in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten.....	136
Tabelle 15: Melkzeit pro Gemelk in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten .....	136
Tabelle 16: Melkzeit pro Gemelk in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten .....	136
Tabelle 17: Melkzeit je Euterviertel in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten .....	136
Tabelle 18: Melkzeit je Euterviertel in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten.....	138
Tabelle 19: Melkzeit je Euterviertel in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten.....	139
Tabelle 20: Melkdauer in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten".....	139
Tabelle 21: Melkdauer in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten .....	139

Tabelle 22: Melkdauer in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten .....	140
Tabelle 23: Besuchzeit im AMS in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“ aus Melkdaten .....	140
Tabelle 24: Besuchzeit im AMS in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten .....	140
Tabelle 25: Besuchzeit im AMS in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten .....	141
Tabelle 26: Höchste Milchflussgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten .....	141
Tabelle 27: Höchste Milchflussgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten .....	141
Tabelle 28: Höchste Milchflussgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten .....	141
Tabelle 29: Besuche/d in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“ aus Melkdaten .....	142
Tabelle 30: Besuche des AMS/d in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ .....	142
Tabelle 31: Besuche des AMS/d in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“ .....	142
Tabelle 32: Milchttemperatur in °C in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten .....	143
Tabelle 33: Milchttemperatur in °C in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ aus Melkdaten .....	143
Tabelle 34: Milchttemperatur in °C in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten .....	143
Tabelle 35: Leitfähigkeit in mS/cm in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten .....	143
Tabelle 36: Leitfähigkeit in mS/cm in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten .....	144
Tabelle 37: Leitfähigkeit in mS/cm in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten .....	145
Tabelle 38: Fettgehalt in % in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten .....	145
Tabelle 39: Fettgehalt in % in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten .....	146
Tabelle 40: Fettgehalt in % in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten .....	146
Tabelle 41: Eiweißgehalt in % in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten .....	146
Tabelle 42: Eiweißgehalt in % in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten .....	146
Tabelle 43: Eiweißgehalt in % in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten .....	147

Tabelle 44: Kraftfuttermenge in kg in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten (pro Gemelk) und Tagesdaten (pro Tag).....	147
Tabelle 45: Kraftfuttermenge in kg in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten (pro Gemelk) und Tagesdaten (pro Tag).....	147
Tabelle 46: Kraftfuttermenge in kg in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten (pro Gemelk) und Tagesdaten (pro Tag).....	148
Tabelle 47: Aktivität (E) in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten .....	148
Tabelle 48: Aktivität (E) in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten.....	149
Tabelle 49: Aktivität in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten.....	149
Tabelle 50: Gewicht in kg in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten .....	149
Tabelle 51: Gewicht in kg in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten .....	149
Tabelle 52: Gewicht in kg in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten.....	150
Tabelle 53: Tagesmilchmenge in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus LKV-Daten.....	150
Tabelle 54: Tagesmilchmenge in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ aus LKV-Daten.....	150
Tabelle 55: Tagesmilchmenge in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“ aus LKV-Daten.....	150
Tabelle 56: Fettgehalt in Prozent in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil"aus LKV-Daten .....	151
Tabelle 57: Fettgehalt in Prozent in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer"aus LKV-Daten.....	151
Tabelle 58: Fettgehalt in Prozent in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft"aus LKV-Daten .....	152
Tabelle 59: Eiweißgehalt in Prozent in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil"aus LKV-Daten .....	152
Tabelle 60: Eiweißgehalt in Prozent in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ aus LKV-Daten .....	152
Tabelle 61: Eiweißgehalt in Prozent in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“ aus LKV-Daten .....	153
Tabelle 62: Zellzahl (x1000) in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus LKV-Daten.....	153
Tabelle 63: Zellzahl (X1000) in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ aus LKV-Daten.....	153
Tabelle 64: Zellzahl (X1000) in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus LKV-Daten .....	154
Tabelle 65: Logarithmierte Zellzahl in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus LKV-Daten.....	154
Tabelle 66: Logarithmierte Zellzahl in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus LKV-Daten .....	154

Tabelle 67: Logarithmierte Zellzahl in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus LKV-Daten ..	155
Tabelle 68: Harnstoff in Prozent in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus LKV-Daten .....	155
Tabelle 69: Harnstoff in Prozent in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus LKV-Daten .....	155
Tabelle 70: Harnstoff in Prozent in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“ aus LKV-Daten.....	155

## C. Abkürzungsverzeichnis

• Abb.	Abbildung
• AMS	automatisches Melksystem
• bzw.	Beziehungsweise
• cm	Zentimeter
• c	spezifische Leitfähigkeit
• d	Tage
• DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.
• DMHG	durchschnittliches Minutenhauptgemelk
• ECM	energy corrected milk (auf den Energiegehalt korrigierte Milchmenge)
• et al.	und andere
• FV	Deutsches Fleckvieh
• F1	Erste Kreuzungsgeneration
• ggf.	gegebenenfalls
• h	Stunden
• HMF	höchster Milchfluss
• KB	künstliche Besamung
• kg	Kilogramm
• l	Liter
• LF	Leitfähigkeit
• LH I	links hinten
• LKV	Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V.
• LSM	least squares mean (kleinste Quadrate Mittelwert)
• LV	links vorne
• LVG	Lehr- und Versuchsgut
• m	Meter
• m <sup>2</sup>	Quadratmeter
• mg	Milligramm
• MilchGüV	Milchgüteverordnung
• min	Minuten
• MJ	Megajoule
• MLP	Milchleistungsprüfung
• mmol	Millimol
• mS	Millisiemens
• µm	Mikrometer
• NEL	Netto-Energie-Laktation
• NPN	Nicht-Protein-Stickstoff-Verbindungen
• p.p.	post partum
• PW	Produktionswert

- R1 bzw. RX Rotationskreuzungsgenerationen nach der F1 (von erster bis „x-ter“ Generation)
- RH rechts hinten
- RV rechts vorne
- s Sekunden
- S. Seite
- SCC somatic cell count (somatische Zellzahl)
- SCS somatic cell score (somatischer Zellzahlwert)
- T Tausend
- Tab. Tabelle
- TMR Totale Mischration (oder Total Mixed Ration)
- USDA United States Department of Agriculture
- V Volt
- v.a. vor allem
- Vol. Volume
- z.B. zum Beispiel

## I. Einleitung

Mitte der 1960er Jahre begann in Deutschland, mit Import von Tiefgefriersperma und Zuchtbullen, die als „Holsteinisierung“ bezeichnete Verdrängungskreuzung der bis dahin weit verbreiteten „Schwarzbunten“ Milchkuh durch „Holstein-Friesian“ aus den USA. Die nordamerikanischen „Holstein-Friesian“ waren bis dato den ostfriesisch-holländischen Schwarzbunten in Milchleistung, Rahmigkeit und Melkbarkeit überlegen. Die durch Verdrängungskreuzung entstandene Rasse wird als „Deutsche Holsteins“ bezeichnet. Besonders Fitnessmerkmale wie Fruchtbarkeit und Eutergesundheit litten jedoch unter der zunehmenden züchterischen Bedeutung der Milchmengenleistung (Brade und Brade 2013). Um dieser negativen Entwicklung entgegen zu wirken, kann die Kreuzungszucht, durch Ausnutzung von Stellungseffekten, additiv-genetischen Effekten und der Heterosis einen Ausweg aus der Problematik bieten. Dieses Verfahren findet in der Schweine- und Geflügelzucht schon lange Anwendung, in der Rinderzucht hingegen ist die Reinzucht die vorherrschende Methode. Ursächlich hierfür ist zum einen das lange Reproduktionsintervall, andererseits die niedrige Reproduktionsleistung der Rinder. Die Rotationskreuzung bietet hierbei die beste Möglichkeit mit geringem züchterischen Aufwand Heterosiseffekte zu nutzen. Dabei werden vornehmlich zwei Rassen abwechselnd miteinander gekreuzt (Wechselkreuzung), die Remontierung kann somit im Betrieb erfolgen. Mittlerweile gibt es einige Kreuzungsversuche die über die positiven Effekte der Rotationskreuzung berichten (Swalve 2004). Einen zu erwartenden Wert von 5% Heterosis ermittelten Lopez-Villalobos et. al (2000) für die Milchleistung bei Kreuzungstieren aus Holstein x Jersey in Neuseeland. Die dortigen Verhältnisse lassen sich jedoch auf Grund der ganzjährigen Weidehaltung und somit eines völlig anderen Haltungsystems nicht auf europäische Milchviehbetriebe übertragen. Die Untersuchungen von Van Raden und Sanders (2003) relativieren diese Ergebnisse. Sie ermittelten für die Milchmenge nur 3,4%, für die Fettmenge 4,4% und für die Eiweißmenge 4,1% Heterosis. Brähmig (2011) bestätigte diese Ergebnisse mit seinen Untersuchungen der Kreuzungsherde des Lehr- und Versuchsgutes in Oberschleißheim. Er berechnete eine positive Heterosis von 2,83% für Fettgehalt und 1,89% Heterosis für den Eiweißgehalt in der F1-Generation, und auch die R1-Generation lag bei diesen Parametern über dem Durchschnitt der Elterntiere. Das Deutsche Fleckvieh erbringt zwar mit 7.401 kg Milchleistung (305-Tagesleistung) deutlich weniger Milch als Deutsche Holsteins mit 8.750 kg (Schwarzbunte), jedoch übertreffen sie in den Milchinhaltsstoffen Fett (4,16%) und Eiweiß (3,49%) die Holsteinkühe (4,03%; 3,34%) und bieten zudem als Zweinutzungsrasse höhere Schlachtgewichte und kürzere Mastzeiten (LKV-Bayern 2016). Mit Beendigung der systematischen Wechselkreuzung aus Deutschen Holsteins und Deutschem Fleckvieh am LVG Oberschleißheim im Jahr 2014 wurde fortan begonnen die Kreuzungstiere auf Fleckvieh zurück zu züchten. Bis auf wenige Ausnahmen wurden die Kühe der Herde des LVG nur noch mit Sperma von

Fleckviehbullen besamt oder sind von diesen gedeckt worden. Im Laufe der Jahre entwickelte sich eine Herde mit Fleckvieh-Genanteilen von 0% bis 100%. Die meisten bisherigen Kreuzungsversuche untersuchten lediglich die Effekte der F1, in seltenen Fällen der R1-Generation. Ziel der vorliegenden Arbeit war es herauszufinden, wie sich die Milchmengen- sowie Milchqualitätseigenschaften, die Eutergesundheit und die Melkbarkeit im Zuge der Rückkreuzung auf Fleckvieh verhalten. Die gesammelten Daten stammen aus den Auswertungen der Melkroboter sowie aus den im Zuge der Milchleistungsprüfung des LKV gesammelten Daten. Durch ein unverändertes Haltungssystem im Untersuchungszeitraum können nahezu gleichbleibende Umweltbedingungen gewährleistet werden.

## II. Literatur

### 1. Kreuzungszucht

Unter Kreuzungszucht versteht man die Verpaarung von Individuen verschiedener Populationen, Rassen oder Linien. Hierbei sind die Individuen weniger eng miteinander verwandt als der Durchschnitt der Paarungspartner innerhalb der Population, der Rasse oder der Linie. Kreuzungszucht ist demnach das Gegenteil von Reinzucht und Inzucht (Baumung 2005). Aufgrund steigender Ansprüche an Milchleistung und Milchqualität sowie Fruchtbarkeit und Gesundheit der Milchkühe, durch wirtschaftlichen Druck, gewinnt die Kreuzungszucht in der heutigen Zeit immer mehr an Bedeutung. Nichtsdestotrotz ist noch immer die Reinzucht das vorherrschende Programm in deutschen Milchviehbetrieben, während in der Schweine- und Geflügelzucht Kreuzungsverfahren dominierend sind. Gründe hierfür sind vor allem, die geringe Reproduktionsrate, das lange Reproduktionsintervall, sowie der relativ hohe Wert von Milchkühen, da bei diesen das Produktionstier zugleich Zuchttier ist. Hinzu kommt, dass durch die sehr hohe Milchleistung der Rasse Deutsche Holsteins nur schwer eine Kreuzungspartnerrasse zu finden ist, die ähnlich hohe Leistungen erzielt (Kräußlich 1999; Swalve, 2004). Dennoch gibt es – neben der Inzuchtvermeidung - mehrere Gründe auch bei Milchkühen die Kreuzungszucht durchzuführen (Sørensen et al. 2008; Norman et al. 2010). Auf Grund des hohen Milchleistungsniveaus der Holstein-Kuh, ist diese zur dominantesten Milchviehrasse in vielen Teilen der Welt geworden. Allerdings haben eben diese Zuchtprogramme, die auf hohe Milchleistung ausgerichtet sind, funktionale Merkmale wie Fertilität, Gesundheit und Langlebigkeit im Rahmen der Zuchtwertschätzung relativ niedrig gewichtet. Eine Möglichkeit diese Merkmale wieder zu verbessern, liegt in der Kreuzungszucht (Ferris, Heins und Buckley 2014; Hazel et al. 2017). Zum einen lassen sich durch gezielte Verpaarung zweier verschiedener Rassen deren jeweilige Leistungsmerkmale kombinieren, was bei Reinzucht nur schwer oder nicht möglich wäre. Dieser Effekt wird als Kombinationseffekt bezeichnet. Der sogenannte Stellungseffekt beschreibt die Auswirkung der Position der Eigenschaften auf mütterlicher oder väterlicher Seite der Population. So können beispielsweise gute Muttereigenschaften und hohe Milchleistung der Mutterrasse und hohe Fleischleistung der Vaterasse wirtschaftlich vorteilhaft kombiniert werden. Ein weiterer Effekt, der bei

Kreuzungszucht zum Tragen kommen kann, ist die Heterosis. Unter (positiver) Heterosis versteht man einen genetischen Effekt, bei welchem durch Verpaarung zweier reinrassiger Elterntierlinien die durchschnittliche Leistung dieser, bezogen auf ein bestimmtes Merkmal, durch die Nachkommen in der F1-Generation überschritten wird (siehe Abb. 1), (Baumung 2005). Nach Caraviello (2004) hängt die Heterosis von den Unterschieden in den Genfrequenzen der Elternpopulationen ab und ist maximal wenn ein Allel fix in der einen Population und das andere Allel fix in der anderen Population auftritt. Bei erneuter Kreuzung der F1-Generation untereinander kommt es nur noch zu einer Ausprägung der Heterosis von 50% gegenüber den F1-Tieren.

Trotz der vielen positiven Effekte, die die Kreuzungszucht mit sich bringen kann, sehen Ferris et al. (2014) darin nicht für jeden Landwirt die beste Lösung. So würde ein schlechter „Reinzucht“-Landwirt noch immer ein schlechter „Kreuzungszucht“-Landwirt bleiben, solange nicht geklärt ist, ob Managementprobleme die Ursache für schlechte Leistungen sind. Außerdem muss bekannt sein, dass Kreuzungszucht wiederum das Management verkomplizieren kann. So entstünden beispielsweise bei Kreuzungskühen aus Holstein x Jersey kleinere Kühe oder Kühe mit unterschiedlicher Größe was zu Problemen im Melkstand führen könne. In der Wahl der zweiten Rasse sehen Ferris et al. (2014) ebenfalls eine große Herausforderung. Zum einen sollte die Rasse für das System der Milchproduktion geeignet sein, in dem ihre Nachkommen „funktionieren“ müssen, zum anderen muss jeglicher Verlust von Milchleistung gering gehalten werden, bei gleichzeitiger Maximierung anderer Merkmale. Schwieriger als die Wahl der Rasse, sei allerdings die Wahl des Bullen selber. So genüge es nicht den „neighbour down the road“ nur auf Grund seiner Rasse als passenden Bullen zu sehen, sondern es sollte stets der Top Bulle in Betracht des jeweiligen Merkmales zur Zucht Verwendung finden. Am Beispiel der Kreuzungszucht von Holstein x Jersey sehen Ferris et al. (2014) den Vorteil der Langlebigkeit von Kreuzungstieren über die dritte und vierte Laktation hinaus im Gegensatz zu reinen Holstein-Kühen. Bei späteren Laktationen neigen die Kreuzungstiere jedoch zu einem tief hängenden Euter, hohen Zellzahlen und daraus resultierenden Abgängen. Besonders innerhalb so genannter „low-input Systeme“, beispielsweise der Weidehaltung, seien eben solche Kreuzungstiere aus Holstein x Jersey besonders gut geeignet.

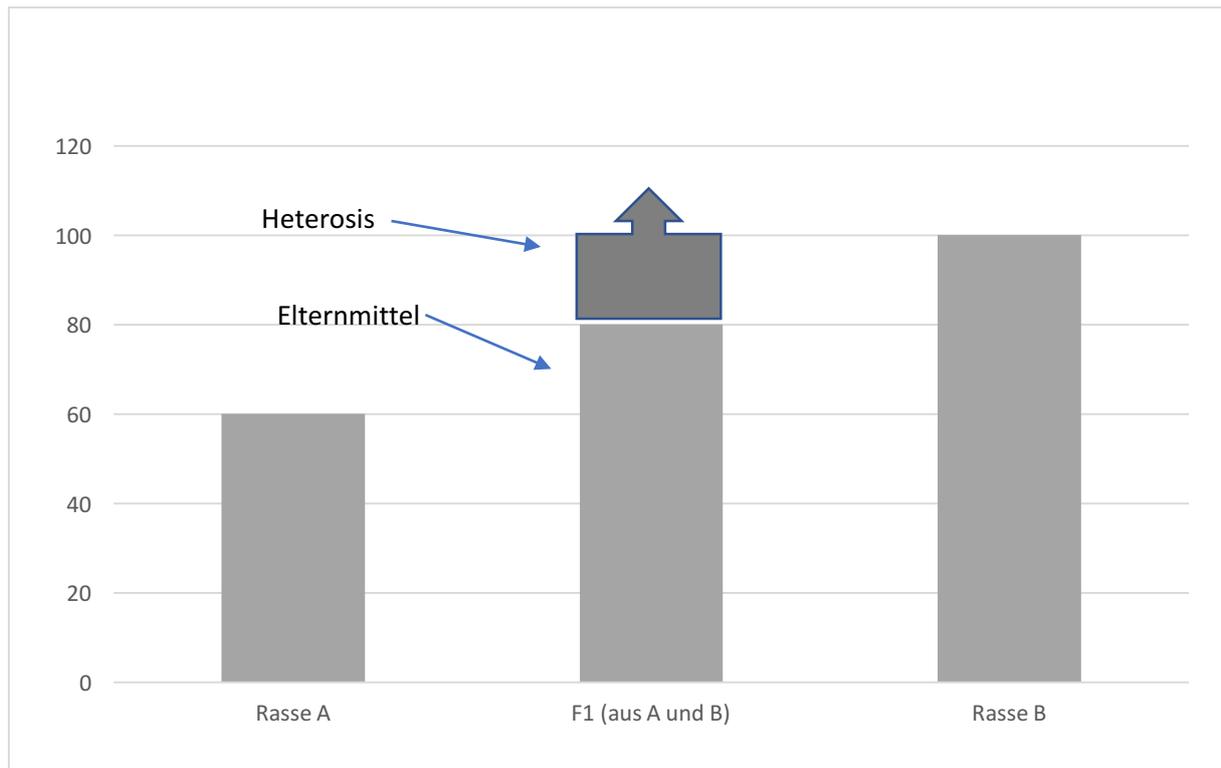


Abbildung 1: Darstellung des positiven Heterosiseffektes: Abweichung der F1-Nachkommen vom Mittel der Eltern

## 1.1 Genetische Grundlagen

Verpaart man demnach jene zwei homozygoten Elterntiere so entstehen 100% heterozygote Nachkommen in der F1-Generation. Diese Heterozygotie wird in der Zucht als positiver Effekt angesehen, da hierbei als positiv erachtete Merkmale beider Populationen an die Nachkommen weitergegeben werden können. Bei erneuter Verpaarung eines ebensolchen F1-Tieres mit einem anderen heterozygoten Tier der F1-Generation entstehen in der Theorie 50% homozygote und nur noch 50% heterozygote Nachkommen der F2-Generation im Verhältnis 1:2:1. Zudem kann es, durch die mögliche Auswirkung von „crossing-over“, bei welchem es durch Neukombination einzelner Genabschnitte zu Veränderungen von im Laufe der Evolution entstandenen, günstigen Genkombinationen, zu sogenannten „Rekombinationsverlusten“ führen. Der Verlust von Heterozygotie und die zusätzliche Möglichkeit von „Rekombinationsverlusten“ macht deutlich, dass es möglicherweise wenig sinnvoll ist, mit Kreuzungstieren weiter zu züchten (Swalve 2004).

## 1.2 Systeme der Kreuzungszucht

Welche Anforderungen an die Kreuzungszucht mit Milchrindern gestellt werden müssen, hat (Swalve, 2004 in Anlehnung an Hill, 1971) zusammengefasst:

- Stabilität (konstante genetische Zusammensetzung) in der Produktionsstufe
- Möglichkeit der eigenen Remontierung in der Produktionsstufe

-Effektive Nutzung von Heterosis

-Weitere Verbesserung der Reinzuchtlinien auf additiv genetischer Basis

Während Kräußlich (1999) diese Anforderungen an Kreuzungszucht durch Rotationskreuzung als erfüllt sieht, kommt Swalve (2004) zu dem Ergebnis, dass eine möglichst hohe Ausgeglichenheit der Kreuzungstiere in der Produktionsstufe nur durch diskontinuierliche Kreuzungen gewährleistet sei, andererseits die eigene Remontierung nur über kontinuierliche Kreuzungsverfahren sichergestellt wäre. Dadurch aber würde wiederum die Einheitlichkeit des Kreuzungsproduktes und die Ausnutzung der Heterosis eingeschränkt. Als Alternative sieht Swalve (2004) hier die Zwei-Rassen-Rotations-Kreuzung mit Deutschen Holsteins, wobei hierbei die Schwierigkeit bestünde, eine Kreuzungsrasse zu finden, die in der Milchleistungsveranlagung den Holsteinkühen nicht zu weit nachstünde. Nach McAllister et al. (1994) müsste die zweite Rasse mindestens 90% der Milchleistung der Holsteinkühe erbringen, damit laut Swalve (2004) die Vorteile der entstandenen Effekte der Heterosis ausreichen, um Milchleistungsverluste aufgrund additiv-genetischer Effekte auszugleichen.

Grundsätzlich werden Methoden der Kreuzung unterschieden in kontinuierliche Verfahren, bei welchen mit den Kreuzungstieren weitergezüchtet wird und diskontinuierliche Verfahren ohne Weiterzucht mit Kreuzungstieren. Diskontinuierliche Verfahren werden besonders in der Schweine- und Geflügelzucht in Form der Einfach-Kreuzung (zwei Rassen) oder Mehrfach-Kreuzung (3-4 Rassen) angewendet und weniger in der Milchviehzucht. Zwar bietet dieses Verfahren den Vorteil der optimalen Ausnutzung von Heterosis und Stellungseffekten, jedoch ist ein enormer zuchtorganisatorischer Aufwand von Nöten. Der Grund hierfür ist, dass zum einen eine Basiszucht mit Reinzuchtlinien erfolgen muss; die Kreuzungsprodukte wiederum würden, im Falle der Milchviehzucht, an reine Abmelkbetriebe abgegeben werden, die mit diesen nicht weiter züchten (Swalve 2004). Baumung (2005) sieht allerdings auch die Einfach-Kreuzung im diskontinuierlichen Verfahren als Möglichkeit der Zucht mit Milchrindern. Hierbei würden die „Endprodukte“ mit Spermia von Fleischrassen besamt und die entstehenden Nachkommen nicht zur Remontierung genutzt, sondern, aufgrund von Stellungseffekten verbesserter Fleischleistung in der Mast Verwendung finden.

Kontinuierliche Verfahren finden vor allem in Neuseeland, in Form der Wechselkreuzung mit Holstein x Jersey Anwendung. Hierbei ist in der Regel die Mutter ein Kreuzungstier und der Vater reinrassig. Um entstehende Schwankungen der Leistungen der Endprodukte zu vermeiden, werden Rassen mit geringem phänotypischen Unterschied genutzt. Dabei werden zwar einheitliche Marktprodukte erzeugt, Heterosis und Stellungseffekte aber nicht mehr optimal genutzt und es kann zu Rekombinationsverlusten kommen (Baumung 2005). Den großen Vorteil sieht Swalve (2004) jedoch in der Möglichkeit, dass bei kontinuierlichen Verfahren die Remontierung im eigenen Betrieb erfolgen kann und somit der zuchtorganisatorische Aufwand sinkt. Caraviello (2004) gibt für die in Neuseeland typische 2-Rassen-Rotationskreuzung, mit Holstein und Jersey, eine nach mehreren Generationen entstandene Heterosis der

Kreuzungstiere von 67% an. Für die 3-Rassen-Rotationskreuzung aus Holstein x Jersey x Brown Swiss ergibt sich eine Heterosis von 86% nach mehreren Generationen.

### 1.3 Übersicht der Kreuzungsversuche

Bereits 1906 sind erste Kreuzungsversuche in Dänemark mit 400 Milchkühen der Rassen Danish Red und Jersey beschrieben (Sörensen, et al. 2008). Erstaunlicherweise wurden auch in Indien (Banglore) ab 1910 erste gezielte Kreuzungszuchtversuche zwischen Ayrshire Bullen und Haryana Kühen durchgeführt, nachdem europäische Missionare bereits um 1875 mit der Einkreuzung von europäischen Rindern in die lokalen Zeburassen begonnen hatten (Singh 2016). In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts folgte unter anderem eine Studie zur 2- und 3-Rassen-Rotationskreuzung des United States Departement of Agriculture (USDA) im Jahre 1939 (Fohrmann et al. 1954). Hierbei wurden Kühe der Rassen Holstein, Danish Red, Jersey, Guernsey mit Bullen der Rassen Holstein, Danish Red und Jersey verpaart. Fohrmann et al. (1954) kamen zu einem Leistungsdurchschnitt der Kreuzungstiere von 30% für Milch und 35% für Fett über dem der Elterntiere. In den zwischen 1950 und 2000 durchgeführten Zuchtprogrammen lag das Augenmerk der Milchviehrasseneinkreuzungen weniger auf der Ausnutzung von Heterosis und Stellungseffekten, sondern mehr auf der Nutzung von additiv-genetischen Effekten durch die sogenannte „Veredelungskreuzung“ und nur unter speziellen ökonomischen Voraussetzungen in der „Kombinationskreuzung“ (Freyer et al. 2008). Es wurde ein züchterischer Fortschritt in einigen Leistungs- und Exterieurmerkmalen angestrebt, ohne einen vorgegebenen Fremdgenanteil zu überschreiten (Lederer 2005). Große Experimente fanden innerhalb der USA, in Beltsville, Maryland, zwischen Brown Swiss, Ayrshire und Holstein (McDowell und McDaniel 1968, Sörensen, et al. 2008), sowie in Illinois zwischen Guernsey und Holstein statt (Touchberry 1992). Im sogenannten „Illinois Experiment“ von 1949-1969 untersuchte die Universität von Illinois die Effekte der Kreuzung von Holstein und Guernsey. Die Kreuzungstiere übertrafen die Eltern im Durchschnitt um 8,0% in der Milchmenge, 8,5% im Fettgehalt und um 7,5% im Proteingehalt der Milch (Touchberry 1992). Kanada führte etwas später ebenfalls Gebrauchskreuzungen von Holstein-Kühen und Bullen diverser Rassen wie z.B. Schwedisches Rotvieh, Norwegisches Rotvieh, Montebeliarde, Brown Swiss, Jersey und einiger Fleischrassen durch, ohne dabei Heterosiseffekte ermitteln zu können, weil keine reinrassigen Kühe, der an Holstein angepaarten Bullen(rassen) in den untersuchten Milchviehbetrieben standen (Schaeffer et al. 2011).

Neuseeland ist – in Bezug auf den Export von Milchprodukten - das wohl wichtigste milchproduzierende Land mit über 20% Kreuzungszucht aus Holstein x Jersey (Swalve 2004), wenn auch die dort herrschenden Verhältnisse der ganzjährigen Weidehaltung nicht mit deutscher Milchviehhaltung zu vergleichen sind. Die Abkalbungen und somit Zeiten höchster Milchproduktion der Mütterkühe werden auf den Zeitraum höchster Aufwuchsintensität des Grünlandes gelegt. Demnach fällt die Trockenstehzeit in Phasen der geringen Aufwuchsintensität und wird somit verlängert, die Laktation (Milchproduktion) dadurch allerdings auf ca. 275 Tage verkürzt (LIC 2017). Züchterisches Ziel liegt bei dieser extensiven Weidehaltung nicht auf der höchsten Milchleistung, sondern auf Flächenproduktivität gemessen in

Nettoeinkommen pro ha (Mertens, Klemm und Fischer 2011). Die „New Zealand Dairy Statistics“ (LIC 2017) geben für die Saison 2016/2017 eine Kuhzahl für ganz Neuseeland von 4,86 Millionen an. Kreuzungstiere aus den Rassen Holstein und Jersey (Kiwi-Cross) nehmen dabei mit 48% den größten Anteil der Neuseeländischen Population gefolgt von der Rasse Holstein mit 33%, reinen Jersey-Kühen mit 9,3 % und Ayrshire mit 0,6% ein. Der verbleibende Anteil von 9,1 % umfasst nicht weiter aufgeschlüsselte Rassen und Kreuzungen. Die Kreuzungstiere zeigten mit 4002 Litern eine geringere Milchleistung als Holsteinkühe (4407 l bei 217 Test-Laktationstagen → DIM = days in milk) gaben aber mehr Milch als Jersey Kühe (3169 l bei 219 Test-Laktationstagen). Der Fettgehalt (5,00%) der Kreuzungstiere sowie der Eiweißgehalt (3,99%) ist höher als jener der Holsteinkühe (4,48% bzw. 3,76%) aber geringer als jener der Rasse Jersey (5,7% bzw. 4,21 %) (LIC 2017). Lopez-Villalobos et al. (2000) kamen hinsichtlich Protein- und Fettgehalt im Rahmen einer 25-Jahres-Zuchtsimulation zur Modellierung der Effekte von Selektion und Kreuzungszucht der Rassen Holstein, Jersey und Ayrshire in Neuseeland ebenfalls zu dem Ergebnis der wirtschaftlichen Überlegenheit von Kreuzungstieren gegenüber Reinzuchtlinien.

Heins, Hansen und Seykora (2006) zeigten hingegen die Überlegenheit von Holsteinkühen hinsichtlich der Milchleistung (305 Tagesleistung) mit 9.757 kg, gegenüber Kreuzungstieren aus Holstein und Normande, Montbeliarde sowie Skandinavischem Rotvieh. Allerdings übertrafen im Milchproteingehalt die Kreuzungstiere die reinen Holsteinkühe (305 kg) nicht.

Während europäische oder amerikanische Studien fast alle ausschließlich die Auswirkung der Kreuzung auf die F1-Generation untersuchen, vergleicht Syrstad (1989) die Entwicklung der Parameter Erstkalbealter, Zwischenkalbezeit, Milchleistung und Laktationsdauer bei Kreuzungen aus tropischen Milchviehrassen (*Bos indicus*) und europäischen Rassen (*Bos taurus*) über die F1-Generation hinaus. Für alle untersuchten Merkmale wurden erwartungsgemäß in der F2-Generation Leistungsabnahmen beobachtet. Das Alter bei erster Kalbung und die Zwischenkalbezeit erhöhten sich um 2,3 Monate (7%) bzw. um 26 Tage (6%), die Milchleistungen nahmen um 452 kg (24%) ab und die Laktationsdauer verkürzte sich um 12 Tage (4%). Gründe hierfür sieht Syrstad (1989) im Rückgang der Heterozygotie und bei der Milchleistung zusätzlich durch Rekombinationsverluste.

In einer weiteren Studie untersuchten Dechow et al. (2007) die Unterschiede bei Effekten wie Milchtagesleistung, Fettgehalt, Proteingehalt und SCS von Deutschen Holsteins, Brown Swiss, deren Kreuzungstieren, sowie Rückkreuzungen auf Holstein und Brown Swiss. In die Auswertung einbezogen wurden 3.473 Kühe und 6.534 Laktationen mit dem Ergebnis der Überlegenheit von Kreuzungstieren (Brown Swiss Vater x Holstein Mutter) in der F1-Generation gegenüber reinen Holsteinkühen mit höheren Fett- und Proteingehalten und geringerem SCS. Für folgende Generationen jedoch, verschwände, auf Grund von Rekombinationsverlusten, jene Überlegenheit. Zudem war für die Rückkreuzungen auf Brown Swiss kein signifikanter Unterschied in Milchmenge, Fett- und Proteingehalt gegenüber reinen Brown Swiss Kühen erkennbar.

Bjelland et al. (2011) veröffentlichten ihre Ergebnisse zu einem Vergleich zwischen Holsteinkühen und Rückkreuzungen auf Holstein aus Holstein x Jersey Kreuzungstieren. Versuchstiere waren die an der Universität Wisconsin gehaltenen Milchkühe aus den Geburtsjahren 2003-2009. Alle einbezogenen Tiere hatten Holstein-Mütter. Die Kontrollgruppe wurde mit Holstein-Vätern besamt, die Rückkreuzungstiere hatten hingegen einen Kreuzungstier-Vater aus Holstein x Jersey. Bjelland et al. (2011) kamen zu dem Ergebnis, dass die Tiere der Kontrollgruppe (reine Holsteinkühe) die Rückkreuzungstiere in der Milchleistung (12.645 vs. 11.456 kg) übertreffen. Für Fettgehalt und Proteingehalt der Milch ergab sich kein signifikanter Unterschied, wohl aber für den logarithmierten SCC. Hier zeigten sich für die Kontrollgruppe niedrigere Werte (2,33 vs 3,81) im Vergleich zu den Rückkreuzungstieren. Insgesamt konnten Bjelland et al. (2011) keine Verbesserung der Merkmale Fruchtbarkeit, Langlebigkeit und Gesundheit der Rückkreuzungstiere im Gegensatz zu reinen Holsteins erkennen, und auch die Milchproduktionsparameter waren in ihren Zunahmen verschwindend gering.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der gleichen Herde wie in Schichtl (2007) und Brähmig (2011). Beide untersuchten den Einfluss der Wechselkreuzung von Deutschen Holsteins und Fleckvieh in der F1 sowie bei Brähmig auch in der R1-Generation auf Milchleistung und Qualität. Sowohl für die F1- als auch die R1-Generation ergaben sich für Fett- und Eiweißgehalt höhere Werte als bei reinen Holsteinkühen, jedoch geringere als bei Fleckviehkühen. Die höchste Milchleistung zeigten die reinen Deutschen Holstein-Kühe vor allen Kreuzungstieren. Im Unterschied zu den Arbeiten von Brähmig (2011) und Schichtl (2007) mit dem Fokus auf den Effekt der Wechselkreuzung wurde in der folgenden Dissertation die Auswirkung der Rückkreuzung auf Fleckvieh auf die Milchleistungs- und Milchqualitätsparameter untersucht.

## 1.4 Rassenvergleich

### 1.4.1 Deutsches Fleckvieh

Zirka ab dem Jahr 1830 wurden Simmentaler Rinder aus der Schweiz zielgerichtet in das damalige Königreich Bayern importiert und mit den dortigen Dreinutzungsrassen bzw. -linien gekreuzt (Stutzer 2007). Jedoch „weit intensiver als heute vermutet, verlief die genetische Einflussnahme Schweizer Rinder bereits im 18. Jahrhundert“ (Grupp 2012). Erst „mit der Definition und Zugrundelegung von Bestmaßen der DLG im Jahre 1925 begann die Konsolidierung ... und richtungsweisende Zucht auf Leistung und Exterieur“ (Grupp 2012) des Deutschen Fleckviehs aus dem damaligen Höhenfleckvieh als eigenständige Rasse (Vogel 1925, Stutzer 2007).

Mit 3,66 Millionen Tieren ist es heute die in Deutschland zweithäufigste Rinderrasse. Die größte Verbreitung findet sich im süddeutschen Raum mit 2,91 Millionen Tieren und davon 965.000 Milchkühen in Bayern. Als Universalnutzungs- und Fleisch- und Milchproduktionsrind wird beim Deutschen Fleckvieh

besonderer Wert auf eine starke Vorderhand sowie gute Rücken- und Keulenbemuskulung gelegt. Mit einer Kreuzbeinhöhe von 140-150 cm und einem Brustumfang von 210-240 cm erreichen die Kühe ein Gewicht von 650-850 kg und auch nach mehreren Laktationen soll das Euter noch oberhalb des Sprunggelenkes liegen. Die Milchleistung liegt je nach Management, Fütterungsintensität und natürlichen Bedingungen bei durchschnittlich 7000 kg, kann aber auch 10.000 kg erreichen. Fettgehalte liegen bei 4,2% und Eiweißgehalte bei 3,7% im Durchschnitt. Die Laktationsleistung steigt bis zur 5. Laktation an, wobei sich das Deutsche Fleckvieh besonders durch hohe Eutergesundheit und maximale Zellzahlen von 180.000 auszeichnen soll. Als Zweinutzungsrasse ist das Fleckvieh zudem für seine hohen Fleischleistungen bekannt. Die Jungbullen erreichen hierbei tägliche Zunahmen von 1.100- 1.300 g, wobei die Fetteinlagerung erst zu einem späten Zeitpunkt stattfindet und dadurch hohe Schlachtendgewichte bei hohen Ausschachtungsergebnissen von bis zu 58% und dabei hohen Fleischanteilen von 69% bis 71% erreicht werden können. Durch die besonders guten Muttereigenschaften der Fleckviehkühe und ihrer guten Milchleistung und Persistenz können die Fleckviehabsetzer zudem schnell wachsen und ein hohes Endgewicht von 600-700 kg erreichen ohne zu verfetten (Bayern-Genetik 2017).

Als Zuchtziel soll vor allem eine Steigerung der Eiweißmenge, eine Verbesserung der Fitness und Gesundheit erreicht werden, gleichzeitig die Fleischleistung erhalten bleiben und die Lebensdauer verlängert werden (Grupp 2017).

In einem einstimmigen Votum der Vertreter aus den verschiedenen Zuchtregionen Bayern, Baden-Württemberg, Hessen, Österreich und Tschechien wurde im November 2015 der Gesamtzuchtwert (GZW) für die Merkmalskomplexe Milch, Fleisch und Fitness im Verhältnis 38 : 18 : 44 neu gewichtet. Die Arbeitsgemeinschaft Süddeutscher Rinderzucht- und Besamungsorganisationen e.V. (ASR) beschreibt das neue Zuchtziel wie folgt: „Mit der etwas höheren Gewichtung des Fleischkomplexes und der gleichzeitigen Verschiebung der Gewichtung innerhalb des Fleischblocks auf die Schlachtqualitätsmerkmale Ausschachtung und Handelsklasse wird der großen Bedeutung der Doppelnutzung Rechnung getragen. Innerhalb des Milchblocks verschiebt sich die Gewichtung von Fett-kg zu Eiweiß-kg von 1:10 auf 1:1,4 und entspricht damit der wirtschaftlichen Realität nach dem Wegfall der Milchquote. Innerhalb des Fitnessblocks sind die wichtigsten Änderungen die Verdoppelung des Gewichts für den Fruchtbarkeitswert (14%), die Einbeziehung des neuen Merkmals Vitalitätswert (5%) und die Erhöhung der Persistenz auf 3%. Die Spitzenposition der Rasse in der Eutergesundheit wird durch die 10%-ige Berücksichtigung hervorgehoben, in der Nutzungsdauer wird ein hoher Selektionserfolg erwartet.“ (ASR 2015)

#### 1.4.2 Deutsche Holsteins (Rotbunte und Schwarzbunte)

Mit insgesamt 5,84 Millionen Holsteinrindern und davon 2,61 Millionen Kühen stellt diese Rasse die in Deutschland am weitesten verbreitete Gruppe da. Die beiden Farbschläge Rotbunte und Schwarzbunte haben Ihren Ursprung in den norddeutschen Küstengebieten der Nord- und Ostsee. Der Deutsche

Holstein Verband (DHV) gibt für die Herdbuchkühe (DHV Statistik 2016) der Rasse Holstein eine Milchleistung von 9,433 kg im Jahr und für Red Holstein 8.668 kg bei einem Fettgehalt von 4,03% bzw. 4,17% und einem Eiweißgehalt von 3,39% bzw. 3,44% an.

Der „Deutsche Holstein Verband“ (DHV) (Deutscher Holstein 2017) gibt seine Zuchtziele wie folgt an:

- „wirtschaftliche Leistungskuh in milchbetontem Typ
- hohe Milchleistung und entsprechendes Entwicklungspotenzial
- großes Futteraufnahmevermögen, stabile Gesundheit und gute Fruchtbarkeit
- genetisches Leistungspotenzial: 10.000 kg Milch mit 4 % Fett und 3,5 % Eiweiß
- Lebensleistung von über 40.000 kg Milch
- Kreuzhöhe: 145 bis 156 cm
- Gewicht: 650 bis 750 kg
- korrektes und widerstandsfähiges Fundament
- gesundes und gut melkbares Euter, das in Qualität und Funktionsfähigkeit hohe Tagesleistungen über viele Laktationen ermöglicht und die Ansprüche moderner Melksysteme erfüllt. „

Abfalter, Brade und Distl (2012) beschreiben eine Nutzungsdauer von 2-3 Laktationen, wobei jedoch die Laktationshöchstleistung erst in der 3.-5. Laktationsnummer erreicht würde.

## 2. Milchleistung und Milchqualität

Die Milchleistung und Milchqualität einer Kuh hängt von vielen Faktoren ab. So sind neben dem genetischen Potential der jeweiligen Rasse und des Individuums vor allem die Fütterung, Umweltbedingungen wie das Wetter sowie das Management entscheidend. Aber auch andere Faktoren wie das angewandte Melkverfahren, die Laktationsnummer, das Erstkalbealter, die Zwischenkalbezeit und der Gesundheitszustand sind von großer Bedeutung. Als wichtiges Instrument zur Kontrolle der Leistungs- und Qualitätsparameter sowie der Eutergesundheit dient die elfmal jährlich erfolgende Milchleistungsprüfung (MLP) in Bayern des Landeskuratoriums der Erzeugerringe für tierische Veredelung e.V. Rund 67% aller bayerischen Bauern nehmen freiwillig an der Erfassung teil, womit 80% der bayerischen Milchkühe unter Milchleistungsprüfung stehen. Neben der Tagesmilchmenge erhält der Landwirt Informationen über:

- Herdendurchschnitt des letzten Probemelkens
- die bisherige Leistung der Herde im Prüfungsjahr
- die durchschnittliche Leistung in den einzelnen Laktationsdritteln
- die Probemelkergebnisse der Einzeltiere, und zwar jeweils vom aktuellen Probemelken, sowie vom vorhergehenden Probemelken mit
- dem Datum der letzten Kalbung
- dem Fettgehalt
- dem Eiweißgehalt
- dem Harnstoffgehalt
- der Zellzahl
- dem durchschnittliche Minutenhauptgemelk
- Informationen zum Melkverlauf

- einen Laktationsbericht mit Hinweisen zur Rohprotein- und Energieversorgung für jedes Einzeltier und die gesamten Herde
- die aufgerechnete Jahres- bzw. Laktationsleistung für Milch, Fett und Eiweiß
- eine Liste der 100-Tageleistungen und der abgeschlossenen Laktationen
- die Herdendurchschnitte der Laktationsdrittel getrennt für erste Laktationen und Folgelaktationen

(LKV-Bayern, <http://www.lkv.bayern.de/mlp/milchleistungspruefungkuehe.html>)

Laut MLP lag die Milchleistung von 975.090 geprüften Tieren in Bayern im Jahr 2016 bei 7.736 kg, der Eiweißgehalt bei 272 kg (3,52%) und der Fettgehalt bei 325 kg (4,2%). Noch im Jahr 2006 gaben die erfassten Kühe durchschnittlich nur 6.788 kg Milch mit einem Eiweißgehalt von 236 kg (3,5%) und einem Fettgehalt von 282 kg (4,15%) (LKV-Bayern 2016).

## 2.1 Milchleistung

Hansen beschreibt eine Zunahme der Milchmenge von Holsteinkühen durch selektive Zucht in den USA von durchschnittlich 37 kg während der 1960er Jahre, 79 kg in den 1970er Jahren und von 1990-1996 eine Steigerung um 116 kg (Hansen 2000). In den Jahren von 2006-2016 stieg die Milchmengenleistung der Kühe in Bayern um 948 kg (LKV-Bayern 2016). Die Gründe für die stetigen Zunahmen der Milchleistung sind vor allem züchterischem Ursprungs. Das genetische Leistungspotential einer Milchkuh hängt von vielen Faktoren ab. Neben dem Fütterungsmanagement, der Haltung, dem Wetter oder dem Gesundheitszustand spielen auch das Alter der Kuh, die Laktationsnummer und, wie in der folgenden Arbeit gezeigt wird, auch die Tatsache eine Rolle, ob die jeweilige Kuh als Mehrling oder als Einzelkalb zur Welt kam. Im Laktationsverlauf kommt es insbesondere in den ersten zwei Wochen zu einem steilen Milchleistungsanstieg, nach sechs bis acht Wochen ist das Maximum erreicht und in der restlichen Zeit fällt die Tagesmilchmenge kontinuierlich ab (Brähmig 2011). Insbesondere wird Wert auf die sogenannte Persistenz gelegt. Sie beschreibt eine niedrige Laktationsspitze mit folgendem flachen Laktationsverlauf bei insgesamt aber gleichbleibender Gesamtleistung. Dadurch kann die negative Energiebilanz der Kuh zu Beginn der Laktation gering gehalten werden (LfL-Bayern). Ebenfalls Einfluss auf die Tagesmilchmenge hat die Melkfrequenz. Scholz et al. (2001b) verglichen die Milchmengen von Kühen, die konventionell gemolken wurden, mit jenen, die freien Zugang zum AMS hatten und kamen zu dem Ergebnis einer Leistungssteigerung des Fleckviehs um 13% (der im AMS gemolkenen); für Holstein jedoch ergab sich keine signifikante Leistungssteigerung. Die Besuchshäufigkeit lag in diesem AMS für die ersten beiden Laktationen beim Holstein bei 2,22 und beim Fleckvieh in der ersten Laktation bei 2,59 und in der zweiten Laktation bei 2,47 Besuchen je Tag (Neuhaus 2001).

Schichtl (2007) kam in ihrer Arbeit, die sich wie diese Untersuchung ebenfalls mit der Herde des Lehr- und Versuchsgutes Oberschleißheim befasste, zu dem Ergebnis, dass reine Holsteinkühe in der

Milchleistung mit 8189 kg am produktivsten sind, gefolgt von den Kreuzungstieren aus Holstein und Fleckvieh mit durchschnittlich 7803 kg, die die reinen Fleckviehkühe mit 6865 kg übertrafen. Für die auf Fett- und Eiweißgehalt korrigierte Milchmenge übertrafen die Kreuzungstiere mit 7952 kg jedoch die reinrassigen. Für die Holsteinkühe ergaben sich somit 7843 kg und für die Vertreter der Rasse Fleckvieh 7028 kg.

Auch Brähmig (2011) konnte in der Herde des LVG eine deutliche Überlegenheit der Holsteinkühe mit 10.091 kg Milch gegenüber Kreuzungstieren mit 9162 kg und Fleckviehkühen mit der geringsten Milchleistung von 8225 kg feststellen. Für die auf Fett- und Eiweißgehalt korrigierte Milchleistung kam Brähmig ebenfalls zu dem Ergebnis, dass sich die Kreuzungstiere, auf Grund der hohen Fett- und Eiweißgehalte, mit 9157 kg kaum noch von den Holsteinkühen mit 9523 kg unterscheiden. Für die Rückkreuzung (R1-Generation) errechnete Brähmig eine korrigierte Milchleistung von 9212 kg, was gegenüber der F1-Generation einer Zunahme von 55 kg und gegenüber den reinrassigen Genotypen einem Plus von 259 kg entspricht. Fettgehalt und Fettmenge gingen in der R1-Generation leicht zurück, Eiweißgehalt und Eiweißmenge jedoch stiegen leicht an. Syrstad (1989) untersuchte die Auswirkung von inter-se Kreuzungen (Kreuzung der F1 untereinander) und Rückkreuzungen von *Bos taurus* und *Bos indicus* auf die Milchmengenleistung. Seinen Untersuchungen nach kam es zu einem Rückgang der Milchmenge von der F1 zur F2 und R1 Generation. Mc Dowell (1985) allerdings berichtet von einer gesteigerten Milchleistung von R1-Rückkreuzungen (75% Holstein+ 25% Zebu oder 75% Jersey + 25% Arsi) aus *Bos indicus* und *Bos taurus* gegenüber der F1-Generation.

Puppel et al. (2018) erkannten in ihrem Kreuzungsversuch eine Überlegenheit der Kreuzungstiere der F1-Generation hinsichtlich der Milchqualitäts- und Milchmengenparameter. Sie verpaarten Polnische Holstein-Friesian Kühe (PHF) mit den Rassen Normande (NO), Norwegisches Rotvieh (NRF), Dänisches Rotvieh (DF), Brown Swiss (BS), Montbeliarde (MO) und Simmental (SI). Hinsichtlich der Milchmenge erreichten die Kreuzungstiere aus PHF $\times$ MO mit 27,97 ( $\pm$ 3,944) kg/d die höchsten Milchmengen und übertrafen dabei sogar die reinen PHF Kühe mit 23,25 ( $\pm$ 7,018) kg/d; Auch die Kreuzungen aus PHF $\times$ NRF und PHF $\times$ SI übertrafen in der F1-Generation die reinen PHF-Kühe in der Tagesmilchmenge. Für die Kreuzung aus PHF $\times$ BS erkannten Puppel et al. (2018) ebenso wie Swalve et. al (2008) keinen signifikanten Unterschied in der Milchmengenleistung zu reinen HF.

## 2.2 Melkbarkeit, Milchfluss, Melkdauer

Prinzipiell wird die Melkbarkeit definiert durch die pro Zeiteinheit gewonnene Milchmenge, einen gleichmäßigen Milchfluss während der gesamten Melkzeit und der vollständigen Entleerung des Euters. Somit erspart eine gute Melkbarkeit viel Zeit, schont das Euter und kann Euterkrankheiten vorbeugen.

Die Betrachtung der Milchflusskurve kann Schwachstellen bei der Melkroutine aufdecken oder einen Hinweis auf technische Mängel geben. Sie ist gegliedert in folgende Abschnitte:

- den Anstieg: Beginn des Milchflusses bis zum Erreichen des Plateaus
- das Plateau
- den Abstieg: bis zu einem Milchfluss von 0,2 kg/min
- die Blindmelkzeit: Milchfluss unter 0,2 kg/min
- das Nachgemelk: Wiederanstieg des Milchflusses über 0,2 kg/min

Die ideale Milchflusskurve sollte hierbei einen raschen Anstieg haben, der ohne Biomodalitäten (LKV-Bayern, <http://www.lkv.bayern.de/mlp/melkbarkeitspruefungkuehe.html>) verläuft. Unter Biomodalitäten versteht man eine verzögerte Euterstimulation durch ungenügende Oxytocinwirkung. Die folgende Plateauphase sollte mindestens 50% der Gesamtmelkzeit anhalten und der Abstieg stufenlos erfolgen. Die Blindmelkzeit sollte möglichst kurzgehalten werden (LKV-Bayern, <http://www.lkv.bayern.de/mlp/melkbarkeitspruefungkuehe.html>)

Nach Milchleistungsprüfung ergaben sich für das Jahr 2016 eine Milchflussgeschwindigkeit (MFG) von 3,65 kg/min bei den Schwarzbunten und ein durchschnittliches Hauptminutengemelk (DHMG) von 2,35 kg/min und eine MFG von 3,21 kg/min sowie ein DHMG von 2,35 kg/min beim Fleckvieh (LKV-Bayern 2016). Ähnliche Beobachtungen machten Scholz et al. (2001b). Sie fanden für Deutsche Holsteins ein deutlich höheres durchschnittliches Minutengemelk (2,06 kg/min) und einen höheren maximalen Milchfluss (4,47 kg/min) als für Fleckvieh (1,54 kg/min bzw. 3,57 kg/min). Trotz höherer Tagesgemelke hatten die Holsteinkühe eine kürzere Melkdauer. Schichtl (2007) und Brähmig (2011) kamen zu ähnlichen Ergebnissen.

### 2.3 Milchtemperatur

Die Milchtemperaturerfassung erfolgte über den Melkroboter automatisch bei jedem Melkvorgang. Erhöhungen der Milchtemperatur über den für die Kuh physiologischen Normbereich hinaus, kann, in Kombination mit anderen Anzeichen, für eine Erkrankung der Kuh sprechen. Insbesondere die frühzeitige Erkennung von Mastitiden ist in der modernen Milchviehwirtschaft von enormer Bedeutung um Milchausfall bedingten Verlusten vorzubeugen. Paul und Speckmann (1979) untersuchten die Messung der Milchtemperatur als Mittel zur Überwachung der Tiergesundheit und zur Steuerung des Milchentzuges. Unter Berücksichtigung von geringen Abweichungen der Milchtemperatur durch Tageszeit, Trächtigkeit, Fütterung, geleisteter Arbeit und Umweltbedingungen liegt die normale Körpertemperatur einer Milchkuh bei 38,5-39 °C. Bei Temperaturen über 39,5 °C sei mit einer Erkrankung zu rechnen (Barnickel 1968). Die Milchtemperatur liegt durchschnittlich 0,1-0,2 Kelvin (K) unterhalb der rektal gemessenen Temperatur. Zudem ist bei zweimaliger Messung täglich, ein Temperaturanstieg von 0,2 K

von morgendlicher zu abendlicher Messung zu erkennen. Der Anstieg während der Brunst liegt mit 0,2-0,4 K nur geringfügig außerhalb der tageszeitlichen Variation (Paul und Speckmann 1979). Eine lokale Mastitis entwickelt sich in der Regel ausgehend von einem oder mehreren Eutervierteln, jedoch konnten Paul und Speckmann (1979) durch die Erfassung der Milchttemperatur in gesunden und erkrankten Eutervierteln keine Unterschiede feststellen. Erst bei Verhärtung und Schwellung des Euters kam es zu einer Erhöhung der allgemeinen Körpertemperatur. Die Erfassung der Milchttemperatur sei demnach kein probates Mittel zur Früherkennung einer Mastitis. Gil (1988) hingegen verglich den Verlauf der Milchttemperatur in subklinisch infizierten Eutervierteln mit gesunden Eutervierteln von 114 Kühen. Er stellte fest, dass der Verlauf bei gesunden Kühen durch einen raschen Anstieg der Milchttemperatur in der Initialphase des Melkens, eine nahezu gleichbleibende Temperatur während der Plateauphase und einem raschen Abfall der Temperatur in der Endphase gekennzeichnet ist. Subklinisch infizierte Kühe hingegen zeigen besonders in der Plateauphase deutliche Schwankungen der gemessenen Milchttemperatur. Inwiefern die Milchttemperaturschwankungen mit Zellzahlgehalten der Milch und differierenden Fleckvieh-Genanteilen korrelieren, wird die folgende statistische Auswertung dieser Arbeit zeigen.

## 2.4 Zellgehalt der Milch

Der Zellgehalt der Milch beschreibt die Menge an somatischen Zellen pro ml Milch. Bei diesen Zellen handelt es sich vorwiegend um phagozytierende Abwehrzellen wie polymorphkernige Leukozyten (va. PMN-polymorphkernige Neutrophile Granulozyten) und Makrophagen. Diese gehören zur zellulären Abwehr und dienen neben anatomischen Barrieren wie Strichkanal, Schließmuskel, Zitzenzisterne und Keratin, sowie den löslichen Faktoren wie Zytokinen, Lysozym, Laktoferrin, Immunglobulinen und bakteriostatischen und bakteriziden Molekülen zum Abwehrsystem des Euters (Wolter et al. 2002, Winter 2010).

Bei Eindringen eines Erregers über die Zitze kommt es auf Höhe der „Fürstenbergschen Rosette“ zur Mobilisierung von Leukozyten, in der Zitzenzisterne vor allem von Lymphozyten und Makrophagen. Die PMN als Teil der unspezifischen Immunabwehr dienen dem Erkennen, Verdauen und Abtöten von Mikroorganismen und sind besonders in der Frühphase einer Infektion zu finden. Angelockt durch Chemokine und Zytokine wandern sie aus dem Blut in das Lumen des Euters ein und beginnen mit der Phagozytose. Während PMN kurzlebig sind und nach überstandener Infektion aus dem Euter entfernt werden, sind Makrophagen auch in der gesunden, laktierenden Milchdrüse zu finden. Neben der eigenständigen Phagozytose setzen sie chemoattraktive Substanzen frei und führen dadurch zum Einstrom von PMN (Wolter et al. 2002, Winter 2010).

Als Indikator für eine Euterentzündung dient der Zellgehalt der Milch zur Beurteilung der Eutergesundheit und Milchqualität. Zellzahlgehalte von  $<100.000/\text{ml}$  werden nach aktuellem Kenntnisstand als physiologisch angesehen (Winter 2010). Bei Werten  $>100.000$  Zellen/ml ändert sich die kompositionelle Beschaffenheit der Milch und es wird von Mastitis gesprochen. Auch bei einer

eutergesunden Milchkuh können Schwankungen der Zellgehalte auftreten (Wolter, et al. 2002; Winter 2010). Besonders in der Biestmilchphase kommt es zu einem deutlichen Anstieg von teilweise >1.000.000 Zellen/ml (Brähmig 2011).

Unter Laborbedingungen werden Zellzahlgehalte vorwiegend durch eine fluoreszenzoptische Methode ermittelt. In der Praxis ist der sogenannte California-Mastitis-Test die häufigste Methode zur indirekten Messung des Zellgehaltes. Zudem gibt es die Möglichkeit über die Leitfähigkeit der Milch auf den Zellgehalt zu schließen. Dies ist sowohl mit Handgeräten als auch über eine im Melkroboter integrierte Messung möglich, jedoch kommt es häufig zu falsch positiven Ergebnissen (Wolter, et al. 2002).

Der Gehalt an somatischen Zellen kann entweder in absoluten Zahlen (z.B.: 150.000 Zellen/ml) angegeben werden oder er wird durch Logarithmierung in eine normalverteilte Variable umgewandelt. Der logarithmierte Zellzahlgehalt wird auch als Somatic-Cell-Score (SCS) angegeben. Die Formel zur Umrechnung lautet:

$$\text{SCS} = \log_2 \times (\text{Zellzahl} / 100.000) + 3$$

Auf wirtschaftlicher Seite ist neben dem Milchrückgang durch erkrankte Euterviertel besonders der geringere Auszahlungspreis der Molkereien bei erhöhten Zellzahlen von Bedeutung. Vorgeschrieben ist nach „Verordnung über die Güteprüfung und Bezahlung der Anlieferungsmilch“ (Milch-Güteverordnung 2010) die Kontrolle der Milch durch die Abnehmer auf:

1. Fettgehalt
2. Eiweißgehalt
3. Bakteriologische Beschaffenheit
4. Gehalt an somatischen Zellen
5. Gefrierpunkt

Zur Feststellung des Gehaltes an somatischen Zellen sind monatlich mindestens zwei Probennahmen vorgeschrieben. Der Milchprüfing Bayern e.V. übernimmt die „Einstufung der Ergebnisse hinsichtlich der Bezahlung der Anlieferungsmilch und die Übermittlung der Daten für die Milchgeldabrechnung an die Molkereien oder deren beauftragte Rechenzentren. Die Milchinhaltsstoffe Fett und Eiweiß bilden die Grundlage für den Milchauszahlungspreis der Molkereien. Der Standardauszahlungspreis ist seit 01.01.2006 bei 4,2 % Fett und 3,4 % Eiweiß festgelegt. Für höhere bzw. niedrigere Milchinhaltsstoffe werden dementsprechend Zu- oder Abschläge von den Molkereien angewendet. Ebenso gelten Regelungen für den Qualitätsstatus der Milch. Die Ergebnisse der Arbeit des Milchprüfings sind somit wichtige Grundlage für die Milchgeldzahlung der Molkereien an die Milcherzeuger“ (mpr-bayern.de 2011). Bei Überschreiten von Zellzahlgehalten von 400.000 Zellen/ccm im geometrischen Mittel über die letzten drei Monate werden mindestens 1 Cent/kg Milch abgezogen.

*Tabelle 1: Durchschnittliche Zellzahlen/ml Milch der in Bayern häufigsten Milchviehrassen aus LKV Milchleistungsprüfung.*

Rasse	Anzahl der Kühe in Bayern (Stand: 09.2016)	Durchschnittliche Zellzahl/ml Milch (x 1000)
Fleckvieh	746.838	188
Braunvieh	120.404	210
Schwarzbunte	79.506	245
Rotbunte	22.512	227
Gelbvieh	1.953	248

Rudolphi (2004) untersuchte anhand der Daten von 8 Mecklenburgischen Betrieben mit insgesamt 6000 Tieren inwieweit steigende Zellzahlen zu Verlusten in der Milchleistung führen. Für die in SCS umgerechneten Zellzahlen wurde der geometrische Mittelwert pro Laktation jeder Kuh ermittelt (LSCS). Berücksichtigt wurden Kühe mit abgeschlossenen Laktationen und LSCS Werten von 0,5-6 (geometrische Mittelwerte von 17.700 bis 800.000 Zellen/ml Milch), wobei eine Erhöhung des LSCS um die Einheit 1 einer Verdopplung der Zellzahl entspricht. Rudolphi (2004) kam zu folgendem Ergebnis: „Steigende Laktationszellzahlen hatten signifikante Milchminderleistungen zur Folge. Die Erhöhung der Laktationszellzahl (LSCS) um eine Einheit von 2 auf 3 bei Kühen der ersten bzw. ab der dritten Laktation war mit Minderleistungen von 106 kg (1,2 %) bzw. 369 kg Milch (3,6 %) verbunden. Der Milchverlust erhöhte sich auf 543 (6,3 %) bzw. 980 kg Milch (9,6 %) in der ersten bzw. ab der dritten Laktation bei einem Anstieg der Laktationszellzahl von 2 auf 6 (Erhöhung des LSCS um vier Einheiten). Bei der Bewertung der Gesamtverluste auf Herdenbasis wurden neben den Milchverlusten der Einzeltiere auch die unterschiedlichen Tierzahlen sowohl in den verschiedenen Laktationen als auch die Verteilung der Tiere in den Zellzahlklassen berücksichtigt. Danach traten jeweils 31 % der Gesamtverluste in den LSCS-Klassen 2 bis 3 und 3 bis 4 auf. Der Verlustanteil der LSCS-Klasse 5 bis 6, in der die Leistungsminderungen je Tier am höchsten sind, beträgt aufgrund der niedrigen Tierzahlen nur 14 %. Subklinische Erkrankungen müssen im Management berücksichtigt werden, da sie anteilmäßig die höchsten Milchverluste verursachen und zu klinischen Mastitisfällen werden können“. Carlén et al. (2004) konnten Anhand mehrerer Studien aufzeigen (z.B.: (Emanuelson, Danell und Philipsson 1988) (Rupp und D. 1999)), dass steigende Zellzahlen negativ mit der Milchleistung korrelieren. Nach VanRaden und Sanders (2003) haben Kühe der Rasse Holstein-Friesian höhere Zellzahlen als andere Rassen. Lediglich während der ersten Laktation zeigten sich bei Jerseys und Guernseys höhere Zellzahlen. Für Kreuzungstiere konnten sie nur einen kleinen positiven Heterosiseffekt erkennen, der zudem nicht signifikant war. Schichtl (2007) kam zu dem Ergebnis einer numerisch negativen Heterosis von -27,5% bei Kreuzungstieren aus der F1-Generation der Rassen Deutsche Holsteins und Fleckvieh, wobei reinrassige Deutsche Holstein-Kühe die höchsten und Fleckvieh die niedrigsten Zellgehalte aufwiesen. Auch Brähmig (2011) fand bei seinen Untersuchungen am Lehr- und Versuchsgut Oberschleißheim eine Heterosis in den Kreuzungstieren für den SCS um -0,65 und bei den Zellzahlen um -56.000 Zellen/ml Milch. Von der F1- zur R1-Generation stiegen die Zellgehalte jedoch erwartungsgemäß wieder minimal an. Insgesamt war für

die R1-Generation jedoch immer noch eine Heterosis von -0,28 beim SCS und -27.000 Zellen/ml zu verzeichnen.

## 2.5 Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit einer Flüssigkeit wird definiert durch die Konzentration von in ihr vorhandenen Ionen (Scholz et al. 2001a). Je höher die Beweglichkeit und Konzentration dieser gelösten Salze, desto höher ist die spezifische Leitfähigkeit der Flüssigkeit. Die Einheit der elektrischen Leitfähigkeit  $c$ , ist definiert als Siemens ( $1 \text{ S} = 1 \text{ A}/1 \text{ V}$ ) pro Zentimeter ( $\text{S}/\text{cm}$ ) und entspricht damit dem reziproken Wert des spezifischen Widerstandes (Hamann und Zeconi 1998). Als Ersatz der in der Milchverordnung vorgeschriebenen, visuellen Prüfung des Vorgemelkes, welche bei Einsatz eines Melkroboters nicht mehr möglich ist, soll die Leitfähigkeit (LF) geeignet sein, Eutergesundheitsstörungen frühzeitig zu erkennen. Grundlage des Verfahrens ist die sich bei Euterentzündungen verändernde Ionenzusammensetzung der Milch. Entzündungsprozesse im Euter führen zu einer erhöhten Durchlässigkeit der Blut-Euter-Schranke und damit zu einem Einstrom von Na- und Cl-Ionen und einem Ausstrom von Kalium-Ionen. Dies führt wiederum zu einer Zunahme der LF. Allerdings wird die LF auch durch andere physiologische Abläufe und Umweltfaktoren beeinflusst und dient somit lediglich in Kombination mit anderen Merkmalen als hinweisend für eine Euterentzündung (Trilk und Münch 2001). Neben der Konzentration von gelösten Ionen haben auch die Milchttemperatur und der Fettgehalt der Milch Einfluss auf die LF. Der Fettgehalt führt über einen Verdünnungseffekt zu einer Verlängerung der für die Ionen zu passierenden Strecke und damit zu einer Verringerung der LF (Prentice 1962) (Hamann und Zeconi 1998). Hamann und Fehlings (2002) geben für die LF der Milch eines gesunden Euterviertels bei  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  einen Referenzbereich von  $4,8 \text{ mS}/\text{cm}$  bis  $6,2 \text{ mS}/\text{cm}$  an. Krömker (2006) sieht bei Unterschieden der Leitfähigkeiten von  $>15 \%$  zwischen den Eutervierteln einer Kuh oder bei LF Werten  $>6,5 \text{ mS}/\text{cm}$  Hinweise auf eine Entzündung. Schwarzer (2000) fand nur bei 87,7% der klinischen Mastitiden erhöhte Leitfähigkeiten und konnte auch bei Zellzahlen von  $>100.000/\text{ml}$  Milch nur in weniger als 25% der Fälle eine Erhöhung der LF feststellen. Scholz et al. (2001a) sehen in der Leitfähigkeit nur einen eingeschränkten Marker für die Eutergesundheit. Zwar kann sie ein Indikator für Veränderungen der Milchqualität sein, jedoch besteht keine Garantie für die Erkennung von Milch- oder Euterabnormalitäten. Auch Pallas (2002) sieht in seiner Analyse von Eutergesundheit und Rohmilchqualität im automatischen Melksystem, die Leitfähigkeit nicht als geeignet Mastitiden sicher anzuzeigen. Zudem kam es bei seinen Untersuchungen mit dem Melkroboter „Astronaut“ der Firma „Lely“ in durchschnittlich 60% zu Falschmeldungen und nur 40% der Mastitiden wurden anhand der LF erkannt. Demnach führe die alleinige Betrachtung der LF als Diagnostikum für Milchqualitätsveränderungen zu hohen finanziellen Schäden, wenn man sich auf die Warnhinweise des Roboters verlassen würde und die betroffene Milch verwirft. Trilk et al. (2006) kommen ebenfalls zu dem

Ergebnis, dass der Anteil von Warnhinweisen ohne visuell feststellbare Rohmilchveränderungen durch den „Astronaut“-Roboter mit 54,7% sehr hoch ist.

## 2.6 Fettgehalt der Milch

Die Syntheseaktivität der Milchdrüse hängt von vielen Faktoren ab. So ist neben der genetischen Prädisposition zu hoher Futteraufnahmekapazität, die Nährstoffverteilung im Körper und die metabolischen Fähigkeiten des Individuums ausschlaggebend. Um das genetische Potential optimal ausnutzen zu können spielen vor allem Haltungsbedingungen und die Fütterung eine große Rolle. Die meisten Milchbestandteile wie Eiweiß und Laktose werden ausschließlich durch das Euter, genauer gesagt die Laktozyten synthetisiert. Für die Produktion des Milchfettes jedoch werden auch Fette aus dem Depotfett oder direkt aus der Nahrung verwendet (Krömker 2007).

Der Milchfettgehalt ist von allen Bestandteilen der Milch der am größten variierende. Je nach Kuh befinden sich zwischen 22 und 70 g Fett je kg Milch. Die Fette (Lipide) in der Milch sind zu 95% Triacylglycerole, der Rest besteht aus Phospholipiden, Cholesterol, Diacylglycerolen, Monoglyceriden bzw. freien Fettsäuren. Die aus der Nahrung aufgenommenen Fette werden durch im Pansen befindliche Mikroben zu flüchtigen Fettsäuren (FFS: Acetat, Propionat, Butyrat) und Glycerol hydrolysiert (Brade und Nürnberg 2016, Hoffmann et al. 2010, Khiaosa-Art 2010). Die FFS gelangen in Folge dessen in den Dünndarm, werden dort aufgenommen und gelangen mittels Chylomikronen in die Leber (Brade und Nürnberg 2016). In der Leber können die Fettsäuren als Triglyceride gespeichert oder als VLDL (very-low-density-Lipoprotein) wieder ans Blut abgegeben werden (Rossow 2003).

Für die Milchfettproduktion im Euter stehen zwei Wege zur Verfügung. Zum einen besteht die Möglichkeit der De-novo Synthese, wobei Acetat und Betahydroxybutyrat als Kohlenstoffquelle dienen. Hierbei entstehen vorrangig die geradzahligen Fettsäuren C4 bis C16. Längere Fettsäuren ab C18 werden gewissermaßen vorgeformt aus dem Blut entnommen. Transportiert als VLDL und gespalten in Glycerin und FFS durch die Lipoprotein-Lipase (LPL) gelangen sie in das Milchdrüsengewebe, wo sie erneut zu Lipiden umgebaut werden (Bauman, McGuire und Harvatine 2011; Brade und Nürnberg 2016). Die Produktion des Milchfettes erfolgt im endoplasmatischen Retikulum der Drüsenzellen. Auf dem Weg zur apikalen Zellmembran bilden sich größere Fetttröpfchen, die durch Abschnürung in das Alveolarlumen gelangen. Die Fettkonzentration und Zusammensetzung sind vor allem Abhängig von der Rasse, dem Futter, dem Laktationsstadium, der Laktationsnummer, dem Gesundheitszustand und der Jahreszeit. Unter diesen Faktoren ist besonders der Einfluss des Futters hervorzuheben. Hierbei spielen die Art des Raufutters, das Raufutter/Kraftfutter-Verhältnis, die Kohlenhydrate, die Fette, sowie die Häufigkeit der Futteraufnahme und die Aufnahmekapazität des Pansens eine große Rolle (von Engelhardt und Breves 2005).

Fütterungsfaktoren, die den Milchfettgehalt positiv beeinflussen, sind die Menge an strukturwirksamer Rohfaser, sowie deren Verdaulichkeit und die Partikelgrößenverteilung. Negativ beeinflusst hingegen wird der Milchfettgehalt durch die Menge an im Pansen abbaubaren Rohfett (ungesättigte Fettsäuren). Außerdem kommt es bei höherer Milchmengenleistung zu einer Verringerung des Fettgehaltes. Durch Fütterungsfehler bedingte Stoffwechselstörungen können ebenfalls zu Veränderungen des Fettgehaltes in der Milch führen. Kommt es durch vermehrte Kraftfutterbeimengungen (Zucker + Stärke) und einem Mangel an strukturwirksamer Rohfaser, zu einer Azidose, durch Abfall des Pansen pH-Wertes, so führt dies zu einer Milchfettdepression. Kommt es jedoch zu einer Ketose, besonders zu Beginn der Laktation, in Folge eines Energiemangels, so wird vermehrt Körperfett abgebaut. Der Milchfettgehalt steigt an. Eine Möglichkeit der Erkennung von fütterungsbedingten Stoffwechselstörungen besteht in der Messung des Fett-Eiweiß-Quotienten. Liegt dieser bei 1,5 oder höher besteht der Verdacht auf eine Azidose, liegt er bei 1,1 oder tiefer kann eine Ketose vorliegen (Richardt 2003/2004).

Da der Milchfettgehalt negativ mit der Milchmenge korreliert ist, kommt es zu Beginn der Laktation zu einem Abfall des Milchfettgehaltes mit einem Tiefpunkt um den 60.-80. Laktationstag herum, um anschließend langsam wieder anzusteigen. Herrscht jedoch zu Laktationsbeginn ein Nährstoffmangel oder sind die Kühe vor und während der Geburt besonders fett, kommt es zum vermehrten Abbau von Depotfett. Die dadurch vermehrt anfallenden Ketonkörper schädigen die Leber und führen zum Appetitverlust (Lipomobilisationssyndrom) (De Kruif, Mansfeld und Hoedemaker 2007).

Scholz et al. (2001a) geben für die Rasse Deutsche Holsteins einen Fettgehalt von annähernd 4 % (3,99 % im Melkstand, 3,97 % im Melkroboter) sowie für die Kühe der Rasse Fleckvieh von 3,61 % im Melkstand bzw. 3,87 % im Melkroboter an. Die Unterschiede im Fettgehalt zwischen beiden Rassen sind somit, für im Melkroboter ermolkene Milch, geringer. Die Ergebnisse der Milchleistungsprüfung ergaben für das Jahr 2016 einen Milchfettgehalt der Holstein-Kühe von durchschnittlich 4,07% Fett und einer Gesamtmenge von 365,0 kg sowie für Fleckvieh 4,20 % bei einer Gesamtmenge von 320,5 kg (LKV-Bayern 2016).

Brähmig (2011) errechnete für die F1-Kreuzungs-Kühe aus Fleckvieh und Holstein einen durchschnittlichen Fettgehalt von 3,82%. Dieser lag über den Werten der reinrassigen Elterntiere. Die R1-Generation unterschied sich mit 3,81% kaum von der F1-Generation. Zu ähnlichen Ergebnissen der Überlegenheit von Kreuzungstieren der F1-Generation gegenüber reinrassigen Holsteinkühen kamen auch Heins et al. (2006) und Swalve (2008). Auch Puppel et al. (2018) erkannten für die Kreuzungstiere aus Polnischen Holstein-Friesian Kühen (PHF) und Normande, PHFxNorwegisches Rotvieh (NRF), PHFxBrown Swiss sowie PHFxSimmentaler prozentuale Fettgehalte die oberhalb der Fettgehalte der reinrassigen PHF Kühe liegen. Ezra et. al (2016) hingegen erkannten keinen signifikanten Unterschied der Fettgehalte zwischen Holstein Kühen und HolsteinxNRF Kühen.

Wie sich der Fettgehalt im Zuge der Rückkreuzung auf Fleckvieh verändert, soll die folgende Studie zeigen.

## 2.7 Eiweißgehalt der Milch

Die Milchproteine werden grob eingeteilt in Major- und Minorproteine. Mit ca. 98% machen die Majorproteine die größte Fraktion aus. Sie bestehen aus den Kaseinen (78%)  $\alpha$ s1-,  $\alpha$ s2-,  $\beta$ - und  $\kappa$ -Kasein, sowie den Molkenproteinen (17%)  $\alpha$ -Lactalbumin,  $\beta$ -Lactoglobulin, Serumalbumin und diversen Immunglobulinen. Zu den Minorproteinen zählen die Fettkügelchenhüllenproteine und Enzyme (Töpel 2015).

Die über die Nahrung aufgenommenen Stickstoffverbindungen, wie pflanzliche Proteine, Nukleinsäuren, Nitrate, Amide, freie Aminosäuren, Ammoniak und Harnstoff werden in den Vormägen der Wiederkäuer umgebaut. Die Proteine werden je nach Art in Peptide, Aminosäuren und Ammoniak zerlegt. Ein Teil dieser Peptide und Aminosäuren passiert den Magen und wird im Dünndarm zusammen mit dem unabgebauten Futterprotein (UDP) durch körpereigene Stoffwechselmechanismen abgebaut. Einzigartig bei Wiederkäuern ist jedoch die in den Vormägen stattfindende mikrobielle Proteinsynthese. Der große Teil der Peptide, Aminosäuren, Futterharnstoffe und Nicht-Protein-Stickstoff Verbindungen (NPN) werden zu Ammoniak abgebaut und können so den Pansenbakterien als Bausteine für Mikrobenprotein zugeführt werden. Wenn die Ammoniakmenge im Pansen die Stoffwechsellkapazität der Mikroben überschreitet, wird dieser über die Pansenschleimhaut aufgenommen und gelangt über die Blutbahn in die Leber und wird dort in Harnstoff umgewandelt. Über die Schleimhäute und den Urin verlässt dieser den Körper oder aber wird bei einem Mangel im Pansen in diesen rezirkuliert (Rumino-Hepatischer-Kreislauf). Eine Kuh mit 600 kg Lebendmasse und einer Milchproduktion von 35 kg produziert ca. 2,5 kg Mikrobenprotein am Tag. Bei steigenden Milchleistungen kann es zur Erschöpfung der Mikrobenkapazität kommen. Um die Proteinproduktion aufrecht zu erhalten, muss in diesem Fall die Menge an UDP erhöht werden (Breves und Lebzién 2009).

Die Synthese der Proteine für die Milch findet in den Ribosomen am endoplasmatischen Retikulum der Lactocyten statt. Die fertigen Proteine wandern zum Golgi-Apparat und werden dort in Vesikel verpackt und in das Lumen abgegeben (Kielwein 1994).

Für die mikrobielle Proteinsynthese wird viel Energie in Form von ATP benötigt. Bei einem Energiemangel kommt es deshalb zu einem Absinken der Milcheiweißsynthese (Von Engelhardt und Breves 2010; Kamphues et al. 2014). Besonders durch ein hohes Angebot von leicht verdaulichen Kohlenhydraten im Futter kann die Milcheiweißkonzentration erhöht werden. Hohe Fettgehalte im Futter können den Milchproteingehalt senken, da diese nicht mikrobiell abbaubar sind. Hohe Anteile strukturwirksamer Rohfaser erhöht zwar den Milchfettgehalt, senkt aber den Proteingehalt durch eintretenden Verdünnungseffekt der Milch. Setzt man eine ausreichende Energieversorgung voraus, kann eine Erhöhung des Proteinangebotes um 1 % den Milchproteingehalt um ca. 0,02 Einheiten steigern bzw. das Fett-Protein-Verhältnis in der Milch senken (Rossow und Richardt 2003). Ein Indikator für

ausreichende Energieversorgung der Milchkühe ist die Harnstoffkonzentration in der Milch. Liegt ein Energiemangel vor, wird zunehmend Ammoniak aus dem Pansen resorbiert und in der Leber zu Harnstoff umgewandelt (zusätzlicher Energieverbrauch). Die Harnstoffkonzentration im Blut steigt in Folge dessen an und es wird zunehmend Harnstoff in die Milch abgegeben (Von Engelhardt und Breves 2010).

Der Eiweißgehalt von Holsteinkühen liegt ungefähr bei 3,2%, wobei es im Laufe der Laktation zu Schwankungen zwischen 3,0% und 3,8% kommen kann. Zu Laktationsbeginn ist die Proteinkonzentration, auf Grund der vorherrschenden negativen Energiebilanz (NEB), am geringsten. Hohe Milchproteingehalte zu Laktationsbeginn sind jedoch ein Zeichen für intensive Mobilisation von Körperproteinreserven. Zudem können Euterinfektionen, durch hohe Plasmin- und Plasminogenspiegel, zum enzymatischen Abbau des Milcheiweißes führen (Rossow und Richardt 2003).

Rossow und Richardt (2003) sehen als wichtigste Empfehlung zur Maximierung des Milcheiweißgehaltes folgende Punkte:

- „Einsatz von Bullen mit genetischer Veranlagung für einen hohen Milcheiweißgehalt
- Niedriger Gehalt der Milch an somatischen Zellen (Eutergesundheit)
- Hohe Futteraufnahme
- Richtig bemessenes Angebot an leicht fermentierbaren Kohlenhydraten und abbaubarem Protein zwecks hoher mikrobieller Proteinsynthese
- Ausreichendes Angebot an nicht abbaubarem Protein
- Sicherung des Bedarfes an Methionin, Lysin über nicht abbaubares Protein oder zusätzliche Supplementation bei sehr hoher Milchleistung
- Richtiger Einsatz von Futterfetten, um eine Senkung des Milcheiweißgehaltes zu vermeiden“.

Nach LKV-Milchleistungsprüfung des Jahres 2016 liegt der durchschnittliche Milchproteingehalt für Fleckviehkühe bei 3,53% und für Schwarzbunte bei 3,40%. Die in Bayern gehaltenen Kühe erzeugen mit durchschnittlich 3,52% deutlich mehr Eiweiß als der deutsche Durchschnitt mit 3,43%. Die Eiweißmengen bewegen sich in Bayern mit 272 kg jedoch weit unterhalb des Durchschnittes der restlichen deutschen Bundesländer mit 294 kg (LKV-Bayern 2016). Zu erklären ist dies mit der großen Anzahl von in Bayern gehaltenem Fleckvieh mit zwar höheren Eiweißgehalten aber geringeren Milchmengenleistungen. Scholz et al. (2001a) fand signifikant höhere Milcheiweißgehalte bei automatisch gemolkenen FV und DH als im konventionellen Tandem-Melkstand. VanRaden und Sanders (2003) fanden für den Eiweißgehalt von Kühen der F1-Kreuzung aus Holstein x Ayrshire eine positive Heterosis von 2,9% und für die Kreuzungstiere aus Holstein x Jersey von 7,2%. Schichtl (2007) konnte diese Aussagen anhand Ihres Kreuzungsversuches mit Holstein x Fleckvieh bestätigen. Sie errechnete eine Heterosis von 2,1% für den Eiweißgehalt der Milch. Brähmig (2011) zeigte für die F1-Generation 2,83% Heterosis und für die R1-Generation einen durchschnittlichen Eiweißgehalt von 3,52% und somit eine Heterosis von 2,68%. Puppel et al. (2018) erkannten ebenso wie für den Fettgehalt auch höhere Eiweißgehalte bei den Kreuzungstieren aus Polnischen Holstein-Friesian Kühen (PHF) und Normande, PHF x Norwegisches Rotvieh, PHF x Brown Swiss sowie PHF x Simmentaler gegenüber den reinrassigen

PHF. Bestätigung findet dies in den Untersuchungen von Van Raden und Sanders (2003) sowie durch Swalve et. al (2008). Auch sie fanden höhere Eiweißgehalte bei Holstein x Brown Swiss Kühen als bei reinrassigen Holsteinkühen.

Wie sich der Eiweißgehalt im Zuge der Rückkreuzung auf Fleckvieh verhält, werden die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen.

## 2.8 Harnstoffgehalt der Milch

Anhand der Harnstoffkonzentration in der Milch lässt sich vor allem auf das Proteinangebot im Verhältnis zur Kohlenhydratversorgung schließen (Rossow und Richardt 2003). Um die optimale Proteinversorgung ermitteln zu können ist die Ruminale Stickstoffbilanz (RNB) von Bedeutung. Anhand der RNB lässt sich erkennen, ob neben der Energieversorgung auch genügend Stickstoff für die Bildung von Bakterienprotein vorhanden ist. Energiereiche und stickstoffarme Futtermittel haben eine negative RNB, das heißt, die Stickstoffmenge reicht nicht aus um die benötigte Proteinmenge zu bilden, da nicht ausreichend Stickstoff vorhanden ist, um die Bakterien zu ernähren. Eine positive RNB deutet hingegen auf einen Proteinüberschuss hin. Die RNB als Parameter für das Energie-Eiweiß-Verhältnis lässt sich wie folgt berechnen (Likra GmbH 2017)

$$(\text{Rohprotein} - \text{nutzbares Rohprotein}) / 6,25 = \text{RNB}$$

Ist die mikrobielle Proteinsynthese infolge eines Mangels oder Überschusses an leicht verdaulichen Kohlenhydraten vermindert, kommt es zu einer Akkumulation von, durch mikrobiellen Abbau stammendem Ammoniak. Dieser gelangt über das Blut in die Leber, wird dort zu Harnstoff umgewandelt und verlässt über Schleimhäute, Niere und die Milch den Körper. Die höchsten Harnstoffmengen in der Milch werden somit bei einem Überschuss an Protein bei gleichzeitigem Energiemangel beobachtet. Ein Proteinmangel bei ausreichender Energieversorgung führt jedoch zu deutlich geringeren Harnstoffgehalten. Normale Milchharnstoffgehalte liegen bei 200-300 mg/l (Rossow und Richardt 2003). Steinwidder und Gruber (2000) gehen bei einem Milchharnstoffgehalt von 21 mg/100 ml von einer ausgeglichenen Ruminale Stickstoffbilanz (RNB) in der Ration aus. Der Pansen wird bedarfsgerecht mit Protein versorgt. Bei steigender Milchleistung kann ein deutlicher Anstieg des Harnstoffgehaltes unabhängig von der Fütterung festgestellt werden. Rasse, Laktationstag und Futteraufnahme haben Einfluss auf den Harnstoffgehalt. Fleckviehkühe haben nach Steinwidder und Gruber (2000) durchschnittlich 0,6-1,9 mg/100 ml höhere Harnstoffgehalte als Holsteinkühe. Bis zum 100. Tag der Laktation nimmt der Harnstoffgehalt zu, um anschließend wieder geringfügig zu sinken. Ursache hierfür sehen Sie in der hormonellen Umstellung von anaboler zu kataboler Stoffwechsellage nach dem ersten Laktationsdrittel. Hohe Futteraufnahmen können auf Grund schnellerer Passagezeiten des Futters und dadurch geringeren Proteinabbau zu niedrigeren Harnstoffwerten führen. Wegen hoher Varianz der

Harnstoffgehalte einzelner Kühe um bis zu 20% trotz gleicher Bedingungen sollten zur Minimierung von Fehlern möglichst nur ausreichend große Kuhgruppen zur Rationsbeurteilung herangezogen werden (Steinwider und Gruber 2000). Rossow und Richardt (2003) sehen zudem eine negative Korrelation zwischen Zellzahl und Harnstoffgehalt. Demnach führt eine Erhöhung des Zellgehaltes um 100.000/ml zu einer Verringerung des Harnstoffgehaltes um ca. 2 mg/l.

Glindemann (2006) kam zu dem Ergebnis, dass die Milchwahstoffkonzentration einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Mastitisanfälligkeit der Kuh besitzt. Ein Anstieg der Harnstoffkonzentration begünstigt das Auftreten einer Mastitis. Bestätigung finden diese Ergebnisse in den Untersuchungen von Spohr et. al (1991) die eine positive Korrelation zwischen Harnstoffgehalt und SCC feststellten.

Nach den Ergebnissen der Milchleistungsprüfung 2016 haben Kühe der Rasse Deutsches Fleckvieh durchschnittliche Harnstoffgehalte von 22,6 mg/100 ml und Schwarzbunte mit 22,5 mg/100 ml (Rotbunte: 22,6 mg/100 ml) nur geringfügig niedrigere Werte. Der Rassenunterschied konnte hier nicht so deutlich erkannt werden wie es Steinwider und Gruber (2000) angaben.

Brähmig (2011) konnte für alle untersuchten Genotypen seines Kreuzungsversuches mit Holstein x Fleckvieh keine signifikanten Unterschiede im Harnstoffgehalt feststellen. Alle untersuchten Tiere befanden sich im „Normalbereich“ von 290 mg/l bis 306 mg/l.

### 3. Sonstiges

#### 3.1 Kraftfutter

Bei den rasant steigenden Laktationsleistungen in den letzten Jahren kommt besonders der Fütterung größer werdende Bedeutung zu. Vor allem in Zeiten der Frühaktation können vorhandene physiologische Leistungsgrenzen und die eingeschränkte Futteraufnahmekapazität in Verbindung mit der negativen Energiebilanz (NEB), die Tiergesundheit und Fruchtbarkeit beeinflussen. Die eingeschränkte Futteraufnahmekapazität bei sehr hohen Milchleistungen erfordert daher enorme Kraftfuttermengen, um den Bedarf an Energie und Protein decken zu können. Geht man von einer täglichen Raufuttergabe (Mais- und Grassilage) von 11,5 kg TS (Trockensubstanz) aus, lässt sich nach Brade und Brade (2015) die Menge des zusätzlich zu verabreichenden Kraftfutters berechnen. Eine Kuh mit 11.000 kg Milch/Laktation benötigt einen Kraftfutteranteil von mindestens 45%. Das entspricht bei einem TS-Gehalt des Kraftfutters von 88% einem mittleren Energiegehalt von 7,6 Megajoule Nettoenergie-Laktation (NEL) pro Kilogramm Trockenmasse. Eine Kuh mit 11.000 kg Milch/Laktation bedarf somit einer Kraftfutteraufnahme von 35 bis 40 Dezitonnen (1 dt=100 kg) (Brade und Brade 2015).

Kamphues et al. (2014) unterscheiden für die Berechnung der benötigten Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkuh den Erhaltungsbedarf an Energie und den Leistungsbedarf. Der Erhaltungsbedarf ist maßgeblich von der Körpermasse der Kuh abhängig und kann mit

**0,293 MJ NEL pro kg Körpermasse<sup>0,75</sup>**

angegeben werden. Der Leistungsbedarf hingegen ist von der Milchmenge und –zusammensetzung abhängig. Der Energiegehalt der Milch errechnet sich wie folgt:

$$\text{MJ/kg} = 0,039 \times \text{g Fett} + 0,024 \times \text{g Eiweiß} + 0,017 \times \text{g Lactose}$$

Zur Bedarfsberechnung wird zusätzlich 0,1 MJ pro kg Milch addiert, um den Rückgang der Verdaulichkeit mit steigender TS-Aufnahme zu berücksichtigen.

Der Produktionszyklus der Milchkuh mit seinen verschiedenen Phasen der Laktation benötigt eine wiederkäufer- und bedarfsgerechte Fütterung um unter anderem fütterungsbedingten Erkrankungen vorzubeugen. Während der Trockenstehzeit sollte besonders die Überkonditionierung vermieden werden. 4-6 Wochen ante partum sollte deshalb das Energieangebot dem Ernährungszustand zum Ende der Laktation angepasst werden (milchbetonte Rassen BCS: 3,5; Fleckvieh BCS: 4,0). Die wichtigsten Rationskomponenten sollten energieärmere, rohfaserreiche Futtermittel sein. Auf Kraftfutter sollte hier verzichtet werden. Ca. drei Wochen ante partum beginnt die Vorbereitungsfütterung mit Kraftfutterzulage (1-2 kg; bei Hochleistungskühen max. 3,5 kg). Die Kraftfutterzulage dient vor allem der Vorbereitung der Pansenzotten, um die absorptive Oberfläche des Pansens zu vergrößern und die Aufnahme freier Fettsäuren post partum zu verbessern. Zudem sollte durch Einsatz eines Grundfutters guter Qualität die Energie- und Nährstoffversorgung gefördert werden. Bis zum 30./40. Tag der Laktation wird durch Anfütterung auf die Hochlaktation vorbereitet. Allmähliche Einführung der Laktationsration in der ersten Woche post partum dient der Vermeidung zu starker Körpermasse-Mobilisierung. Durch das noch geringe TS-Aufnahmevermögen fallen die Tiere zu dieser Zeit leicht in die negative Energiebilanz (NEB). Den Energiebedarf vollständig zu decken ist in dieser Phase kaum möglich, daher ist jede Stimulierung der TS-Aufnahmekapazität hier sinnvoll (Kamphues et al. 2014).

Für die richtige Rationsgestaltung und den Aufbau der Ration ist die Fütterungstechnik zu berücksichtigen. Kleine Betriebe in Anbindehaltung bevorzugen meist die separate Vorlage der einzelnen Rationsbestandteile mehrmals täglich. Zwar kann hier eine individuelle Futterzuteilung erfolgen, jedoch werden separat angebotene, hohe Kraftfuttermengen schlecht vertragen. Alternativ bietet sich die Teil-TMR (totale Mischration) an. Alle Grundfutterkomponenten werden hier gemischt und zusammen mit Ausgleichs-KF angeboten. Am Melkautomaten erhalten die Kühe zusätzliches Kraftfutter je nach Leistung. Bei der Voll-TMR werden alle Komponenten des Futters zu einer Ration mit Hilfe des Mischwagens vermengt und ad libitum 4-5 mal am Tag angeboten. Vorteile liegen hier in der Synchronisation ruminaler Protein- und Kohlenhydratverdauung durch zeitgleiche Aufnahme aller Komponenten und dadurch höchste Verträglichkeit großer Kraftfuttermengen (Kamphues et al. 2014).

### 3.2 Körpergewicht

Durch die positive genetische Korrelation von Milchleistung und Lebendmasse führt die Zucht auf Milchleistung zwangsläufig zu schwereren und größeren Tieren (Krogmeier 2009). Die höhere Lebendmasse jedoch bedingt auch einen höheren Erhaltungsbedarf. Somit müsste eine 850 kg Kuh, 8100 kg Milch pro Jahr produzieren, um die gleiche Nährstoffeffizienz zu erlangen wie eine 550 kg Kuh mit 5900 kg Milch im Jahr. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass die Milchleistung einer Kuh um 12-13% je 100 kg Körpergewicht ansteigen muss, um die gleiche Futterkonvertierungseffizienz zu erreichen. Da jedoch die Futtermittelkapazität bei steigender Milchleistung und Lebendmasse nicht ausreicht, um den Erhaltungsbedarf zu decken, müssen den Kühen große Mengen an Kraftfutter gefüttert werden. Dies führt wiederum zu erhöhter Anfälligkeit für Stoffwechselstörungen (Steinwider 2009). Steinwider (2009) errechnete einen Kraftfutteranteil von 18% für eine 550 kg schwere Kuh (5.900 kg Milch/Jahr) und 27% Kraftfutter für 850 kg (8100 kg Milch/Jahr) Lebendmasse. Für eine effiziente Ressourcennutzung sei demnach die Einbeziehung der Lebendmasse in die Milchviehzucht von großer Bedeutung.

Gruber und Stegellner (2015) schätzten in Ihrer Untersuchung zur Effizienz bei Milchkühen den Einfluss der Rasse in Bezug auf Milchleistung, Lebendmasse und Körpermaßen als hochsignifikant ein. Die Lebendmasse ging mit dem Grad der Milchbetonung der jeweiligen Rasse zurück. Fleckviehkühe (Genanteile 50-100%) wogen im Schnitt 760 kg, während Holsteinkühe 665 kg wogen. Relativ zur Lebendmasse sind milchbetonte Kühe im Vergleich zu „kombinierten“ Kühen höher und schmaler sowie auch länger. Aus Milchleistung und Lebendmasse errechneten Gruber und Stegellner (2015) die „Milchleistung pro Lebendmasse“ (in g Milch/kg LM bzw. g ECM/kg LM (ECM=Energie-korrigierte Milchleistung)). Für die „kombinierten“ Rassen wie Fleckvieh ergaben sich signifikant niedrigere Effizienzwerte als für die milchbetonten Kühe der Rasse Deutsche Holsteins. Fleckvieh erreichte eine Effizienz von 34-35 g ECM/kg LM, Deutsche Holsteins hingegen 43,1 g ECM/kg LM. Die Laktationsnummer übt ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf Milchleistung und Lebendmasse aus. Beide Merkmalswerte stiegen mit höherer Laktationsnummer an; der Anstieg wurde jedoch von Laktation zu Laktation geringer. Die Milchleistung betrug in Laktation 1, 2, 3, 4 und  $\geq 5$  22,5, 25,9, 26,7, 28,2 und 27,0 kg ECM, sowie die Lebendmasse betrug entsprechend 654, 712, 741, 755 und 757 kg. Die mit dem Alter gleichlaufende Zunahme von Milchleistung und Lebendmasse führt dazu, dass sich die Milcheffizienz mit zunehmender Laktationszahl in immer geringer werdendem Ausmaß ändert.

Hinsichtlich der Beziehung zwischen Milchleistung und Lebendmasse zeigen die Ergebnisse von Gruber und Stegellner (2015), dass die Milchleistung leicht positiv mit der Lebendmasse korreliert. Allerdings geht die Milcheffizienz mit steigender Lebendmasse zurück und zwar deutlicher als die Milchleistung ansteigt. Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Milcheffizienz mit steigender Milchbetonung der Rasse bzw. des Genotyps ansteigt, weil deren Milchleistung höher und die Lebendmasse geringer ist (Gruber und Stegellner 2015).

### 3.3 Aktivität

Um hohe Reproduktionsleistungen erreichen zu können ist eine gute Brunstbeobachtung von großer Bedeutung. Diese, durch den Landwirt erfolgende, visuelle Kontrolle seiner Milchviehherde nimmt jedoch viel Zeit in Anspruch und setzt zudem ein gewisses Maß an Erfahrung voraus (Wangler et al. 2005). Die Ziele einer guten Brunsterkennung sind zum einen eine hohe Genauigkeit, also die erfolgreiche Besamung möglichst vieler Tiere in der „Hochbrunst“ und zum anderen eine hohe Effizienz. Dies bedeutet, dass in 21/42 Tagen möglichst viele Tiere als brünstig erkannt werden (Becker, Kanitz und Heuwieser 2005).

Neben der visuellen Brunstbeobachtung gibt es mittlerweile viele Hilfsmittel, die es ermöglichen, anhand der Aktivität der Kuh, Rückschlüsse auf ihren Brunstzyklus zu ziehen. Kiddy (1977) gibt für Kühe im Östrus eine um 393% gesteigerte Aktivität an. 72 bis 16 Stunden vor Eintritt der Brunst steigt die Aktivität, gemessen anhand der Schrittzahl pro Zeiteinheit (Pedometrie), geringgradig an. Ab 16 Stunden vor dem Östrus kommt es zu einem deutlichen linearen Anstieg, der zur Stunde 0 (Östrus) den Höhepunkt erreicht. Anschließend sinkt die Laufaktivität ebenso schnell wieder ab wie sie gestiegen ist (Arney, Kitwood und Phillips 1994). Zudem konnten Wangler et al. (2005) neben einer durchschnittlichen Steigerung der Aktivität zum Zeitpunkt der Brunst um 150% feststellen, dass besonders nachts die Aktivitätsdifferenz mit +192% um einiges deutlicher ausfällt als tagsüber (+94%).

Roelofs et al. (2005) erkannten für die Aktivität einen diurnalen Rhythmus. Die niedrigste Schrittzahl verzeichneten sie zwischen 4 und 6 Uhr morgens, die höchste Aktivität am Nachmittag zwischen 16 und 18 Uhr (s. Abb. 2). Kühe mit Milchleistungen >30 kg/Tag zeigen zudem besonders in den Abend- und Nachtstunden deutlich erhöhte Aktivitätswerte, Kühe mit geringerer Milchleistung <30 kg/Tag eher tagsüber. Demnach sollten bei Kühen mit hohem Leistungsniveau vor allem die morgendlich ausgelesenen Daten kontrolliert werden, abendliche visuelle Brunstkontrolle und vormittägliche Besamung erfolgen.

Anhand der Pedometrie kann somit eine 95%-ige Trefferquote erreicht werden, jedoch muss hierbei der Grenzwert des Systems bei >+100% über dem gleitenden Mittel liegen und Fehlerraten von 54% sollten in Kauf genommen werden. Um den optimalen Besamungserfolg zu erreichen, sollte 6-8 Stunden nach dem Aktivitätspeak besamt werden (Wangler et al. 2005).

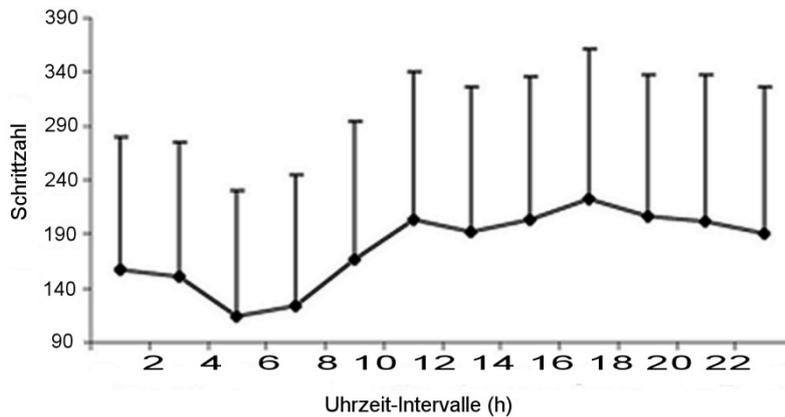


Abbildung 2: Aktivität gemessen an der Schrittzahl im Tagesverlauf (2-Stunden Takt), modifiziert nach Roelofs et al. (2005)

Neben der Pedometrie nutzt auch die Respektortechnik die Aktivitätssteigerung in Form von Ruhelosigkeit. Hierbei befindet sich das Messgerät im Nackenbereich der Kuh, angebracht an einem Halsband. Aufgezeichnet werden Kopf- und Nackenbewegungen in Form physikalischer Impulse. Auch die bei der Respektortechnik gemessenen Kopf-Halsbewegungen im Diöstrus, folgen einem diurnalen Rhythmus mit Aktivitätshöhepunkten zwischen 6 und 8 Uhr, sowie gegen 17 Uhr. Zudem wird die Aktivität beeinflusst durch die Parität und die Laktationsnummer, wobei Tiere mit höherer Laktationsnummer geringere Aktivitäten aufweisen (Lövendahl und Chagunda 2010). Außerdem befinden sich in den Respondern integrierte Mikrophone die im 2-h Rhythmus Wiederkauzeit, Kaurhythmus und die Zeit zwischen zwei Regurgitationen aufzeichnen (Reith und Hoy 2012). Die gesammelten Daten werden bei jedem Besuch des Melkroboters oder wenn die Kuh einen „HR-Tag“-Ausleser passiert, heruntergeladen und durch die jeweilige Management-Software auslesbar gemacht.

Im Durchschnitt verbringt eine Kuh 35-40% des Tages mit Wiederkauen. Verkürzungen der Wiederkauzeit können durch Stressfaktoren, wie veränderte klimatische Bedingungen, Gesundheitsprobleme, Managementprobleme oder Störungen im Wohlbefinden der Tiere bedingt sein (Bar und Solomon 2010). Aber auch physiologisch bedingte Veränderungen in der Wiederkauzeit sind erkennbar. Besonderen Nutzen sehen Reith und Hoy (2012) in der Detektion des Eisprunges. Während des Östrus kommt es zu einer deutlichen Verringerung der Wiederkauzeit. Während die untersuchten Kühe im Mittel (3 Tage vor bis 3 Tage nach dem Östrus) 429 min/Tag mit Wiederkauen beschäftigt waren, taten sie dies am Tag des Östrus nur 355 Minuten lang. Die untersuchten Herden zeigten somit eine um 14% (60 min/Tag) bis 24% (90 min/Tag) verkürzte Wiederkautätigkeit.

Herold, Koch und Hoy (2017) untersuchten zudem den Einfluss verschiedener Krankheitskomplexe wie Klauenerkrankungen, Fruchtbarkeitsstörungen, Stoffwechselstörungen und Mastitis auf die Aktivität und die Wiederkauzeit. Eine frühzeitige Erkennung ist jedoch nur für Klauenerkrankungen und Stoffwechselstörungen möglich. Klauenerkrankte Tiere zeigten 3 Tage vor der akuten Phase einen Rückgang der Wiederkautätigkeit um 51 Min/Tag, bei Kühen mit Stoffwechselstörungen kam es sogar zu knapp 200 min/Tag kürzerer Wiederkauzeit.

### III. Material und Methoden

#### 1. Allgemeines

##### 1.1 Versuchsbetrieb

Das Lehr und Versuchsgut Oberschleißheim (LVG) ist seit 1956 der LMU München zu Zwecken der Ausbildung, für Promotionsvorhaben sowie für Forschungsprojekte angeschlossen. Neben Rinderherden mit Tieren der Rassen Deutsche Holsteins (DH), Deutsches Fleckvieh (FV) und deren Kreuzungsprodukten werden im Versuchsbetrieb ebenso Alpakas sowie Schweine unterschiedlicher Rassen gehalten.

##### 1.2 Versuchszeitraum

Die ersten gesammelten Daten stammen von Kühen die im Jahr 2008 gekalbt haben, die letzten von jenen die im April 2017 gekalbt haben. Somit wurden in die Auswertung Daten von über 9 Jahren aufgenommen. Das Versuchsende ist gleichgesetzt mit dem Beginn der statistischen Auswertung der Daten im April 2017.

##### 1.3 Versuchstiere

In den Versuch wurden Tiere der Rassen Deutsche Holsteins (DH), Deutsches Fleckvieh (FV) sowie deren Kreuzungsprodukte einbezogen. Bereits 1958 wurden die ersten Holstein-Friesian-Zuchtrinder in den Versuchsbetrieb eingegliedert; 1984 kamen dann die Fleckviehkühe hinzu. Seit 1999 wurden aus diesen beiden Rassen systematisch Wechselkreuzungsprodukte erzeugt, wobei nahezu alle Rinder aus eigener Nachzucht mittels künstlicher Besamung oder Natursprung entstammen. Derzeit befinden sich insgesamt 301 Rinder im Besitz des Lehr- und Versuchsgutes, davon 136 Kühe und 5 Bullen; der Rest verteilt sich auf Jungrinder, Kälber und Kalbinnen. Von den 136 Kühen sind 17 Deutsche Holsteins, 51 Deutsches Fleckvieh, 66 Kreuzungstiere aus diesen beiden Rassen, 1 Kreuzungstier anderer Rassen sowie 1 reinrassige Braunvieh-Kuh (Stand: 21.08.2018, Bätz persönliche Mitteilung).

Die Kühe, die andere Genanteile als Holstein oder/und Fleckvieh aufwiesen, wurden nicht in die Auswertung einbezogen. Die Auswertung der Daten des Automatischen Melksystems (AMS) wurde unterteilt in Melkdaten (Gemelke je Laktationstag ohne Biestmilchzeit) und Tagesdaten. Die Melkdaten stammen von Kühen aus den Geburtsjahren 2000-2014, die Tagesdaten ergaben sich aus den Durchschnittswerten eines Tages jeder einzelnen Kuh aus den Geburtsjahren 1998-2014. Ausgewertet wurden von diesen Kühen jedoch nur die Gemelks- und Tagesdaten in Folge der Abkalbungen aus den Jahren 2008-2017. Für die AMS-Melkdaten (Gemelke innerhalb Laktationstag) ergaben sich 703166

ausgewertete Datensätze, für die Tagesdaten 256171. Die Erfassung der Aktivität (E) erfolgte mit Hilfe der Respektortechnik. Verwendet wurde hierbei das System „Qwes-HR“ der Firma Lely. Täglich 24 Stunden wurden die Aktivitäts-, Schluck- und Wiederkaudaten jeder Kuh mit einem an der linken Halsseite befestigten Sensor gemessen. Bei Besuch des Melkroboters Astronaut A3 bzw. A3next wurden die Daten ausgelesen und in der T4C-Datenbank (T4C=Time for Cows, Lely Herdenmanagement-Software) gespeichert.

Die Daten zur Milchleistung und Milchqualität des Landeskuratoriums der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern ev. (LKV), die elfmal jährlich von jeder laktierenden Kuh des LVG erfasst wurden, wurden von 2000-2017 ausgewertet. Es ergaben sich somit 13863 Prüftagesdatensätze von insgesamt 528 in diesem Zeitraum geprüften Tieren.

## 1.4 Kreuzungsverfahren

Bis April 2014 wurde die Kreuzung von Fleckvieh und Deutschen Holsteins im Lehr und Versuchsgut streng nach dem Prinzip der Wechselkreuzung durchgeführt. Dabei wurde die Kreuzungskuh immer mit einem Bullen ihrer Muttersvater-Rasse angepaart, die folgenden F1- und danach R1- bzw. RX-Generationen wurden entsprechend abwechselnd mit Deutschen Holsteins und Fleckvieh verpaart. Dadurch entstand mit den Jahren eine Kreuzungsherde von Kühen mit unterschiedlichsten FV-Genanteilen. Im April 2014 wurde das Prinzip der Wechselkreuzung beendet und die Rückkreuzung auf Fleckvieh begonnen. Von nun an wurden alle Kühe der Herde (mit Ausnahme der besten fünf HF Kühe) nur noch mit Fleckviehbullen besamt bzw. vom Bullen gedeckt, sodass sich die Herde nach und nach im Rahmen einer Verdrängungskreuzung einer genetisch reinen Fleckviehpopulation annähern soll.

## 1.5 Haltung

Die Milchviehherde des Lehr und Versuchsgutes befand sich ganzjährig in einem Boxenlaufstall mit Spaltenböden und Flüssigmistanlage. Ein westliches und ein östliches Abteil bot jeweils 64 Liegeplätze. Die Unterteilung der Kühe auf das jeweilige Abteil erfolgte rein zufällig. In jedem Abteil befand sich ein Melkroboter (AMS) am Süden, zu dem die Kühe ganztägig freien Zugang hatten. Zur Verfügung standen insgesamt 4 Tränken jeweils am Nord- und Süden jedes Liegeboxenblockes, zudem 2 automatische Bürsten für den Kuhkomfort und 2 Lecksteine zur Ergänzung des Mineralhaushaltes. Die Böden des Ost- und Westabteils waren Betonspaltenböden, wobei dieser im Westabteil mit Gummimatten ausgelegt war. Die Liegeboxen des Ostabteils waren Tiefstreuboxen von 1,15 m Breite und 2,20 m Länge. Die Hochboxen des Westabteils waren mit Gummimatten ausgelegt und hatten die Maße 1,15 m Breite, 2,20 m Länge und 0,20 m Kantenhöhe. Für natürlichen Lichteinfall sorgten die an den Außenwänden gelegenen zahlreichen Fenster, für Frischluft eine Trauf-First-Lüftung sowie 4 Großventilatoren und 2 kleine Ventilatoren. Die Breite des Laufganges zu den Außenseiten hin betrug 2 m, zum Futtertisch hin 3 m auf beiden Seiten. Die Reinigung des Spaltenbodens erfolgte jeweils mittels eines automatischen Mistschiebers Modell „Discovery“ der Firma Lely. Die Tiefstreuboxen wurden täglich neu eingestreut und

gekalkt, die Hochboxen im Westabteil wurden täglich gereinigt und gekalkt. Trockengestellte Kühe gelangten in den sogenannten Mehrzweckstall I oder während der Saison auf die Weide. Der Mehrzweckstall I ist ein Boxenlaufstall mit 20 Liegeplätzen.

## 1.6 Milchentzug

Gemolken wurde mittels der im Milchviehstall auf der südlichen Giebelseite befindlichen zwei Einboxen-Melkroboter der Firma Lely Industries N.V Maasland/Netherlands. Im Ostabteil befand sich das Modell „Astronaut A3“, im Westabteil das Folgemodell „Astronaut A3 next“. Abgepumpte Milch gelangte über ein Milchleitungs- und Pressluftsystem zur Zwischenlagerung in die Milchkühltanks. Vier Vollzeitkräfte und der zuständige Herdenmanager waren für den reibungslosen Ablauf und die Wartung der Geräte zuständig. Jede Kuh des Milchviehstalles hatte 24 Stunden täglich die Möglichkeit den Melkroboter aufzusuchen, wobei der Kuh als Anreiz ein Teil des leistungsabhängigen Kraftfutters (s. Tab. 4-5) verabreicht wurde. Durchschnittlich suchte jede Kuh den Melkroboter fast 3-mal täglich auf, sollte eine Kuh jedoch den Melkroboter seit mehr als 12 Stunden nicht besucht haben, wurde diese vom diensthabenden Mitarbeiter zum AMS geführt.

## 1.7 Melkroboter

Der Zugang zu den Melkrobotern erfolgte von der West- oder Ostseite her. Jeweils am Kopfbende befand sich der Kraftfutterautomat. Im Boden des Melkroboters war im Bereich der Hintergliedmaßen Spaltenboden eingebaut, die restliche Standfläche bestand aus Riffelblech, die gleichzeitig als Waage diente. Die Maße, des als Box konzipierten Melkroboters, waren 4,4 m Länge, 3,8 m Breite und 2,1 m Höhe. Das Personal hatte die Möglichkeit der Bedienung der Anlagensteuerung von der Südseite des AMS aus, ohne hierbei in direkten Tierkontakt zu kommen.

Die Prozessschritte des Tierbesuchs in beiden AMS erfolgten in Anlehnung an Brähmig (2011) nach folgendem Muster, wobei im Unterschied zu Brähmig (2011) bzw. Schichtl (2007) nicht mit den AMS-Systemen Lely A2 sondern mit den AMS-Systemen Lely A3 bzw. A3next gemolken wurde :

- I. **Tierererkennung:** Betreten des Melkroboters und Kuherkennung mittels Transponderkennzeichnung. Bei Melkberechtigung wurde die Eingangstür geschlossen. Sollte keine Melkberechtigung bestehen, wurde die Kuh entlassen bzw. ausgetrieben.
- II. **Tierpositionierung:** Über die integrierte Waage konnte die Kuhpositionierung im System festgestellt werden.
- III. **Fütterung:** Über den Futterschacht wurde das leistungsbezogene Kraftfutter zugeteilt.
- IV. **Melkberechtigung:** Die Berechtigung des Gemolken Werdens erhielt jede Kuh alle 6 Stunden (normal maximal 4 Besuche je Tag; einzelne Kühe konnten auch häufiger gemolken werden).

- V. **Zitzenauffindung:** Mittels auf dem Multifunktionsarm installierten 3D-Lasersystems wurde das Euter gescannt und die Zitzenpositionen einzeln erkannt, um Schritt VI einzuleiten.
- VI. **Zitzenreinigung:** Mittels Schwenkarm wurde das Reinigungsmodul mit rotierenden Bürsten eingeschwenkt und die individuelle Zitzenreinigung erfolgte zuerst bei den Vorderzitzen, dann bei den Hinterzitzen.
- VII. **Ansetzen:** Der Multifunktionsarm wurde auf Höhe der Eutermitte positioniert und die vier Melkbecher wurden einzeln angesetzt.
- VIII. **Vormelken:** Unter Vakuum wurde jedes Viertel individuell angemolken und die Milch nach entsprechender Analyse der Milchqualität separat abgeführt.
- IX. **Melken:** Durch das anliegende Vakuum wurden die Melkbecher an den Zitzen fixiert und die Milch jedes Viertels abgepumpt und im Milchsammelbehälter des AMS bis zur Weiterleitung in die Milchkühltanks zwischengelagert.
- X. **Messparameter:** Während des Melkens erfasste der Melkroboter die Daten wie Milchmenge, Milchflussgeschwindigkeit, Melkzeit, Besuchszeit, Leitfähigkeit, Milchtemperatur, Körpergewicht, sowie die Milchinhaltsstoffe Eiweiß und Fett.
- XI. **Abnahme:** Sobald der Milchfluss unter das voreingestellte Volumen je Zeiteinheit fiel, wurden die Melkbecher einzeln abgenommen.
- XII. **Zitzendesinfektion:** Durch eine Düse im Multifunktionsarm wurden die Zitzen mittels Desinfektionsmittel besprüht.
- XIII. **Nachbereitung:** Der Multifunktionsarm schwenkte wieder in die Ausgangsposition; die Kuh wurde aus dem AMS entlassen. Die gesamte Milchmenge wurde gemessen und abgepumpt, der Kraftfutterverbrauch gemessen und zusammen mit den anderen Daten in das T4C-Managementprogramm übernommen.
- XIV. **Reinigung:** Die 12 Minuten dauernde Hauptreinigung erfolgte 3-mal täglich, um 4 Uhr, 12 Uhr und 20 Uhr mittels Heißwasser, Reinigungs- und Desinfektionsmittel. Sollte 15 Minuten lang keine Kuh den Melkroboter betreten haben, wurde mit klarem Wasser gespült. Nach jedem Melkvorgang wurden die Melkbecher per Heißwasser-Dampfdesinfektion gereinigt.
- XV. Frisch abgekalbte Kühe und behandelte Kühe mit Wartezeit, erhöhten Zellzahlen oder erhöhten Leitfähigkeitswerten wurden im Abkalbe-/Krankenstall (Anbindehaltung) gemolken, sofern die BU positiv ausfiel.

## 1.8 Tiermedizinische Betreuung

Neben dem am Lehr- und Versuchsgut fest angestellten Tierarzt erfolgte die Betreuung des Rinderbestandes durch Doktoranden/-innen der Ludwig-Maximilians-Universität München und durch Studierende der Veterinärmedizin, die im Rahmen Ihrer Ausbildung die Tiere untersuchten und behandelten. Mit Hilfe der im AMS erstellten Listen zu Zellzahl, Leitfähigkeit, Milchmenge, Zwischenmelkzeit und anderen Parametern konnten Auffälligkeiten bei einzelnen Kühen schnell erkannt und bei Bedarf entsprechend gehandelt werden.

## 1.9 Reproduktion und Brunstbeobachtung

Zur rechtzeitigen Erkennung von Brunstanzeichen war der Herdenmanager sowie die Stallmitarbeiter zur bewussten Beobachtung der Herde angehalten. Außerdem besaß jede Kuh einen Halsriemen mit Transponder, der neben einer Aktivitätsmessung in Form von Kopfbewegungen der Kuh auch ein Mikrophon enthielt, mit dem die Wiederkautätigkeit erfasst wurde. In den allermeisten Fällen wurde künstlich besamt, nach zweimaliger misslungener künstlicher Besamung kam einer der betriebseigenen Fleckviehbullen zum Einsatz. Die freiwillige Wartezeit betrug in der Regel 40 Tage nach Abkalbung. Die erste Trächtigkeitsuntersuchung erfolgte am 30. Tag nach Besamung.

### 1.10 Fütterung

Zweimal täglich erhielten die Kühe eine auf 24 kg Milchleistung ausgelegte Teil-TMR. Diese bestand zu einem Teil aus Grundfutter und zum anderen Teil aus Kraftfutter (Abb. 3). Der größte Teil des Kraftfutters (max. 8 kg) wurde den Tieren jedoch im Melkroboter angeboten. Die Kraftfuttermenge richtete sich nach Tiergruppe, Laktationsstadium und Milchleistung (Abb. 5). Die detaillierte Kraftfutterzusammensetzung ist aus Abb. 4 ersichtlich. Hochleistungskühe erhielten zusätzlich zum Futter der Standardkühe ein spezielles Energiefutter. Die Zusammensetzung des Energiefutters ist in Abb. 4 ersichtlich, die Menge des verabreichten Energiefutters in Abb. 5. Zusätzlich zum Kraftfutter erhielten alle Kühe in den ersten 30 Tagen nach Abkalbung ein Ergänzungsfuttermittel bestehend aus Propylenglykol und Glycerin.

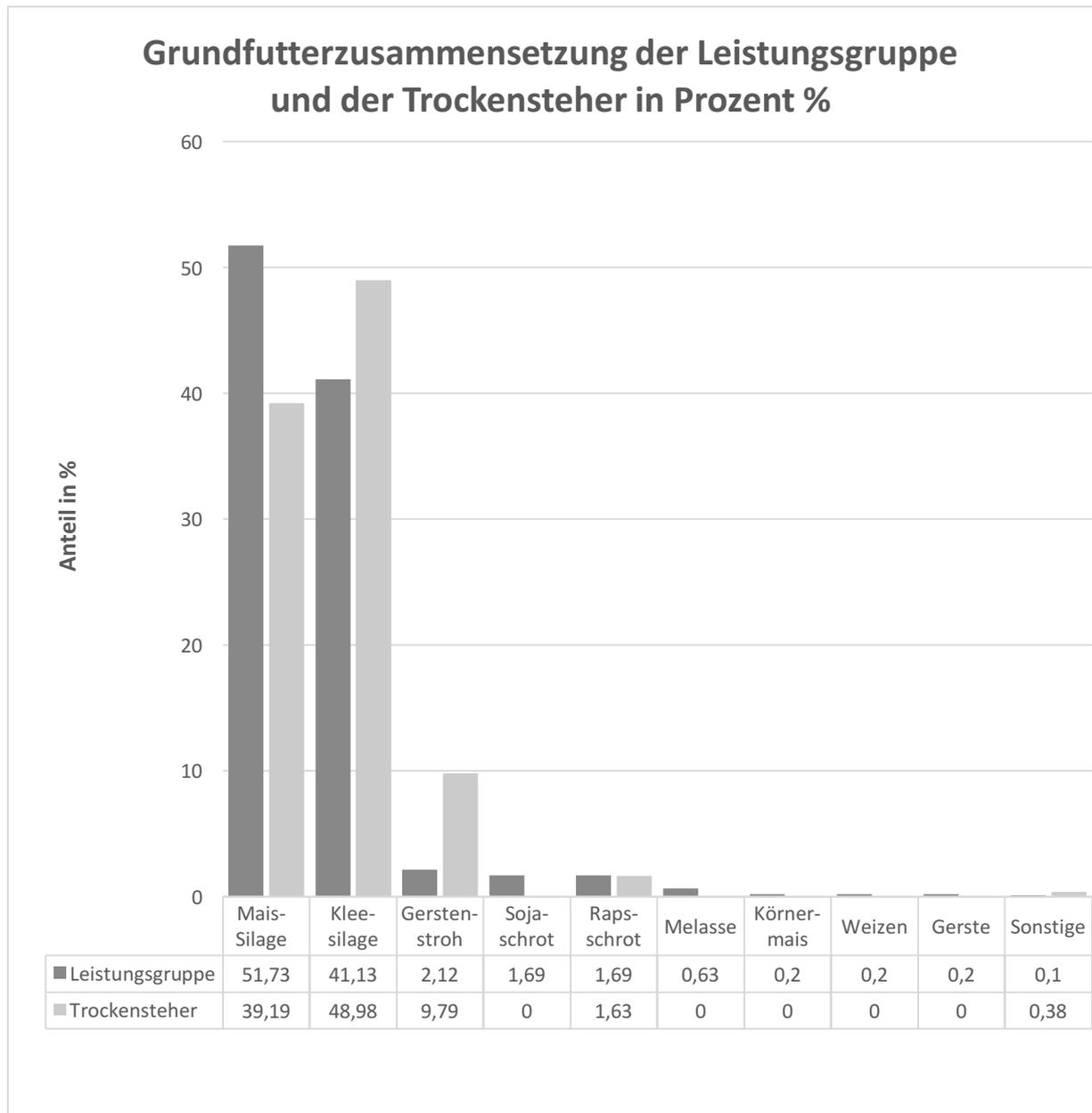


Abbildung 3: Grundfutterzusammensetzung (Teil-TMR) in Prozent für Leistungsgruppe und Trockensteher

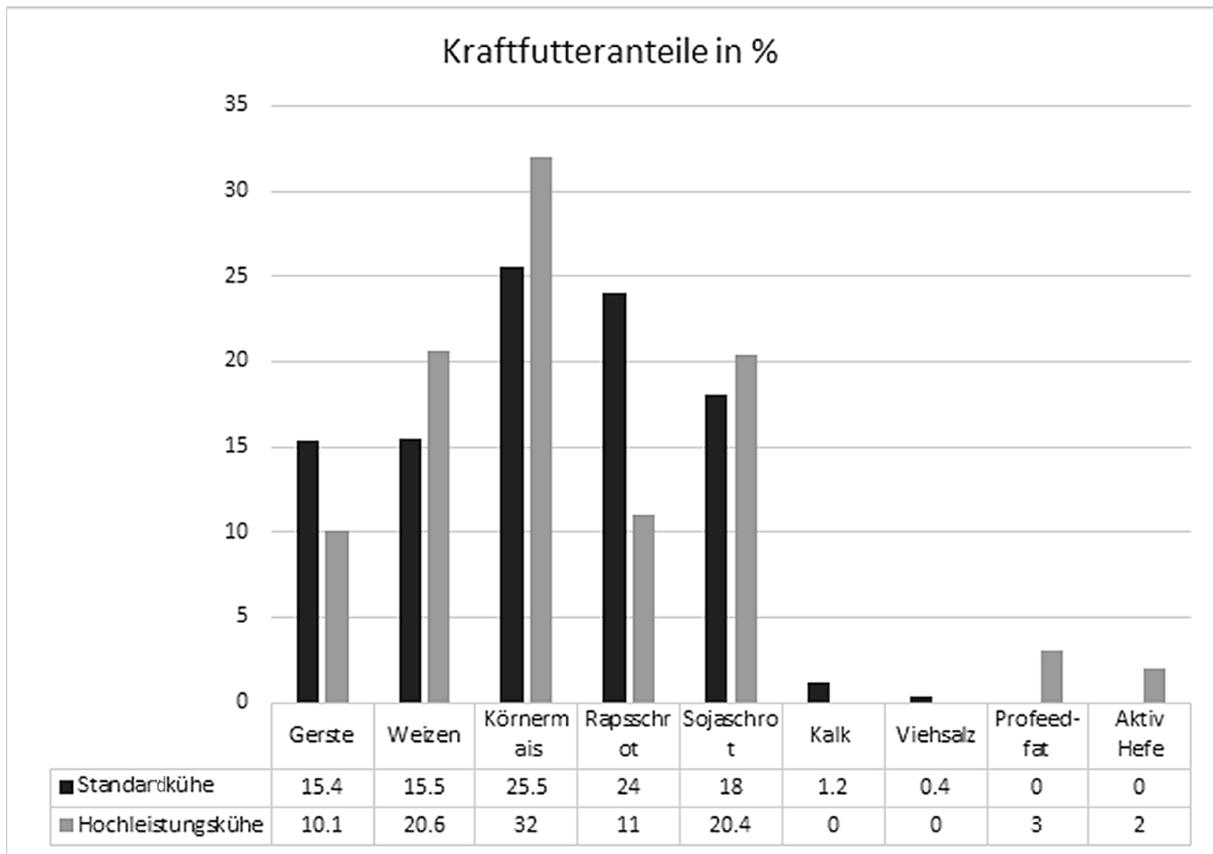


Abbildung 4: Kraftfutterzusammensetzung für laktierende Kühe in Prozent.

	Trockensteher	Tag 14 v. A.	Tag 0 v. A.				
		1/0/0	2/0/0				
<b>Standardfutter</b>							
<b>Energie</b>							
<b>Flüssigfutter</b>	Kalbinnen	Tag 30 v. A.	Tag 0 v. A.				
		1/0/0	2/0/0				
	Kühe 1. Laktation	Tag 0 n. A.	Tag 20 n. A.	Tag 30 n. A.	Tag 60 n. A.	Tag 80 n. A.	Tag 50 v. T.
						Milchleistung	
Kraftfutter in kg		1/1/0,15	1,5/2,5/0,15	2/3/0,15	2/4/0	bis 5 kg	1/0/0
über						bis 20 kg	1/0/0
AMS						bis 28 kg	2/0,56/0
						bis 30 kg	2/1,7/0
						bis 32 kg	2/2,88/0
						bis 34 kg	2/4/0
						bis 40 kg	4/4/0
	Kühe	Tag 0 n. A.	Tag 20 n. A.	Tag 30 n. A.	Tag 40 n. A.	Tag 60 n. A.	Tag 50 v. T.
						Milchleistung	
		1/1/0,15	3/3/0,15	3,5/3,5/0,15	4/4/0	bis 5 kg	1/0/0
vor Abkalbung: v. A.						bis 20 kg	1/0/0
nach Abkalbung: n. A.						bis 25 kg	1/0/0
vor Trockenstellen: v. T.						bis 32 kg	3,19/0/0
						bis 34 kg	4/0,37/0
						bis 36 kg	4/1,49/0
						bis 38 kg	4/2,63/0
						bis 40 kg	4/3,79/0
						bis 42 kg	4/4/0

Abbildung 5: Auflistung der über das AMS verabreichten Kraftfuttermengen in kg, in Abhängigkeit der verschiedenen Tiergruppen und Laktationsstadien.

### 1.11 Trockenstellen

Das Trockenstellen erfolgte in der Regel 8 Wochen vor dem errechneten Abkalbetermin. Hierbei wurde das Melken abrupt eingestellt. Zudem wurden Kühe, die länger als drei Tage unter 10 kg Milch gaben, vorzeitig trocken gestellt. 50% der Kühe, die während der Laktation unauffällig waren und niedrige Zellzahlen aufwiesen, erhielten lediglich einen Zitzenversiegler. Der Rest musste mittels antibiotikahaltigen Trockenstellern behandelt werden. Ca. 5 Wochen vor errechnetem Abkalbetermin wurden die Kühe im Mehrzweckstall 1 bzw. im Sommer auf der Weide untergebracht, 2 Wochen vor Abkalbung liefen sie zur Gewöhnung an die TMR (Totale Mischration) im Laufstall mit und wurden letztlich zur Abkalbung in den Anbindestall mit 14 Plätzen, Langstand und Kramer-Riemen verbracht. Während des Trockenstehens erhielten die Kühe zudem 2 Boli „Rumifort“ Spurenelemente.

## 2. Statistische Methoden

### 2.1 Allgemeines

Aus der Versuchstierherde des Lehr- und Versuchsgutes Oberschleißheim wurden alle Kühe der Rassen Deutsche Holsteins sowie Fleckvieh und die aus diesen beiden Rassen entstandenen Kreuzungstiere in die Auswertung einbezogen. Berücksichtigt wurden sowohl die Daten der Melkroboter der Firma „Lely“ sowie die Ergebnisse der Milchleistungsprüfung des LKV-Bayern (Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V.) Die jeweiligen Daten wurden durch den Informatiker des Lehr- und Versuchsgutes in die interne SQL-Datenbank (Microsoft SQL-Server®) übernommen. In der Auswertung der AMS-Daten wurden Kühe berücksichtigt, die zwischen dem 22. September 2008 und dem 19. Februar 2017 gekalbt haben, für die LKV-Daten wurden jene Kühe einbezogen, die im Zeitraum von Dezember 2000 bis März 2017 geprüft wurden. Mit Hilfe des Statistik-Programmes SAS 9.3® (SAS/STAT 12.1 User's guide, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2012) wurden die entsprechenden Daten im Rahmen einer Varianzanalyse ausgewertet und unter Verwendung der MIXED-Prozedur wurden die fixen und zufälligen Effekte geschätzt. Die Schätzung erfolgte nach dem Prinzip der Varianzkomponentenanalyse mittels REML (Restricted Maximum Likelihood). Die berücksichtigten fixen und zufälligen Effekte können sich jedoch bei LKV-Daten und AMS-Daten in Abhängigkeit von den vorhandenen Datenstrukturen unterscheiden, wodurch bei Betrachtung des gleichen Parameters

unterschiedliche Ergebnisse entstanden sein können. Die mittels SAS 9.3 ® ausgewerteten Daten folgen dem allgemeinen linearen, gemischten Modell:

$$Y = X\beta + Zy + e$$

mit:

Y – Beobachtungsvektor

$\beta$  – Vektor der fixen Effekte

y – Vektor der zufälligen Effekte

X – Designmatrix der fixen Effekte

Z – Designmatrix der zufälligen Effekte

e – Vektor der zufälligen Resteffekte

Zur Berechnung der Signifikanz wurde für die fixen Effekte ein F-Test (Varianzvergleich) angewendet, für die Least Squares Means (LSM) und deren Differenzen untereinander wurde ein t-Test (Mittelwertvergleich) verwendet. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde für alle in SAS 9.3 ® durchgeführten F- und t-Tests bei  $p \leq 0,05$  festgelegt.

## 2.2 Modelle

Zur Vergleichbarkeit der Datenmodelle und besseren Darstellung wurden einige Effekte in Klassen eingeteilt. So wurden aus den 0 bis maximal 554 Laktationstagen Laktationswochenklassen von 1 bis 53 gebildet, wobei alle Laktationstage >365 Tagen als Woche 53 zusammengefasst wurden. Für Abkalbesaison und Melksaison wurden jeweils 6 Klassen á zwei Monaten gebildet (Siehe Tabelle 2).

Der Effekt Laktationsnummer wurde, wie in Tabelle 3 ersichtlich, in 5 Klassen eingeteilt. Unter Laktationsnummer 5 wurden die 5. und alle folgenden Laktationen zusammengefasst.

Die Fleckvieh-Genanteile wurden in sieben Gruppen zusammengefasst. Angegeben sind jeweils die Mittelwerte der entsprechenden Gruppe. Die Einteilung erfolgte nach folgendem Muster: 0%, 0,1-20% (10%), 20,1-40% (30%), 40,1-60% (50%), 60,1-80% (70%), 80,1-99,9% (90%), 100% (siehe Tabelle 4).

Tabelle 2: Melksaisonklassen und Abkalbesaisonklassen 1-6

KLASSE	SAISON
1	Januar-Februar
2	März-April
3	Mai-Juni
4	Juli-August
5	September-Oktober
6	November-Dezember

Tabelle 3: Einteilung der Laktationen in Laktationsnummern

<b>LAKTATIONSNUMMER</b>	<b>ENTSPRICHT LAKTATION</b>
1	1. Laktation
2	2. Laktation
3	3. Laktation
4	4. Laktation
5	5. und folgende Laktationen

Tabelle 4: Fleckviehgenanteile in Klassen

<b>FLECKVIEHANTEIL IN KLASSEN</b>	<b>FLECKVIEHANTEIL IN PROZENT</b>
0%	0%
10%	0,1-20%
30%	20,1-40%
50%	40,1-60%
70%	60,1-80%
90%	80,1-99,9%
100%	100%

## 2.3 AMS-Daten

Die AMS-Daten stammen aus den im Stall des Lehr- und Versuchsgutes verwendeten Melkrobotern Modell „Astronaut A3“ der Firma „Lely“. Ausgewertet wurden sowohl die „Melkdaten“ als auch die „Tagesdaten“. Die „Melkdaten“ wurden bei jedem Besuch der entsprechenden Kuh im Melkroboter erfasst, bei den Tagesdaten handelt es sich um die im Tagesdurchschnitt gemessenen Werte für den jeweiligen Parameter.

Als fixe Einflüsse flossen das Geburtsjahr (Melkdaten: 2000-2014, Tagesdaten 1998-2014), das Kalbejahr (2008-2017), die Laktationswoche (1-53), die Anzahl der Gemelke (1-5), die Abkalbesaison (siehe Tab. 1), die Melksaison (siehe Tab. 1), der Fleckviehgenanteil (Tab. 4), das Geburtsdatum (Melkdaten: 346, Tagesdaten: 347), sowie für die Melkdaten zusätzlich der Einfluss des Roboters in die Modelle ein. Demnach standen für die Melkdaten 703166 Datensätze und für die Tagesdaten 256171 Datensätze zur Verfügung. Als zufälliger Einfluss ging die Tiernummer in das Modell ein.

Es ergibt sich daraus folgende Gleichung für das Modell der

**Melkdaten:**

$$\boxed{Y_{ijklmnopqr} = F_i + L_j + M_k + R_l + K_m + W_n + A_o + S_p + t_q + e_{ijklmnopqr}}$$

Mit:

 $Y_{ijklmnopqr}$  = beobachtetes Leistungsmerkmal $F_i$  = Fixer Einfluss des Fleckviehgenanteiles ( $i = 1 - 7$ ) $L_j$  = Fixer Einfluss der Laktationsnummer ( $j = 1 - 5$ ) $M_k$  = Fixer Einfluss der Mehrlingseigenschaft ( $k = 1 - 2$ ) $R_l$  = Fixer Einfluss des Roboters (nur bei Melkdaten) ( $l = 1 - 2$ ) $K_m$  = Fixer Einfluss des Kalbejahres ( $m = 1 - 10$ ) $W_n$  = Fixer Einfluss der Laktationswoche ( $n = 1 - 53$ ) $A_o$  = Fixer Einfluss der Abkalbesaison ( $o = 1 - 6$ ) $S_p$  = Fixer Einfluss der Melksaison ( $p = 1 - 6$ ) $t_q$  = zufälliger Effekt Tiernummer ( $q = 1 - 363$ ) $e_{ijklmnopqr}$  = Zufälliger Restfehler

Außerdem ergibt sich daraus folgende Gleichung für das Modell der

**Tagesdaten:**

$$\boxed{Y_{ijklmnopqr} = F_i + L_j + M_k + K_l + W_m + A_n + S_o + G_p + t_q + e_{ijklmnopqr}}$$

Mit:

 $Y_{ijklmnopqr}$  = beobachtetes Leistungsmerkmal $F_i$  = Fixer Einfluss des Fleckviehgenanteiles ( $i = 1 - 7$ ) $L_j$  = Fixer Einfluss der Laktationsnummer ( $j = 1 - 5$ ) $M_k$  = Fixer Einfluss der Mehrlingseigenschaft ( $k = 1 - 2$ ) $K_l$  = Fixer Einfluss des Kalbejahres ( $l = 1 - 10$ ) $W_m$  = Fixer Einfluss der Laktationswoche ( $m = 1 - 53$ ) $A_n$  = Fixer Einfluss der Abkalbesaison ( $n = 1 - 6$ ) $S_o$  = Fixer Einfluss der Melksaison ( $o = 1 - 6$ ) $AG_p$  = Fixer Einfluss der Anzahl der Gemelke ( $p = 1 - 5$ ) $t_q$  = zufälliger Effekt Tiernummer ( $q = 1 - 364$ ) $e_{ijklmnopqr}$  = Zufälliger Restfehler

## 2.4 LKV-Daten

Die LKV-Daten werden im Rahmen der Milchleistungsprüfung (MLP), von jeder laktierenden Kuh, elfmal in zwölf Monaten erhoben. Zuständig hierfür ist das Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V. (LKV). In Betrieben mit automatischem Melksystem (AMS) erfolgt die MLP im Shuttle-Verfahren. Hierbei wird die Probe im Zuge des ersten Melkens des Prüftages genommen (Prüftagesdaten), wobei das Shuttle dafür sorgt, dass jedem Tier ein Proberöhrchen zur Verfügung steht. Neben der Messung der Tagesmilchmenge werden die Proben auf die Milchinhaltsstoffe Fett, Eiweiß, Harnstoff, Laktose und Zellzahl untersucht.

In die Auswertung einbezogen wurden alle laktierenden Kühe der „Kreuzungsherde“ des Lehr- und Versuchsgutes, die sich im Zeitraum 2000 bis März 2017 in der Herde befanden. Dies entspricht 528 Tieren.

## 2.5 Prüftagesdaten

Die im Versuchszeitraum gesammelten 13863 Prüftagesdatensätze von 528 Tieren wurden hinsichtlich Milchmenge (Kg), Fettgehalt (%), Eiweißgehalt (%), Zellzahl, logarithmischer Zellzahl und Harnstoff verglichen. Als fixe Einflüsse in das Modell einbezogen wurden die in sieben Klassen eingeteilten, prozentualen Fleckvieh-Genanteile, die Laktationsnummer und die Eigenschaft, ob es sich bei dem untersuchten Tier um einen Mehrling handelt. Berücksichtigt wurden nur Tiere, welche ausschließlich Holstein- und/oder Fleckviehgenanteile besaßen und sich von 2000 bis März 2017 in der Herde des LVG befanden. Als zufälliger Effekt ging das Prüfdatum in das Modell ein.

Das Modell folgt der Gleichung:

$$\mathbf{Y}_{ijklm} = \mathbf{F}_i + \mathbf{L}_j + \mathbf{M}_k + \mathbf{p}_l + \mathbf{e}_{ijklm}$$

Mit:

$\mathbf{Y}_{ijklm}$  = beobachtetes Leistungsmerkmal

$\mathbf{F}_i$  = Fixer Einfluss des Fleckviehgenanteiles ( $i = 1 - 7$ )

$\mathbf{L}_j$  = Fixer Einfluss der Laktationsnummer ( $j = 1 - 5$ )

$\mathbf{M}_k$  = Fixer Einfluss der Mehrlingseigenschaft ( $k = 1 - 2$ )

$\mathbf{p}_l$  = zufälliger Effekt Prüfdatum ( $l = 1 - 181$ )

$\mathbf{e}_{ijklm}$  = zufälliger Restfehler

## IV. Ergebnisse

### 1. AMS-Daten

Die AMS-Daten stammen aus den im Stall des Lehr- und Versuchsgutes verwendeten Melkrobotern Modell „Astronaut A3 bzw. A3 next“ der Firma „Lely“. Ausgewertet wurden sowohl die „Melkdaten“ als auch die „Tagesdaten“ (s. 2.2.1 AMS-Daten). Die „Melkdaten“ wurden bei jedem Besuch der entsprechenden Kuh im Melkroboter erfasst, bei den Tagesdaten handelt es sich um die für einen kompletten 24h-Melktag erfassten bzw. gemessenen Werte für den jeweiligen Parameter. In den folgenden Diagrammen wird jeweils ein Parameter in Abhängigkeit der fixen Einflüsse „Fleckviehgenanteil“, „Laktationsnummer“ und „Mehrlingseigenschaft“ dargestellt. (Zur genauen Beschreibung der fixen Einflüsse siehe: 2.2 Modelle)

#### 1.1 Milchmenge aus Tagesdaten

Für die Berechnung der Milchmenge pro Tag wurden Werte von <7 kg Milch nicht in das Modell einbezogen. Somit wurden von 256171 Datensätzen, 246342 Datensätze zur Schätzung der Milchmenge ausgewertet. Die beobachteten fixen Einflüsse „Fleckviehgenanteil“, „Laktationsnummer“ sowie „Mehrlingseigenschaft“ ergaben im F-Test errechnete Signifikanz mit  $p < 0,05$ . Auch die anderen in das Modell eingeflossenen fixen Einflüsse „Laktationswoche“, „Kalbejahr“, „Abkalbesaison“, „Melksaison“ und die „Anzahl der Gemelke“ sind signifikant ( $p < 0,05$ ).

##### 1.1.1 Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

In Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“ ist ein nahezu geradliniger Abfall der Milchleistung pro Tag ausgehend von reinen Holsteinkühen (0% FV-Anteil) mit 32,66 ( $\pm 0,08$ ) kg hin zu reinen Fleckviehkühen (100% FV-Anteil) mit 25,19 ( $\pm 0,08$ ) kg zu erkennen. Bei 10% FV-Anteil geben die Kühe noch 32,34 ( $\pm 0,09$ ) kg Milch, bei 30% FV-Anteil 30,09 ( $\pm 0,07$ ) kg, bei 50% FV-Anteil 29,48 ( $\pm 0,08$ ) kg, bei 70% FV-Anteil 27,92 ( $\pm 0,07$ ) kg und bei 90% Fleckviehanteil nur noch 26,75 ( $\pm 0,09$ ) kg Milch am Tag. Die Unterschiede der Milchmengen zwischen den einzelnen FV-Anteilen sind signifikant ( $p < 0,05$ , Abbildung 6).

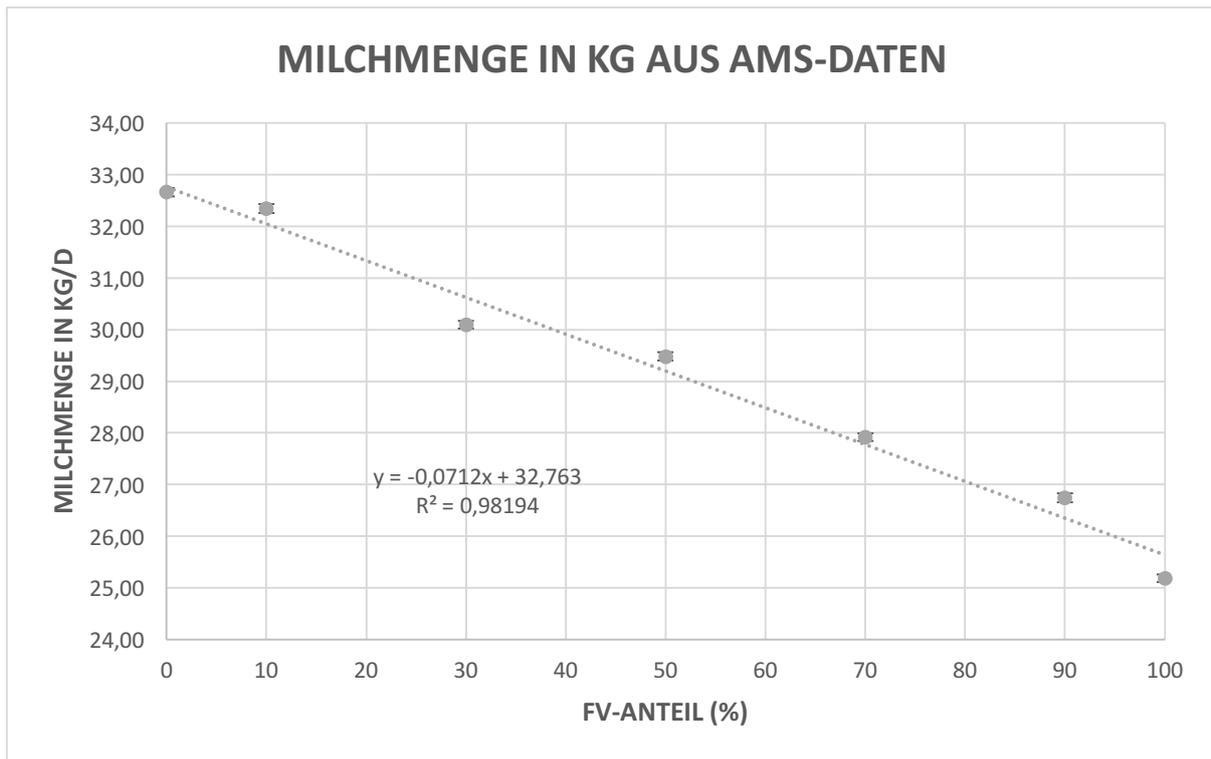


Abbildung 6: Tagesmilchmenge in kg aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

### 1.1.2 Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

Ein deutlicher Anstieg der Milchleistung pro Tag ist bei Kühen der ersten Laktation mit 26,00 ( $\pm 0,07$ ) kg Milch gegenüber 29,7 ( $\pm 0,07$ ) kg Milch bei Kühen aus der Gruppe der zweiten „Laktationsnummer“ zu erkennen. Dies entspricht einer Zunahme von 3,7 kg von erster zu zweiter Laktation. Von zweiter Laktation zu dritter Laktation mit 30,43 ( $\pm 0,08$ ) kg ist die Zunahme der produzierten Milchmenge mit 0,73 kg pro Tag vergleichsweise gering. Nach der dritten Laktation fällt die Milchleistung zur vierten Laktation wieder leicht ab auf 30,29 ( $\pm 0,08$ ) kg und zur fünften und folgenden Laktationen auf 29,61 ( $\pm 0,08$ ) kg Milch am Tag. Die größte Milchmenge produzieren demnach Kühe der dritten Laktation. Die Unterschiede der Milchmengen zwischen den „Laktationsnummern“ sind signifikant (Abbildung 7).

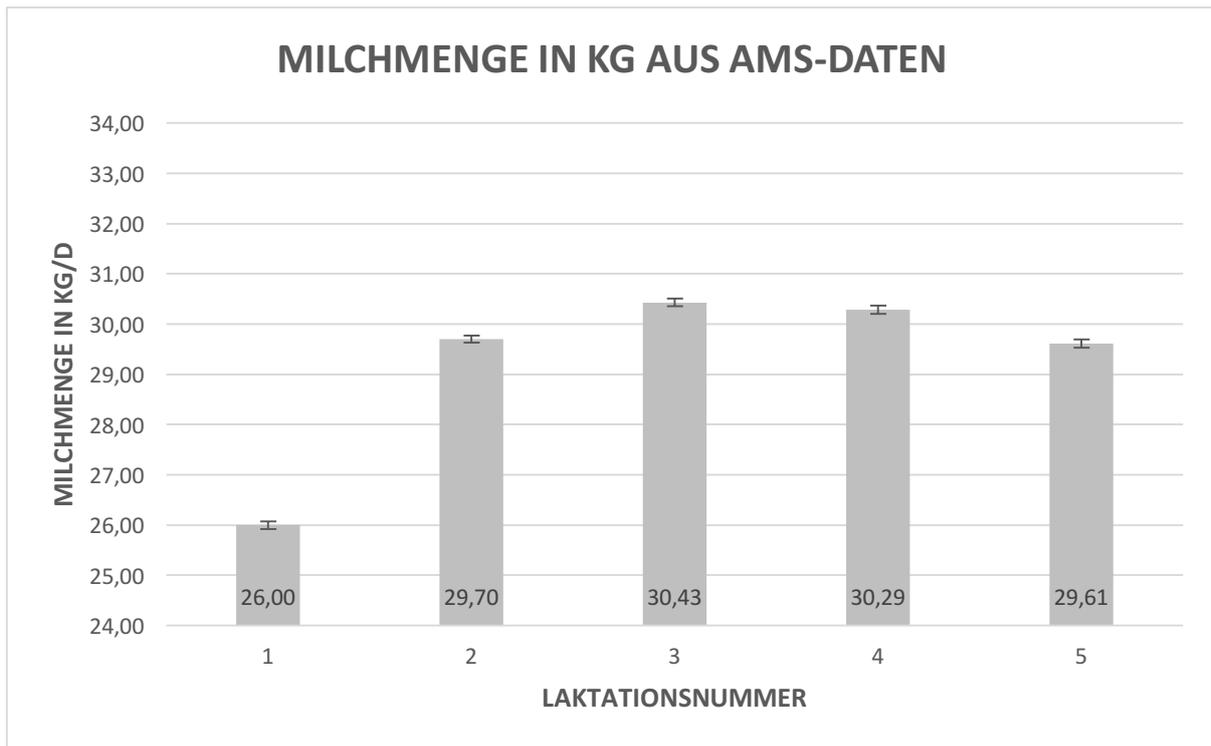


Abbildung 7: Milchmenge in kg aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

### 1.1.3 Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

Rund 0,87 kg geben Kühe, die als Mehrlinge geboren wurden, mit 29,64 ( $\pm 0,08$ ) kg mehr Milch als jene, die als Einlinge zur Welt kamen mit 28,77 ( $\pm 0,07$ ) kg. Der Unterschied zwischen Mehrlingen und Einlingen, hinsichtlich der Milchmenge pro Tag, ist signifikant ( $p < 0,05$ , Abbildung 8).

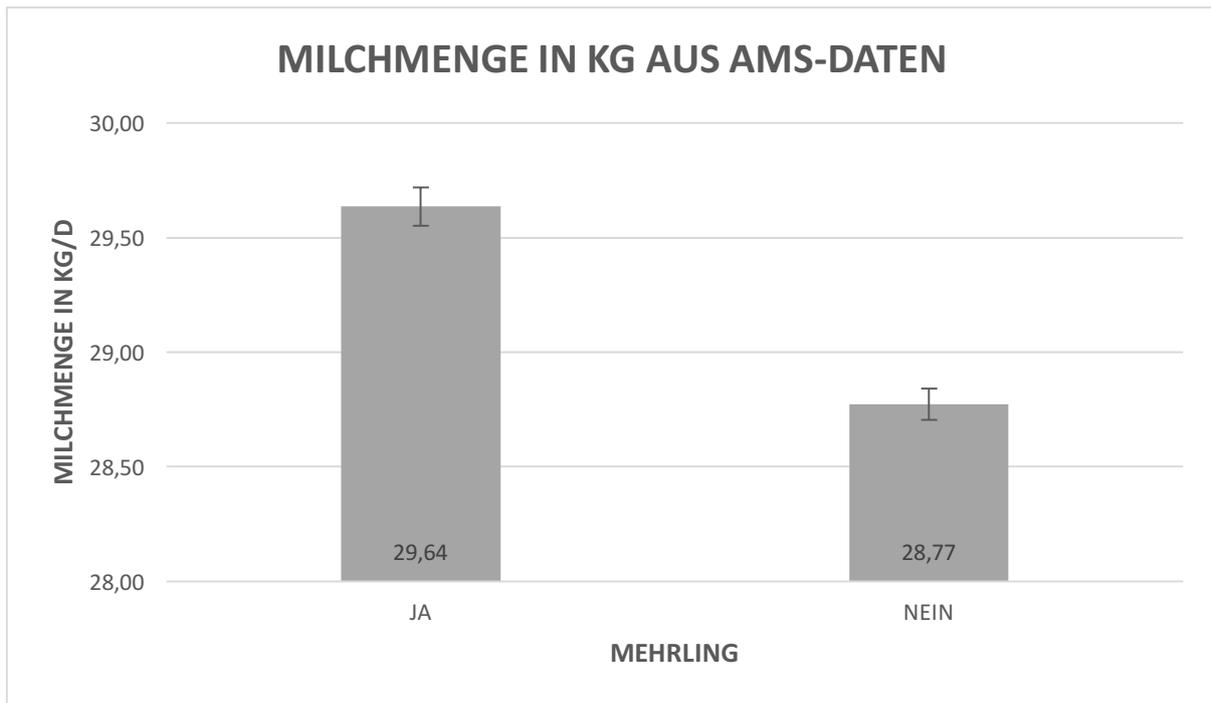


Abbildung 8: Milchmenge in kg aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

## 1.2 Milchmenge pro Gemelk aus Melkdaten

Berücksichtigt wurden alle Gemelke ab einer Milchmenge von  $>0$  kg. Es konnten von 703166 Datensätzen 703130 Werte zur Berechnung der Milchmenge pro Gemelk in Kilogramm verwendet werden. Die in das Modell einbezogenen fixen Effekte „Fleckviehgenanteil“, „Laktationsnummer“ und „Mehrlingseigenschaft“, sowie alle anderen, ergaben bei Berechnung mittels F-Test statistische Signifikanz ( $p < 0,05$ ).

### 1.2.1 Abhängigkeit von „Fleckviehgenanteil“

Eingeteilt wurde nach Fleckviehgenanteilen (FV-Anteil) von 0-100% (siehe Tabelle 4).

Erkennbar ist der deutliche Abfall der Milchmenge von 11,37 ( $\pm 0,12$ ) kg bei reinen Holsteinkühen (0% FV-Anteil) bis hin zu 8,89 ( $\pm 0,12$ ) kg bei reinen Fleckviehkühen (100% FV-Anteil). Die Unterschiede zwischen allen Genanteilen sind signifikant ( $p < 0,05$ , Abbildung 9).

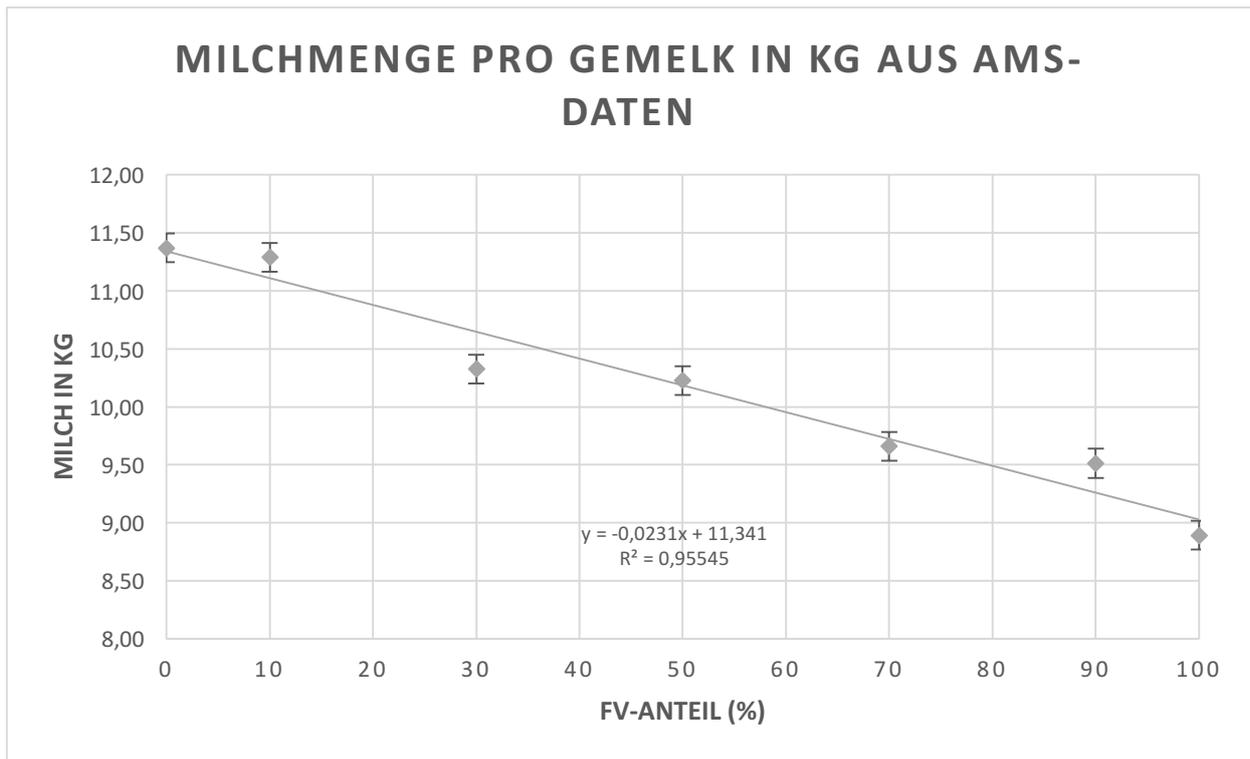


Abbildung 9: Milchmenge in Kg pro Gemelk aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom Fleckviehanteil (%)

### 1.2.2 Abhängigkeit von „Laktationsnummer“

Eingeteilt wurde in erste bis fünfte Laktation, wobei die fünfte Laktationsnummer alle folgenden Laktationen einschließt (siehe Tabelle 3).

Die Gemelksmilchmenge betrug bei Kühen, welche sich in ihrer ersten Laktation befanden, durchschnittlich 9,30 ( $\pm 0,12$ ) kg. In der folgenden Laktation kam es zu einem deutlichen Anstieg der Milchmenge auf 10,30 ( $\pm 0,12$ ) kg. Dementsprechend ist der Unterschied zwischen erster und zweiter Laktation signifikant ( $p < 0,05$ ). Zur dritten Laktation kommt es nochmals zu einer leichten Erhöhung der Milchmenge auf 10,44 ( $\pm 0,12$ ) kg. Bei den folgenden Laktationen kam es jedoch kaum noch zu einer Veränderung der Milchleistung. Zwischen dritter und vierter (10,45 ( $\pm 0,12$ ) kg), sowie zwischen dritter und fünfter (10,42 ( $\pm 0,12$ ) kg) Laktation ist somit kein signifikanter Unterschied mehr vorhanden (Abbildung 10).

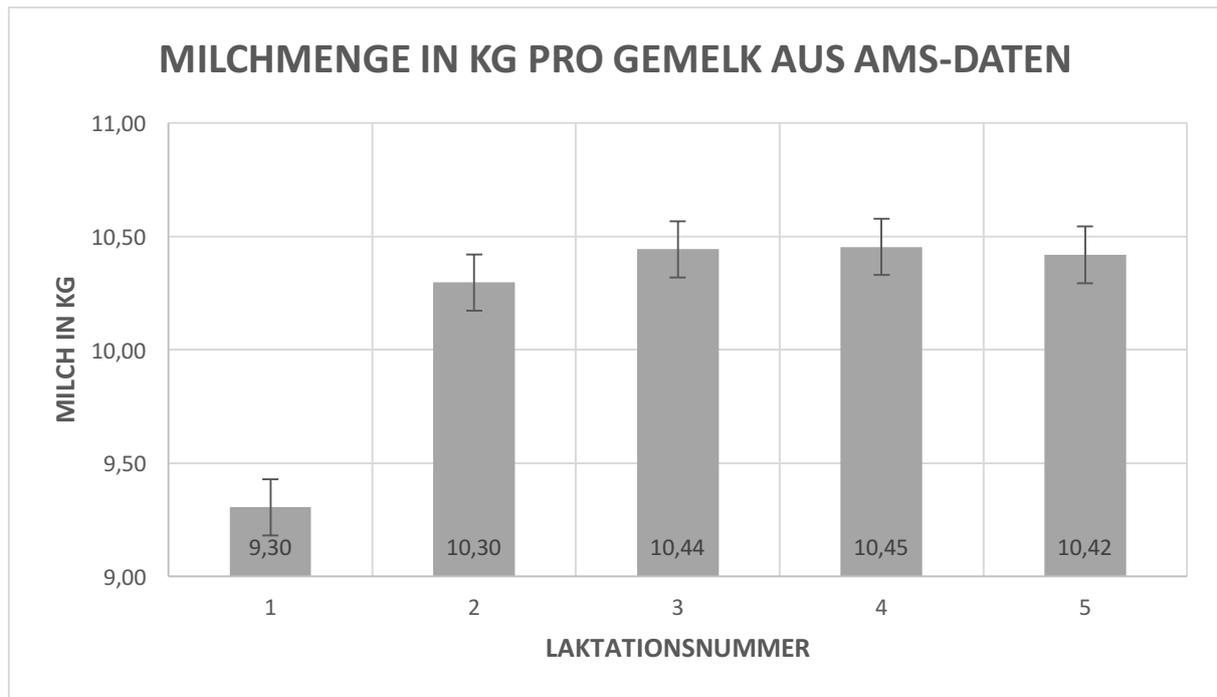


Abbildung 10: Milchmenge in kg pro Gemelk aus AMS- Daten in Abhängigkeit von der Laktationsnummer

### 1.2.3 Abhängigkeit von „Mehrlingseigenschaft“

Untersucht wurde die Eigenschaft ob es sich bei den Kühen der Herde um Mehrlinge (JA) oder um Einlinge (Nein) handelt. Die durchschnittlich geringere Milchleistung hatten mit 10,11 ( $\pm 0,12$ ) kg Milch die Einlinge (Nein) im Vergleich zu den Mehrlingen (Ja) mit 10,26 ( $\pm 0,12$ ) kg. Die Differenz von 0,15 kg Milch ist signifikant ( $p < 0,05$ , Abbildung 11).

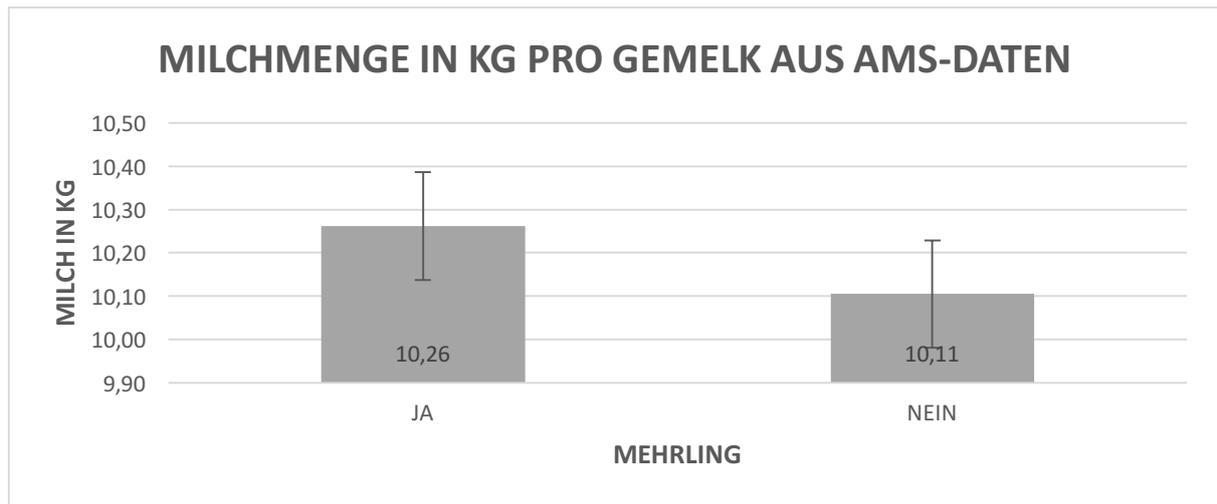


Abbildung 11: Milchmenge in kg pro Gemelk aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der Mehrlingseigenschaft

### 1.3 Milchmenge je Euterviertel pro Gemelk aus Melkdaten

In den folgenden Abbildungen sind die Milchmengen der jeweiligen Euterviertel im Vergleich dargestellt. Unterteilt wurde in links vorn (LV), links hinten (LH), rechts vorn (RV) und rechts hinten (RH). Berücksichtigt wurden alle Milchmengen von  $>0$  kg, sodass für jedes Euterviertel von den 703166 Datensätzen insgesamt 703130 Datensätze verwendet werden konnten.

Die in das Modell einbezogenen fixen Einflüsse „Fleckviehgenanteil“, „Laktationsnummer“ und „Mehrlingseigenschaft“ ergaben bei Berechnung mittels F-Test statistische Signifikanz ( $p < 0,05$ ).

#### 1.3.1 Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

Eingeteilt wurde nach Fleckviehgenanteilen (FV-Anteil) von 0-100% (siehe Tabelle 4).

Beim Vergleich der gemessenen Milchmengen je Euterviertel pro Gemelk sind deutliche Unterschiede erkennbar. Erwartungsgemäß liefern die beiden hinteren Euterviertel unabhängig vom Fleckviehanteil die meiste Milch. Bei jedem Euterviertel ist die deutlich höchste Milchmenge bei einem FV-Anteil von 0%, die niedrigste Milchmenge bei 100% FV-Anteil zu erkennen. Das Euterviertel „Links Hinten“ (LH) mit der höchsten abgegebenen Milchmenge produziert bei reinen Holstein-Kühen (0% FV-Anteil) 3,25 ( $\pm 0,044$ ) kg und bei reinen Fleckvieh-Kühen (100% FV-Anteil) 2,53 ( $\pm 0,044$ ) kg Milch. Das Euterviertel „Rechts Hinten“ (RH) liefert bei 0% FV-Anteil eine Milchmenge von 2,87 ( $\pm 0,043$ ) kg Milch und bei 100% FV-Anteil 2,27 ( $\pm 0,043$ ) kg Milch. Das Euterviertel „Rechts Vorne“ (RV) liefert bei 0% FV-Anteil 2,56 ( $\pm 0,037$ ) kg Milch und bei 100% FV-Anteil 2,10 ( $\pm 0,037$ ) kg Milch. Die niedrigste Milchmenge produziert das Euterviertel „Links Vorne“ (LV). Bei 0% FV-Anteil liefert dieses eine Milchmenge von 2,29 ( $\pm 0,04$ ) kg und bei einem FV-Anteil von 100% nur noch 1,78 ( $\pm 0,039$ ) kg Milch. Die höchste Milchmenge pro

Gemelk wird somit im Euterviertel „Links Hinten“, die niedrigste Milchmenge „Links Vorne“ produziert (Abbildung 12).

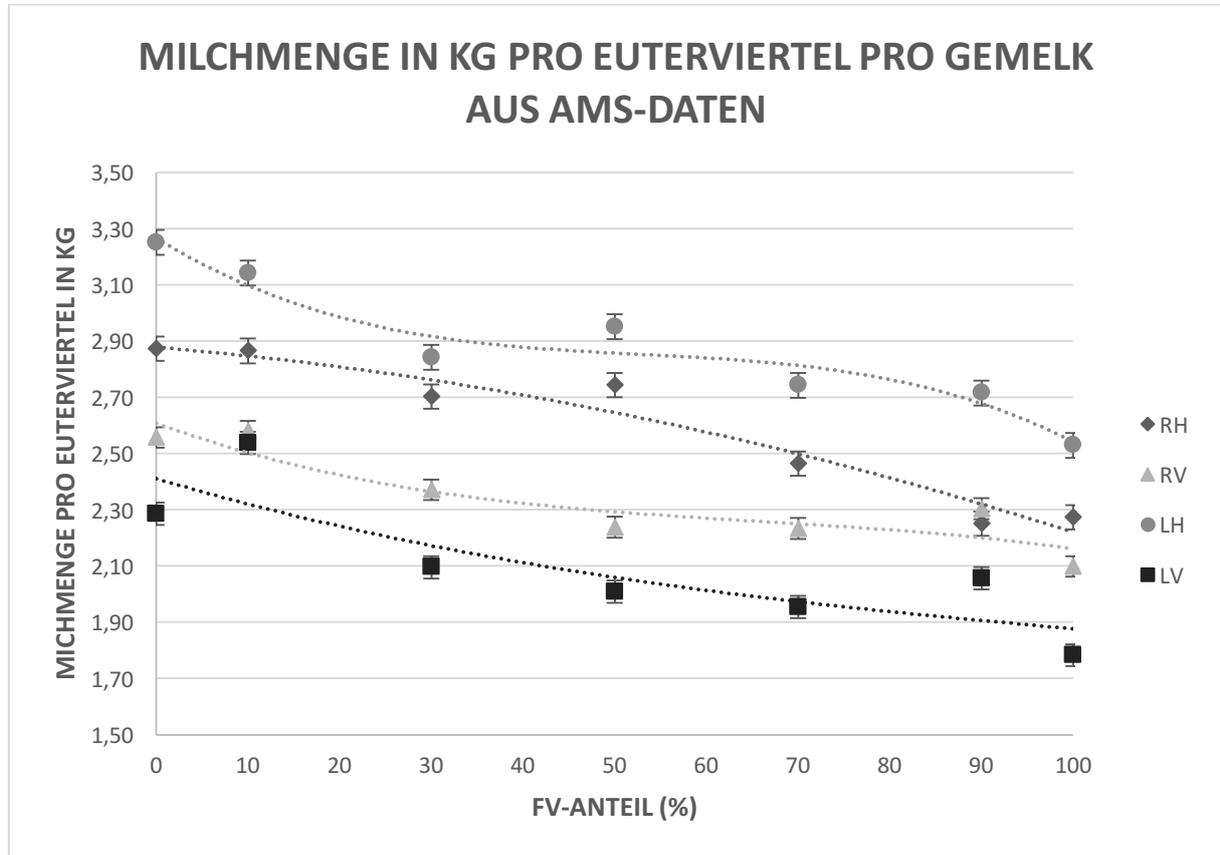


Abbildung 12: Milchmenge in kg je Euterviertel pro Gemelk aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom Fleckviehanteil (%)

### 1.3.2 Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

Eingeteilt wurde in erste bis fünfte Laktation, wobei die fünfte Laktationsnummer alle folgenden Laktationen einschließt (siehe Tabelle 4). Die größte Milchmenge wurde unabhängig vom Euterviertel in der dritten und vierten Laktation produziert, die geringste Milchmenge in der ersten Laktation. Das Euterviertel „Links Hinten“ (LH) ergab in der ersten Laktation, pro Gemelk, eine Milchmenge von 2,56 ( $\pm 0,044$ ) kg Milch, in der vierten Laktation hingegen 3,0 ( $\pm 0,044$ ) kg Milch pro Gemelk. Das unproduktivste Euterviertel „Links Vorne“ (LV) ergab in der ersten Laktation nur 1,88 ( $\pm 0,039$ ) kg Milch pro Gemelk und in der dritten Laktation 2,18 ( $\pm 0,039$ ) kg pro Gemelk.

Die Unterschiede in der zweiten und dritten Laktation des Euterviertels „RV“ ergeben keine statistische Signifikanz; ebenso wenig die Unterschiede zwischen den Milchmengen der dritten und vierten, sowie der vierten und fünften Laktation des Euterviertels „RH“. Alle anderen Unterschiede liegen im signifikanten Bereich bei  $p < 0,05$  (Abbildung 13).

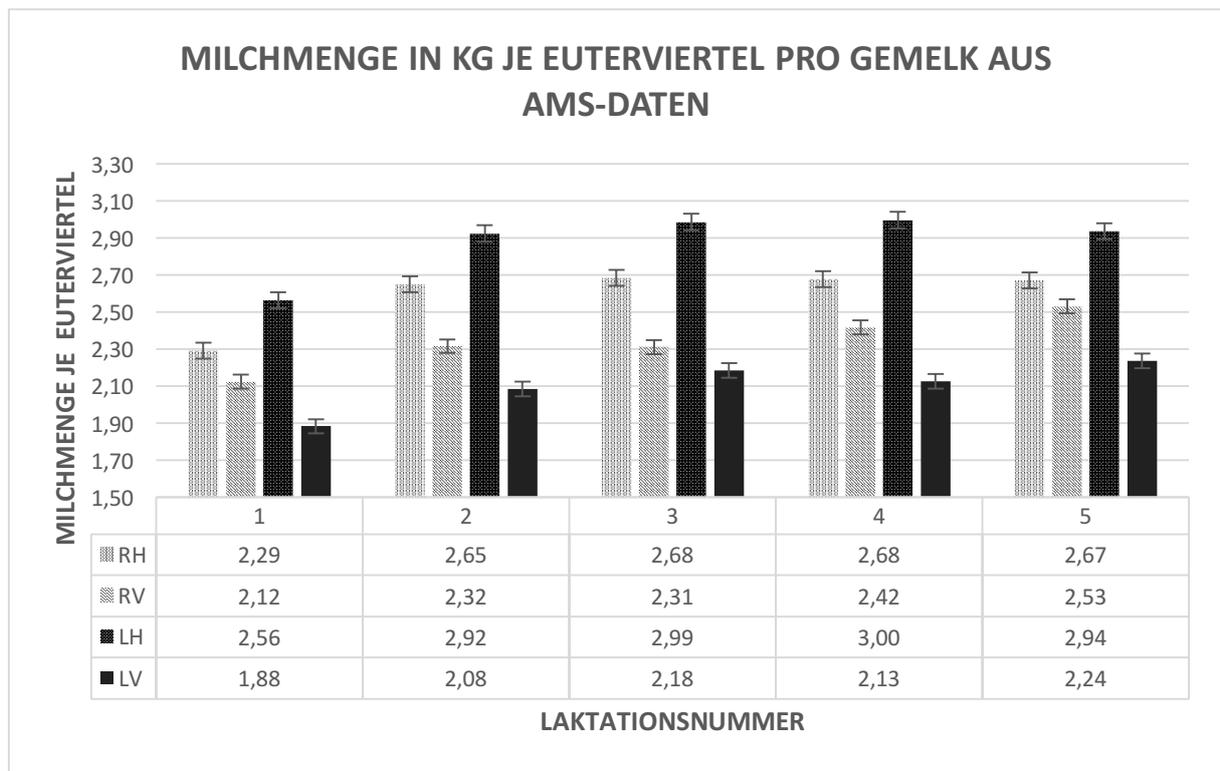


Abbildung 13: Milchmenge in kg je Euterviertel pro Gemelk aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

### 1.3.3 Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

Untersucht wurde die Eigenschaft ob es sich bei den Kühen der Herde um Mehrlinge oder um Einlinge handelt.

Die deutlich höchste Milchmenge produzieren Mehrlingskühe „JA“ im Euterviertel „Links Hinten“ (LH) bei einer Milchmenge von durchschnittlich 3,00 ( $\pm 0,044$ ) kg pro Gemelk. Einlinge im gleichen Euterviertel hingegen nur 2,76 ( $\pm 0,044$ ) kg pro Gemelk. Die geringste Milchmenge wird bei Mehrlingen im Euterviertel „Links Vorne“ (LV) bei einer Milchmenge von 1,98 ( $\pm 0,04$ ) kg pro Gemelk. Einlinge, hingegen, geben aus demselben Euterviertel mit 2,23 ( $\pm 0,039$ ) kg pro Gemelk etwas mehr Milch.

Die Unterschiede innerhalb der Euterviertel und der „Mehrlingseigenschaft“ sind alle im signifikanten Bereich ( $p < 0,05$ , Abbildung 14).

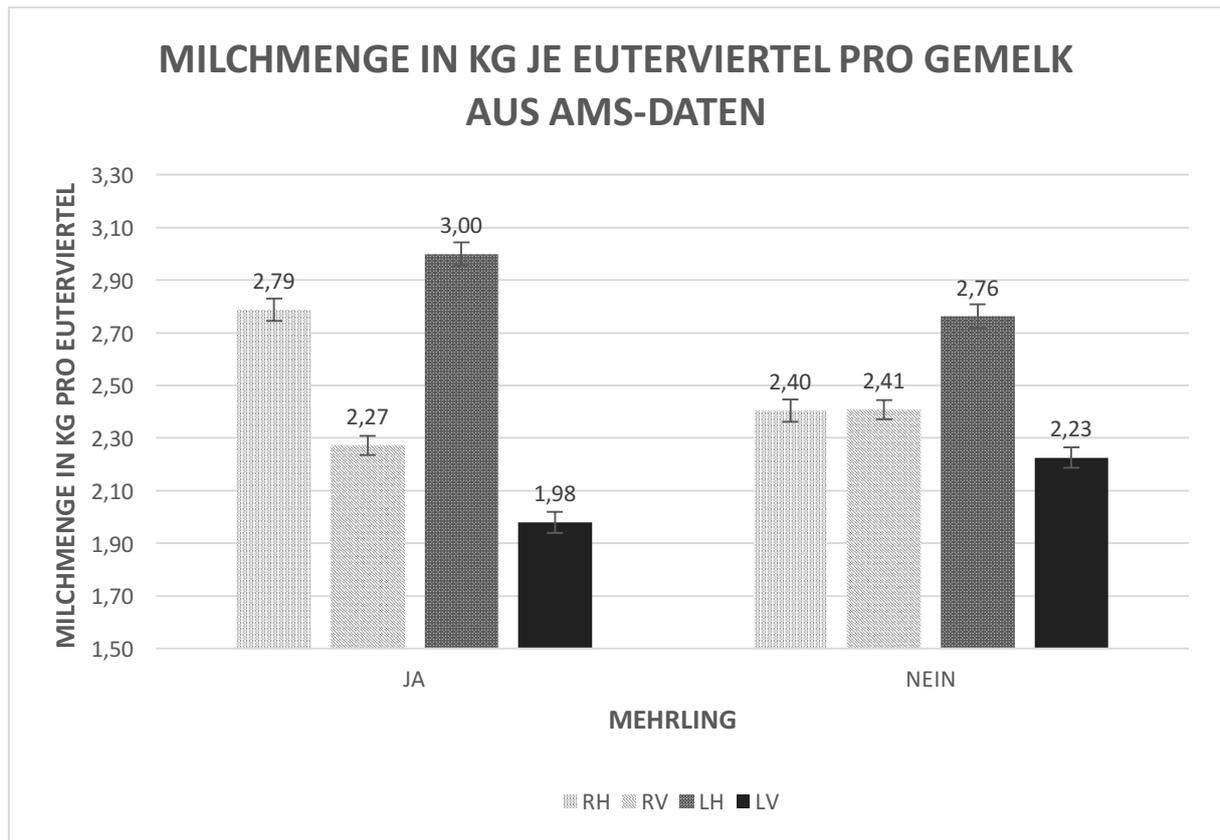


Abbildung 14: Milchmenge in kg je Euterviertel pro Gemelk aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

## 1.4 Besuchszeit im AMS aus Melkdaten

Die Besuchszeit im AMS ist angegeben in Sekunden und beschreibt den Zeitraum ab Betreten des Melkroboters bis zum Verlassen. Von 703166 Datensätzen konnten 703130 Datensätze in das Modell einbezogen werden. Die ausgewerteten fixen Einflüsse „Fleckviehgenanteil“, „Laktationsnummer“ und „Mehrlingseigenschaft“ ergaben im F-Test mit  $p < 0,05$  statistische Signifikanz.

Zur Betrachtung der genaueren Unterteilung der Besuchszeit in „Melkzeit pro Gemelk“, „Melkzeit je Euterviertel“ und „Melkdauer“ befinden sich die jeweiligen Ergebnisse im Tabellenverzeichnis des Anhangs (Tab. 14-22).

### 1.4.1 Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

Ähnlich wie bei Melkzeit und Melkdauer (s.o.) hatten Kühe mit 100% FV-Anteil die kürzeste Besuchszeit von nur 387,41 ( $\pm 3,95$ ) Sek. aufgrund der geringsten Milchmenge. Die längste Besuchszeit zeigten aber nicht die Kühe mit 0% FV-Anteil (415,28 ( $\pm 3,95$ ) Sek.) sondern jene mit 50% FV-Anteil bei einer durchschnittlichen Besuchszeit von 421,98 ( $\pm 3,96$ ) Sek.

Keine Signifikanz ergab sich zwischen den Werten der Kühe mit 0% und 90% FV-Anteil sowie zwischen jenen mit 50% und 70% FV-Anteil (Abbildung 15).

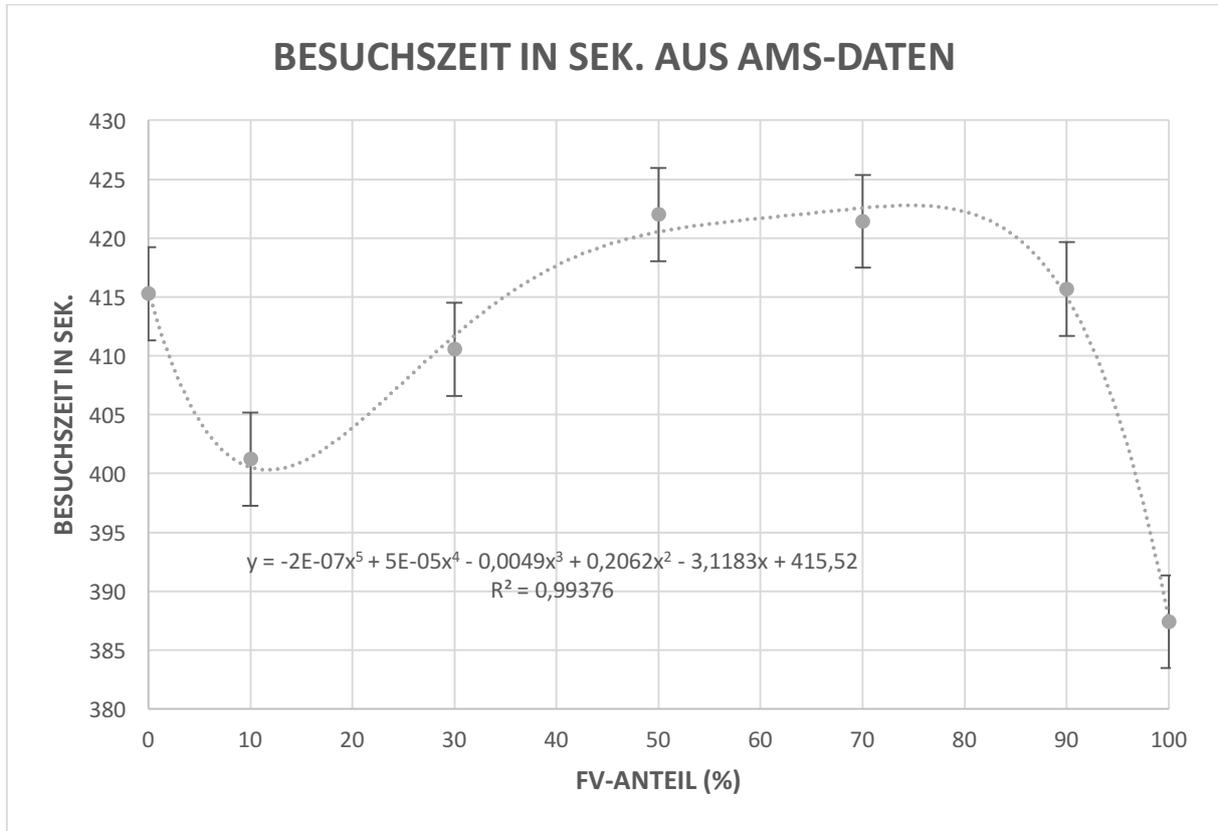


Abbildung 15: Besuchszeit in Sek. aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“ (%)

#### 1.4.2 Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

In Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ ist ein kontinuierlicher Anstieg der Besuchszeit im Melkroboter von erster bis fünfter Laktation zu erkennen. Während Kühe der ersten Laktation nur 402,7 ( $\pm 3,94$ ) Sek. im Melkroboter stehen, verlassen ihn Kühe der fünften Laktation erst nach 416,9 ( $\pm 3,96$ ) Sek. wieder. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Laktationsnummern sind signifikant ( $p < 0,05$ ; Abbildung 16).

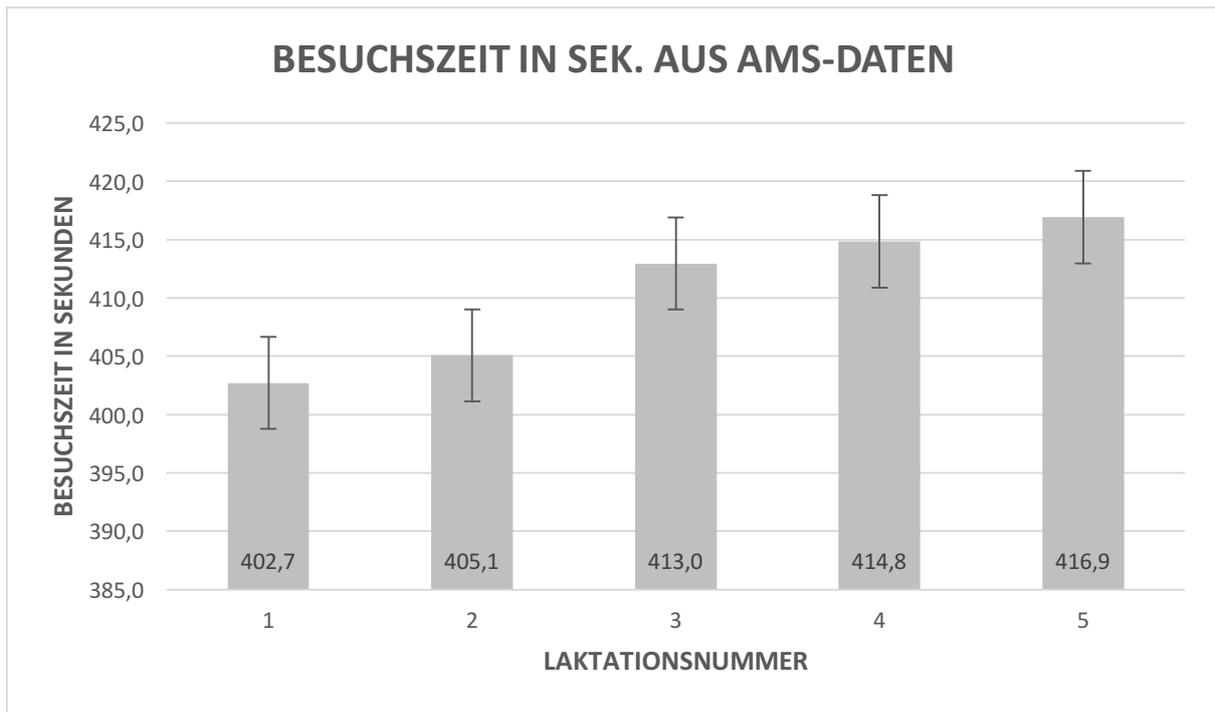


Abbildung 16: Besuchszeit in Sek. aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

### 1.4.3 Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

Wie auch bei der Melkzeit und der Melkdauer (s.o.) haben „Mehrlingskühe“ mit 421,52 ( $\pm 3,96$ ) Sek. eine deutlich längere Besuchszeit im Melkroboter als „Einlingskühe“ mit nur 399,48 (3,94) Sek. Der Unterschied ist signifikant ( $p < 0,05$ ; Abbildung 17).

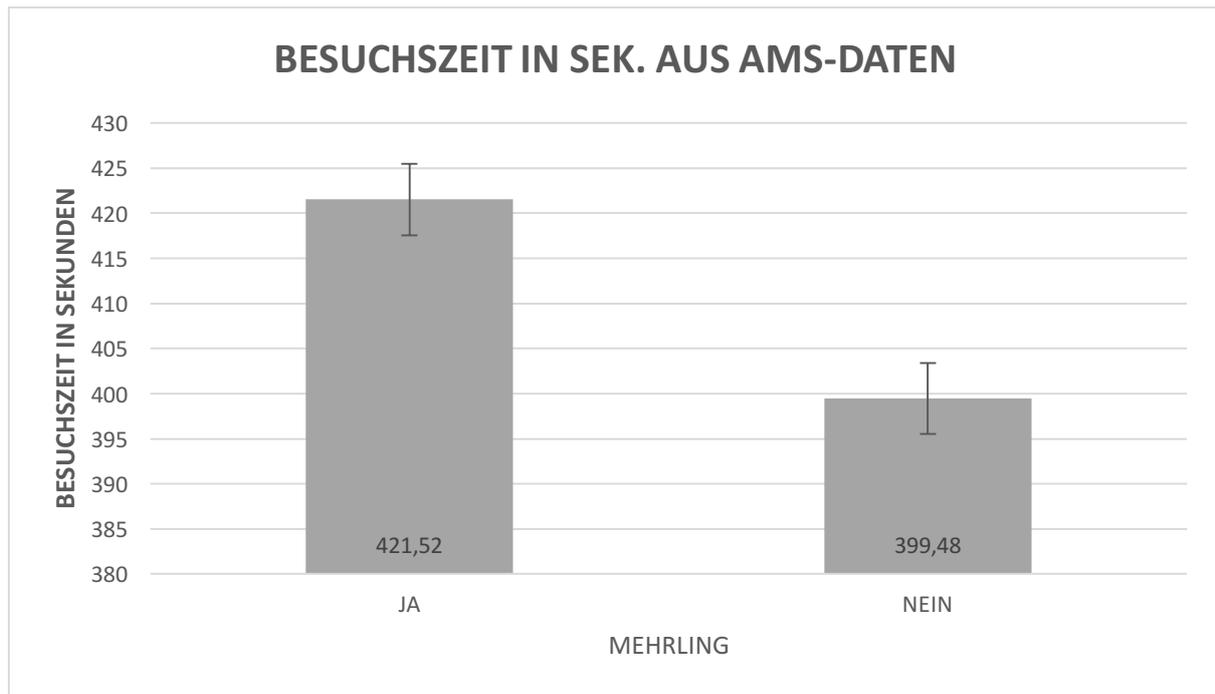


Abbildung 17: Besuchszeit in Sek. aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

## 1.5 Höchste Milchflussgeschwindigkeit aus Melkdaten

Die höchste Milchflussgeschwindigkeit (HMF) ist angegeben in der Einheit kg/min. Zur Auswertung kamen 700710 Datensätze von insgesamt 703166 Datensätzen. Milchflussgeschwindigkeiten von 0 kg/min wurden nicht in das Model einbezogen. Die ausgewerteten fixen Einflüsse „Fleckviehgenanteil“, „Laktationsnummer“ und „Mehrlingseigenschaft“ ergaben im F-Test mit  $p < 0,05$  statistische Signifikanz.

### 1.5.1 Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

Die höchste Milchflussgeschwindigkeit (HMF) von 4,89 ( $\pm 0,06$ ) kg/min besitzen Kühe mit einem Fleckvieh-Anteil von 10% dicht gefolgt von reinen Holsteinkühen (0% FV-Anteil) mit 4,68 ( $\pm 0,059$ ) kg/min HMF. Von 10% bis 90% FV-Anteil sinkt die HMF auf den Tiefpunkt von 3,95 ( $\pm 0,06$ ) kg/min um bei reinen Fleckviehkühen (100% FV-Anteil) wieder leicht zu steigen (4,26 ( $\pm 0,059$ ) kg/min). Lediglich der Unterschied zwischen Kühen mit 50% und 100% FV-Anteil ist zu gering, um statistisch signifikant ( $p < 0,05$ ) zu sein (Abbildung 18).

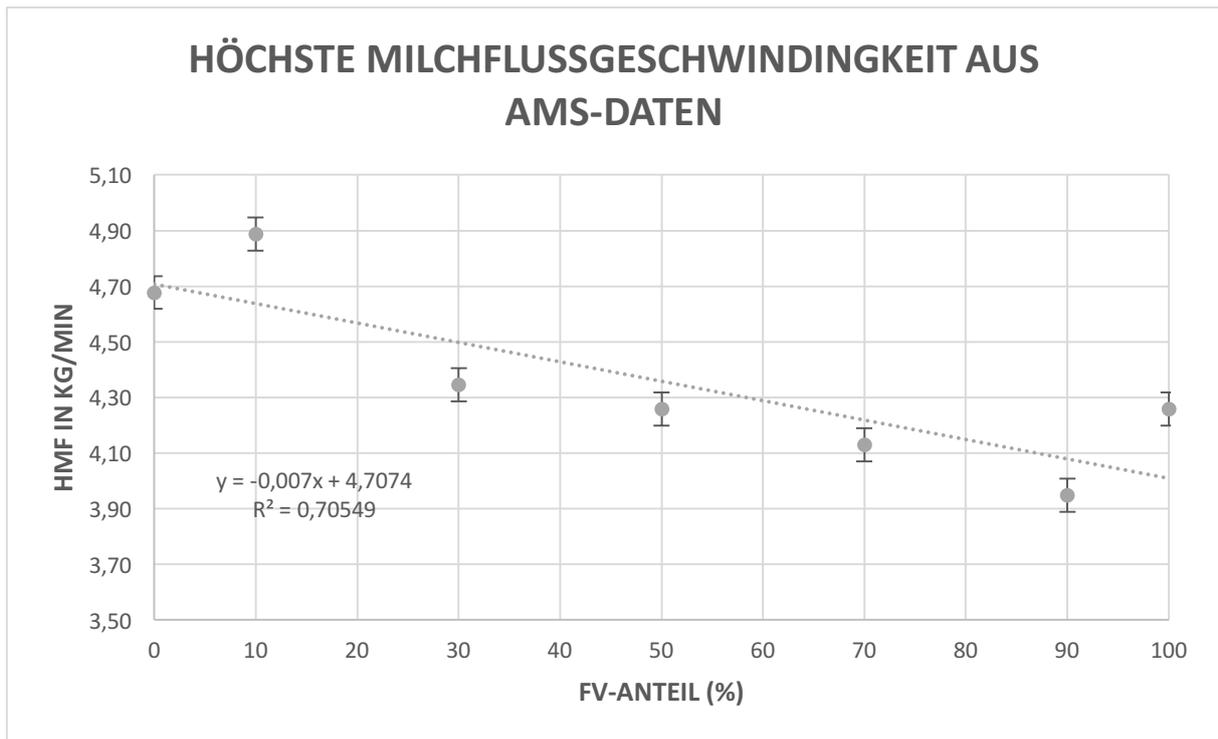


Abbildung 18: Höchste Milchflussgeschwindigkeit in Kg/min aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom „Fleckviehanteil“ (%)

#### 1.5.2 Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

Der größte und deutlichste Unterschied in der HMF liegt zwischen Kühen in der ersten Laktation mit nur 4,04 ( $\pm 0,059$ ) kg/min und den folgenden Laktationen, welche sich wiederum untereinander kaum unterscheiden. So liegt die zweite Laktation (4,45 ( $\pm 0,059$ ) kg/min), die dritte (4,49 ( $\pm 0,059$ ) kg/min) und die vierte Laktation (4,46 ( $\pm 0,06$ ) kg/min) sehr dicht beieinander. Bei der fünften Laktation kommt es zu einer Verringerung der HMF auf 4,36 ( $\pm 0,06$ ) kg/min. Alle Unterschiede sind signifikant ( $p < 0,05$ ; Abbildung 19).

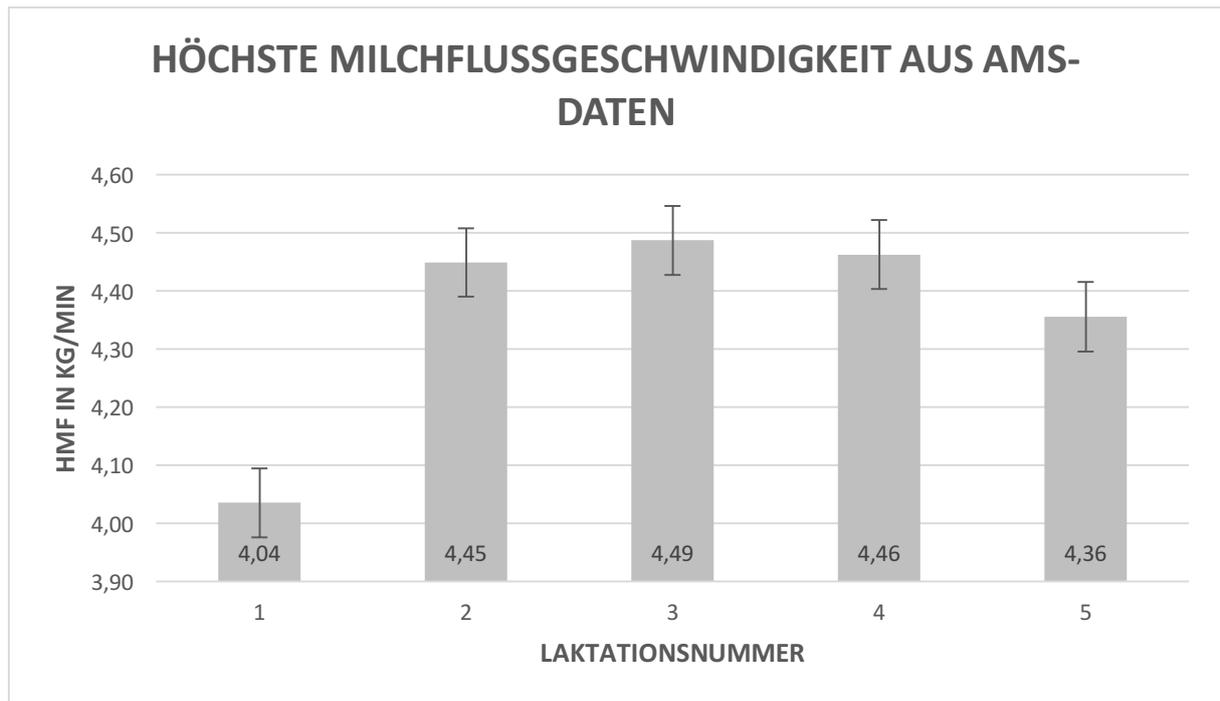


Abbildung 19: Höchste Milchflussgeschwindigkeit in Kg/min aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

### 1.5.3 In Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

Mit 4,53 ( $\pm 0,059$ ) kg/min haben Kühe, die als Einlinge geboren wurden, eine deutlich höhere HMF als Mehrlingskühe mit nur 4,18 ( $\pm 0,06$ ) kg/min HMF. Der Unterschied ist signifikant ( $p < 0,05$ ; Abbildung 20).

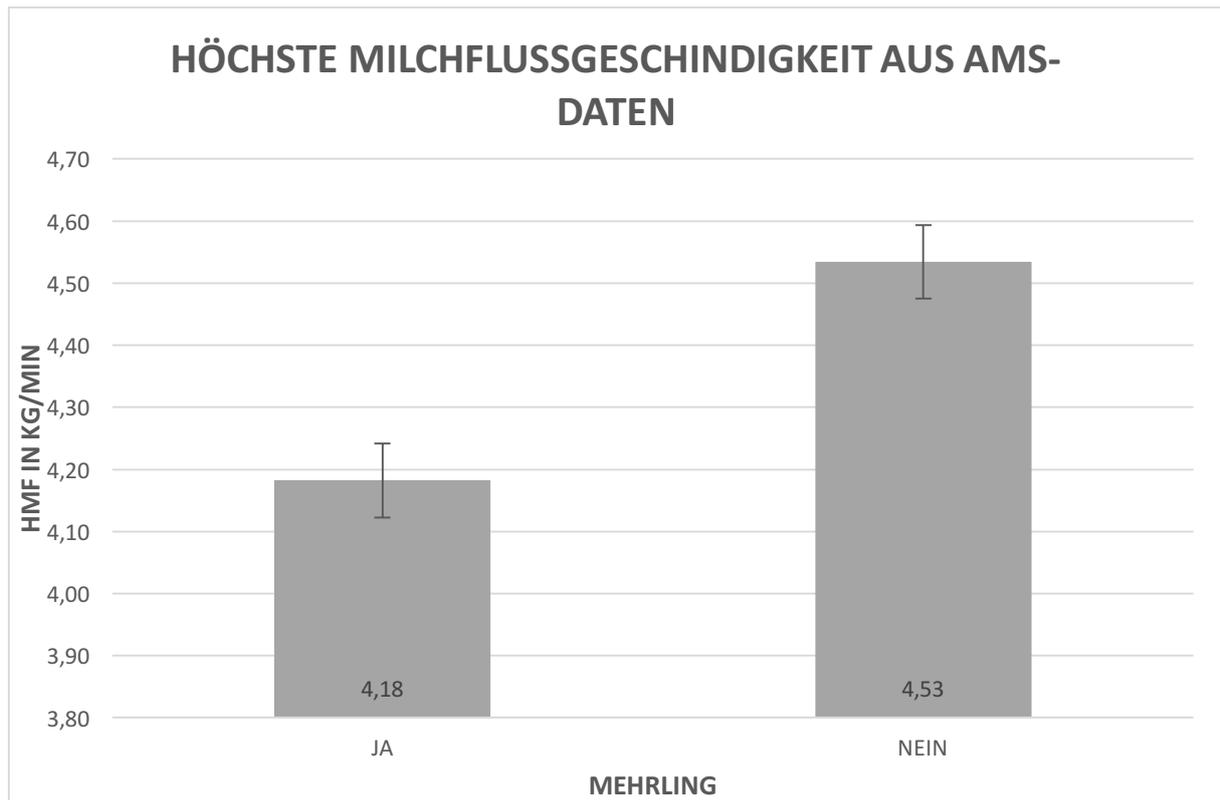


Abbildung 20: Höchste Milchflussgeschwindigkeit in kg/min aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

## 1.6 Milchtemperatur aus Melkdaten

Die Milchtemperatur wurde gemessen in Grad Celsius (C°). Hierbei wurden nur die Werte im Bereich zwischen 30 °C und 41 °C in das Modell einbezogen, sodass von 703166 Datensätzen 692453 Datensätze übrigblieben. Die im folgendem betrachteten fixen Einflüsse „Fleckviehgenanteil“, „Laktationsnummer“ und „Mehrlingseigenschaft“ ergaben im F-Test statistische Signifikanz bei  $p < 0,05$ .

### 1.6.1 Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

Die höchste gemessene Milchtemperatur von  $38,59 (\pm 0,027)$  °C besitzen Kühe mit Fleckviehgenanteilen von 10% noch vor reinen Holsteinkühen mit  $38,54 (\pm 0,027)$  °C, ebenso wie jenen mit 30% Fleckviehgenanteil. Bei höheren Fleckviehgenanteilen kommt es zu einem Abfall der Milchtemperatur auf bis zu  $38,37 (\pm 0,027)$  C° bei 90% Fleckviehgenanteil. Reine Fleckviehkühe hingegen zeigen erneut eine etwas höhere Milchtemperatur von  $38,46 (\pm 0,027)$  C°. Die Unterschiede sind signifikant ( $p < 0,05$ ), bis auf den zwischen 0% und 30% FV-Anteil (Abbildung 21).

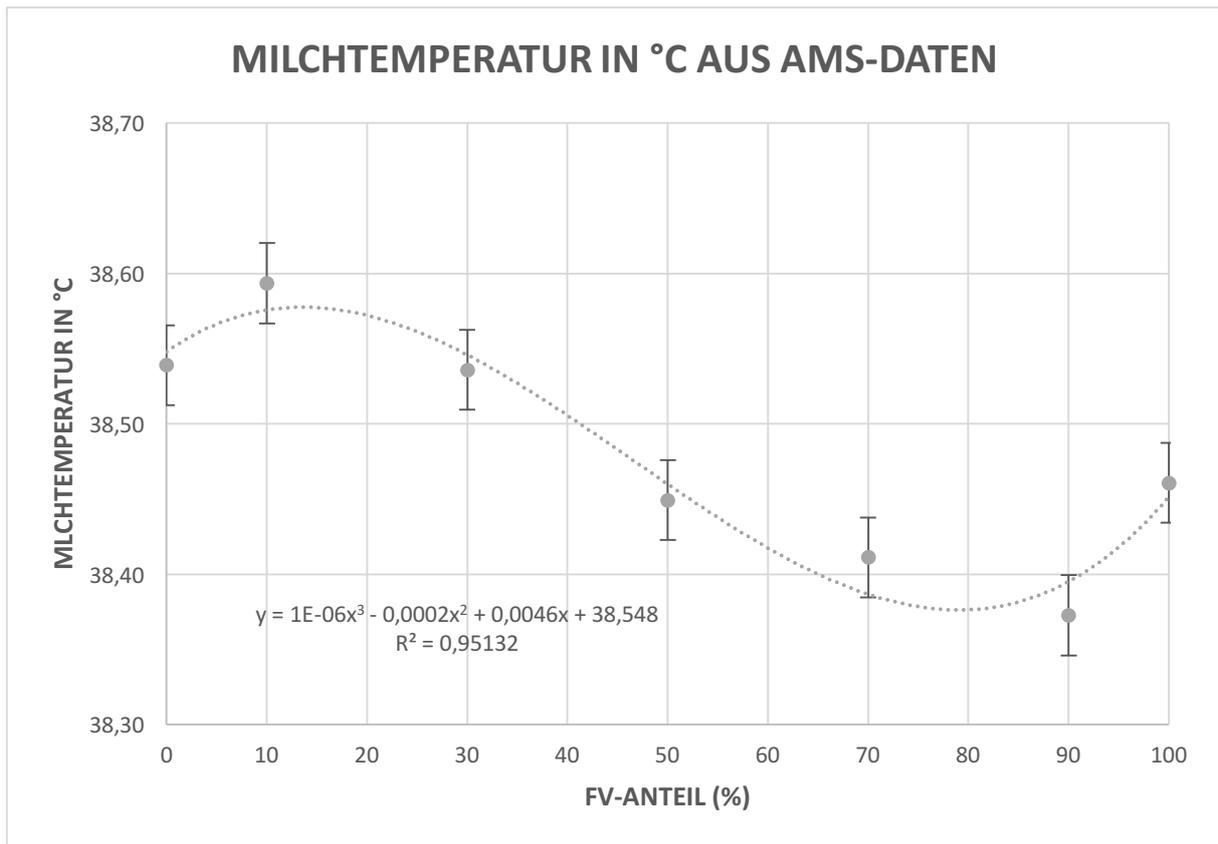


Abbildung 21: Milchtemperatur in °C aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“ (%)

### 1.6.2 Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

Die niedrigste Milchtemperatur besitzen Kühe, welche sich in der ersten Laktation befinden (38,4 ( $\pm 0,027$ ) °C). Zur zweiten Laktation kommt es zu einem Anstieg der durchschnittlichen Milchtemperatur auf 38,52 ( $\pm 0,027$ ) °C, während es zu dritter und vierter Laktation bei jeweils 38,50 ( $\pm 0,027$ ) °C und zur fünften Laktation mit 38,48 ( $\pm 0,027$ ) °C wieder zu einem leichten Temperaturabfall der Milch kommt. Allein der Unterschied zwischen dritter und vierter Laktation liegt, aufgrund der selben Temperatur, nicht im statistisch signifikanten Bereich (Abbildung 22).

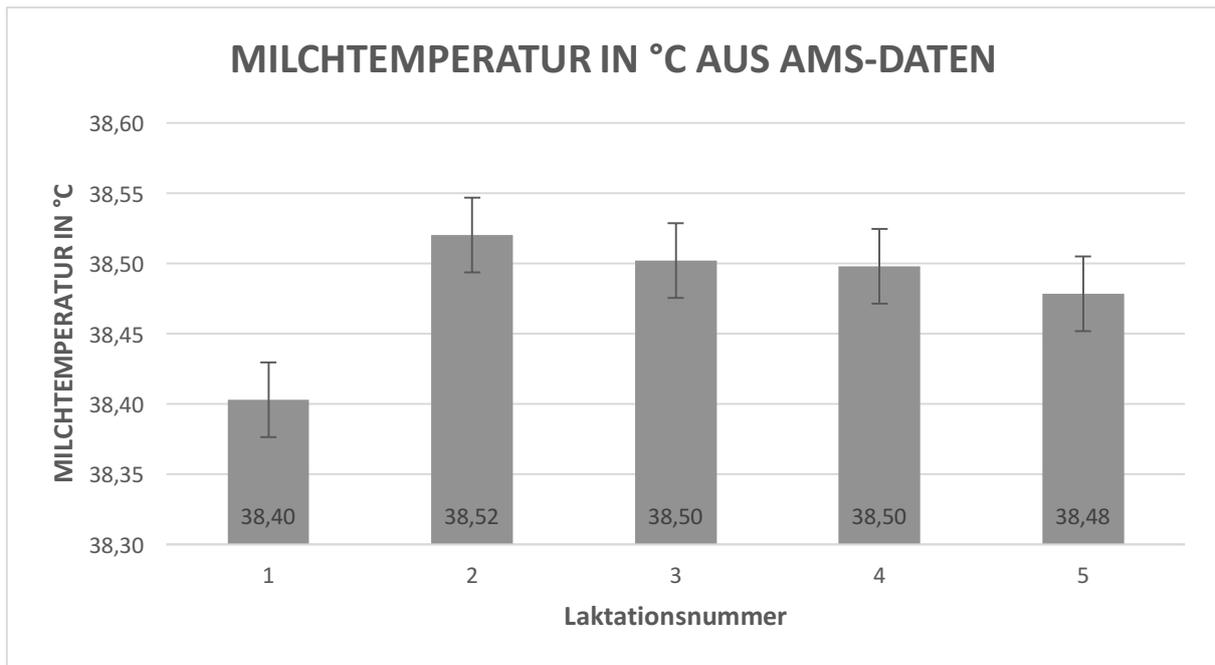


Abbildung 22: Milchtemperatur in °C aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

### 1.6.3 Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

Ein leichter, aber signifikanter Unterschied ( $p < 0,05$ ) ist zwischen Mehrlingen und Einlingen zu erkennen (Abbildung 23). Mehrlinge zeigen bei einer durchschnittlichen Milchtemperatur von  $38,49 (\pm 0,03)$  °C eine etwas höhere Temperatur als Einlinge mit  $38,47 (\pm 0,03)$  °C.

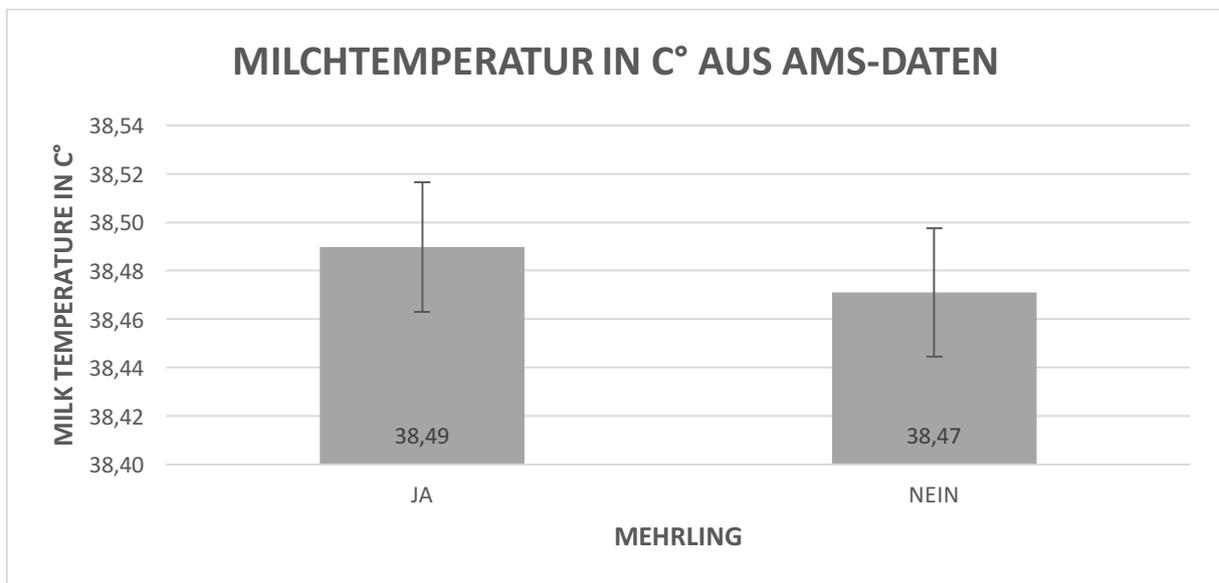


Abbildung 23: Milchtemperatur in °C aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

## 1.7 Leitfähigkeit je Euterviertel aus Melkdaten

Die Leitfähigkeit der Milch wurde gemessen in MilliSiemens/cm (mS/cm). Leitfähigkeiten von 0 mS/cm, sowie Werte von >10 mS/cm wurden nicht in Modell einbezogen, sodass von 703166 Datensätzen, für „LV“ 681512, „RV“ 689827, „LH“ 689267 und für „RH“ 690662 Datensätze ausgewertet wurden. Die Einflüsse „Fleckviehgenanteil“, „Laktationsnummer“ und „Mehrlingseigenschaft“, sowie alle anderen im Modell berücksichtigten fixen Effekte sind signifikant ( $p < 0,05$ , F-Test).

### 1.7.1 In Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

Die durchschnittlich höchsten Werte der Leitfähigkeit in der Milch besitzt das Euterviertel „RH“ mit 4,44 ( $\pm 0,014$ ) mS/cm bei 0% FV-Anteil und 4,32 ( $\pm 0,014$ ) mS/cm bei 100% FV-Anteil, dicht gefolgt vom Euterviertel „LV“ mit 4,42 ( $\pm 0,014$ ) mS/cm bei 0% FV-Anteil und 4,33 ( $\pm 0,014$ ) mS/cm bei 100% FV-Anteil. Die niedrigsten Leitfähigkeitswerte besitzt das Euterviertel „RV“ mit 4,38 ( $\pm 0,013$ ) mS/cm bei 0% FV-Anteil und 4,29 ( $\pm 0,013$ ) mS/cm bei 100% FV-Anteil. Allgemein betrachtet sinken die Leitfähigkeitswerte mit steigendem FV-Anteil, allerdings sind bei FV-Anteilen von 10% und 90% Erhöhungen der Leitfähigkeiten zu verzeichnen. Somit liegt die höchste Leitfähigkeit bei 10% FV-Anteil im Euterviertel „LH“ mit 4,51 ( $\pm 0,014$ ) mS/cm, die niedrigste Leitfähigkeit im Euterviertel „RV“ mit 4,29 ( $\pm 0,013$ ) mS/cm bei 100% FV-Anteil. Nicht signifikant sind die Differenzen der Leitfähigkeiten im Euterviertel „RH“: 30%/90% und „RV“: 0%/50% (Abbildung 24).

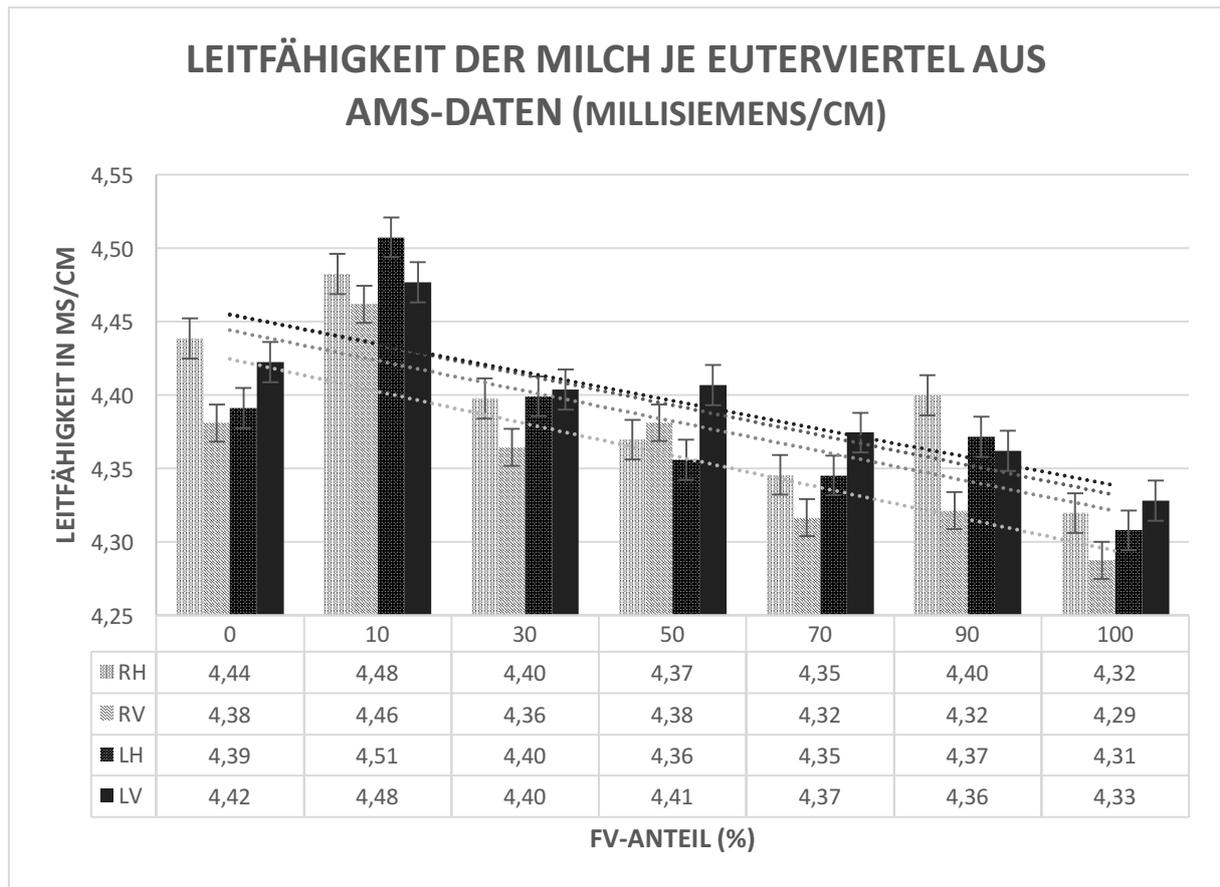


Abbildung 24: Leitfähigkeit je Euterviertel in mS/cm aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom „Fleckviehanteil“ (%)

### 1.7.2 Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

In Abhängigkeit von der Laktationsnummer ist eine deutliche Zunahme von erster zu fünfter Laktation bei allen Eutervierteln erkennbar. In der ersten Laktation ist die höchste Leitfähigkeit in der Milch im Euterviertel „LV“ bei 4,25 ( $\pm 0,014$ ) mS/cm messbar, gefolgt von den Eutervierteln „RH“ mit 4,23 ( $\pm 0,014$ ) mS/cm, „LH“ mit 4,21 ( $\pm 0,014$ ) mS/cm und „RV“ mit 4,20 ( $\pm 0,013$ ) mS/cm. Bei Tieren, die sich in der fünften oder folgenden Laktationen befinden, zeigen sich die insgesamt höchsten Leitfähigkeitswerte. In den Eutervierteln „LH“ und „RH“ sind jeweils 4,49 ( $\pm 0,014$ ) mS/cm messbar, im Euterviertel „LV“ 4,48 ( $\pm 0,014$ ) mS/cm und im Euterviertel „RV“ 4,44 ( $\pm 0,013$ ) mS/cm. Nicht signifikant sind die Differenzen zwischen den Werten der 3./4. Laktation im Euterviertel „RV“ (Abbildung 25).

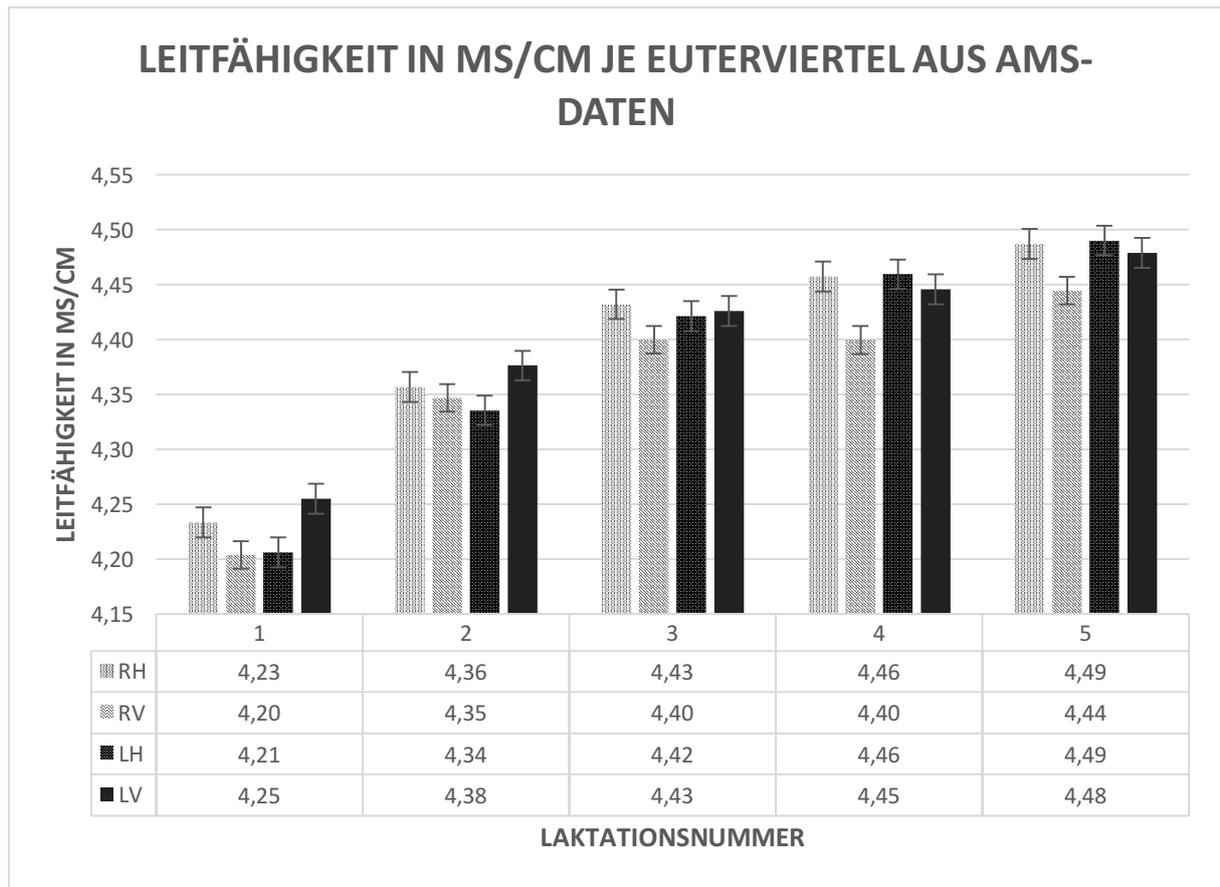


Abbildung 25: Leitfähigkeit je Euterviertel in mS/cm je Euterviertel aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

### 1.7.3 Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

In Abhängigkeit von der Mehrlingseigenschaft ist erkennbar, dass jene Kühe die als Mehrling zur Welt kamen eine, alle Euterviertel betreffend, höhere Leitfähigkeit in der Milch aufweisen als Kühe, die als Einling geboren wurden. Die höchste Leitfähigkeit besitzt bei Mehrlingen das Euterviertel „LV“ mit 4,428 ( $\pm 0,014$ ) mS/cm, während in der Milch bei Einlingen im selben Viertel nur 4,365 mS/cm ( $\pm 0,014$ ) messbar sind. Die zweithöchste Leitfähigkeit bei Mehrlingen zeigt das Viertel „RH“ mit 4,402 ( $\pm 0,014$ ) mS/cm, bei Einlingen sind hier, mit 4,385 ( $\pm 0,014$ ) mS/cm, die höchsten Werte im Vergleich zu den anderen Vierteln messbar. Mehrlinge und Einlinge unterscheiden sich in diesem Viertel also kaum. Ebenso gering ist die Differenz zwischen Mehrlingen und Einlingen im Euterviertel „LH“ mit 4,385 ( $\pm 0,014$ ) mS/cm bei Mehrlingen und 4,381 ( $\pm 0,014$ ) mS/cm bei Einlingen. Ein deutlicher Unterschied ist jedoch im Euterviertel „RV“ mit 4,381 ( $\pm 0,013$ ) mS/cm bei Mehrlingen und 4,337 ( $\pm 0,013$ ) mS/cm zu verzeichnen. Die Unterschiede liegen jedoch alle im statistisch signifikanten Bereich ( $p < 0,05$ ; Abbildung 26).

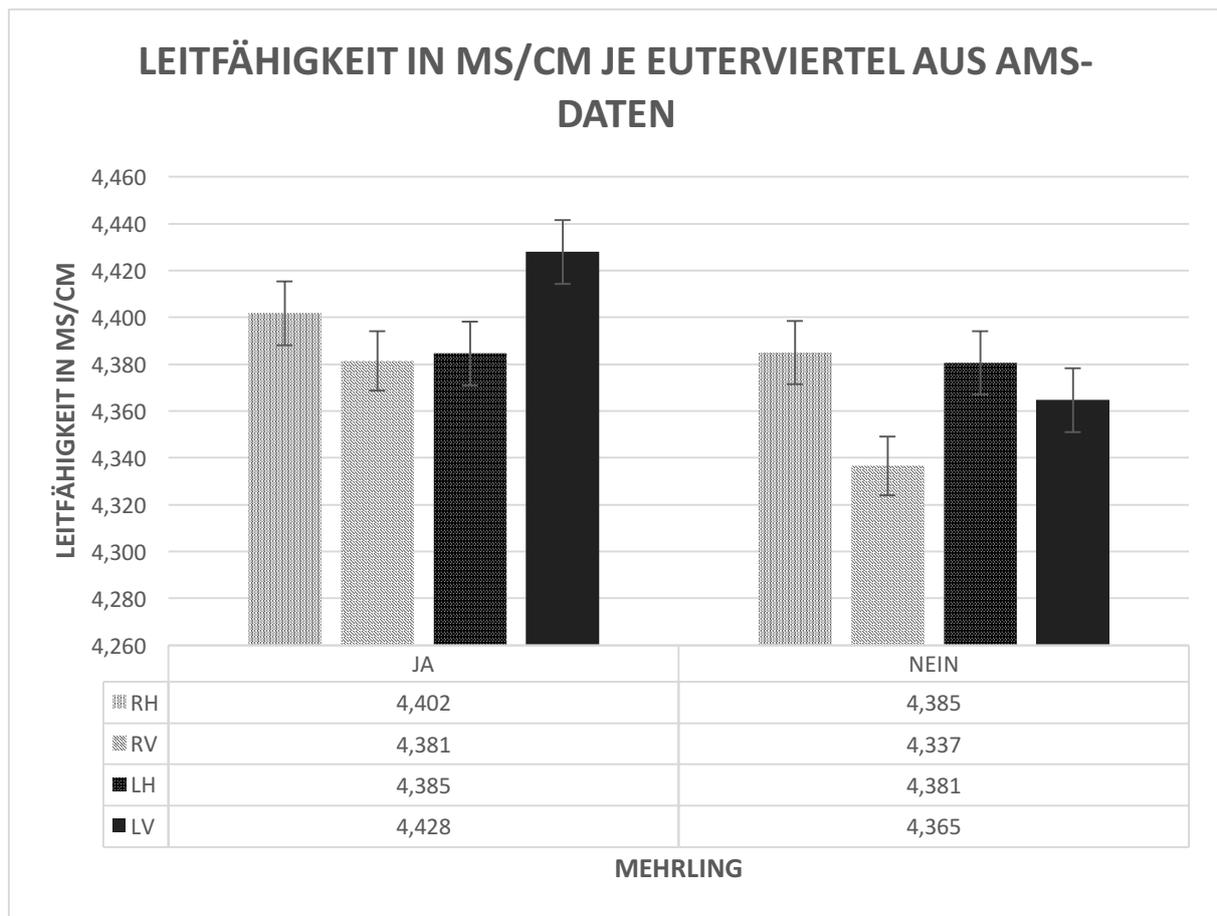


Abbildung 26: Leitfähigkeit je Euterviertel in mS/cm aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseseigenschaft“

## 1.8 Fettgehalt aus Melkdaten

Zur Berechnung des Milchfettgehaltes in Prozent (%) konnten von 703166 Datensätzen, 651709 Datensätze in das Modell einbezogen werden. Die berücksichtigten, fixen Einflüsse „Fleckviehgenanteil“, „Laktationsnummer“ und „Mehrlingseseigenschaft“ sowie alle anderen fixen Einflüsse sind statistisch signifikant ( $p < 0,05$ ).

### 1.8.1 Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

In Abhängigkeit vom FV-Anteil ist ein deutlicher Anstieg des Milchfettgehaltes von 0% bis 100% erkennbar. Reine Holsteinkühe (0% FV-Anteil) besitzen einen Milchfettgehalt von durchschnittlich 3,91% , reine Fleckviehkühe (100% FV-Anteil) den höchsten Fettgehalt in der Milch mit 4,07 ( $\pm 0,032$ ) % (+0,16%). Der Anstieg des Fettgehaltes verhält sich jedoch nicht linear. Bei FV-Anteilen von 10% werden lediglich 3,79 ( $\pm 0,032$ ) % Fett gemessen, was einem Abfall von 0,12% Milchfett gegenüber reinen Holsteinkühen ausmacht. Bei FV-Anteilen von 30% (3,94 ( $\pm 0,032$ ) % Milchfett) und 50% (4,04 ( $\pm 0,032$ ) % Milchfett) sind wieder höhere Milchfettgehalte messbar, bei 70% FV-Anteil (4,04 ( $\pm 0,032$ ) % Milchfett)

hingegen kommt es zu keinem weiteren Anstieg. Kühe mit einem FV-Anteil von 90% produzieren wieder deutlich weniger Milchfett (3,98 ( $\pm 0,032$ ) %) als jene mit 70% und 100% FV-Anteil. Bis auf den Unterschied zwischen 50/70% FV-Anteil sind alle Differenzen signifikant ( $p < 0,05$ , Abbildung 27).

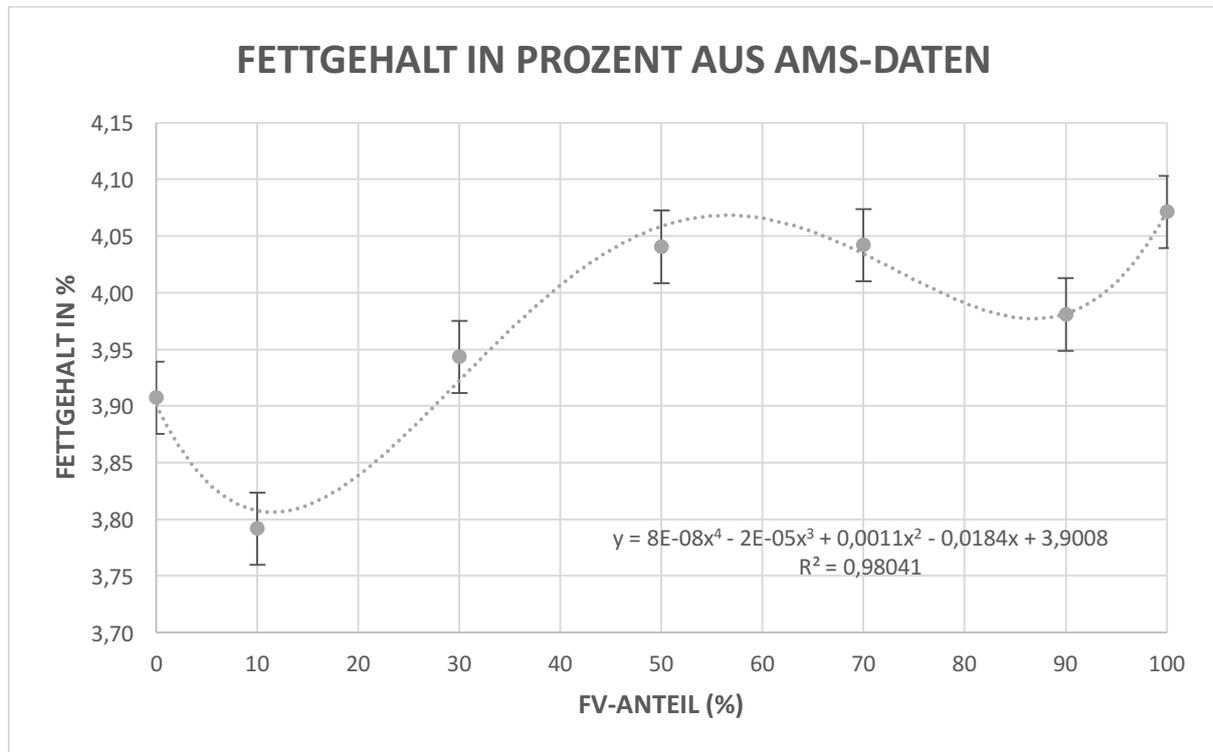


Abbildung 27: Fettgehalt in % aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

### 1.8.2 Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

Mit steigender Laktationsnummer ist ein Anstieg im Milchfettgehalt zu verzeichnen. Während Kühe der ersten Laktation nur einen geringen Milchfettgehalt von 3,92 ( $\pm 0,032$ ) % besitzen, zeigen Kühe der fünften und folgenden Laktationen Milchfettgehalte von 4,04%, was einem Anstieg von 0,12 ( $\pm 0,032$ ) % entspricht. Bei Kühen der zweiten (3,95 ( $\pm 0,032$ ) % Milchfett) und dritten (3,97 ( $\pm 0,032$ ) % Milchfett) Laktation steigen die Milchfettgehalte leicht an, in der vierten Laktation (3,97 ( $\pm 0,032$ ) % Milchfett) hingegen kommt es zu keinem weiteren Anstieg. Die Unterschiede sind statistisch signifikant ( $p \leq 0,05$ ) -bis auf 3./4. Laktation, da die Werte sich hier nicht unterscheiden (Abbildung 28).

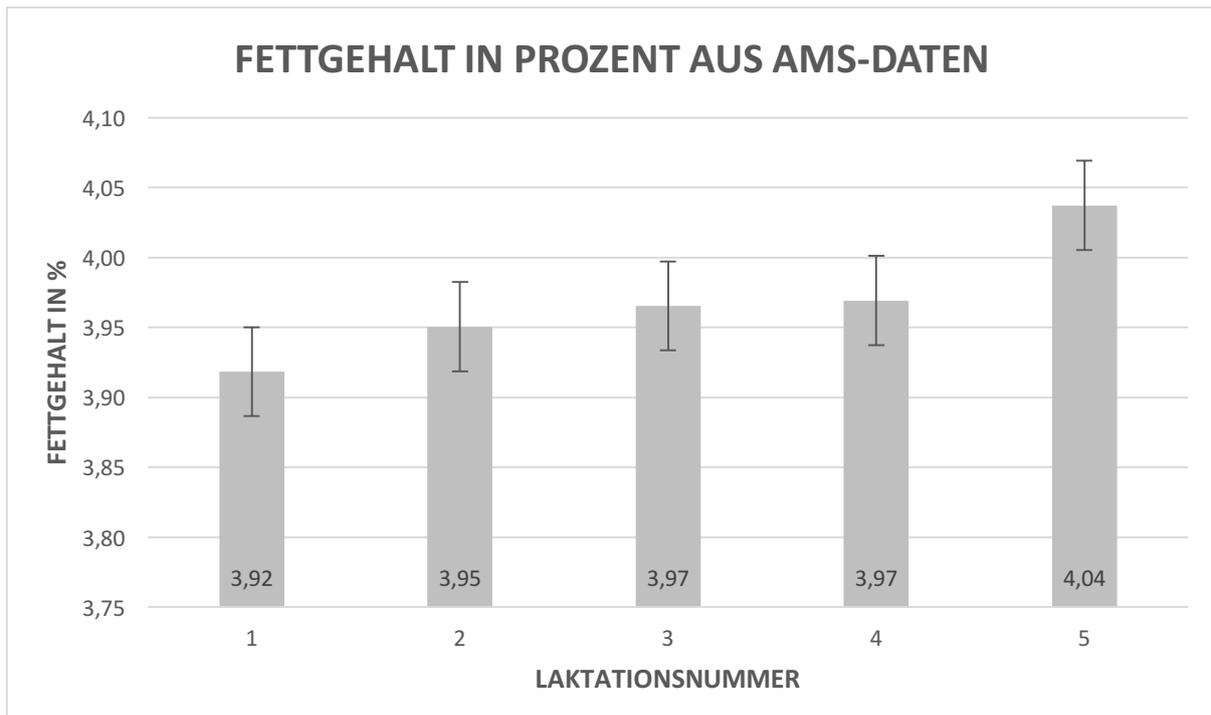


Abbildung 28: Fettgehalt in % aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

### 1.8.3 Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

Bei Untersuchung des Milchfettgehaltes in Abhängigkeit von der Mehrlingseigenschaft zeigt sich ein höherer Fettgehalt bei Kühen, welche als Mehrling geboren wurden ( $3,99 (\pm 0,032) \%$ ), gegenüber jenen die als Einling zur Welt kamen ( $3,94 (\pm 0,032) \%$ ). Der Unterschied ist signifikant ( $p < 0,05$ ; Abbildung 29).

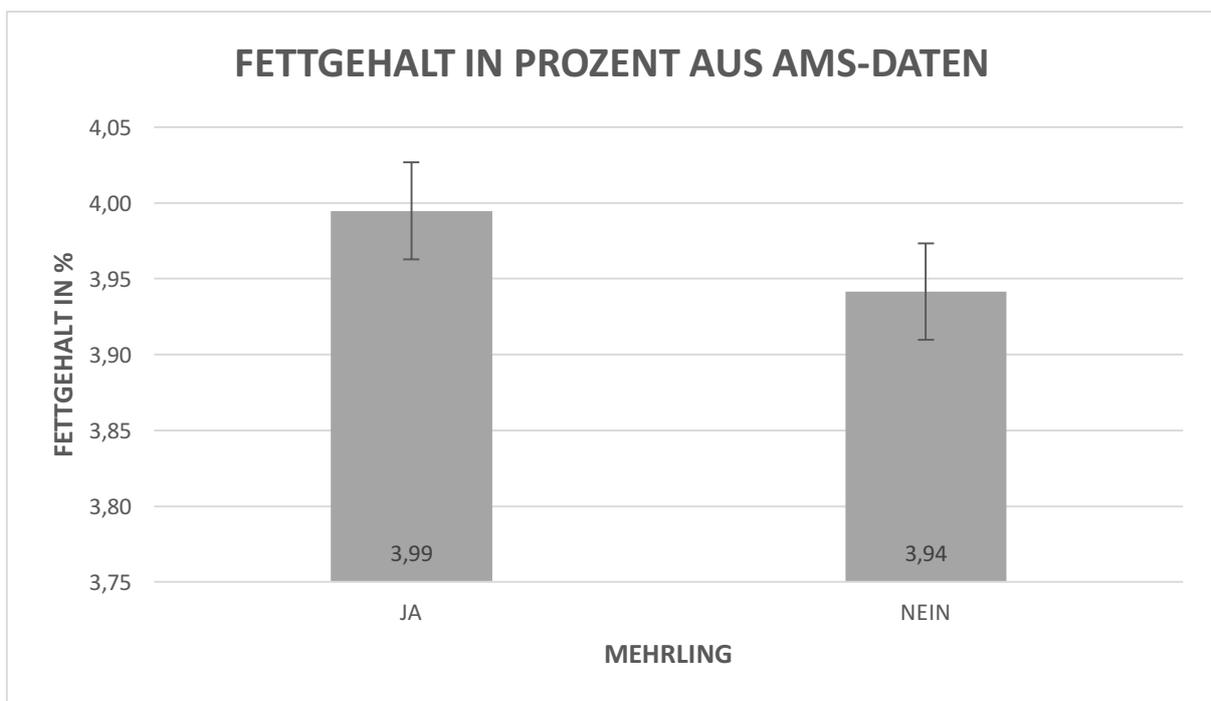


Abbildung 29: Fettgehalt in % aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

## 1.9 Eiweißgehalt aus Melkdaten

Bei der Berechnung des Eiweißgehaltes in Prozent aus AMS-Daten wurden alle Milcheiweißgehalte  $<9\%$  einbezogen. So konnten von 703166 Datensätzen 651721 Datensätze verwendet werden. Die untersuchten fixen Einflüsse „Fleckviehgenanteil“, „Laktationsnummer“ sowie „Mehrlingseigenschaft“ und alle anderen in das Modell eingeflossenen Effekte sind signifikant ( $p < 0,05$ ).

### 1.9.1 Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

Ähnlich wie der Milchfettgehalt verhält sich auch der Eiweißgehalt. Reine Holsteinkühe (0% FV-Anteil) besitzen mit 3,41% gegenüber reinen Fleckviehkühen (100% FV-Anteil) mit 3,59 ( $\pm 0,019$ ) % deutlich geringere Milcheiweißgehalte. Bei FV-Anteilen von 10% kommt es zu einem Einbruch im Eiweißgehalt auf den niedrigsten Wert von 3,37 ( $\pm 0,019$ ) %. Bei höheren FV-Anteilen von 30% (3,48 ( $\pm 0,019$ ) %) und 50% (3,53 ( $\pm 0,019$ ) %) kommt es jedoch wieder zu einem Anstieg des Milcheiweißes, bei 70% (3,52 ( $\pm 0,019$ ) %) und 90% (3,53 ( $\pm 0,019$ ) %) hingegen bleiben die Werte nahezu konstant. Die Differenzen zwischen 50%/70% und 50%/90% Fleckviehgenanteil sind nicht signifikant (Abbildung 30).

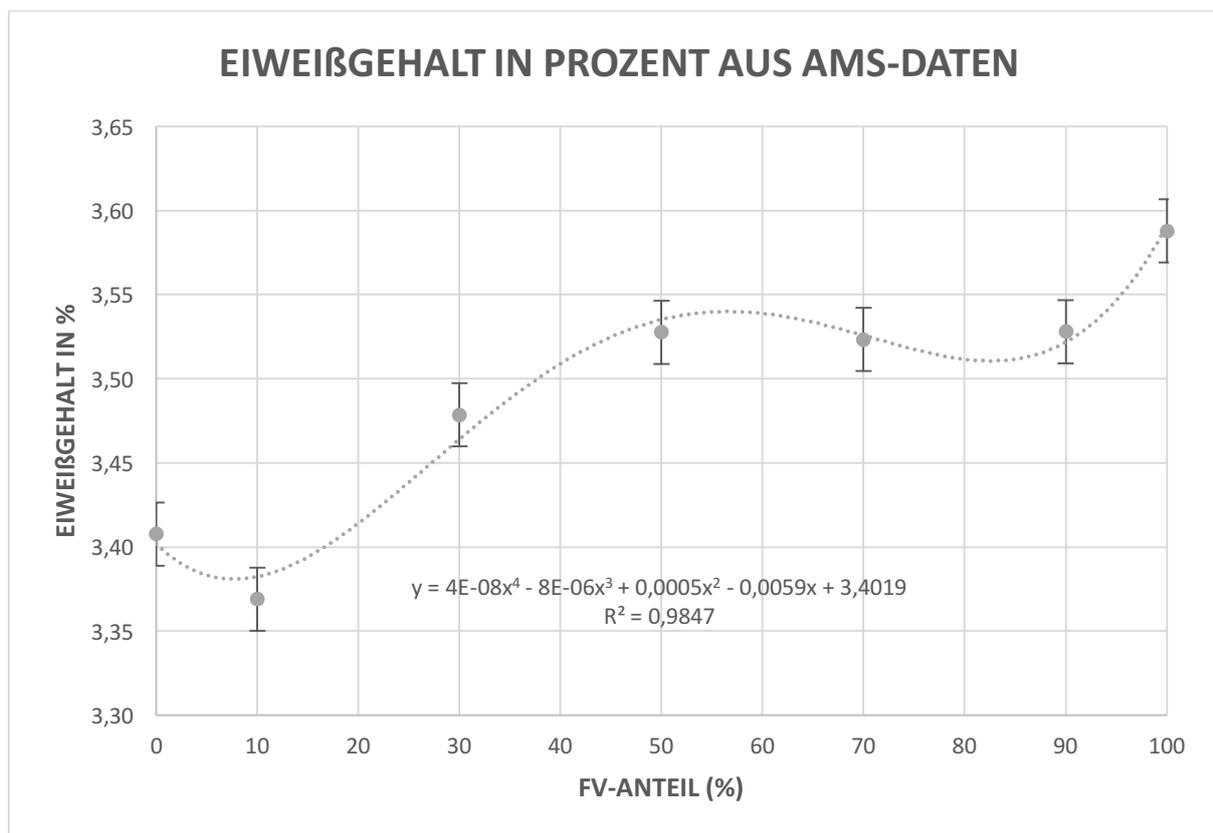


Abbildung 30: Eiweißgehalt in % aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

### 1.9.2 Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

Nach Berechnungen aus den Daten des Automatischen Melksystems (AMS) zeigen sich die höchsten Eiweißgehalte in der Milch bei Kühen der ersten Laktation mit 3,51 ( $\pm 0,019$ ) %. Bei zweiter (3,49 ( $\pm 0,019$ ) %) und dritter (3,47 ( $\pm 0,019$ ) %) Laktation sinken die Eiweißgehalte ab um anschließend wieder anzusteigen. So sind bei Kühen der vierten Laktation 3,48 ( $\pm 0,019$ ) % Eiweiß in der Milch messbar, bei Kühen der fünften und folgender Laktationen 3,50 ( $\pm 0,019$ ) %. Die Differenz zwischen zweiter und vierter Laktation liegt außerhalb des signifikanten Bereiches (Abbildung 31).

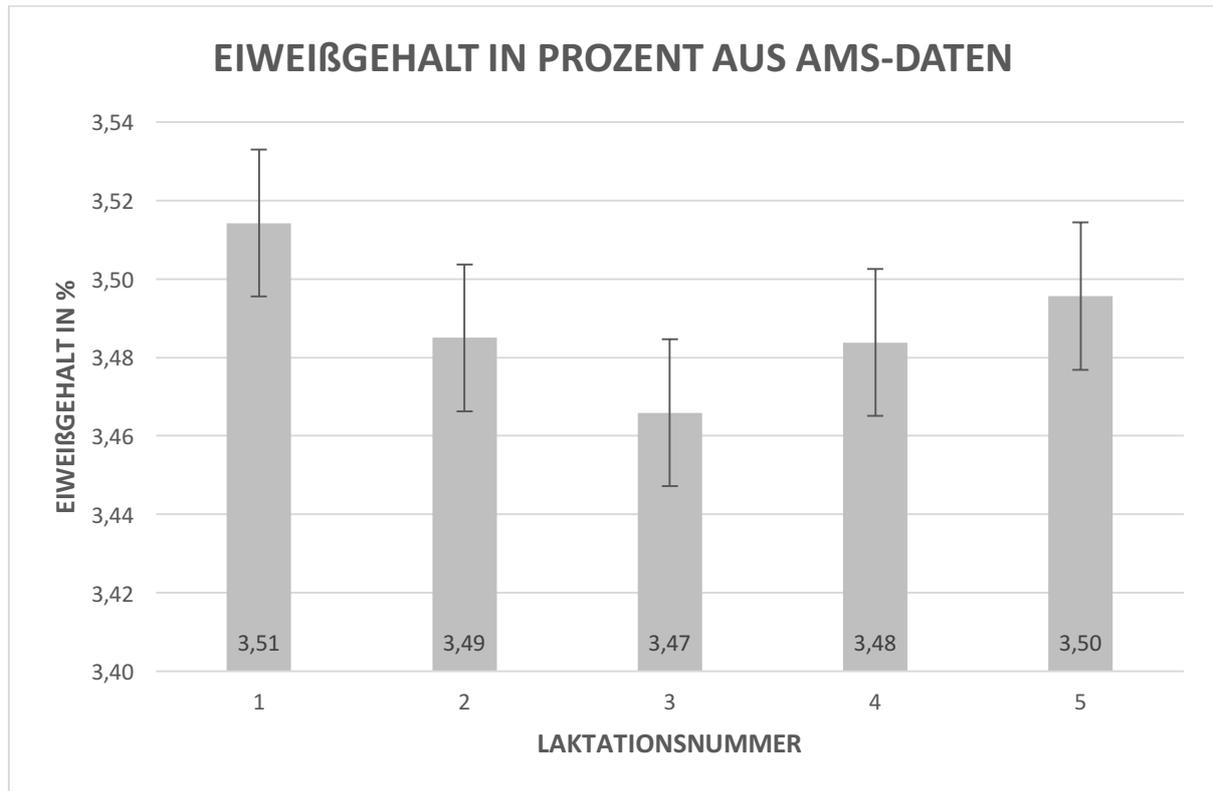


Abbildung 31: Eiweißgehalt in % aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

### 1.9.3 Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

Gegensätzlich zum Fettgehalt verhält sich im Hinblick auf die „Mehrlingseigenschaft“ der Kühe der Eiweißgehalt der Milch. Die Kühe, die als Einling zur Welt kamen, zeigen höhere Eiweißgehalte mit 3,51 ( $\pm 0,019$ ) % als jene, die als Mehrling geboren wurden mit nur 3,47 ( $\pm 0,019$ ) %. Der Unterschied liegt hier bei 0,04% Eiweiß und ist signifikant ( $p < 0,05$ ; Abbildung 32).

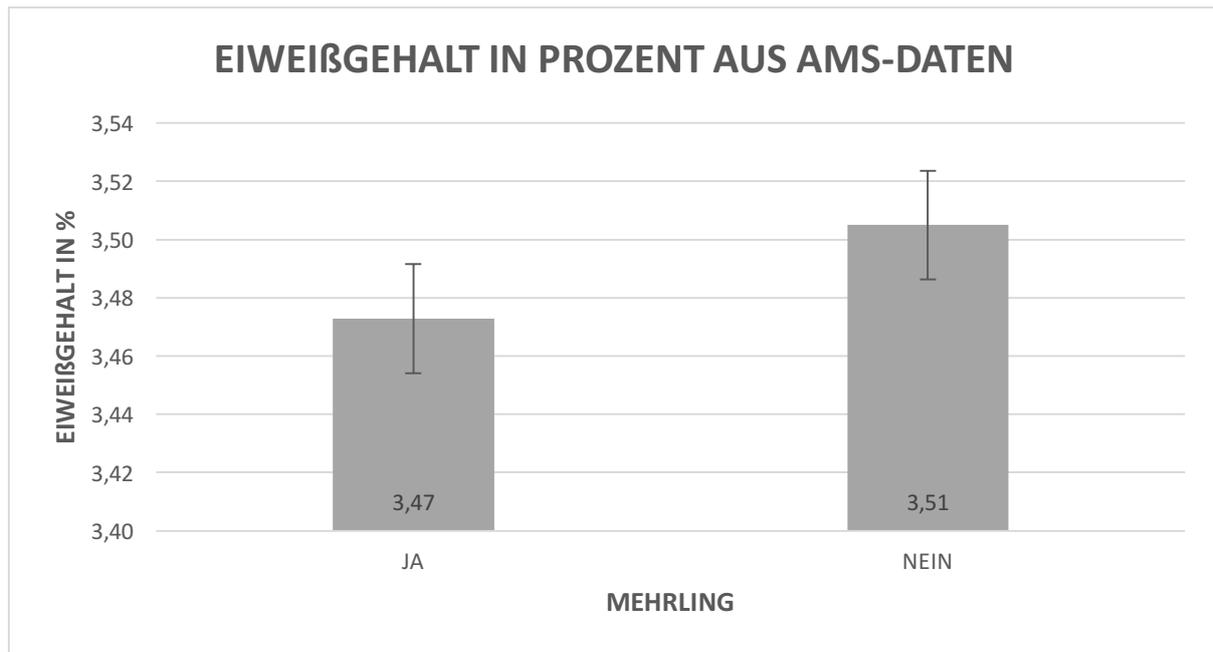


Abbildung 32: Eiweißgehalt in % aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

## 1.10 Kraftfuttermenge (KFR) aus Melkdaten und Tagesdaten

Neben der über die „totale Mischration“ (TMR) verabreichten Kraftfuttermenge erhalten die laktierenden Kühe den überwiegenden Teil ihrer KFR im Melkroboter. Anhand der Milchleistung der jeweiligen Kuh erhält diese, eine auf sie abgestimmte KFR. In den folgenden Modellen wird die bei einem einzelnen Melkvorgang, sowie die pro Tag verabreichte KFR in Bezug zum „Fleckviehgenanteil“, der „Laktationsnummer“ und der „Mehrlingseigenschaft“ gesetzt. KFR von 0 kg wurden bei den Schätzungen nicht berücksichtigt. Für die KFR pro Gemelk konnten von 703166 Datensätzen demnach 698900 Datensätze verwendet werden, für die KFR pro Tag wurden von 256171 Datensätzen 246849 Datensätze einbezogen. Die fixen Einflüsse sind signifikant ( $p < 0,05$ ).

### 1.10.1 Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

Die größten Mengen an Kraftfutter erhalten entsprechend der höchsten Milchmenge reine Holsteinkühe (0% FV-Anteil) mit 2,39 ( $\pm 0,073$ ) kg pro Gemelk und 4,22 ( $\pm 0,019$ ) kg pro Tag, die kleinste KFR pro Melkvorgang erhalten reine Fleckviehkühe (100% FV-Anteil) bei 1,48 ( $\pm 0,073$ ) kg pro Gemelk und 2,69 ( $\pm 0,019$ ) kg pro Tag. Dies ergibt einen Unterschied von 0,91 kg Kraftfutter pro Gemelk und 1,53 kg pro Tag zwischen den FV-Anteilen von 0% und 100%. Mit steigenden FV-Anteilen von 10-90% sinken die Kraftfuttermengen stetig ab. So werden Kühen mit 10% FV-Anteil 2,34 ( $\pm 0,074$ ) kg pro Gemelk und 4,12 ( $\pm 0,021$ ) kg pro Tag, mit 30% 2,06 ( $\pm 0,073$ ) kg pro Gemelk und 3,65 ( $\pm 0,018$ ) kg pro Tag, mit 50% 2,02 ( $\pm 0,073$ ) kg pro Gemelk und 3,59 ( $\pm 0,02$ ) kg pro Tag, mit 70% 1,80 ( $\pm 0,073$ ) kg pro Gemelk und 3,20 ( $\pm 0,018$ ) kg pro Tag und mit 90% FV-Anteil 1,69 ( $\pm 0,074$ ) kg pro Gemelk und 3,05 ( $\pm 0,022$ ) kg pro Tag Kraftfutter verfüttert. Alle Differenzen sind signifikant ( $p < 0,05$ ; Abbildung 33).

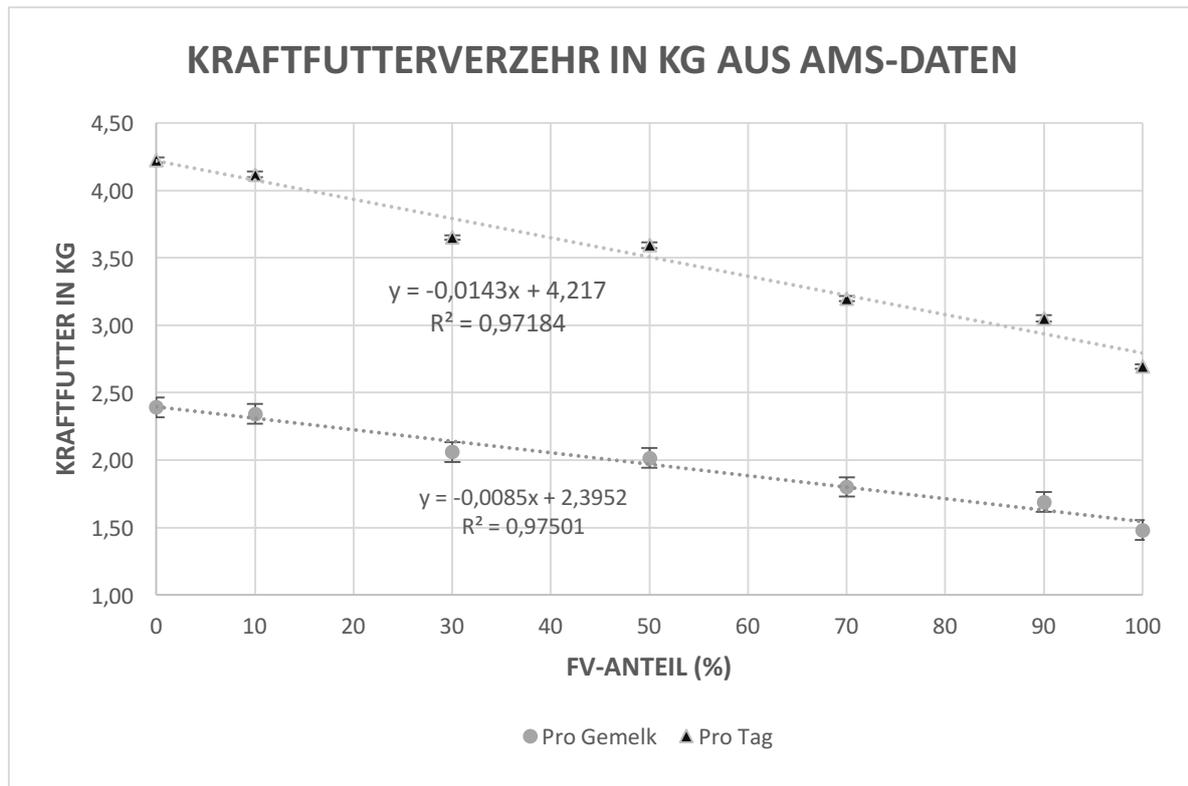


Abbildung 33: Kraftfutterverzehr in kg aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

### 1.10.2 Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

In Abhängigkeit von der Laktationsnummer erhalten die größten Kraftfuttermengen, Kühe, welche sich in der vierten Laktation befinden mit 2,11 ( $\pm 0,073$ ) kg Kraftfutter pro Gemelk und 3,73 ( $\pm 0,02$ ) kg pro Tag. Bei niedrigen Milchmengen, wie sie in der ersten Laktation vorkommen, werden dementsprechend nur geringe Mengen Kraftfutter verabreicht (1,66 ( $\pm 0,073$ ) kg pro Gemelk; 3,02 ( $\pm 0,018$ ) kg pro Tag). In der zweiten Laktation bekommen die Kühe 2,03 ( $\pm 0,073$ ) kg pro Gemelk und 3,58 ( $\pm 0,018$ ) kg pro Tag, in der dritten sind es pro Gemelk 2,11 ( $\pm 0,073$ ) kg und pro Tag 3,71 ( $\pm 0,018$ ) kg, in der fünften und folgenden Laktationen sinken die Milchleistungen und demnach die KFR auf 1,94 ( $\pm 0,02$ ) kg pro Tag und 3,49 ( $\pm 0,073$ ) kg pro Gemelk. Zwischen dritter und vierter Laktation besteht bei der KFR pro Gemelk kein signifikanter Unterschied (Abbildung 34).

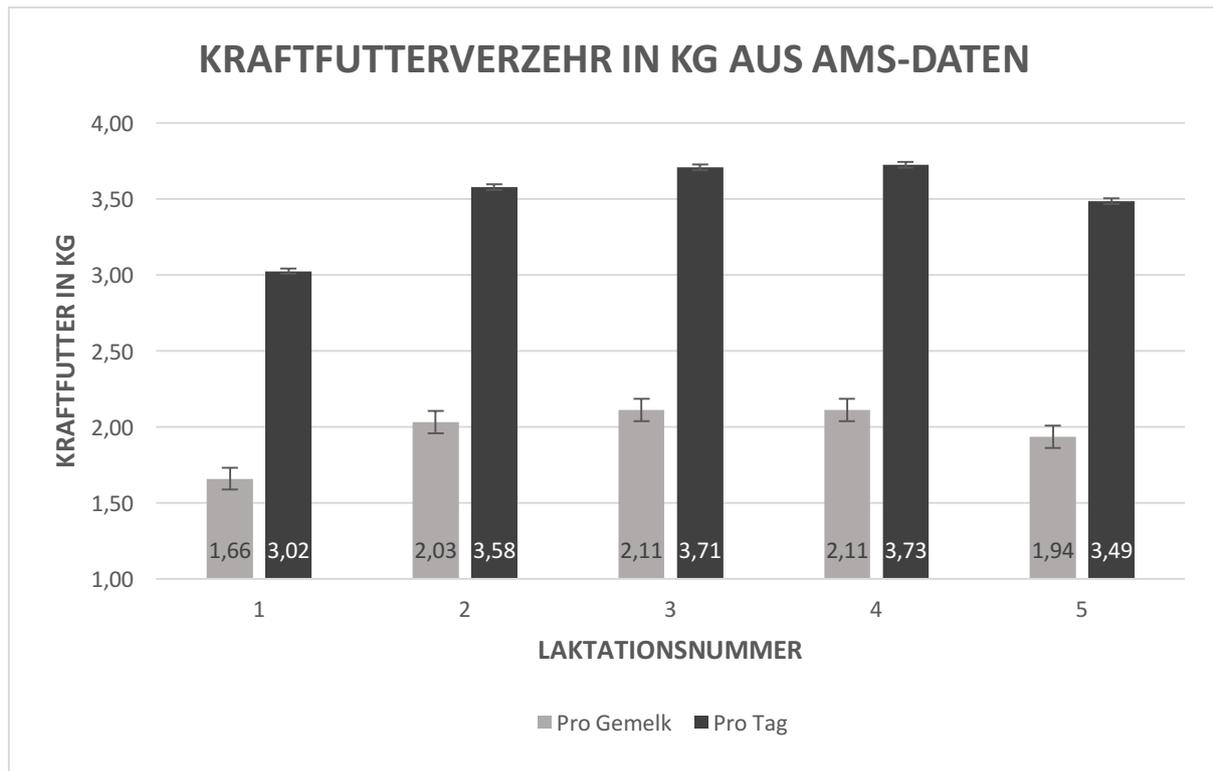


Abbildung 34: Kraftfuttermenge in kg aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

### 1.10.3 Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

Entsprechend der höheren Milchmengen (s. 1.1) bei Mehrlingskühen sind hier auch die Kraftfuttermengen mit 2,04 ( $\pm 0,073$ ) kg pro Gemelk und 3,59 ( $\pm 0,02$ ) kg pro Tag höher als bei Kühen, die als Einlinge geboren wurden, mit 1,9 ( $\pm 0,073$ ) kg pro Gemelk und 3,42 ( $\pm 0,017$ ) kg pro Tag. Die Differenz liegt hier bei 0,14 Kg Kraftfutter pro Gemelk und 0,17 kg pro Tag und ist signifikant (Abbildung 35).

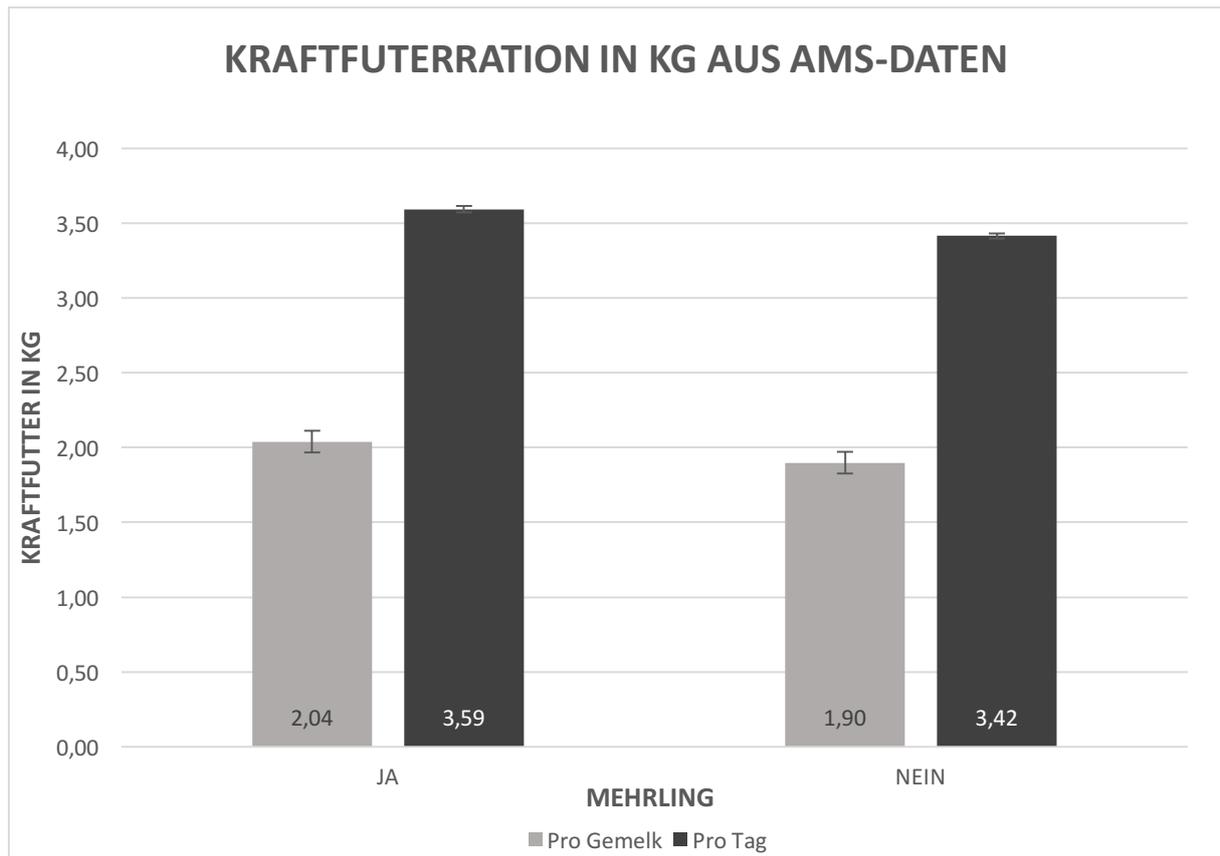


Abbildung 35: KFR in kg aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

## 1.11 Aktivität aus Melkdaten

Die Aktivität der Kühe des Lehr- und Versuchsgutes wurde gemessen mit Hilfe des Überwachungssystems QWES-HR der Firma Lely. Dieses misst anhand eines Bewegungs- und Akustiksensors die Aktivität sowie die Wiederkautätigkeit der Kühe. Der sich am Hals der entsprechenden Kuh befindliche Transponder zeichnet die gemessenen Daten im 2-h Takt auf und sendet diese an das AMS. Die Einheit der Aktivität „E“ bezeichnet einen internen Aktivitätsindex der Firma Lely.

Zur Auswertung kamen 700829 Datensätzen von insgesamt 703166 Datensätzen. Die untersuchten fixen Effekte „Fleckviehgenanteil“, „Laktationsnummer“ und „Mehrlingseigenschaft“ sind statistisch signifikant.

### 1.11.1 Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

Reine Holsteinkühe (0% FV-Anteil) haben mit 42,5 ( $\pm 0,54$ ) Aktivitäts-Einheiten (E) eine geringfügig höhere Aktivität als reine Fleckviehkühe (100% FV-Anteil) mit 42,2 ( $\pm 0,54$ ) E. Diejenigen Kühe mit 10% FV-Anteil zeigen die geringste Aktivität von nur 39,2 ( $\pm 0,54$ ) E, wohingegen bei Kühen mit 30% FV-Anteil die höchste Aktivität von 44,1 ( $\pm 0,54$ ) E aufgezeichnet wurde. Bei 50% und 70% FV-Anteil bleiben die Aktivitätswerte gleich bei 43,8 ( $\pm 0,54$ ) E und sinken schließlich auf 43,1 ( $\pm 0,54$ ) E bei 90% FV-Anteil ab (Abbildung 36).

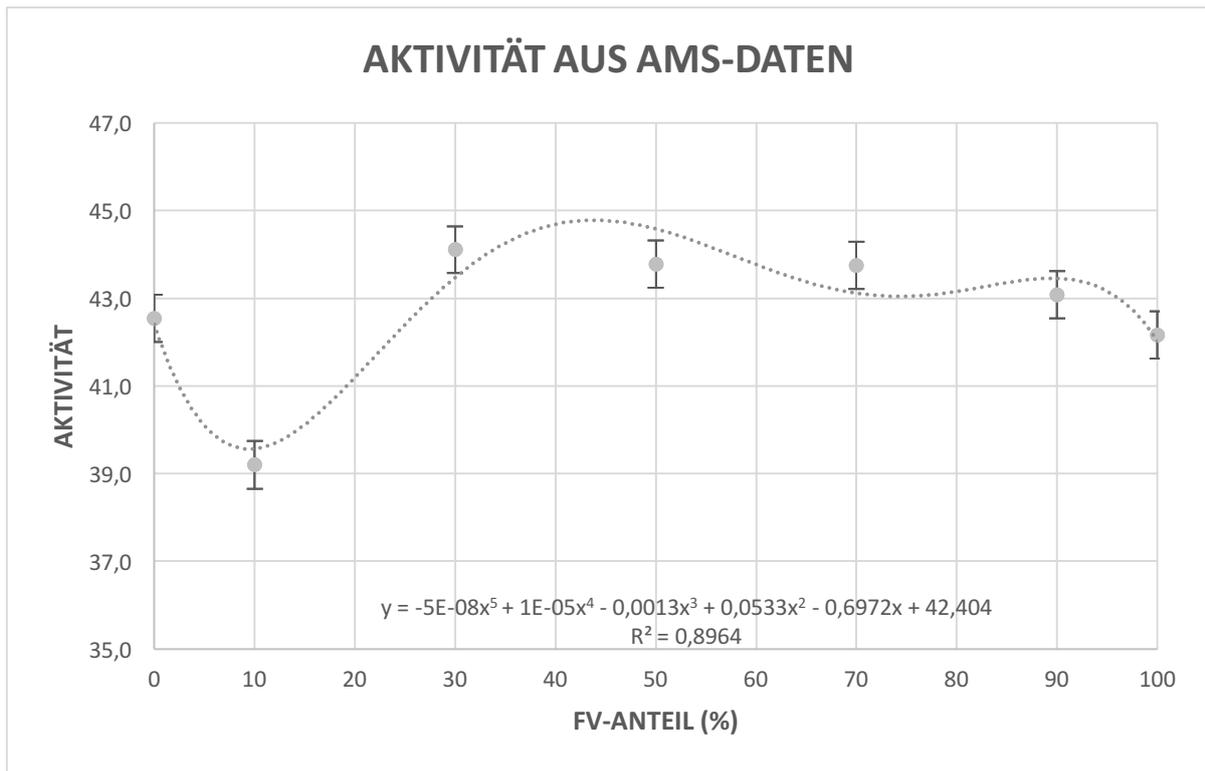


Abbildung 36: Aktivität aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

### 1.11.2 Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

Mit steigender Laktationsnummer ist ein deutlicher Abfall der Aktivität zu verzeichnen. Während Kühe der ersten Laktation mit  $46,6 (\pm 0,54)$  E die größte gemessene Aktivität aufweisen sind bei Kühen in der zweiten Laktation  $43,6 (\pm 0,54)$  E, der dritten Laktation  $42,0 (\pm 0,54)$  E, der vierten Laktation  $41,3 (\pm 0,54)$  E und der fünften und folgenden Laktationen nur noch  $39,9 (\pm 0,54)$  E messbar. Die Unterschiede sind signifikant ( $p < 0,05$ , Abbildung 37).

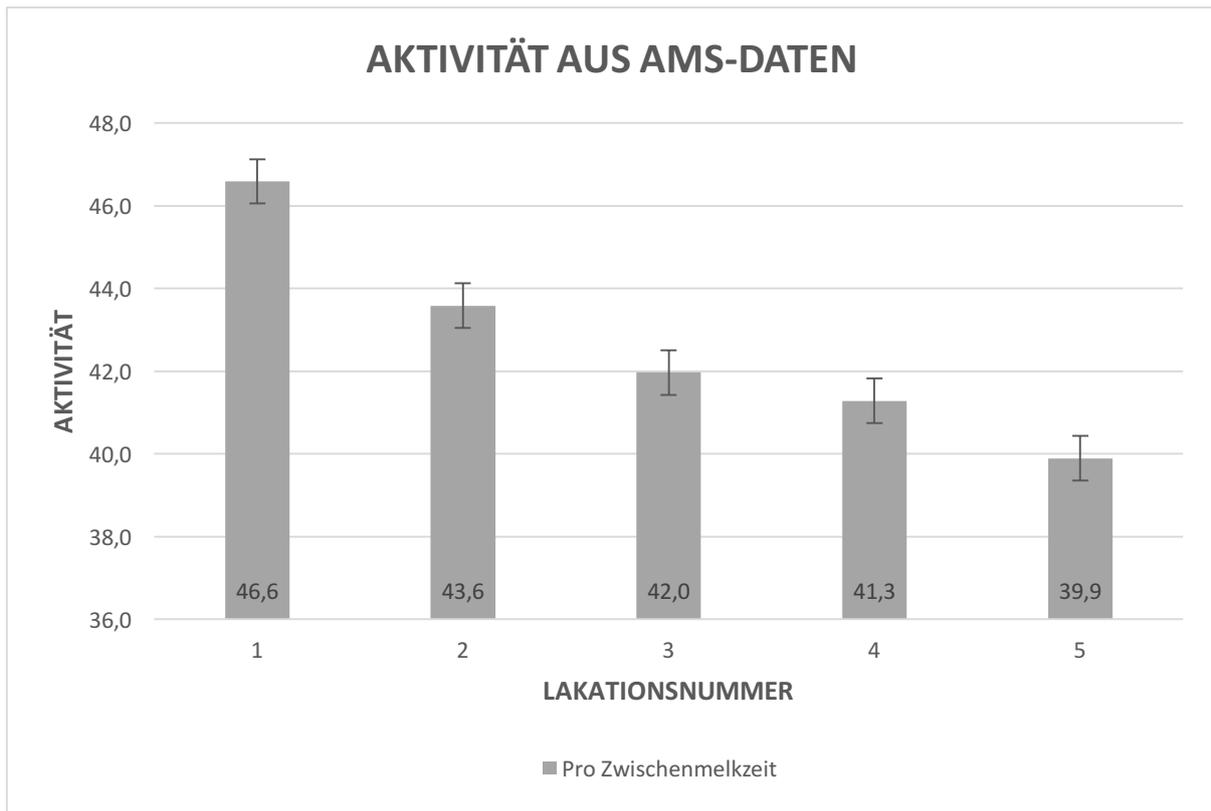


Abbildung 37: Aktivität aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

### 1.12 Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

Kühe, die als Mehrling zur Welt kamen, zeigen deutlich höhere Aktivitätswerte von 43,6 ( $\pm 0,54$ ) E im Gegensatz zu Einlingskühen mit nur 41,7 ( $\pm 0,54$ ) E. Der Unterschied ist signifikant ( $p < 0,05$ , Abbildung 38).

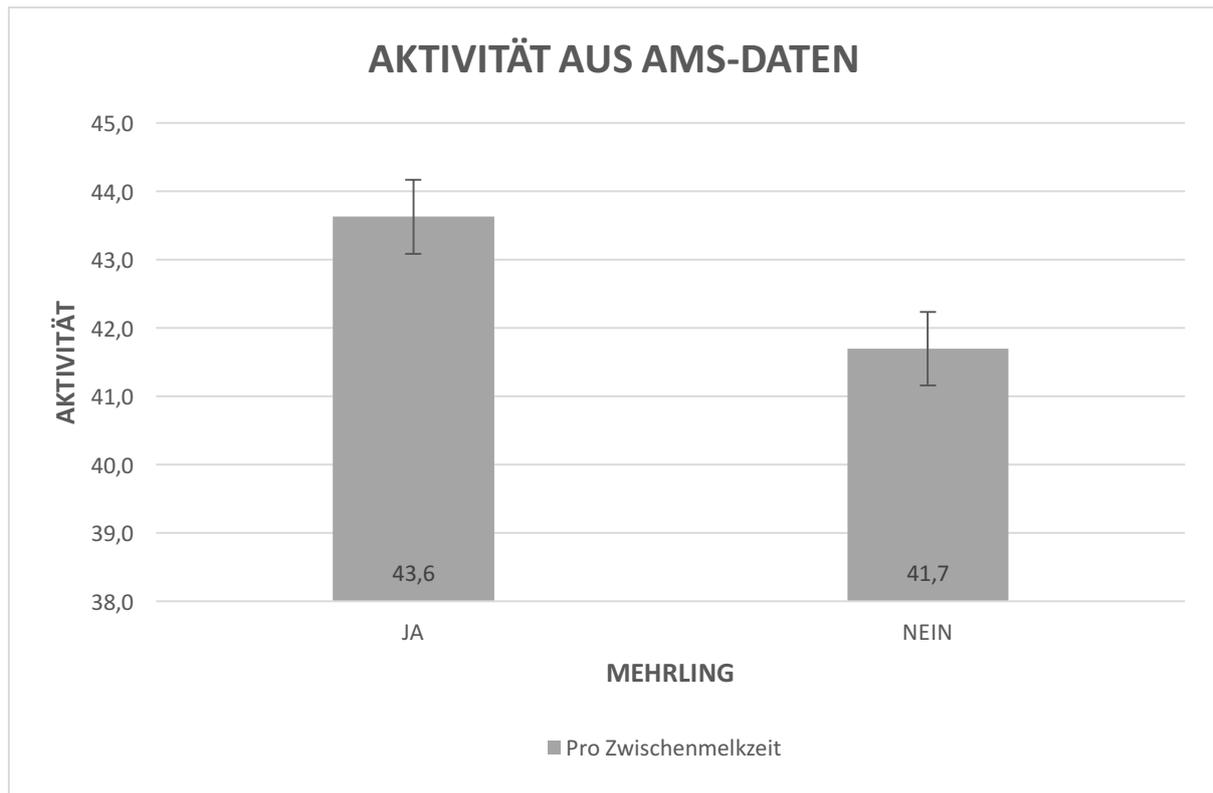


Abbildung 38: Aktivität aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

### 1.13 Körpergewicht (KGW) aus Melkdaten

Für die Schätzung des Körpergewichtes in Abhängigkeit der fixen Effekte „Fleckviehgenanteil“, „Laktationsnummer“ und „Mehrlingseigenschaft“ wurden von 703166 Datensätzen 699961 Datensätze berücksichtigt. Das Körpergewicht ist angegeben in Kilogramm (kg). Es wurden alle gemessenen Gewichte >400 kg einbezogen. Die fixen Einflüsse „Fleckviehgenanteil“, „Laktationsnummer“ und „Mehrlingseigenschaft“ sowie alle anderen fixen Einflüsse ergaben im F-Test errechnete statistische Signifikanz von  $p < 0,05$ .

#### 1.13.1 Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

Für reine Holsteinkühe (0% FV-Anteil) ergaben die Daten 681,0 ( $\pm 3,04$ ) kg. Mit steigendem FV-Anteil nimmt das Körpergewicht (KGW) stetig zu. Lediglich bei 70% FV-Anteil sinkt das Körpergewicht gegenüber jenen Kühen mit 50% FV-Anteil von 746,4 ( $\pm 3,04$ ) kg auf 733,2 ( $\pm 3,03$ ) kg leicht ab. Bei 10% FV-Anteil ergibt sich ein KGW von 684,4 ( $\pm 3,05$ ) kg. Bei 30% FV-Anteil sind es 729,0 ( $\pm 3,03$ ) kg. Bei 90% FV-Anteil ergeben sich Werte von 759,6 ( $\pm 3,05$ ) kg. Die höchsten Körpergewichte besitzen reine Fleckviehkühe (100% FV-Anteil) mit 794,0 ( $\pm 3,03$ ) kg (Abbildung 39).

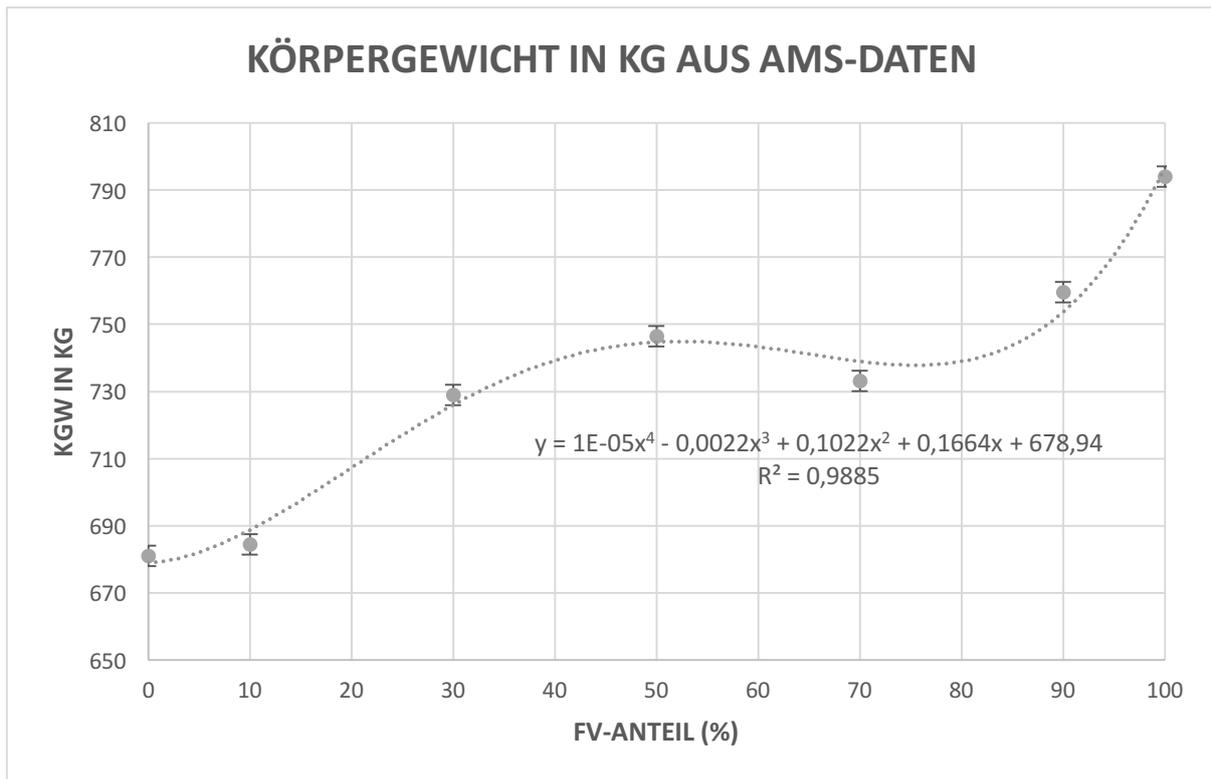


Abbildung 39: Körpergewicht (KGW) in kg aus AMS-Daten in Abhängigkeit vom „Fleckviehanteil“

### 1.13.2 In Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

Betrachtet man das Körpergewicht in Abhängigkeit von der Laktationsnummer erkennt man eine deutliche Zunahme des KGW zwischen erster und fünfter sowie folgenden Laktationen. In der ersten Laktation wiegen Kühe 678,8 kg ( $\pm 3,03$ ). In der zweiten Laktation kommt es zu einer Gewichtszunahme von 48,7 kg auf 727,5 ( $\pm 3,03$ ) kg. Bei höheren Laktationsnummern kommt es nur noch zu einer geringen KGW-Zunahme. In der vierten Laktation sind es 754,5 ( $\pm 3,04$ ) kg, in der fünften und folgenden Laktationen kommt es zu einer minimalen KGW-Abnahme von 0,6 kg auf 753,9 ( $\pm 3,04$ ) kg. Der Unterschied der Werte der KGW aus AMS-Daten zwischen vierter und fünfter Laktationsnummer ist nicht signifikant (Abbildung 40).

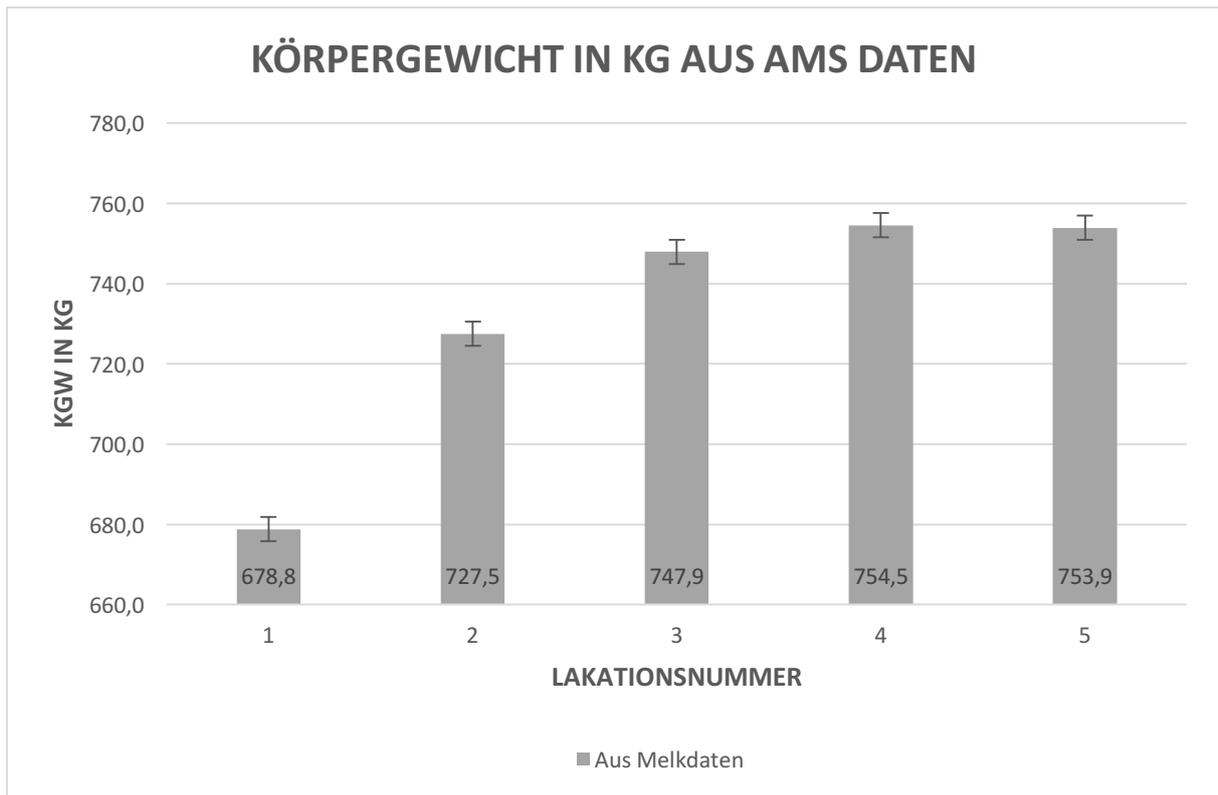


Abbildung 40: Körpergewicht (KGW) in kg aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

### 1.13.3 Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

Deutlich höhere Körpergewichte zeigen Kühe, die als Einling zur Welt kamen gegenüber Mehrlingen. Mehrlinge haben ein Körpergewicht von durchschnittlich 723,8 ( $\pm 3,04$ ) kg und somit 17,5 kg weniger als Einlinge (NEIN) mit 741,3 ( $\pm 3,02$ ) kg. Der Unterschied ist signifikant (Abbildung 41).

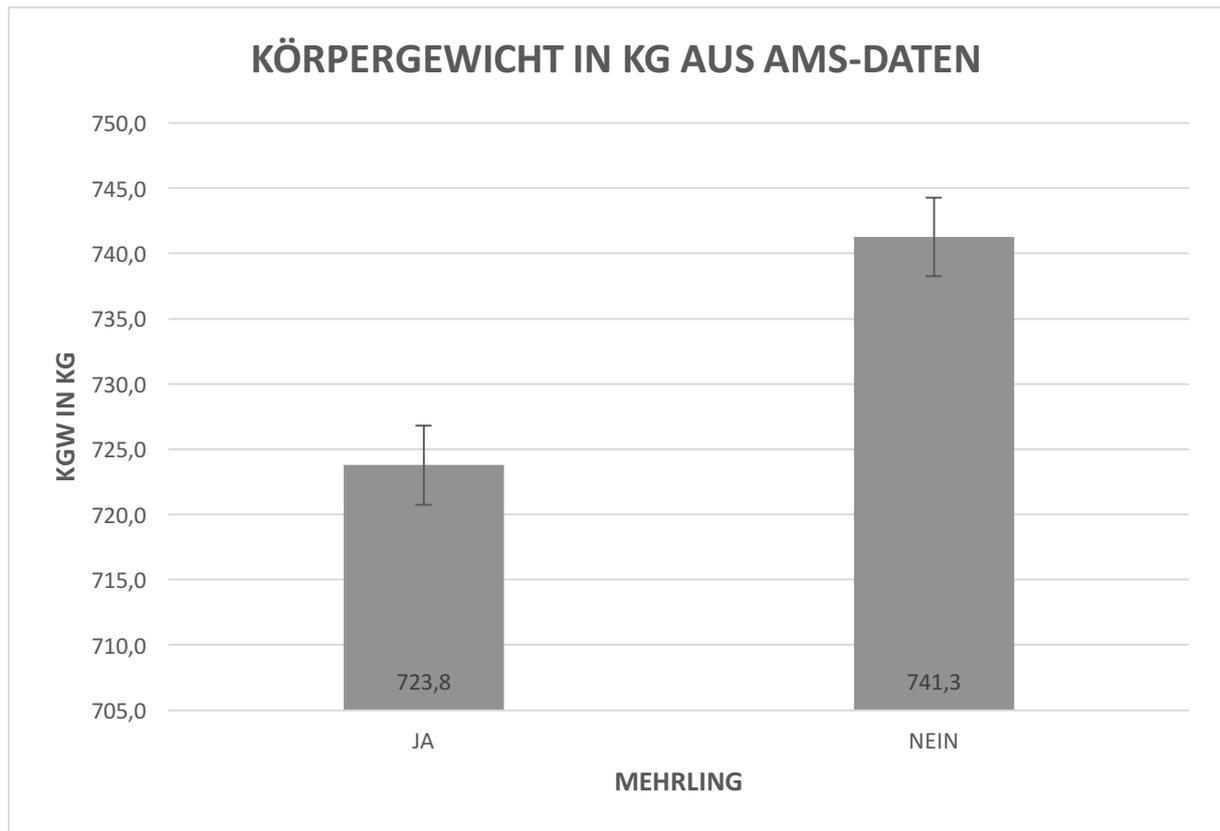


Abbildung 41: Körpergewicht (KGW) in kg aus AMS-Daten in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

## 2. LKV-Daten

Die LKV-Daten wurden im Rahmen der MLP im Shuttle-Verfahren erhoben. Zur Auswertung kamen 13863 Prüftagesdaten an 181 Prüftagen von 528 Milchkühen der untersuchten Herde. Der Fleckviehgenanteil wurde – wie bereits beschrieben - in sieben Gruppen von 0-100% Fleckvieh eingeteilt.

### 2.1 Tagesmilchmenge aus LKV-Daten

Für die Berechnung der Tagesmilchleistung konnten alle 13863 Datensätze ausgewertet werden. Die in das Modell einbezogenen fixen Effekte „Fleckviehgenanteil“, „Laktationsnummer“ und „Mehrlingseigenschaft“ sind mit  $p < 0,05$  statistisch signifikant.

#### 2.1.1 Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

Die zur Berechnung der Tagesmilchmenge in Kilogramm aus den LKV-Prüftagesdaten berücksichtigten Einflüsse waren statistisch signifikant ( $p < 0,05$ ). Wie bereits in Übereinstimmung mit den AMS-Daten zu erwarten sank die Tagesmilchmenge mit steigendem Fleckviehgenanteil deutlich ab. Die reinen Deutsche

Holstein-Kühe (0% FV) gaben mit 32,36 ( $\pm 0,3$ ) kg die höchste Milchmenge, die reinen Fleckviehkühe (100% FV) mit 27,13 ( $\pm 0,28$ ) kg am wenigsten.

Statistisch nicht signifikant ( $p > 0,05$ ) sind die Unterschiede zwischen 0-10%, 10-30% und 90-100% Fleckviehgenanteil. Die restlichen Werte unterscheiden sich signifikant ( $p < 0,05$ ; Abbildung 42).

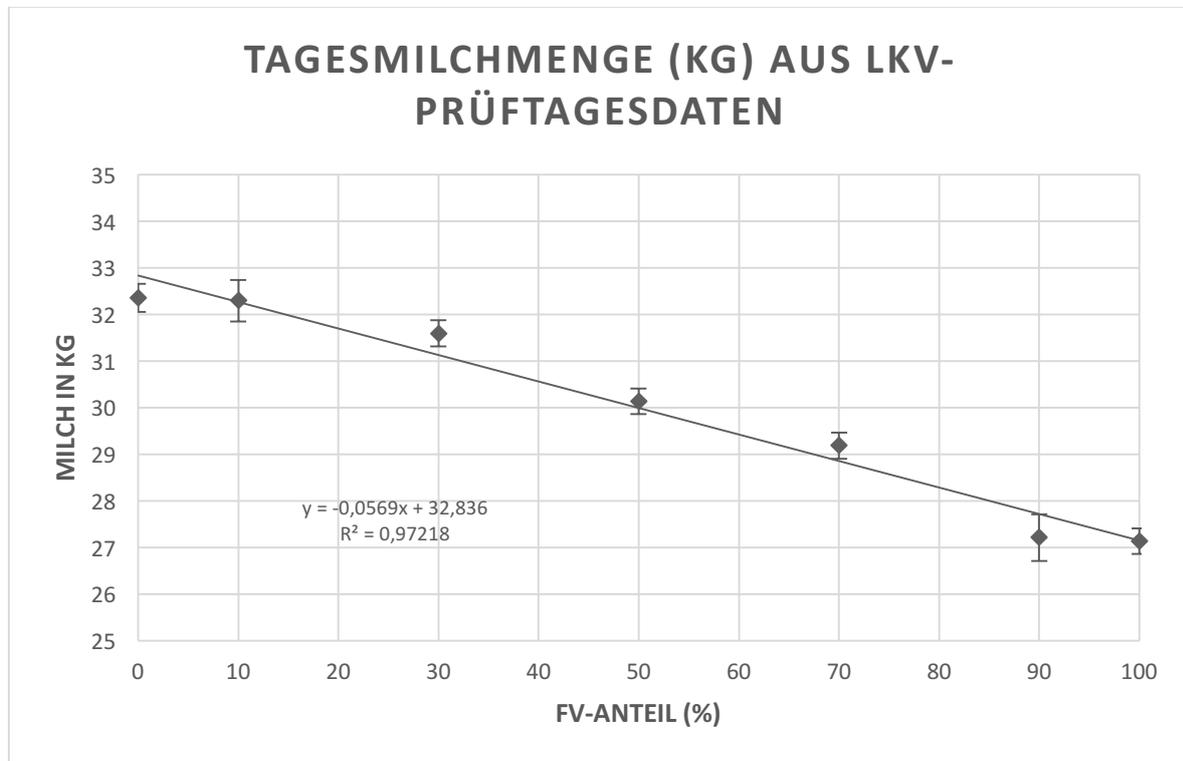


Abbildung 42: Tagesmilchmenge in Kilogramm aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit vom Fleckviehgenanteil (%)

### 2.1.2 Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

In Abhängigkeit von der Laktationsnummer waren ebenfalls alle 13863 Datensätze auswertbar. Erwartungsgemäß gab es einen starken Anstieg der Laktationsleistung von erster (25,08 ( $\pm 0,255$ ) kg) zu zweiter Laktation (30,72 ( $\pm 0,25$ ) kg). Ein weiterer Anstieg um 1,15 kg Milch war von der zweiten zur dritten Laktation (31,14 ( $\pm 0,29$ ) kg) zu verzeichnen. In vierter (31,14 ( $\pm 0,33$ ) kg) und fünfter (31,15 ( $\pm 0,34$ ) kg) Laktation gaben die untersuchten Kühe hingegen wieder weniger Milch, jedoch noch mehr als in erster und zweiter Laktation. Nicht signifikant sind die Unterschiede der Milchmengen von zweiter zu vierter, zweiter zu fünfter, sowie zwischen vierter und fünfter Laktation (Abbildung 43).

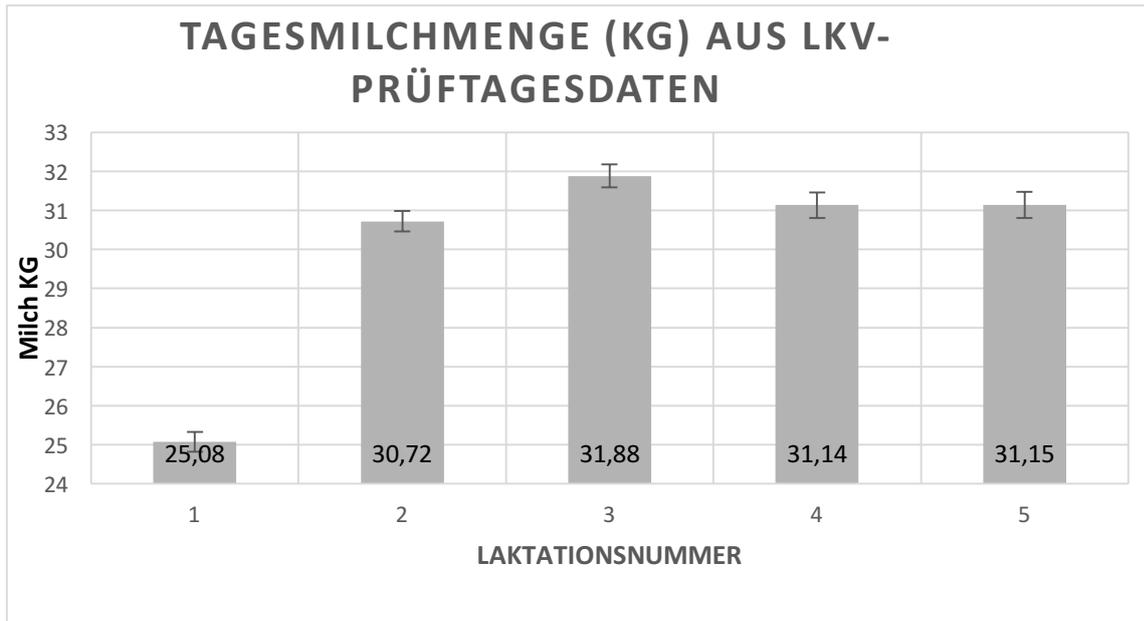


Abbildung 43: Tagesmilchmenge in Kilogramm aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Laktationsnummer

### 2.1.3 Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

Die Tagesmilchmenge unterscheidet sich, je nachdem ob es sich bei der untersuchten Kuh um einen Mehrling handelt oder nicht, signifikant. Individuen, die als Mehrling zur Welt kamen gaben im Durchschnitt 1,29 kg mehr Milch als Einlinge mit 29,35 ( $\pm 0,2$ ) kg (Abbildung 44).

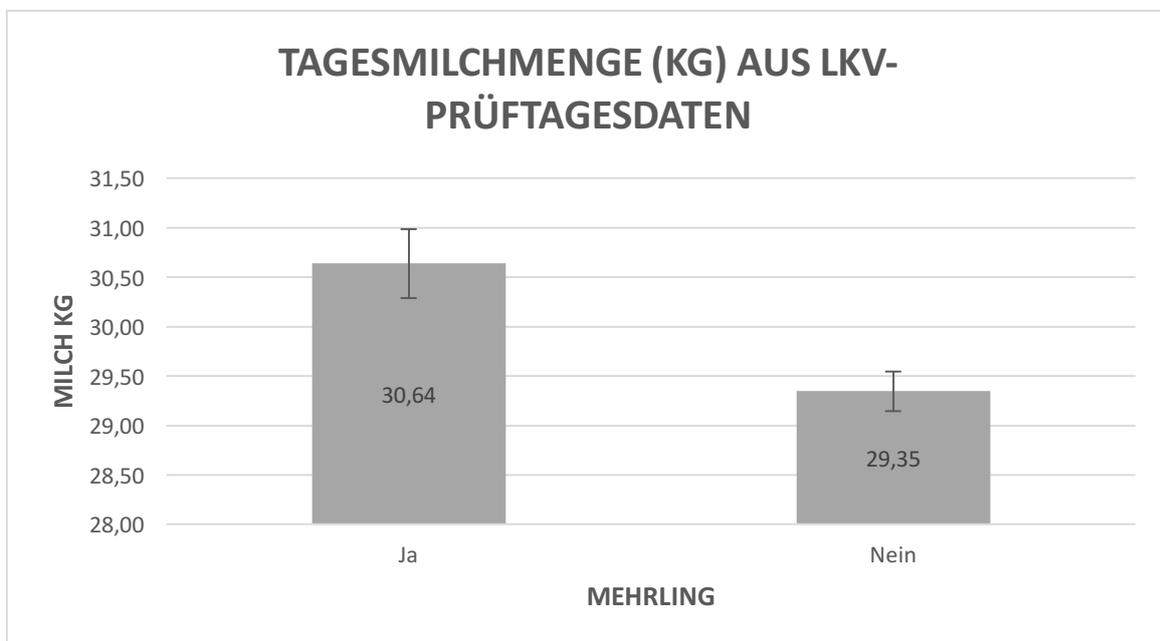


Abbildung 44: Tagesmilchmenge in Kg aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Mehrlingseigenschaft

## 2.2 Fettgehalt aus LKV-Daten

Von 13863 Prüftagesdaten wurden zur Berechnung des Fettgehaltes in Prozent 13862 Daten einbezogen. Lediglich in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“ sind die Ergebnisse im statistisch signifikanten Bereich. In Abhängigkeit zur Laktationsnummer und zur Mehrlingseigenschaft hingegen unterscheiden sich die errechneten Werte der Milchleistung nur geringgradig und sind somit mit  $p > 0,05$  nicht signifikant.

### 2.2.1 Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

Die reinen Holsteinkühe (0% FV-Anteil) hatten mit einem Wert von 3,85% den niedrigsten Fettgehalt in der Milch. Mit zunehmendem Fleckviehgenanteil steigt der Fettgehalt kontinuierlich an, um bei einem FV-Anteil von 50% den Höchstwert von 4,0 ( $\pm 0,03$ ) % Fett zu erreichen. Mit weiter ansteigendem FV-Anteil sinkt der Fettgehalt jedoch wieder deutlich auf einen Wert von 3,88 ( $\pm 0,05$ ) %, (90% FV-Anteil) steigt jedoch bei 100% FV-Anteil erneut auf 3,98 ( $\pm 0,03$ ) %.

Keine statistische Signifikanz ergibt sich zwischen den FV-Anteilen 0-10%, 0-90%, 10-30%, 10-90%, 30-70%, 30-90%, 50-100%, 70-90%, 70-100%. Die restlichen Unterschiede sind signifikant (Abbildung 45).

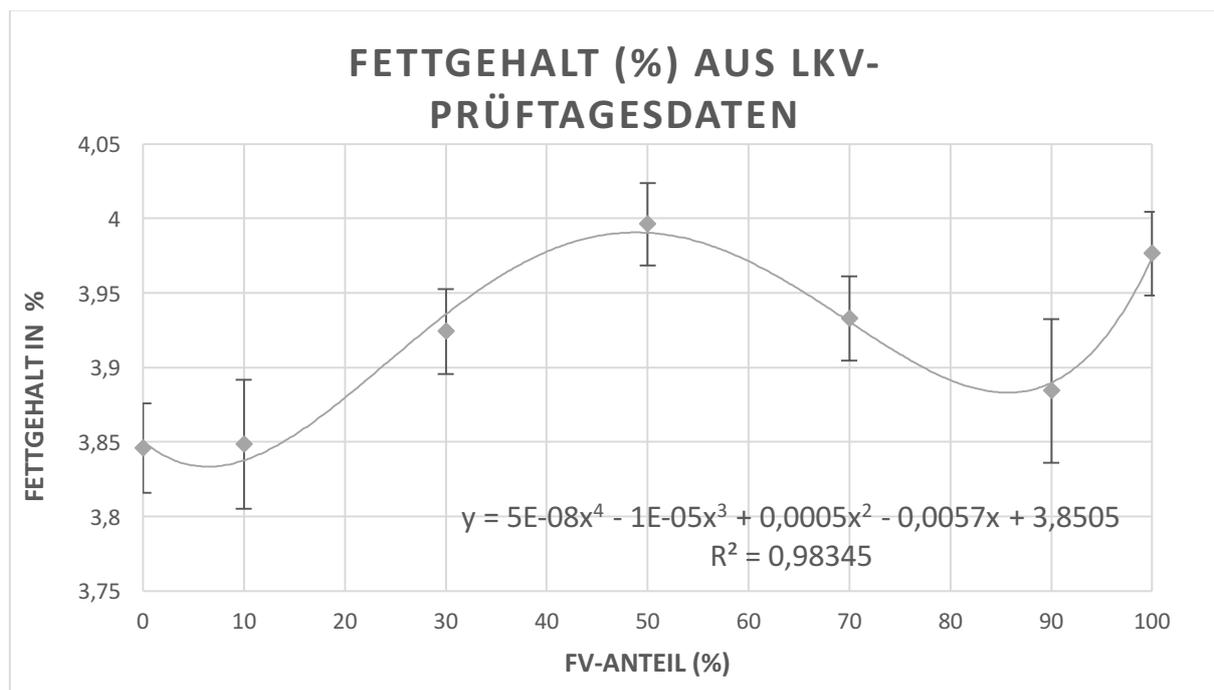


Abbildung 45: Fettgehalt in Prozent aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit vom Fleckviehgenanteil (%)

### 2.2.2 Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

Mit dem im F-Test errechneten  $p$ -Wert von 0,09 ergibt sich keine statistische Signifikanz für den Effekt der Laktationsnummer. Dennoch ist ein leichter Abfall des Fettgehaltes der Milch von 3,93 ( $\pm 0,03$ ) % in

der ersten Laktation auf 3,88 ( $\pm 0,03$ ) % in der dritten Laktation zu erkennen. In der fünften Laktation hingegen erreicht der Fettgehalt seinen Höchstwert von 3,94 ( $\pm 0,03$ ) % in der Milch (Abbildung 46).

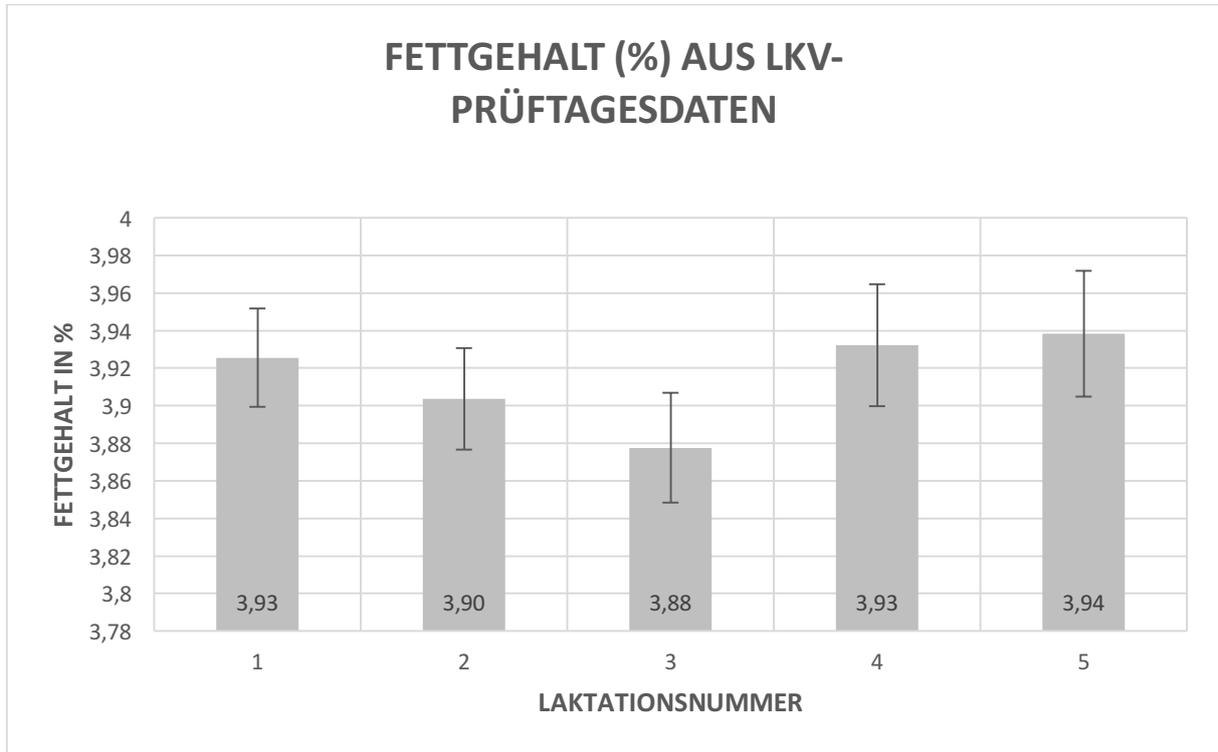


Abbildung 46: Fettgehalt in Prozent aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Laktationsnummer

### 2.2.3 Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

In Zusammenhang mit der Mehrlingseigenschaft ist erkennbar, dass Einlingskühe – im Gegensatz zu den AMS-Daten (Abbildung 34) - mit 3,94 ( $\pm 0,02$ ) % anteilmäßig 0,04% mehr Fett in der Milch enthalten als Kühe aus Mehrlingsgeburten mit 3,9 ( $\pm 0,03$ ) %. Dennoch lässt sich auch hierbei nicht von einem signifikanten Unterschied sprechen (Abbildung 47).

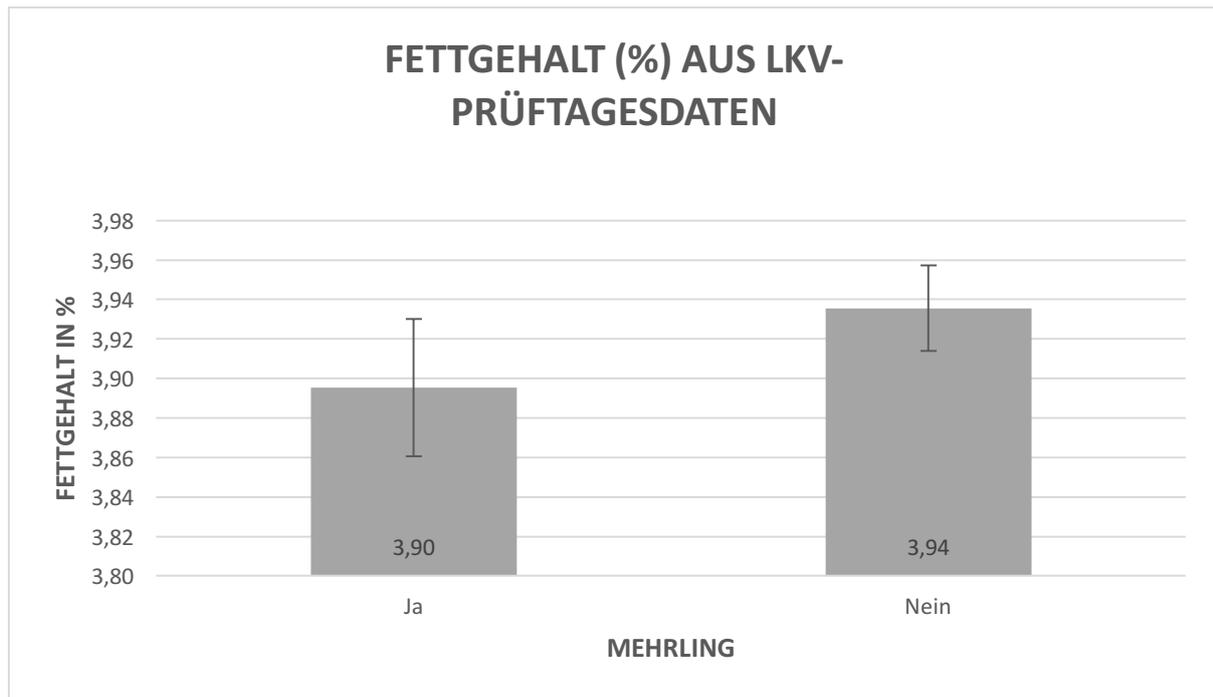


Abbildung 47: Fettgehalt in Prozent aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit zur Mehrlingseigenschaft

### 2.3 Eiweißgehalt aus LKV-Daten

Von den 528 Milchkühen stammenden 13863 Datensätze sind in die Auswertung zum Eiweißgehalt (%) 13861 Daten eingeflossen. Die untersuchten Effekte „Fleckviehgenanteil“, „Laktationsnummer“ und „Mehrlingseigenschaft“ ergaben im F-Test statistische Signifikanz ( $p < 0,05$ ).

#### 2.3.1 Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

Ähnlich wie der Fettgehalt in Prozent verläuft auch der Eiweißgehalt in Abhängigkeit vom FV-Anteil. Dieser steigt von 3,35 ( $\pm 0,01$ ) % bei reinen Deutschen Holstein-Kühen auf 3,51 ( $\pm 0,01$ ) % bei 50% FV-Anteil an und fällt schließlich bei 90% FV-Anteil auf bis zu 3,43 ( $\pm 0,02$ ) % Eiweiß. Bei 100% FV-Anteil erreicht der Eiweißgehalt seinen Höchstwert von 3,53 ( $\pm 0,01$ ) %. Damit übertreffen die reinen Fleckviehkühe die reinen Holsteinkühe um ca. 0,2% (Abbildung 48).

Nicht signifikant sind die Unterschiede zwischen den Fleckviehgenanteilen von 10-30%, 10-90%, 30-90% und 70-90% aufgrund zu geringer Differenzen. Die restlichen Unterschiede sind signifikant ( $p \leq 0,05$ ).

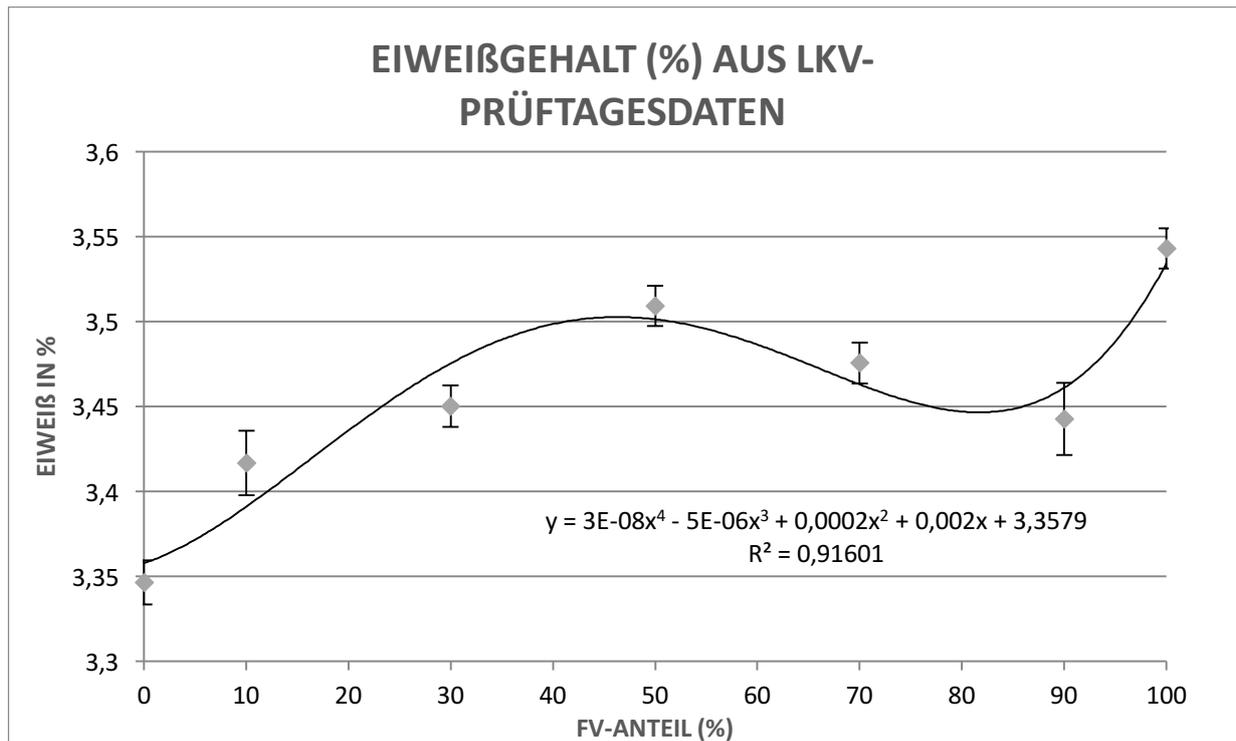


Abbildung 48: Eiweißgehalt in Prozent aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit vom Fleckviehgenanteil (%)

### 2.3.2 Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

In Abhängigkeit zur Laktationsnummer ist erkennbar, dass die untersuchten Kühe in der ersten und zweiten Laktation mit 3,514 ( $\pm 0,01$ ) % und 3,513 ( $\pm 0,01$ ) % annähernd den selben Eiweißgehalt in der Milch aufwiesen. Zur dritten Laktation hingegen kam es zu einer Abnahme von 0,08% auf 3,44 ( $\pm 0,01$ ) %. Zur vierten (3,41 ( $\pm 0,01$ )) % und fünften (3,39 ( $\pm 0,01$ )) % Laktation sank der Eiweißgehalt weiter ab.

Keine Signifikanz ergab sich zwischen erster und zweiter sowie zwischen dritter und vierter Laktation (Abbildung 49).

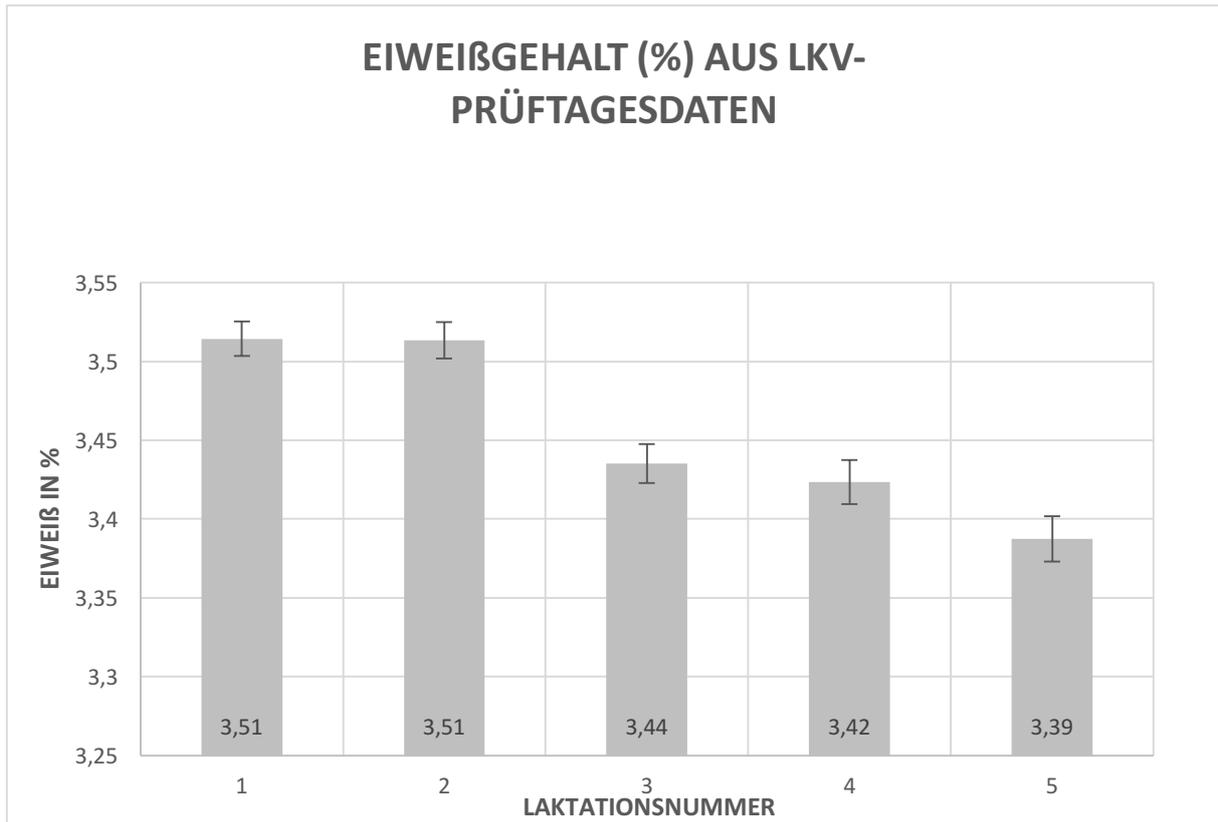


Abbildung 49: Eiweißgehalt in Prozent aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Laktationsnummer

### 2.3.3 Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

Bei einem Eiweißgehalt von 3,43 ( $\pm 0,02$ ) % bei Mehrlingen und 3,48 ( $\pm 0,01$ ) % bei Einlingen ergibt sich eine Differenz von 0,05% Eiweiß in der Milch. Der Unterschied in der Mehrlingseigenschaft liegt damit im signifikanten Bereich (Abbildung 50).

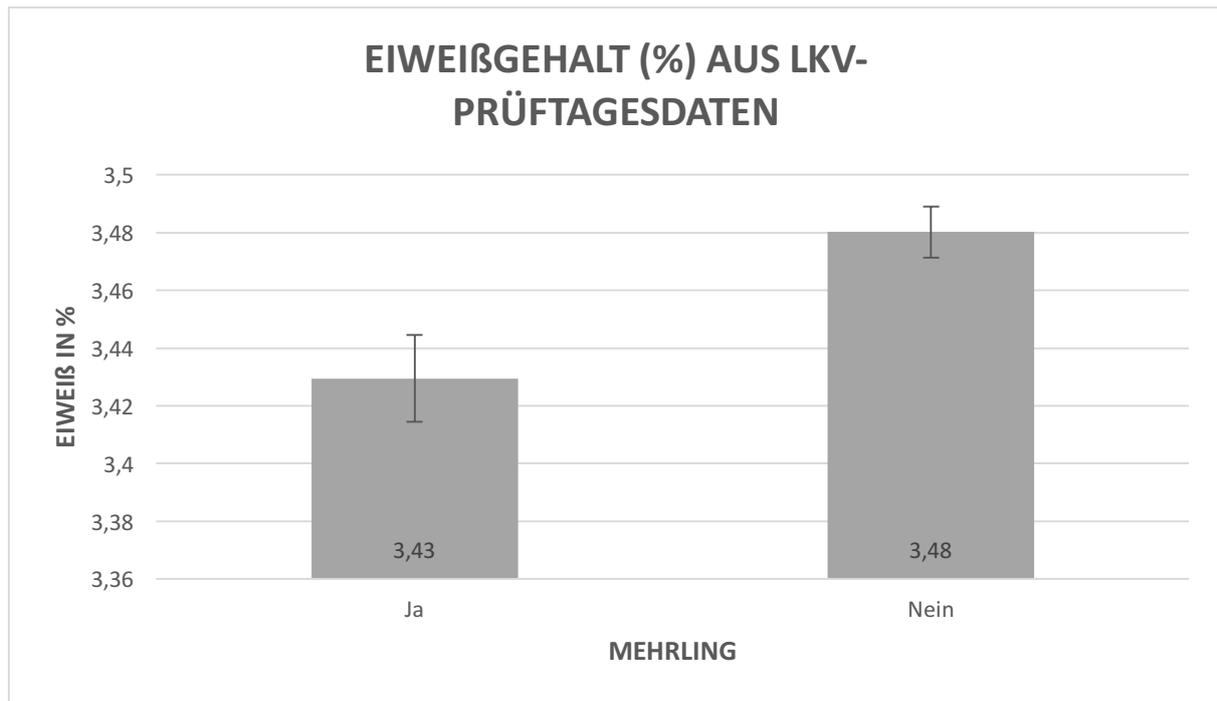


Abbildung 50: Eiweißgehalt in Prozent aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Mehrlingseigenschaft

## 2.4 Zellzahl aus LKV-Daten

Für die Berechnung der Zellzahl wurden 13587 Datensätze einbezogen. Die Effekte „Fleckviehgenanteil“ und „Laktationsnummer“ zeigten im F-Test eine statistische Signifikanz ( $p < 0,05$ ); die „Mehrlingseigenschaft“ ergab hingegen keinen wesentlichen Einfluss auf die Variation der Zellzahl ( $p < 0,05$ ).

Die in den Abbildungen zur Zellzahl angegebenen Werte sind mit 1000 zu multiplizieren und beziehen sich auf einen ml Milch.

### 2.4.1 Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

Die reinen Holsteinkühe hatten einen Zellgehalt von 214.000 ( $\pm 12,2$  T.) Zellen/ml. Erstaunlicherweise ergaben sich bei nur geringen Fleckviehgenanteilen von 10% (160.000 ( $\pm 19,6$  T.) Zellen/ml) und 30% (173.000 ( $\pm 10,9$  T.) Zellen/ml) deutlich niedrigere Werte. Die Kühe mit 50% Fleckviehgenanteil hingegen zeigten erneut einen sehr hohen Zellgehalt von 213.000 ( $\pm 10,3$  T.) Zellen/ml und liegen damit nahe an jenem der reinen Holsteinkühe. Mit 70% (182.000 ( $\pm 10,7$  T.) Zellen/ml) und 90% FV-Anteil (175.000 Zellen/ml ( $\pm 22,3$  T.)) hatten die Kühe wiederum einen deutlich niedrigeren Zellzahlgehalt. Den niedrigsten Wert mit durchschnittlich 149.000 ( $\pm 10,9$  T.) Zellen/ml Milch zeigten erwartungsgemäß die reinen Fleckviehkühe.

Groß genug, um statistische Signifikanz zu erreichen, sind die Differenzen zwischen den FV-Anteilen 0-10%, 0-30%, 0-70%, 0-100%, 10-50%, 30-50%, 30-100%, 50-70%, 50-100%, 70-100% (Abbildung 51).

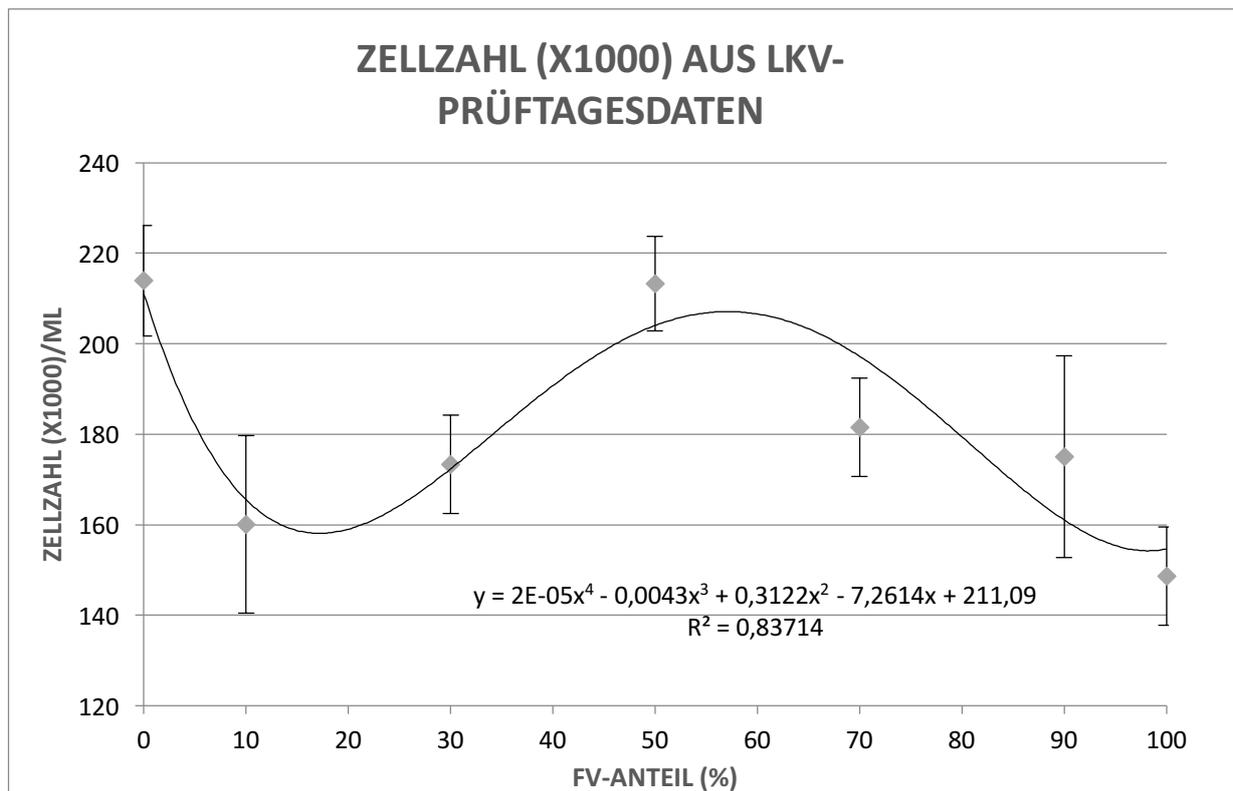


Abbildung 51: Zellzahl ( $\times 1000$ ) aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit vom Fleckviehgenanteil (%)

#### 2.4.2 Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

Zwischen erster (135.000 ( $\pm 9,65$  Tausend) Zellen/ml) und fünfter Laktation (233.000 ( $\pm 13,97$  T.) Zellen/ml) ist ein stetiger Anstieg der Zellzahl zu verzeichnen. So befanden sich bei der fünften Laktation durchschnittlich 99.000 Zellen/ml mehr in der Milch als bei der ersten Laktation. Während erste und zweite Laktation (139.000 ( $\pm 10,16$  T.) Zellen/ml) kaum Unterschiede zeigen, kam es bei der dritten Laktation (197.000 ( $\pm 11,44$  T.) Zellen/ml) zu einer deutlich höheren Zellzahl/ml Milch. Dritte und vierte Laktation (201.000 ( $\pm 11,58$  T.) Zellen/ml) ergaben wiederum sehr ähnliche Werte; zur fünften Laktation hin kam es jedoch zu einem Anstieg um 32.000 Zellen/ml.

Keine Signifikanz ergab sich zwischen erster und zweiter sowie zwischen dritter und vierter Laktation (Abbildung 52).

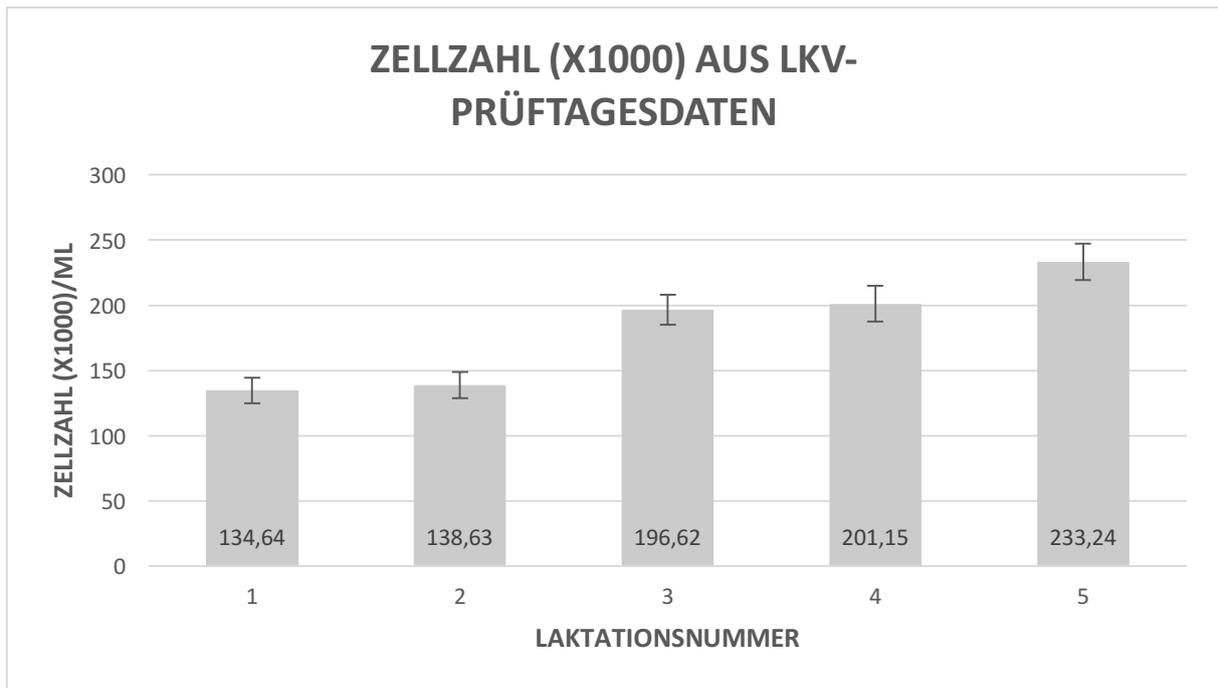


Abbildung 52: Zellzahl ( $\times 1000$ ) aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Laktationsnummer

#### 2.4.3 Abhängigkeit von „Mehrlingseigenschaft“

Der geringe Unterschied von nur 1.234 Zellen/ml Milch zwischen Einlingen und Mehrlingen ergab keine Signifikanz (Abbildung 53). Der relativ große Schätzfehler bei Kühen aus Mehrlingsgeburten ergibt sich in allen Fällen aus der vergleichsweise niedrigen Anzahl Kühe, die aus Mehrlingsgeburten in die Auswertung eingingen.

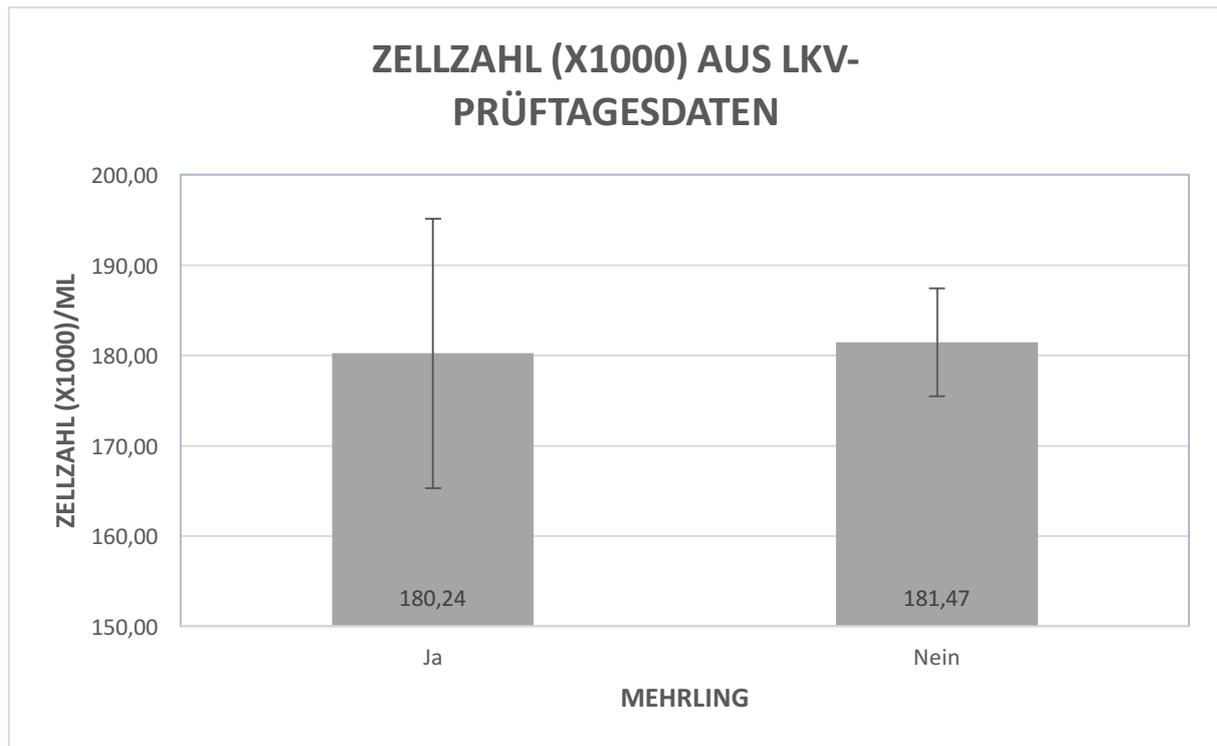


Abbildung 53: Zellzahl ( $\times 1000$ ) aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Mehrlingeigenschaft

## 2.5 LogZellzahl (SCS) aus LKV-Daten

Auf Grund der bei niedrigen Zellzahlen verhältnismäßig gehäuft auftretenden Werte und der damit einhergehenden Abweichung von einer Normalverteilung, wurde die Zellzahl logarithmiert ( $SCS = \log_2(SCC/100) + 3$  mit SCC in 1000 Zellen/ml.). Durch diese Transformation der Beobachtungswerte nähern sie sich wieder einer Normalverteilung an, die eigentlich Voraussetzung für eine parametrische statistische Analyse wie Varianz- oder Mittelwertvergleich ist. Die tatsächlich ermittelte Zellzahl (siehe 2.4) wurde vor allem aus Anschaulichkeitsgründen in die parametrische Auswertung einbezogen.

Für die Eigenschaften „Fleckviehgenanteil“ und „Laktationsnummer“ ergab sich im F-Test statistische Signifikanz. Die Ergebnisse der Untersuchung auf die „Mehrlingeigenschaft“ jedoch ergab mit  $p > 0,05$  keine Signifikanz.

### 2.5.1 Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

Entsprechend der Zellzahl konnten aus 13863 Datensätzen 13587 Beobachtungswerte in die Auswertung einbezogen werden.

Den durchschnittlich höchsten SCS besitzen die reinen Holstein-Kühe mit 3,03 ( $\pm 0,05$ ). Erstaunlicherweise zeigen die Kühe mit 10% Fleckviehanteil eine scheinbar deutlich bessere Eutergesundheit und damit einen weit niedrigeren SCS von 2,60 ( $\pm 0,08$ ). Bei Kühen mit 30% FV-Anteil

(2,70 ( $\pm 0,05$ )) und 50% FV-Anteil (2,78 ( $\pm 0,05$ )) steigt der SCS jedoch wieder deutlich an. Bei einem FV-Anteil von 70% liegt der SCS bei 2,68 ( $\pm 0,05$ ) und bei 90% bei 2,78 ( $\pm 0,09$ ). Den Tiefstwert von 2,50 ( $\pm 0,05$ ) und damit die zu erwartende beste durchschnittliche Eutergesundheit zeigen die reinen Fleckviehkühe (FV-Anteil 100%).

Keine signifikanten Unterschiede liegen zwischen den Fleckviehanteilen von 10-30%, 10-70%, 10-90%, 10-100%, 30-50%, 30-70%, 30-90%, 50-90% und 70-90% vor (Abbildung 54).

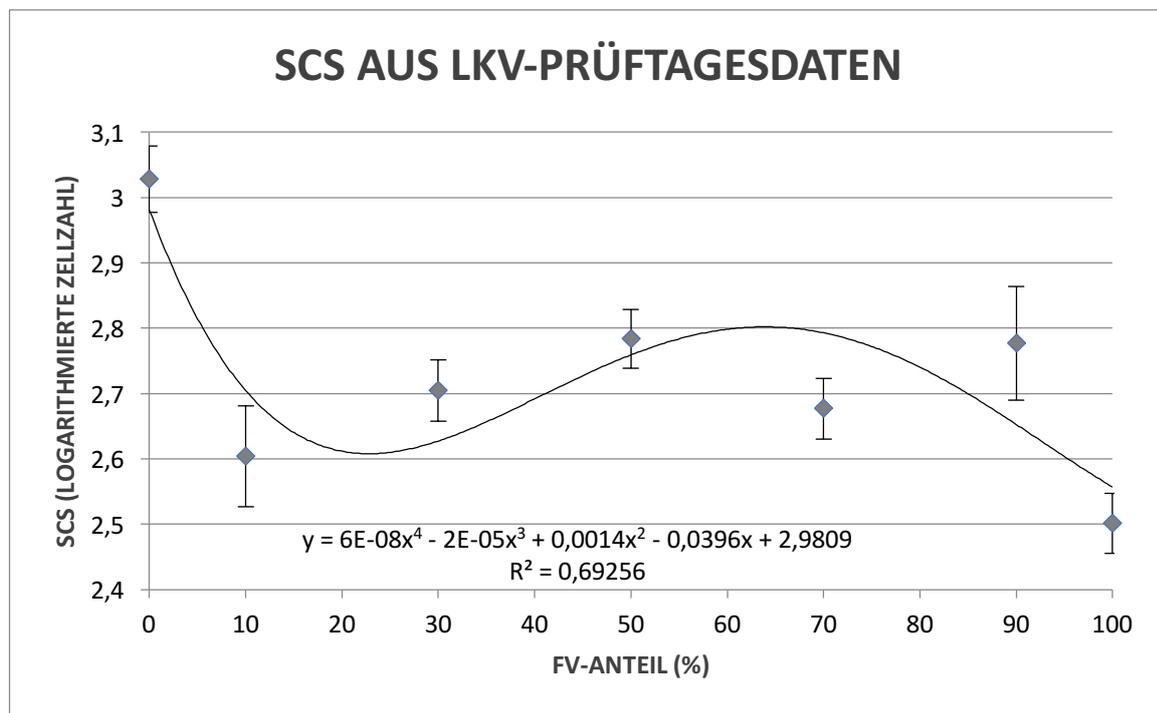


Abbildung 54: SCS aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit vom Fleckviehgenanteil (%)  $SCS = \log_2 (SCC/100) + 3$  mit SCC in 1000 Zellen/ml.

### 2.5.2 Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

Die Untersuchung der Logarithmierten Zellzahl (SCS) in Verbindung mit der Laktationsnummer erfolgte in fünf Gruppen von erster bis fünfter Laktation, wobei die fünfte Laktation alle folgenden Laktationen einschließt.

Deutlich erkennbar ist der Anstieg des SCS von erster zu fünfter Laktation von 2,47 ( $\pm 0,04$ ) auf 3,04 ( $\pm 0,06$ ). Der Unterschied von erster zu zweiter Laktation ist sehr gering und zeigt demnach auch keine statistische Signifikanz. Zu dritter (2,76 ( $\pm 0,05$ )), vierter (2,86 ( $\pm 0,06$ )) und fünfter Laktation differiert der SCS hingegen wieder deutlich. Die Unterschiede sind signifikant ( $p < 0,05$ , Abbildung 55).

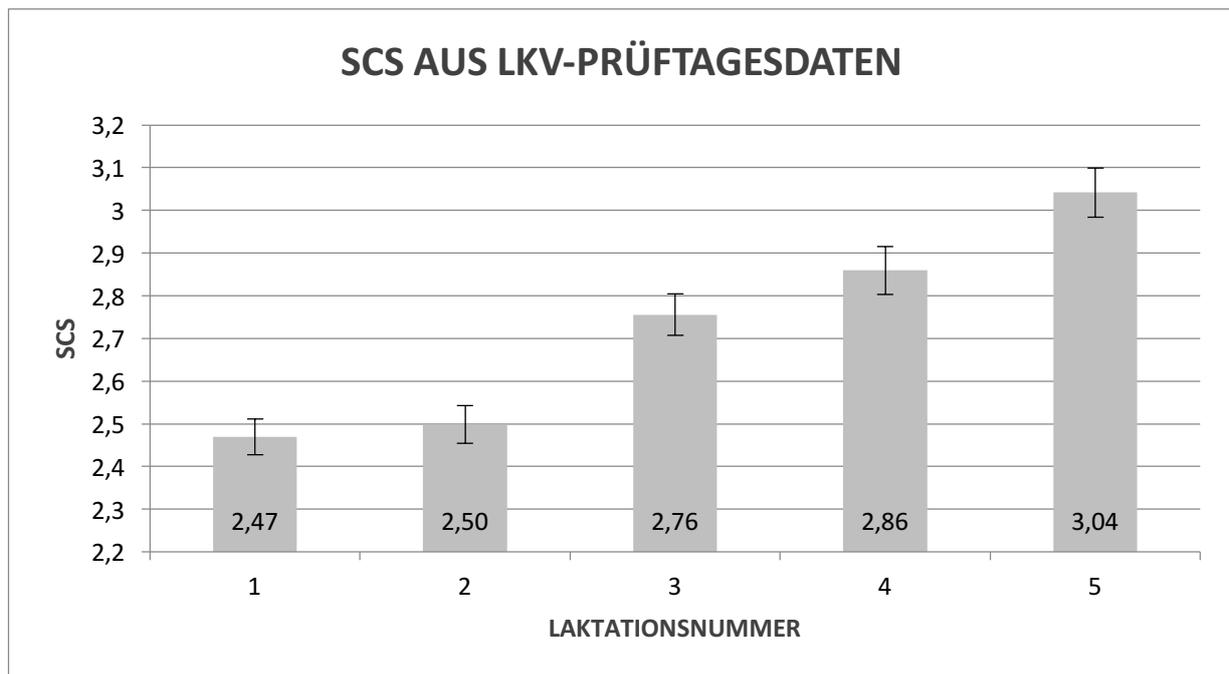


Abbildung 55: SCS (logarithmierte Zellzahl) aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Laktationsnummer

### 2.5.3 Abhängigkeit von „Mehrlingseigenschaft“

Die Untersuchung, ob als Mehrling oder als Einling geborene Kühe einen höheren SCS (logarithmierte Zellzahl) besitzen, zeigte keine Signifikanz. Der Unterschied von Mehrling (2,73 ( $\pm 0,06$ )) zu Einling (2,72 ( $\pm 0,03$ )) liegt bei nur 0,01 (Abbildung 56).

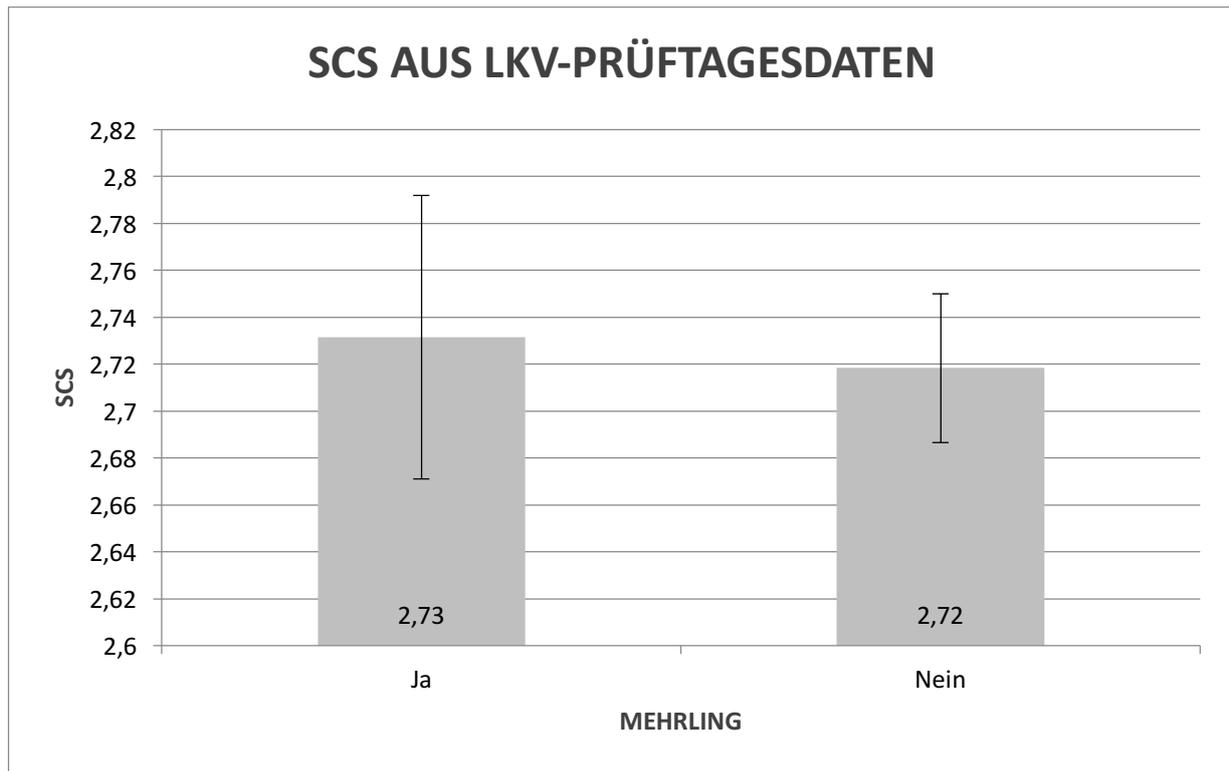


Abbildung 56: SCS (logarithmierte Zellzahl) aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Mehrlingsseigenschaft

## 2.6 Harnstoff aus LKV-Daten

Für die Variable Harnstoffgehalt in der Milch (mg/100 ml) gingen 13314 Beobachtungen von 181 Kühen aus 13863 Datensätzen in die Untersuchung ein. Die Effekte „Fleckviehgenanteil“, „Laktationsnummer“ und „Mehrlingsseigenschaft“ sind statistisch signifikant.

### 2.6.1 Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“

Reine Holsteinkühe zeigen mit 25,23 ( $\pm 0,54$ ) mg/100ml geringere Harnstoffwerte als reine Fleckviehkühe mit 26,11 ( $\pm 0,53$ ) mg/100ml. Die niedrigsten Harnstoffgehalte von 24,19 ( $\pm 0,57$ ) mg/100 ml kommen jedoch bei Kühen mit 10% FV-Genanteil vor.

Zwischen den Harnstoffwerten bei 0%, 30%, 50%, 70% und 90% sind die Unterschiede nicht signifikant (Abbildung 57).

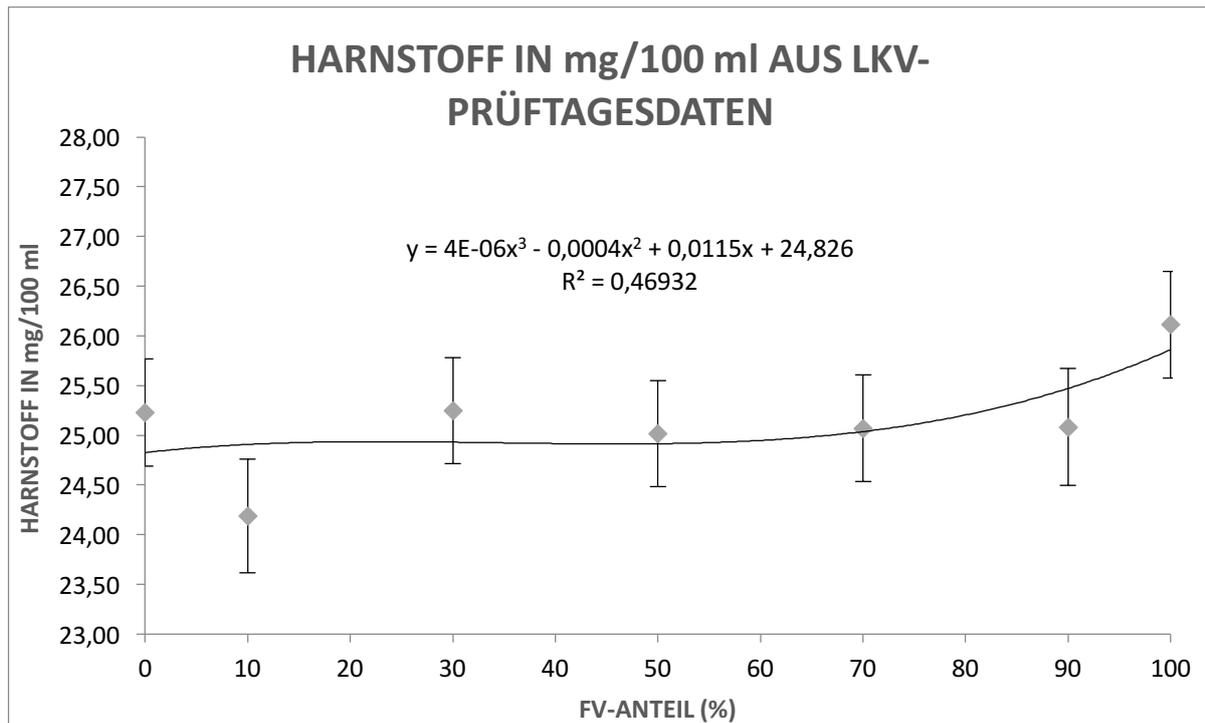


Abbildung 57: Harnstoff in mg/100 ml aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit vom Fleckviehgenanteil (%)

### 2.6.2 Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“

Zur Untersuchung des Einflusses der Laktationsnummer auf den Harnstoffgehalt (mg/100 ml) wurden die ersten fünf Laktationen miteinander verglichen, wobei in die fünfte Laktation – wie vorher ebenso – alle folgenden Laktationen einbezogen wurden.

Die erste Laktation zeigt mit 24,13 ( $\pm 0,53$ ) mg/100 ml Harnstoff in der Milch einen signifikant niedrigeren Wert als alle Folgelaktationen. Die zweite (25,18 ( $\pm 0,53$ ) mg/100 ml), dritte (25,40 ( $\pm 0,54$ ) mg/100 ml), vierte (25,42 ( $\pm 0,54$ ) mg/100 ml) und die fünfte Laktation (25,54 ( $\pm 0,55$ ) mg/100 ml) unterscheiden sich nur geringfügig voneinander und zeigen dadurch keine signifikanten Differenzen (Abbildung 58).

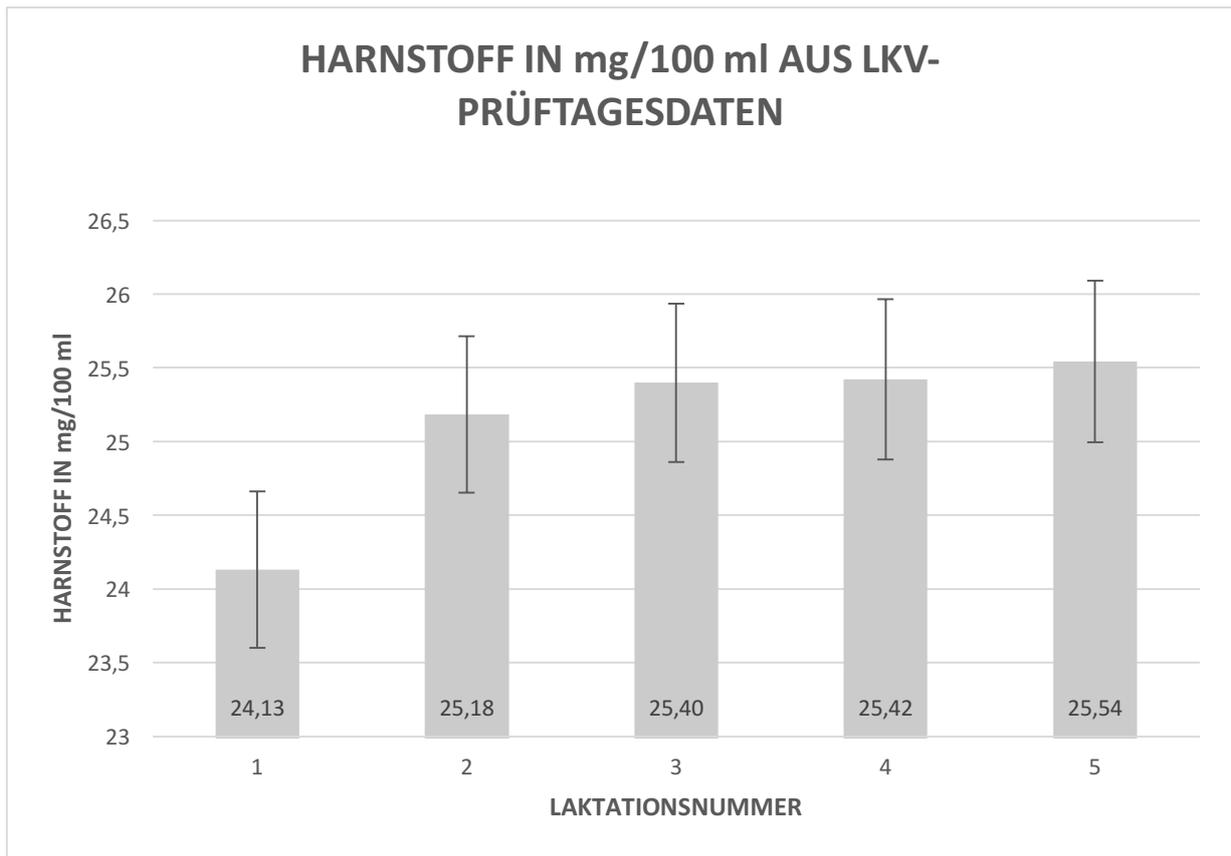


Abbildung 58: Harnstoff in mg/100ml aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Laktationsnummer

### 2.6.3 Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“

Mehrlinge ( $25,45 (\pm 0,55)$  mg/100 ml) weisen einen leicht höheren Harnstoffgehalt auf als Einlinge ( $24,82 (\pm 0,52)$  mg/100 ml). Die Differenz ergibt im F-Test (und t-Test) dennoch einen Wert von  $p \leq 0,05$  und ist somit statistisch signifikant (Abbildung 59).

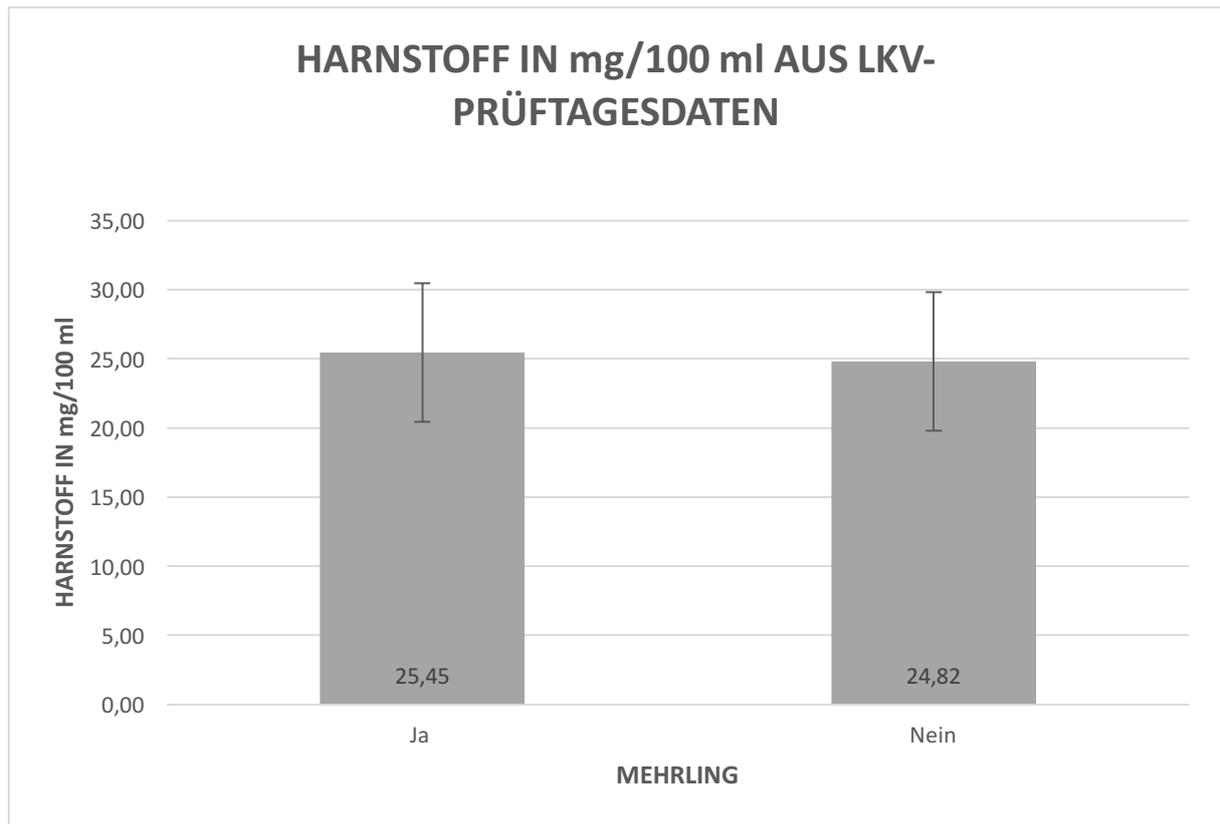


Abbildung 59: Harnstoff in mg/100 ml aus LKV-Prüftagesdaten in Abhängigkeit von der Mehrlingseigenschaft

## V. Diskussion

### 1. Tagesmilchmenge

Wie zu erwarten ergaben sich für genotypisch reine Holsteinkühe die höchsten Tagesmilchmengen von 32,66 ( $\pm 0,08$ ) kg, für reine Fleckviehkühe die niedrigsten Werte mit 25,19 ( $\pm 0,08$ ) kg. Die Tagesleistungen haben somit im Vergleich zu den Ergebnissen von Brähmig (2011) um durchschnittlich 3,66 kg (29,0 kg) bei reinen Holsteinkühen und um 0,99 kg (24,2 kg) bei reinen Fleckviehkühen zugenommen. Jedoch erbrachten auch bei Brähmig die reinen Holsteinkühe die höchsten Leistungen und die reinen Fleckviehkühe die niedrigsten.

Bestätigt wird dies durch die Ergebnisse der Milchleistungsprüfung der bayerischen Betriebe des LKV-Bayern des Jahres 2016, wonach reinrassige Holsteinkühe mit 8750 kg in der 305-Tagesleistung, den Fleckviehkühen mit 7401 kg deutlich überlegen sind. Auch die im Zuge der Milchleistungsprüfung am Lehr- und Versuchsgut gemessenen Tagesmilchmengen bestätigen die durch das AMS gemessenen Werte. Auch hier sind reine Holsteinkühe (32,36 kg/d) weitaus produktiver als reine Fleckviehkühe (27,13 kg/d). In Abhängigkeit von der Datenquelle sinkt die Tages-Milchleistung um  $\sim 0,07$  kg je Prozent Fleckviehanteil (AMS-Daten, Abb. 6) oder um  $\sim 0,06$  kg (LKV-Daten, Abb. 42).

Die Kühe der F1-Generation (50% Fleckvieh-Genanteil) ergaben bei Brähmig (2011) eine Leistung von durchschnittlich 26,3 kg/d. Auch in der vorliegenden Auswertung ist eine deutliche Zunahme der Tagesleistung um 3,18 kg (29,48 kg ( $\pm 0,08$ )) bei Kühen mit durchschnittlich 50% Fleckvieh-Genanteil („F1“) zu erkennen. Insgesamt kommt es jedoch mit steigendem Fleckvieh-Genanteil von 0% auf 100% zu einem nahezu kontinuierlichen Abfall der Milchleistung. Die 29,48 kg Milch der „F1“-Kühe liegen jedoch noch leicht unter dem Milchmengen-Durchschnitt aus reinen Holstein- bzw. Fleckviehkühen, so dass kein (positiver) Heterosiseffekt vorliegt. Es ist jedoch zu erwähnen, dass in die Auswertung der F1 Kühe zwischen 40 und 60 % Fleckviehgenanteil eingegangen sind, so dass es sich zwar hauptsächlich um tatsächliche F1-Kühe handelte, aber nicht vollständig. Generell ist darauf hinzuweisen, dass in der Fleckviehzucht häufig Rote Holsteins eingekreuzt wurden und die Einteilung in die Fleckvieh-Genanteilgruppen anhand der Pedigrees möglicherweise nicht die exakten genomischen Anteile von Fleckvieh bzw. Holstein wiedergibt (Khayatzadeh et al. 2015).

Im Gegensatz zu den eigenen Ergebnissen zeigten – wie bereits im Literaturteil beschrieben – die F1-Kreuzungskühe aus Polnischen Holstein-Friesian (PHF)-Kühen und Simmentaler Stieren (=Fleckvieh) mit Tagesmilchmengen von 23,63 ( $\pm 4,52$ ) kg eine leicht höhere Milchleistung als die reinen PHF-Kühe mit 23,25 ( $\pm 7,01$ ) kg/d (Puppel et al. 2018). Die Kühe (n=10 für jede Gruppe) aus dem Experiment von

Puppel et al. (2018) befanden sich alle in der Mitte der 2. Laktation (ca. 150. Laktationstag), so dass die absoluten Milchleistungen nicht direkt vergleichbar sind.

Denn die Laktationsnummer hat ebenso einen signifikanten Einfluss auf die Tagesmilchmenge (z.B. Stott and Delorenzo 1988, Berry et al. 2013, Sitkowska et al. 2018). Kühe der ersten Laktation geben mit 26 kg ( $\pm 0,07$ ) mit Abstand am wenigsten Milch pro Tag, Kühe der dritten Laktation mit 30,43 kg ( $\pm 0,08$ ) am meisten. Der Anstieg von erster zu zweiter Laktation ist am deutlichsten mit einer Zunahme von 4,43 kg pro Tag, nach der dritten Laktation sinkt die Tagesleistung geringfügig ab. Bestätigt wird dies durch die Auswertung der LKV-Daten. Auch hier steigt die Milchleistung von erster (25,08 kg ( $\pm 0,26$ )), zu zweiter (30,72 kg ( $\pm 0,26$ )) und zu dritter Laktation (31,88 kg ( $\pm 0,29$ )) und fällt zu vierter und fünfter wieder ab. Gruber und Stegellner (2015) kamen zu ähnlichen Ergebnissen. In ihrer Untersuchung übte die Laktationsnummer erwartungsgemäß ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf die Milchmenge aus. Die niedrigsten Milchmengen erbrachten auch hier die Kühe der ersten Laktation mit einem ebenfalls deutlichen Anstieg hin zur zweiten Laktation. Höchstwerte verzeichneten Gruber und Stegellner (2015) für Kühe der Rassen Fleckvieh, Braunvieh, Pinzgauer, Brown Swiss, Red Holstein und Holstein Friesian sowie diversen Kreuzungen jedoch erst in der vierten Laktation.

## 2. Milchmenge pro Gemelk

Wie auch die Tagesmilchmenge ist die Milchmenge pro Gemelk mit steigendem Fleckviehgenanteil abnehmend. Reine Holsteinkühe geben mit 11,37 kg ( $\pm 0,12$ ) durchschnittlich 2,48 kg mehr Milch als reine Fleckviehkühe mit 8,89 kg ( $\pm 0,12$ ) pro Gemelk. Um diese Zahlen richtig zu interpretieren bedarf es zusätzlich eines Blicks auf die Besuchshäufigkeit der Kühe im Melkroboter (s. Tab. 29 im Anhang) da mit steigender Melkfrequenz die ermolzene Milchmenge je Tag (in den meisten Fällen) zunimmt (Sitkowska et al. 2018). Nach Brähmig (2011) besuchten die reinen Holsteinkühe den Melkroboter 2,82 mal am Tag, reine Fleckviehkühe 2,94 mal, während in der eigenen Untersuchung nur minimale Unterschiede in der täglichen Besuchshäufigkeit (Anzahl Gemelke je Tag) zwischen den genetischen Gruppen existieren (HF = 3,03  $\pm 0,01$  vs. FV = 2,99  $\pm 0,01$ ). Somit erreichten Holsteinkühe mit minimal höherer Besuchshäufigkeit signifikant höhere Tagesmilchleistungen als Fleckviehkühe. Kühe der F1-Generation mit 50% Fleckviehgenanteil besuchten das AMS durchschnittlich 3,06 ( $\pm 0,01$ ) mal am Tag. .

Interessant zu sehen, sind die Unterschiede hinsichtlich der Milchmengen aus den einzelnen Eutervierteln. Die Abnahme der Milchmengen mit zunehmendem Fleckviehgenanteil spiegelt sich auch anhand der Ergebnisse der einzelnen Euterviertel wieder. Die größte Milchmenge pro Gemelk wurde jedoch unabhängig von der Laktationsnummer immer im Euterviertel „LH“ gemessen. Bei reinen Holsteinkühen wurden hier 3,25 kg ( $\pm 0,044$ ) Milch gemessen, bei reinen Fleckviehkühen nur 2,53 kg ( $\pm 0,044$ ). Etwas weniger Milch produzierte das Euterviertel „RH“, gefolgt vom Euterviertel „RV“ und den geringsten

Milchmengen aus dem Euterviertel „LV“ mit 2,29 kg ( $\pm 0,040$ ) bei reinen Holstein und 1,78 kg ( $\pm 0,039$ ) bei Fleckviehkühen. Es wird in Übereinstimmung mit der Literatur (Tancin et al. 2006, Penry et al. 2018) deutlich mehr Milch in den hinteren Eutervierteln als in den vorderen produziert, wobei die zwei produktivsten Viertel auf dem Euter diagonal zueinander versetzt sind (LH-RV). Eine mögliche Ursache liegt in der Reihenfolge des Ansetzens der Melkbecher durch die Melkroboter am Lehr- und Versuchsgut; hierzu liegen jedoch keine weiteren Untersuchungen vor.

Wie auch bei der Tagesmilchmenge kommt es bei der Gemelksmenge zu einem deutlichen Anstieg von erster (9,30 kg ( $\pm 0,12$ )) zu zweiter (10,30 kg ( $\pm 0,12$ )) Laktation und einem, nur noch geringem Anstieg zur dritten (10,44 kg ( $\pm 0,12$ )) und vierten (10,45 kg ( $\pm 0,12$ )) Laktation. Ebenso verhalten sich die einzelnen Euterviertel. Die Anzahl der Besuche im Melkroboter steigt, eigenen Untersuchungen zufolge, ebenfalls von erster (2,83 ( $\pm 0,009$ )) zu zweiter (3,10 ( $\pm 0,009$ )) Laktation am deutlichsten an. Kühe der dritten Laktation besuchen den Melkroboter noch etwas häufiger (3,16 ( $\pm 0,009$ )), in den folgenden Laktationen sinken die Besuchshäufigkeiten jedoch wieder (s. Tab. 28). Köhn, König und Gauly (2007) ermittelten in ihren Untersuchungen eine durchschnittliche Besuchshäufigkeit von 2,85, ungeachtet der Laktationsnummer. Die höchste Besuchsfrequenz erkannten sie jedoch bei Kühen der ersten Laktation (2,99), trotz der hier niedrigsten Gemelksmengen. Ursächlich hierfür sehen Köhn, König und Gauly (2007) die größere Mobilität und Neugierde der jungen Tiere.

### 3. Besuchszeit im AMS und Milchflussgeschwindigkeit

Die Besuchszeit im AMS entsprach nicht exakt den Erwartungen, dass Kühe mit den höchsten Gemelksmengen die längste Zeit im AMS verbringen und Kühe mit den geringsten Milchmengen das AMS schnell wieder verlassen. Reine Holsteinkühe verbringen entsprechend ihrer hohen Gemelksmenge mit 415,21 sek. ( $\pm 3,95$ ) relativ lange im Melkroboter und haben mit 4,68 kg/min die zweit höchste maximale Milchflussgeschwindigkeit. Kühe mit 10% Fleckviehanteil haben zwar nur eine geringfügig niedrigere Gemelksmenge, verbringen aber mit 401,20 sek. ( $\pm 3,97$ ) durchschnittlich 14,01 sek. deutlich weniger Zeit im AMS. Erklärt werden kann dies möglicherweise durch die insgesamt höchste Milchflussgeschwindigkeit (HMF) von 4,89 kg/min. ( $\pm 0,06$  SEE), die nahezu der durchschnittlichen HMF von 4,92 kg/min entspricht, die Berry et al. (2013) für Irische Milchrinder der Rassen Holstein, Friesian, Montbéliarde, Norwegian Red, Jersey und „Andere“ ermittelten. Im eigenen Material - ab einem Fleckviehgenanteil von 30% - verlängert sich die Besuchszeit im AMS deutlich (410,55 sek. ( $\pm 3,94$ )) und die HMF nimmt ab (4,35 kg/min ( $\pm 0,059$ )). Dieser Trend der verlängerten Besuchszeit bei verringerter HMF setzt sich bei 50% Fleckviehgenanteil fort. Kühe mit 70% Fleckviehgenanteil verbrachten rund 0,57 sek. weniger Zeit im AMS, wenn auch dieser Unterschied nicht signifikant war. Die HMF verringerte sich jedoch bei 70% Fleckviehgenanteil weiter auf 4,13 kg/min. ( $\pm 0,059$ ). Die geringste HMF von 3,95 kg/min ( $\pm 0,06$ ) ergab sich bei 90% Fleckviehgenanteil. Obwohl diese Kühe die zweit niedrigste Gemelksmenge

hatten, betrug die Besuchszeit noch 415,67 sek. ( $\pm 3,98$ ) Erstaunlicherweise verbrachten reine Fleckviehkühe mit 387,41 sek. ( $\pm 3,95$ ) – auch im Unterschied zu Genc et al. (2018) mit der längsten Melkzeit bei Fleckviehkühen - rund 28,26 sek. weniger im Melkroboter; hatten mit 4,26 kg/min ( $\pm 0,059$ ) aber nur einen leichten Anstieg der HMF.

Die nach Brähmig (2011) höchste HMF mit 3,8 kg/min bei reinen Holsteinkühen konnte hier durch Kühe mit 10% Fleckviehanteil übertroffen werden. Ebenso beobachtete Brähmig (2011) die niedrigsten HMF bei reinen Fleckviehkühen mit 3,13 kg/min. Auch dies konnte hier nur annähernd bestätigt werden, da Kühe mit 90% Fleckviehanteil noch etwas geringere HMF aufwiesen. Die Auswertungen der Milchleistungsprüfung des LKV-Bayern (LKV-Bayern 2016) ergaben für Fleckviehkühe eine HMF von durchschnittlich 3,21 kg/min und für Schwarzbunte von 3,65 kg/min. Der deutliche Rasseunterschied konnte somit bestätigt werden, wenn auch die HMF-Werte des LKV-Bayern insgesamt deutlich unterhalb der hier gemessenen lagen.

Im Vergleich der Besuchszeiten des AMS in Abhängigkeit von der Laktationsnummer ist ein kontinuierlicher Anstieg von 402,7 sek. ( $\pm 3,94$ ) in der ersten Laktation zu 416,9 sek. ( $\pm 3,98$ ) in der fünften und folgenden Laktationen zu erkennen. Zumindest bis zur dritten Laktation ist dies durch die steigende Gemelksmenge zu erklären. Die Gemelksmenge nimmt ab der dritten Laktation ab, die Besuchszeit jedoch nimmt weiter zu. Bei Betrachtung der HMF-Werte fällt besonders der deutliche Anstieg von erster (4,04 kg/min ( $\pm 0,059$ )) zu zweiter Laktation (4,45 kg/min ( $\pm 0,059$ )) auf, was durch die Studie von Berry et al. (2013) ebenfalls festgestellt wurde. Wie auch die Gemelksmenge steigt die HMF bis zur dritten Laktation an (4,49 kg/min ( $\pm 0,059$ )) und verringert sich in der vierten und fünften Laktation stetig. Dieser Verlauf wird auch durch die im Zuge der MLP 2016 gesammelten Daten bestätigt (LKV-Bayern 2016). Auch die hier geprüften Kühe zeigen einen besonders starken Anstieg der HMF von erster (3,04 kg/min) zu zweiter Laktation (3,31 kg/min).

#### 4. Milchtemperatur und Zellzahl

Bei der Auswertung der Milchtemperatur ergaben sich für Tiere mit 10% Fleckviehanteil die höchsten gemessenen Werte von 38,59 °C ( $\pm 0,027$ ) und jene mit 90% Fleckviehanteil 38,37 °C ( $\pm 0,027$ ) die geringsten Milchtemperaturen. Insgesamt kann man einen Abfall der Milchtemperatur mit steigendem Fleckviehanteil feststellen. Die Werte liegen somit nach Barnickel (1968) im Referenzbereich von 38,5-39 °C. Alleinbetrachtet ist die Milchtemperatur jedoch kein probates Mittel zur Früherkennung einer Mastitis. Paul und Speckmann (1979) erkannten keine Temperaturanstiege der Milch bei Kühen mit bekannten Mastitiden, während West et al. (2003) eine erhöhte Milchtemperatur bei „heißen“ klimatischen Bedingungen sowohl bei Holstein- als auch Jersey-Kühen ermittelten. Die Milchtemperatur der Holstein-Kühe lag durchschnittlich um 0,3 °C über der der Jersey-Kühe.

Im Vergleich mit den, im Rahmen der MLP des LKV gemessenen Zellzahlwerten lässt sich kein eindeutiger Zusammenhang mit der Milchtemperatur feststellen. Für die Kühe mit 90% Fleckviehgenanteil und den niedrigsten Milchtemperaturen (38,37 °C ( $\pm 0,027$ )) ergaben sich zwar relativ niedrige Zellzahlen von 160.000 Zellen/ml (SCS 2,78). Reine Holsteinkühe hatten mit 38,54 °C ( $\pm 0,027$ ) niedrigere Milchtemperaturen jedoch die höchsten Zellzahlen von 214.000 Zellen/ml (SCS 3,03). Ebenso waren bei 50% Fleckviehgenanteil sehr hohe Zellzahlen messbar (213.000 Zellen/ml ; SCS 2,78), die Milchtemperatur bewegte sich jedoch mit 38,45 °C ( $\pm 0,027$ ) im mittleren Bereich. Die niedrigsten Zellzahlen hatten erwartungsgemäß reine Fleckviehkühe mit 149.000 Zellen/ml (SCS 2,50) bei einer Milchtemperatur von relativ hohen 38,46 °C ( $\pm 0,027$ ).

Die durchschnittlichen Zellzahlen der in Bayern geprüften Betriebe bestätigen die Messungen dieser Untersuchung. Reine Fleckviehkühe haben im bayerischen Durchschnitt mit 188.000 Zellen/ml deutlich geringere Zellzahlen als reine Holsteinkühe (Schwarzbunte) mit 245.000 Zellen/ml (LKV-Bayern 2016).

Betrachtet man die Zellzahlwerte in den unterschiedlichen Laktationsnummern, so ist – in Übereinstimmung mit Brockmann (2006) - ein kontinuierlicher Anstieg der Zellzahl von erster (135.000 Zellen/ml ; SCS 2,47) bis zur fünften und folgenden Laktationen (233.000 Zellen/ml ; SCS 3,04) zu erkennen. Ein ähnlicher Verlauf ist auch hier bei der Milchtemperatur nicht zu verzeichnen. Zwar steigt die Milchtemperatur von erster (38,4 °C ( $\pm 0,027$ )) zur zweiten Laktation (38,52 °C ( $\pm 0,027$ )) an, fällt jedoch in den folgenden Laktationen wieder ab (Abb. 22).

## 5. Leitfähigkeit und Fettgehalt

Bekanntermaßen gilt die Leitfähigkeit als Indikator für bestehende Mastitiden durch steigende Ionenkonzentrationen in der Milch entzündeter Euterviertel (Scholz, et al. 2001a, Hamann und Zecconi 1998). Jedoch wird sie auch durch andere Faktoren wie den Fettgehalt der Milch beeinflusst und kann so zu falsch positiven Ergebnissen bei alleiniger Betrachtung der Leitfähigkeitswerte in Hinblick der Früherkennung einer Euterentzündung führen (Scholz, et al. 2001a, Pallas 2002, Trilk und Münch 2001).

In dieser Auswertung der Leitfähigkeitswerte ist ein insgesamt negativer Trend mit steigendem Fleckviehgenanteil erkennbar. Kühe mit 90% Fleckviehgenanteil zeigen jedoch relativ hohe Leitfähigkeitswerte. Mit 4,51 mS/cm ( $\pm 0,014$ ) kommen die höchsten Werte bei 10% Fleckviehgenanteil im Euterviertel „LH“ vor, die geringsten bei 10% Fleckviehgenanteil im Euterviertel „RV“ mit 4,46 mS/cm ( $\pm 0,013$ ). Die insgesamt niedrigsten Leitfähigkeiten weist reines Fleckvieh auf. Hier zeichnet sich vor allem das Euterviertel „RV“ mit besonders niedrigen LF-Werten aus (4,29 mS/cm ( $\pm 0,013$ )). Vergleicht man den Verlauf der Leitfähigkeiten mit den Fettgehalten, so ist ein deutlicher Zusammenhang feststellbar. Laut Prentice (1962) und Hamann und Zecconi (1998) kommt es durch höhere Fettgehalte zu

einem Verdünnungseffekt der Milch und dadurch zu einer für die Ionen verlängerten zu passierenden Strecke; die Leitfähigkeit sinkt (Abbildung 60).

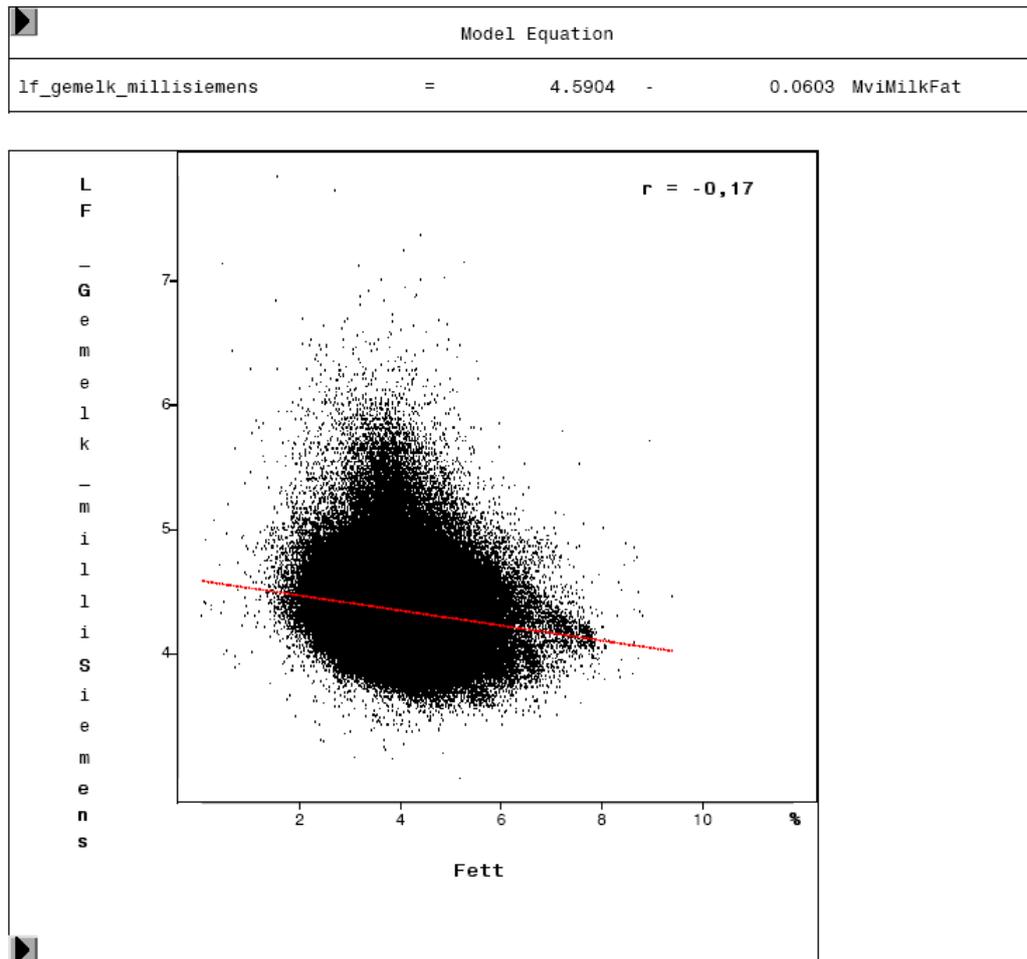


Abbildung 60: Beziehung zwischen Leitfähigkeit (mS/cm) und Milchfettgehalt (%) aus AMS-Daten des Lebr- und Versuchsgutes

Mit zunehmendem Fleckviehgenanteil steigt auch der Fettgehalt der Milch. Die niedrigsten Fettgehalte kommen laut AMS-Daten nicht bei reinen Holsteins (3,91% ( $\pm 0,032$ )), sondern bei 10% Fleckviehgenanteil (3,79% ( $\pm 0,032$ )) vor. Die Leitfähigkeitswerte sind hier wie oben beschrieben bei 10% FV- Genanteil am höchsten. Nach Auswertung der LKV-Daten gibt es zwischen den Fettgehalten der Milch reiner Holsteinkühe und Kühen mit 10% Fleckviehgenanteil keinen signifikanten Unterschied. Die vergleichsweise niedrigen Fettgehalte bei 90% Fleckviehgenanteil (3,98% ( $\pm 0,032$ )), laut AMS- Daten, scheinen einen geringen Anstieg der Leitfähigkeit zu verursachen. Die Auswertung der LKV-Daten zeigt den höchsten Fettgehalt (4,0% ( $\pm 0,03$ )) bei 50% Fleckviehgenanteil. Diese Überlegenheit der F1-Generation (50% FV-Genanteil) gegenüber den reinrassigen Elterntieren beschrieben bereits Heins et al. (2006) und Swalve (2008). In diesem Fall ist ein positiver Heterosiseffekt aus der Kreuzung von Deutschen Holsteins und Fleckvieh die wahrscheinliche Ursache für die Überlegenheit der F1-Kreuzungsgeneration (Brähmig 2011). Brähmig (2011) errechnete eine Heterosis von 2,83% für den Fettgehalt der Milch der F1-Tiere, ebenso wie bei Schichtl (2007) lag jedoch keine Signifikanz vor. Heins

et. al (2006) sowie Swalve et. al (2008) erkannten ebenfalls niedrigere Fettgehalte bei reinen Holsteinkühen gegenüber den F1-Kreuzungstieren. Auch Puppel et al. (2018) fanden bei Kreuzungstieren aus Brown Swiss x Polnische Holstein Friesian in der F1-Generation höhere Fettgehalte als bei reinrassigen Polnischen Holsteinkühen. Ezra et al. (2016), hingegen, ermittelten keine signifikanten Unterschiede der Fettgehalte zwischen Holsteinkühen und Holstein x Norwegischem Rotvieh.

Glindemann (2006) verglich in seiner Arbeit den Verlauf der Fettgehalte in den ersten Wochen post partum (p.p.) bei Mastitiskühen und Mastitis freien Kühen. Zwar kam es bei der Mastitisgruppe zu einem insgesamt schwankenderem Verlauf der Fettgehalte, insgesamt war jedoch in keiner Untersuchungswoche ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festzustellen.

Ein Zusammenhang zwischen Fettgehalt und Leitfähigkeit in unterschiedlichen Laktationsnummern kann nicht erkannt werden. Nach AMS-Daten kommt es zu einem stetigen Anstieg des Fettgehaltes von erster (3,92%) zu fünfter und folgenden Laktationen (4,04%). Ebenso verhält sich auch die Leitfähigkeit, welche mit steigender Laktationsnummer ebenfalls zunimmt. Der Verdünnungseffekt der Milch durch steigende Fettgehalte, scheint demnach im Vergleich der Laktationsnummern nur eine untergeordnete Rolle zu spielen. Eine engere Beziehung lässt sich zwischen Leitfähigkeit und Zellzahl erkennen. Beide Parameter steigen mit zunehmender Laktationsnummer an. Auf Einzeltierebene hat die Leitfähigkeit einigen Autoren zu Folge zwar nur eingeschränkte Aussagekraft um Mastitiden festzustellen, auf Herdenbasis betrachtet hat der Zellgehalt jedoch erkennbaren Einfluss auf die (im AMS) gemessene Leitfähigkeit (Scholz et al. 2001a, Norberg 2005, Kaşikçi et al. 2011, Juozaitienė et al. 2015, Vilas Boas et al. 2017).

Die im Zuge der MLP des LKV gemessenen Fettgehalte zeigen allerdings im Vergleich zu den Auswertungen des AMS einen leicht differierenden Verlauf. Die nur elfmal im Jahr erhobenen LKV-Daten zeigen einen Abfall von erster (3,93% ( $\pm 0,03$ )) zu dritter Laktation (3,88% ( $\pm 0,03$ )) und anschließend wieder einen Anstieg zur fünften und folgenden Laktationen (3,94% ( $\pm 0,03$ )) (Abb. 46).

## 6. Eiweißgehalt

Der Eiweißgehalt der Milch zeigt wie auch der Fettgehalt insgesamt einen steigenden Verlauf mit zunehmendem Fleckviehgenanteil. Reine Holsteinkühe haben erwartungsgemäß nach AMS-Daten mit 3,41% ( $\pm 0,019$ ) deutlich niedrigere Werte als reine Fleckviehkühe mit 3,59% ( $\pm 0,019$ ). Ebenso ergab die Auswertung der LKV-Daten einen deutlichen Unterschied zwischen 100% Holstein (3,35%) und 100% Fleckvieh (3,53%). Sowohl laut AMS-Daten als auch nach LKV-Daten liegen Kühe mit 50% Fleckviehgenanteil im Eiweißgehalt (3,53% ( $\pm 0,019$ ); 3,51% ( $\pm 0,01$ )) leicht über dem Durchschnitt der Elterntiere. Schichtl (2007) und Brähmig (2011) errechneten ebenfalls eine deutliche Überlegenheit der F1-Kreuzungstiere (50% Genanteil) gegenüber den reinrassigen Elterntieren. Brähmig (2011) errechnete eine Heterosis der F1-Generation von 2,83%. Puppel et al. (2018) kam ebenso zu dem Ergebnis, dass

Kreuzungstiere aus Polnischem Holstein (PHF) mit einigen anderen Rassen zu höheren Eiweißgehalten führen als reine PHF. Leider fehlen dabei die Ergebnisse für die reinrassigen Kreuzungspartner, so dass die Heterosiseffekte nicht berechnet werden können.

Glindemann (2006) beschrieb bei Mastitis-Kühen höhere Milcheiweißgehalte als bei Mastitis freien Kühen in den ersten Wochen post partum. Jedoch waren die Unterschiede hier nicht signifikant.

Vom insgesamt mit zunehmendem Fleckviehgenanteil steigenden Eiweißgehalt weichen Kühe nach AMS-Daten mit 10% (3,37% ( $\pm 0,019$ )) und 90% (3,35% ( $\pm 0,019$ )) Fleckviehgenanteil ab. In beiden Gruppen sind die Eiweißgehalte geringer als zu erwarten wäre. Ein ähnlicher Verlauf ist beim Fettgehalt der Milch zu erkennen. Besonders deutlich zeigt sich dies anhand der LKV-Daten, bei welchen es bei 90% Fleckviehgenanteil zu einem Abfall der Eiweißgehalte auf ein Niveau noch unterhalb der Kühe mit 30% Fleckviehgenanteil kommt. Hingegen zeigen nach LKV-Daten Kühe mit 10% Fleckviehgenanteil keinen Abfall der prozentualen Eiweißgehalte.

Der Verlauf der Eiweißgehalte mit zunehmender Laktationsnummer zeigt nach LKV- und AMS-Daten keinen übereinstimmenden Verlauf. In Übereinstimmung mit Maurmayr et al. (2018) verdeutlichen die AMS-Daten einen Abfall der Eiweißgehalte von erster (3,51% ( $\pm 0,019$ )) zu dritter Laktation (3,47% ( $\pm 0,019$ )), während der in den eigenen Daten beobachtete anschließende Anstieg bei vierter und fünfter und folgenden Laktationen (3,50% ( $\pm 0,019$ )) durch Maurmayr et al. (2018) nicht bestätigt werden konnte, da die Laktationen ab der dritten Laktation in eine Klasse zusammengefasst wurden. Die LKV-Daten hingegen bestätigen eher den zu erwartenden Abfall der Eiweißgehalte von erster (3,51% ( $\pm 0,01$ )) zu fünfter und folgenden Laktationen (3,39% ( $\pm 0,01$ )).

## 7. Harnstoffgehalt

Insgesamt liegen die ermittelten Harnstoffgehalte bei allen Genanteilen, nach Rossow und Richardt (2003), im Normalbereich zwischen 20 und 30 mg/100ml. Reine Fleckviehkühe zeigen mit 26,11 ( $\pm 0,53$ ) mg/100ml signifikant höhere Harnstoffwerte als reine Holsteinkühe mit 25,23 ( $\pm 0,54$ ) mg/100ml. Auch Steinwider und Gruber (2000) ermittelten höhere Milchharnstoffgehalte von 0,6-1,9 mg/100ml bei Fleckviehkühen. Deutlich geringere Harnstoffgehalte treten jedoch bei 10% Fleckviehgenanteil (24,19 mg/100ml) auf. Eine Verringerung des Harnstoffgehaltes durch höhere Zellzahlen, wie es Rossow und Richardt (2003) beschrieben, kann hier nicht gefunden werden. Ebenso wenig jedoch eine positive Korrelation zwischen Harnstoffgehalten und Zellzahlen der Milch wie Glindemann (2006) beschrieben. Er verglich die Harnstoffgehalte von Mastitiskühen mit jenen Mastitis freier Kühe in den ersten Wochen post partum, stellte allerdings keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen fest. Aufgrund der größtenteils geringen Unterschiede der Milchharnstoffgehalte gibt es häufig keine Signifikanz zwischen den einzelnen Fleckviehgenanteilen. Keine Kuhgruppe weicht von den Normalwerten ab, so

dass davon auszugehen ist, dass die Protein- und Energieversorgung der Rationen optimal an das Leistungsniveau angepasst ist.

Dennoch ist ein deutlicher Anstieg der Harnstoffgehalte von erster (24,13 ( $\pm 0,53$ ) mg/100ml) zu zweiter Laktation (25,18 ( $\pm 0,53$ ) mg/100ml) erkennbar, was vermutlich an dem gleichermaßen starken Anstieg der Milchleistung von erster zu zweiter Laktation liegt. Von zweiter zu fünfter und folgenden Laktationen kommt es zwar weiterhin zu leichten Erhöhungen, diese sind jedoch nicht signifikant.

## 8. Körpergewicht

Die reinrassigen Genotypen des Lehr- und Versuchsgutes lagen mit ihren Körpergewichten innerhalb des angegebenen Rassestandards. Reine Holsteinkühe wogen im Durchschnitt 681,0 kg ( $\pm 3,04$ ), was dem Rassestandard des „Deutschen Holstein Verbandes“ (Deutscher Holstein Verband 2017) mit 650-750 kg entspricht. Auch das reinrassige Fleckvieh liegt mit 794,0 kg ( $\pm 3,03$ ) innerhalb der von Bayern-Genetik (2017) angegebenen Grenzen von 650-850 kg. Die Gewichte der Kreuzungstiere beider Rassen jedoch, steigen nicht, wie zu erwarten wäre, gleichmäßig an. Erwähnenswert ist der anzunehmende leicht positive Heterosiseffekt bei Kühen mit 50% Fleckviehgenanteil. Diese liegen mit 746,4 kg ( $\pm 3,04$ ) rund 9 kg über dem Durchschnitt der reinrassigen Genotypen. Bei einem Fleckviehgenanteil von 70% hingegen verringert sich das Körpergewicht auf 733,2 kg ( $\pm 3,03$ ) und steigt erst bei höheren Genanteilen wieder an.

Zwar führt die Zucht auf Milchleistung insgesamt zu schwereren Tieren (Krogmeier 2009), jedoch wird bei Vergleich der Milchleistungen und der Körpergewichte der verschiedenen Genotypen deutlich, dass die beiden Parameter negativ korreliert sind. Die Aussage von Gruber und Stegellner (2015), dass die Lebendmasse mit steigender Milchbetonung der jeweiligen Rasse zurückgeht, wird hierdurch bestätigt. Mit steigender Laktationsnummer steigen sowohl Milchleistung als auch Körpergewicht an. Besonders von erster zu zweiter Laktation kommt es bei beiden Parametern zu einer deutlichen Zunahme. Nach Gruber und Stegellner (2015) führt dies zu einer verringerten Milcheffizienz mit zunehmendem Alter der Kuh.

## 9. Kraftfutter

Die abfallenden Kraftfuttermengen mit steigendem Fleckviehgenanteil sind durch die Leistungsfütterung begründet (Schingoethe et al. 2017, Humer et al. 2018). Ab Tag 6 nach der Abkalbung (mit Umstallung in den Laufstall) beginnt die Zufütterung im Melkroboter je nach Milchleistung. Dementsprechend erhalten reine Holsteinkühe durchschnittlich mit 4,22 kg ( $\pm 0,019$ ) am Tag und 2,39 kg ( $\pm 0,073$ ) pro Gemelk deutlich mehr Kraftfutter als reine Fleckviehkühe mit 2,69 kg ( $\pm 0,019$ ) pro Tag und 1,48 kg ( $\pm 0,073$ ) pro Gemelk. Wenig überraschend sind auch die in Abhängigkeit der Laktationsnummer verabreichten

Kraftfuttermengen kongruent zur Milchleistung mit steigendem Alter der Kuh ansteigend (Bach and Cabrera 2017). Zu beachten ist hier allerdings, dass Kühe der ersten Laktation schon bei geringeren Milchleistungen höhere Kraftfuttermengen zugeteilt bekamen als Kühe der zweiten oder folgenden Laktationen. Ursächlich hierfür ist, dass besonders Kühe der ersten Laktation, neben ihrem Erhaltungsbedarf, weiterhin zusätzliche Energie für das eigene Körperwachstum aufbringen müssen, welche wiederum durch Kraftfutter zugeführt wird (Humer et al. 2018). Erkennbar ist dieser Unterschied an dem verhältnismäßig geringen Anstieg der Kraftfuttermenge von erster (3,02 kg ( $\pm 0,018$ ) pro Tag) zu zweiter Laktation (3,58 kg ( $\pm 0,018$ ) pro Tag), wohingegen die Tagesmilchleistung um 3,7 kg zunimmt.

## 10. Aktivität

Die reinrassigen Vertreter der Rassen Fleckvieh (42,2 E ( $\pm 0,054$ )) und Holstein (42,5 E ( $\pm 0,054$ )) unterscheiden sich in ihrer Aktivität nur minimal. Auffällig ist die deutlich geringere Aktivität der Kreuzungstiere mit 10% Fleckviehgenanteil mit nur 39,2 E ( $\pm 0,054$ ), während für alle anderen genotypischen Gruppen sogar mehr Bewegungen und Wiederkautätigkeit aufgezeichnet wurde als bei den reinrassigen Vertretern.

Viel deutlicher als die Unterschiede unter den Fleckviehgenanteilen ist der Abfall der Aktivität mit steigender Laktationsnummer. Die höchste Aktivität konnte bei Kühen der ersten Laktation mit 46,6 E ( $\pm 0,054$ ) gemessen werden, die geringste Aktivität bei Kühen der fünften und folgenden Laktationen mit 39,9 E ( $\pm 0,054$ ). Ursächlich hierfür mag der, generell bei jüngeren Tieren, größere Bewegungsdrang sein (Jacobs and Siegford 2012). Sicher kann hier allerdings keine Begründung gefunden werden, da die gesammelten Daten keine Unterscheidung zwischen Fortbewegung, Kopf-/Halsbewegungen und Wiederkautätigkeit zulassen. Übereinstimmend mit der Literatur (Reith et al. 2014; Stone et al. 2017) zeigte sich bei einer sehr großen Variation, dass Rasse bzw. Fleckviehgenanteil übergreifend eine leichte positive Beziehung zwischen Aktivität und Milchleistung bestand (Abbildung 61).

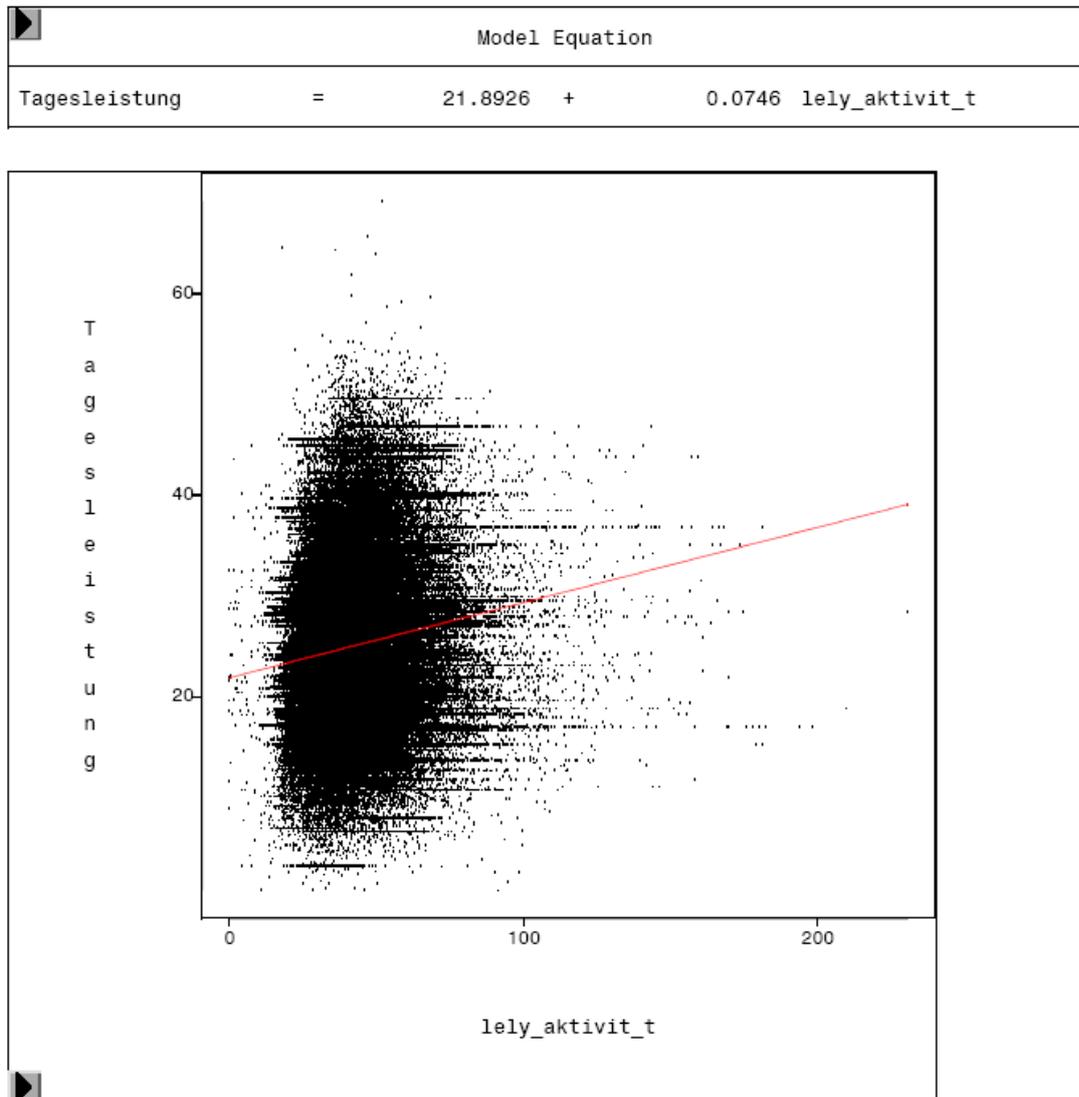


Abbildung 61: Beziehung zwischen Tagesmilchmenge (kg) und AMS-Aktivität (lely-Aktivität)

## VI. Zusammenfassung

Im Zuge dieser Arbeit wurden die Daten der Melkroboter von über 9 Jahren aus 2008 bis 2017 sowie der Milchleistungsprüfung des LKV von über 17 Jahren aus 2000 bis 2017 ausgewertet. Die gesammelten Daten stammen von Kreuzungstieren aus den Rassen „Deutsches Fleckvieh“ und „Deutsche Holsteins“ des Lehr- und Versuchsgutes Oberschleißheim, welche im Zuge des durchgeführten Wechselkreuzungsprogramms und der seit April 2014 begonnenen Rückkreuzung auf Fleckvieh unterschiedliche Genanteile der jeweiligen Rassen besitzen. Berücksichtigt wurden hierbei vor allem Milchleistungs- und Milchqualitätseigenschaften, die hinsichtlich der Fleckvieh-Genanteile miteinander verglichen wurden.

Erwartungsgemäß gaben die reinen Holsteinkühe die größte Milchmenge und die reinen Fleckviehkühe die geringsten Milchmengen, wobei die meiste Milch im Euterviertel „links hinten“ produziert wird. Sowohl nach AMS-Daten, als auch nach LKV-Daten liegen die Kreuzungstiere mit 50% FV-Genanteil etwa im Bereich des Durchschnittes der Elterntiere. Kühe mit 10% und 90% Fleckviehgenanteil liegen laut AMS-Daten leicht über den Erwartungen, dies wird jedoch durch die LKV-Daten (aus einem längeren Untersuchungszeitraum) nicht exakt bestätigt. Eine etwas engere Übereinstimmung findet sich bei den Fettgehalten. Hier kommt es sowohl bei AMS-Daten als auch bei LKV-Daten zu einem Anstieg von reinem Holstein zu reinem Fleckvieh. Die Erwartungen übertroffen haben hier in beiden Fällen (AMS und LKV) die Kühe mit 50% FV-Genanteil (F1), was auf einen leichten positiven Heterosiseffekt zurückgeführt werden kann (1,2% AMS-Daten; 2,17% LKV-Daten). Niedrigere Fettgehalte zeigen jedoch Kühe mit 10% oder 90% Fleckviehgenanteil.

Die Eiweißgehalte verhalten sich ebenso wie die Fettgehalte. Reine Fleckviehkühe zeigen deutlich höhere prozentuale Eiweißgehalte als Holsteinkühe. AMS- und LKV-Daten bestätigen den leicht positiven Heterosiseffekt bei 50% Fleckviehgenanteil für den Milchproteingehalt (0,86 % AMS-Daten; 1,88 % LKV-Daten). Relativ niedrige Eiweißgehalte finden sich nach AMS-Daten bei Kühen mit 10%, 70% und 90% Fleckviehgenanteil. Wie auch in anderen Untersuchungen bestätigt wurde, sind besonders Kühe mit 50% Fleckviehgenanteil bei Betrachtung der Milchinhaltsstoffe und der Milchmenge am profitabelsten. Besonders negativ hinsichtlich dieser Parameter sind Kreuzungstiere mit 10% und 90% Fleckviehgenanteil. Sie geben zwar etwas mehr Milch als reine Fleckviehkühe; die Inhaltsstoffe Fett und Eiweiß fallen jedoch unterdurchschnittlich aus.

Der Verdünnungseffekt der Milch durch hohe Fettgehalte und dadurch bedingt niedrige Leitfähigkeit konnte anhand der Daten des automatischen Melksystems bestätigt werden. Beide Parameter verhalten sich nahezu umgekehrt. Besonders gut erkennbar ist dieser Zusammenhang bei Kühen mit 90% und 10% Fleckviehgenanteil, wobei der Fettgehalt in diesen Gruppen besonders hoch, die Leitfähigkeit dementsprechend niedrig ausfällt. Keine eindeutige Beziehung konnte hingegen zwischen Leitfähigkeit

und Milchtemperatur festgestellt werden. Die Temperaturen verhalten sich zwar in den verschiedenen Fleckviehgenanteilen signifikant unterschiedlich, jedoch haben weder die Leitfähigkeit noch die Zellzahlen erkennbaren Einfluss darauf.

Die Zellzahl/ml hat besonders in Anbetracht gesundheitlicher Aspekte große Bedeutung. Ihre Auswertung erfolgte allein aus den Daten der Milchleistungsprüfung, da die Zellzahlerfassung an den Melkrobotern des LVG erst seit kurzem möglich ist. Wie zu erwarten, sind bei reinen Holsteinkühen die höchsten Zellzahlen bzw. SCS (somatische „Zell-Scores“) und dementsprechend die größte Mastitisprävalenz nachweisbar. Die niedrigsten Zellzahlen (SCS) ergeben sich bei reinen Fleckviehkühen. Trotz der hohen Milchleistung bei Kühen mit 10% Fleckviehgenanteil, wurden hier die zweitniedrigsten Zellzahlen nachgewiesen. Durch besonders hohe Zellzahlen fällt hingegen die 50% Fleckviehgenanteil Gruppe auf. Sie unterscheiden sich hierbei entgegen aller Erwartungen kaum von reinen Holsteinkühen, wobei der SCS eher im mittleren Bereich zwischen Holstein und Fleckvieh liegt.

Für ein reibungsloses und zügiges Melkverfahren sind besonders die Besuchszeit im AMS und die höchste Milchflussgeschwindigkeit von Bedeutung. Die Besuchszeit ist natürlich stark abhängig von der Milchmenge. Dementsprechend verbringen Kühe mit höherer Milchleistung insgesamt längere Zeit im Melkroboter. Auffällig ist jedoch die lange Besuchszeit der Kühe mit 50%, 70% und 90% Fleckviehgenanteil- trotz relativ geringer Milchmengen. Ein Grund hierfür ist die niedrige Milchflussgeschwindigkeit dieser Kreuzungstiere. Außerordentlich hohe Milchflussgeschwindigkeit und entsprechend kurze Besuchszeit zeigen die Kühe mit 10% Fleckviehgenanteil.

Eine eindeutige Empfehlung zu einer genotypischen Gruppierung kann anhand der Daten nicht ausgesprochen werden. Allerdings kann die Erkenntnis gewonnen werden, dass die Kreuzungstiere der beiden Rassen mit 10% Fleckviehgenanteil bei hoher Milchmenge, guter Melkbarkeit und niedrigen Zellzahlen viele positive Eigenschaften besitzen. Wird jedoch mehr Wert auf hohe Tagesmilchmengen bei ebenfalls hohen Eiweiß- und Fettgehalten gelegt, sollte der genotypische Anteil beider Rassen bei 50% (F1-Kreuzungstiere) liegen. Hierbei müssen jedoch - entgegen der erhofften Erwartungen - mittlere SCS in Kauf genommen werden. Aus Sicht der praktischen Rinderzucht ist es zudem bislang unmöglich nur mit F1-Kühen in einer Herde zu arbeiten. In diesem Punkt unterscheidet sich die Rinderzucht (nicht nur in Deutschland) stark von der Geflügel- oder Schweinezucht. Dennoch kann ein im Rahmen der genomischen Selektion verkürztes Generationsintervall die ökonomische Situation im Rinderbereich verändern. Der wirtschaftliche Wert einer Kuh wird jedoch immer über dem eines Huhnes oder einer Zuchtsau liegen.

## VII. Summary

Title: Effects of backcrossing to German Fleckvieh on milk performance and milk quality traits

This thesis compares the functional traits of a crossbred dairy cattle herd in an automatic milking system from more than 9 years from 2008 till 2017 (AMS-data) and of the database from LKV-Bayern from 2000 to 2017 (LKV-data). The collected data origins from crossbred animals consisting of the breeds “German Fleckvieh” and “German Holsteins” of the Livestock Center Oberschleißheim. Those dairy cows belong to a cross-breeding program, which ended in April 2014 with the start of a systematical backcrossing to “German Fleckvieh. Special focus was set on traits such as milk yield and milk quality parameters depending on the gene proportions of German Fleckvieh (from 0%-100%) .

As expected, the pure Holstein cows had the highest, the purebred Fleckvieh cows the lowest milk yield. The highest milk yields were produced – as expected in the rear udder quarters. Both AMS data and LKV data showed that crossbred animals with 50% Fleckvieh genes had - in comparison with their “parent” breeds an average milk yield. Cows with 10% or 90% Fleckvieh genes were according to the AMS data slightly more productive than the average of the purebred breeds. This could, however, not be confirmed by the LKV data (though these data cover a longer study period). A closer agreement between AMS and LKV data was found for fat percentage. An increase of the fat percentage was recorded from purebred Holstein (0% Fleckvieh genes) to purebred Fleckvieh (100% Fleckvieh genes). The F1 cows (50 % Fleckvieh/50 % Holsteins), however, showed almost a similar fat percentage like the pure Fleckvieh ones providing the evidence for a positive heterosis effect of 1,2 % for the AMS data and of 2,17 % for the LKV data. Lower fat percentages had cows with 10% and 90% Fleckvieh genes.

The protein percentage shows the same course as the fat percentage. The highest protein content (%) was produced by pure Fleckvieh cows. Though, both AMS and LKV data confirm the slight positive heterosis effect in F1 cows for the protein content (0,86 % AMS data; 1,88 % LKV data). Extraordinary low protein contents (%) were produced by cows with 10%, 70% and 90% Fleckvieh genes. Therefore, similar to other studies, F1 cows were the most profitable crossbred variation regarding milk yield, protein and fat percentage. No added value has been seen for cows with 10% and 90% Fleckvieh genes.

The dilution effect due to high fat contents and therefore low electrical conductivity values could be confirmed by the evaluation of the AMS-data. Both parameters behave almost inversely. This connection is particularly well recognizable in cows with 10% and 90% Fleckvieh genes, where the fat content is extraordinary high and the electrical conductivity correspondingly low. No clear connection could be found between electrical conductivity and milk temperature. Although the milk temperature behaves significantly different in all Fleckvieh proportions, there is no correlation to electrical conductivity or somatic cell count.

The somatic cell count has in view to health aspects great importance. The values for somatic cell count origin from the LKV data base. As expected, pure Holsteins had the highest somatic cell counts, that causes the highest susceptibility for mastitis. Although, cows with 10% Fleckvieh genes had a very high milk yield, the somatic cell count was the second lowest. Extraordinary high somatic cell counts could be seen in cows with 50% Fleckvieh genes, though their (normally distributed) SCS (somatic cell score) showed a rather medium value between pure Holsteins and pure Fleckvieh (2.78 vs 3.03 and 2.50).

For a trouble-free and fast milking, in particular the visit time of the automatic milking system is of high interest. Of course, visit time depends on the milk yield. Accordingly, dairy cows with higher milk yield spend more time in the AMS than less productive ones. However, it is noticeable that cows with 50%, 70% and 90% Fleckvieh genes spend a very long time in the AMS, even though they have relatively low milk yield. One reason for that phenomenon is the slow milk flow of these crossbred cows. Extraordinary high milk flow and accordingly low visit time has been noticed for cows with 10% Fleckvieh genes.

A clear recommendation for one group of Fleckvieh gene proportion could not be given. Although, the knowledge can be gained that cows with 10% Fleckvieh genes have for example a high milk yield, good milkability and a low somatic cell count. If there is more value placed on high milk yield in combination with high protein and fat content, the F1 generation would be the best opportunity. Even though there could be a medium somatic cell score in this crossbred generation. From a practical point of breeding, it must be clear, however, that it is - under present circumstances – (almost) impossible to use only F1 cows in one dairy herd. In this point, dairy cattle breeding (not only in Germany) still differs largely from poultry or pig breeding. A shorter generation interval related to genomic selection in dairy cattle breeding might change the economic situation. The economic value of a cow, however, will always be (much) higher than the value of a chicken or breeding sow.

## VIII. Literaturverzeichnis

- Abfalter , Kristin, W. Brade und O. Distl. 2012. „Vergleich von Lebensleistung und Leistungseffizienz zwischen extrem langlebigen Deutschen Holstein Kühen und deren zeitgleichen Herdengefährtinnen.“ *Züchtungskunde*, 84(2), 140–157.
- Arney, D.R., S.E. Kitwood, and C.J.C. Phillips. 1994. „The increase in activity during oestrus in dairy cows.“ *Applied Animal Behaviour Science*, 211-218.
- ASR. 2015. <http://www.asr-rind.de/news/neues-zuchtziel-beim-fleckvieh-1.html>. 08. 12. Zugriff am 18.12.2017.
- Bach, A. and V. Cabrera. 2017. "Robotic milking: Feeding strategies and economic returns." *Journal of Dairy Science*, 100, 7720–7728.
- Bar, Doron and Ran Solomon. 2010. „Rumination Collars: What Can They Tell Us.“ SCR Engineers, Min. of Agric., Extension Service, Israel.
- Barnickel, G. 1968. „Vergleichende Untersuchungen über die Rektal- und Zervikaltemperatur brünstiger Kühe und Färsen.“ Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Bauman, D.E., M.A. McGuire, and K.J. Harvatine. 2011. "Milk fat." in: *Encyclopedia of Dairy Science (Second Edition)*. Bd. 3. Elsevier., San Diego
- Baumung, R. 2005. *Genetische Grundlagen und Methoden der Kreuzungszucht*. Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Nutztierwissenschaften, Wien. <http://docplayer.org/42929079-Genetische-grundlagen-und-methoden-der-kreuzungszucht.html>, Zugriff am 20.09.2018.
- Bayern-Genetik. 2017. <https://rinder.fleckvieh.bayern.de/de/de/fleckvieh/fleckvieh-fleisch>. Zugriff am 18.12.2017.
- Becker, F., W. Kanitz, und W. Heuwieser. 2005. „Vor- und Nachteile einzelner Methoden der Brunsterkennung beim Rind.“ *Züchtungskunde*, 140-150.
- Berry, D.P., B. Coughlan, B. Enright, S. Coughlan, and M. Burke. 2013. "Factors associated with milking characteristics in dairy cows." *Journal of Dairy Science*, 96, 5943–5953.
- Bjelland, D. W., K. A. Weigel, P. C. Hoffman, N. M. Esser, W. K. Coblentz, and T. J. Halbach. 2011. Production, reproduction, health, and growth traits in backcross Holstein × Jersey cows and their Holstein contemporaries. *Journal of Dairy Science*, 5194–5203.
- Brockmann, Solveig. 2006. "Zellzahl und Eutergesundheit in zwei Brandenburger Milchviehbetrieben." Mensch-und-Buch-Verl., 96 S. Berlin, Freie Univ., Diss., 2004, ISBN 3-6664-075-7.

- Brähmig, Jens. 2011. „Einfluss der Wechselkreuzung von Deutschen Holsteins und Deutschem Fleckvieh auf Milchleistung und Milchqualität in einem automatischen Melksystem.“ Tierzucht, Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Brade, Wilfried und Edwin Brade. 2013. „Zuchtgeschichte der Deutschen Holsteinrinder.“ *Berichte über Landwirtschaft* 91 (2).
- Brade, Wilfried und Edwin Brade. 2015. „Vor- und Nachteile einer sehr intensiven Milcherzeugung aus Blickrichtung des Kraftfuttereinsatzes und der Tiergesundheit.“ *Berichte über Landwirtschaft*, 93 (2)
- Brade, W. und K. Nürnberg. 2016. „Fettsäuren in der Milch, ihre Biosynthese und mögliche Verwendung als Biomarker.“ *Berichte über Landwirtschaft*, Band 94 (3), 1-21, DOI: <http://dx.doi.org/10.12767/buel.v94i3.118.g300>.
- Breves, G. und B. Lebzien. 2009. „Grundlegende Aspekte des ruminalen Kohlenhydrat-, Protein- und Vitaminstoffwechsels bei Milchkühen.“ *Züchtungskunde*, 421-428.
- Caraviello, D.Z. 2004. „Crossbreeding dairy cattle.“ *Dairy Updates, Reproduction and Genetics*, No. 610, The Babcock Institute, University of Wisconsin.
- Carlen, E., E. Strandberg, and A. Roth. 2004. „Genetic Parameters for Clinical Mastitis, Somatic Cell Score, and Production in the First Three Lactations of Swedish Holstein Cows.“ *Journal of Dairy Science*, 3062-3070.
- De Kruif, A., R. Mansfeld und Martina Hoedemaker. 2007. *Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind*. Bd. 2. Georg-Thieme Verlag.
- Dechow, C.D., D.W. Rogers, J.B. Cooper, M.I. Phelps, and A.L. Mosholder. 2007. „Milk, Fat, Protein, Somatic Cell Score, and Days Open Among Holstein, Brown Swiss, and Their Crosses.“ *Journal of Dairy Science*, 3542–3549.
- Deutscher Holstein Verband e.V., 2017. [www.holstein-dhv.de](http://www.holstein-dhv.de). Zugriff am 14. 12 2017. <http://www.holstein-dhv.de/seiteninhalte/zuchtziel.html>.
- Emanuelson, U., B. Danell, and J. Philipsson. 1988. „Genetic Parameters for Clinical Mastitis, Somatic Cell Counts, and Milk Production Estimated by Multiple-Trait Restricted Maximum Likelihood.“ *Journal of Dairy Science*, 467-476.
- Ezra, E. , M. Van Straten, and JI. Weller. 2016. „Comparison of pure Holsteins to crossbred Holsteins with Norwegian Red cattle in first and second generations.“ *Animal*, 1254-1262.

- Ferris, Conrad P., Bradley J. Heins, and Frank Buckley. 2014. „Crossbreeding in Dairy Cattle: Pros and Cons.“ *WCDS Advances in Dairy Technology*, 223-243.
- Fohrmann, M.H., R.E. McDowell, C.A. Matthews, and R.A. Hilder. 1954. „A crossbreeding experiment with dairy cattle.“ *Technical Bulletin of the U. S. Department of Agriculture*, 1074, 1-127.
- Freyer, G., S. König, B. Fischer, U. Bergfeld, and B.G. Cassell. 2008. "Invited Review: Crossbreeding in Dairy Cattle From a German Perspective of the Past and Today." *Journal of Dairy Science*, 91, 3725–3743.
- Genc, M., O. Coban, U. Ozenturk, O. Eltas. 2018. "Influence of breed and parity on teat and milking characteristics in dairy cattle." *Macedonian Veterinary Review*, 41(2), i-viii.
- Gil, Z. 1988. „Milk Temperature Fluctuations during Milking in Cows with Subclinical Mastitis.“ *Livestock Production Science*, 223-231.
- Glindemann, Andreas 2006. „Beziehungen zwischen verschiedenen Parametern des Energiestoffwechsels und der Eutergesundheit beim Milchrind unter Berücksichtigung des Melksystems.“ Dissertation, Gynäkologischen und Ambulatorischen Tierklinik der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München, München.
- Gruber, L. 2013. „Grundfutterqualität, Kraftfutterniveau und genetisches Potenzial als Schlüsselfaktoren für die Höhe der Milchleistung.“ Tagungsband ZAR-Seminar, Salzburg, 21-40.
- Gruber, L. und M. Stegellner. 2015. „Effizienz bei Milchkühen – Einfluss von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium.“ 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, 1-18.
- Gruber, L.; Schwarz, FJ; Erdin, D.; Fischer, B; Spiekers, H. Steingass, H. Meyer, U.; Chassot, A.; Obermaier A.; Jilg, T. 2004. „Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz.“ 116. VDLUFA-Kongress, 13.-17. September 2004, Rostock, Kongressband, 484-504.
- Grupp, T. 2012. "FLECKVIEH - Aus Kreuzung entstanden, durch Kreuzung gefährdet, zur Kreuzung geboren (Teil 1)." *Fleckviehwelt*, 3, 4-8.
- Grupp, T. 2017. <https://rinder.fleckvieh.bayern/de/de/fleckvieh/unsere-fleckvieh-vision>. Herausgeber: Bayern-Genetik GmbH. Zugriff am 14. 12 2017. <https://rinder.fleckvieh.bayern/de/de/fleckvieh/unsere-fleckvieh-vision>.
- Hamann, J., und K. Fehlings. 2002. „Leitlinien zur Bekämpfung der Mastitis des Rindes als Bestandsproblem.“ *Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e. V., Gießen* 4.

- Hamann, J. and A. Zecconi. 1998. „Evaluation of the electrical conductivity of milk as a mastitis indicator.“ *Bulletin of the International Dairy Federation*, 334, 5-22.
- Hansen, L.B. 2000. „SYMPOSIUM: SELECTION FOR MILK YIELD Consequences of Selection for Milk Yield from a Geneticist’s Viewpoint.“ *Journal of Dairy Science*, 1145–1150.
- Hazel, A.R., B.J. Heins, and L.B. Hansen. 2017. "Production and calving traits of Montbéliarde × Holstein and Viking Red × Holstein cows compared with pure Holstein cows during first lactation in 8 commercial dairy herds." *Journal of Dairy Science*, 4139-4149.
- Heins, B. J., L. B. Hansen, and A. J. Seykora. 2006. „Production of Pure Holsteins Versus Crossbreds of Holstein with Normande, Montbeliarde, and Scandinavian Red.“ *Journal of Dairy Science*, 2799–2804.
- Herold, Jonas, Christian Koch und Steffen Hoy. 2017. „Gesundheitsmonitoring bei Kühen durch automatische Messung von Aktivität und Rumination.“ Herausgeber: Institut für Tierzucht und Haustiergenetik, Germany, Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung, Hofgut Neumühle, Münchweiler an der Alsenz, Germany Justus-Liebig-Universität Gießen. Zugriff am 21. 01 2018. [http://www.hofgut-neumuehle.de/035.Fachinformationen/01.Rinder/pdfs/Gesundheitsmonitoring\\_2017.pdf](http://www.hofgut-neumuehle.de/035.Fachinformationen/01.Rinder/pdfs/Gesundheitsmonitoring_2017.pdf).
- Hill, W.G. 1971. „Theoretical aspects of crossbreeding.“ *Annales de Génétique et de Sélection Animale*, 23-34.
- Hoffmann, A., H. Steingass, D. Trieglaff, M. Bürkert und M. Rodehutsord. 2010. „Einfluss der Fütterung auf den Gehalt an funktionellen Fettsäuren im Milchfett.“ Proceedings of the 19th International Scientific Symposium on Nutrition of Farm Animals, 167–176.
- Jacobs, J.A. and J.M. Siegford. 2012. "Invited review: The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare." *Journal of Dairy Science*, 95, 2227–2247.
- Juozaitytė, Vida, Arūnas Juozaitis, Aurimas Brazauskas, Judita Žymantienė, Vytuolis Žilaitis, Ramūnas Antanaitis, Rolandas Stankevičius, and Rasa Bobinienė. 2015. "71. Investigation of electrical conductivity of milk in robotic milking system and its relationship with milk somatic cell count and other quality traits." *Journal of Measurements in Engineering*, 3(3), 63-70.
- Kasikci, G. Ö. Çetin, E.B. Bingöl, and M.C. Gündüz. 2011. "Relations between electrical conductivity, somatic cell count, California mastitis test and some quality parameters in the diagnosis of subclinical mastitis in dairy cows." *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 36(1), 49-55.
- Kamphues, Josef, Petra Wolf, Manfred Coenen, Klaus Eder, Christine Ilben, Ellen Kienzle, Annette Liesegang, Klaus Männer, Qendrim Zebeli und Jürgen Zentek. 2014. *Supplemente zur Tierernährung*. Bd. 12. M.&H. Schaper.

- Khayat-zadeh, N., G. Mészáros, B. Gredler, U. Schnyder, I. Curik, and J. Sölkner. 2015. "Prediction of global and local Simmental and Red Holstein Friesian admixture levels in Swiss Fleckvieh cattle." *Poljoprivreda*, 21(1) Supplement, 63-67.
- Khiaosa-Art, R. 2010. „Fatty acid transfer from feed into milk. Ruminant biohydrogenation and the role of diet type as well as plant secondary compounds.“ Dissertation, ETH Zürich.
- Kiddy, Charles A. 1977. „Variation in Physical Activity as an Indication of Estrus in Dairy Cows.“ *Journal of Dairy Cattle*, 235-243.
- Kielwein, G. 1994. *Leitfaden der Milchkunde und Milchhygiene*. Band 3. Blackwell-Wiss.-Verlag. Berlin.
- Krömker, Volker. 2006. *Kurzes Lehrbuch Milchkunde und Milchhygiene*. Parey Verlag.
- Kräußlich, H. 1999. „Gibt es Alternativen zur Reinzucht?“ *Züchtungskunde*, 495-506.
- Krogmeier. 2009. „Zusammenhänge zwischen Nutzungsdauer und Körpergröße unter besonderer Berücksichtigung des Stallsystems bei Braunvieh und Fleckvieh.“ *Züchtungskunde*, 328–340.
- Løvendahl, P., and M.G.G. Chagunda. 2010. „On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows.“ *Journal of Dairy Science*, 249-259.
- Lederer, Josef A. 2005. „Kreuzungszucht bei Milch- und Zweinutzungsrassen.“ Ausschuss für Genetik, ZAR Salzburg. 37-51
- LfL-Bayern. kein Datum. <http://www.lfl.bayern.de/itz/rind/026864/index.php>. Landesanstalt für Landwirtschaft. Zugriff am 28. 12 2017.
- LIC. 2017. New Zealand Dairy Statistics 2016-2017. Livestock Improvement Corporation Limited & DairyNZ Limited. [www.lic.co.nz](http://www.lic.co.nz), Download 16.08.2018.
- LikraGmbH.2017.  
„<http://www.likra.com/download/?file=582.pdf>.“ <http://www.likra.com/de/Produkte/Rind/Milchvieh/116-Milchvieh-2>. Zugriff am 3. 2 2018.
- LKV-Bayern. kein Datum. <http://www.lkv.bayern.de/mlp/melkbarkeitspruefungkuebe.html>. Zugriff am 4. 06 2018.
- LKV-Bayern. 2016. „Milchleistungsprüfung in Bayern.“ Jahresbericht.
- LKV-Bayern. <http://www.lkv.bayern.de/mlp/milchleistungspruefungkuebe.html>. Herausgeber: LKV Bayern. Zugriff am 28. 12 2017.

- Lopez-Villalobos, N., D. J. Garrick, H. T. Blair, and C. W. Holmes. 2000. „Possible Effects of 25 Years of Selection and Crossbreeding on the Genetic Merit and Productivity of New Zealand Dairy Cattle.“ *Journal of Dairy Science*, 154-163.
- Maurmayr, A., S. Pegolo, F. Malchiodi, G. Bittante, and A. Cecchinato. 2018. Milk protein composition in purebred Holsteins and in first/second-generation crossbred cows from Swedish Red, Montbeliarde and Brown Swiss bulls. *Animal*, 1-7, doi:10.1017/S1751731117003640.
- McAllister, A. J., A. J. Lee, T.R. Batra, and C.Y. Lin. 1994. „The Influence of Additive and Nonadditive Gene Action on Lifetime Yields and Profitability of Dairy Cattle.“ *Journal of Dairy Science*, 2400-2414.
- McDowell, R.E. 1985. „Crossbreeding in Tropical Areas with Emphasis on Milk, Health, and Fitness.“ *Journal of Dairy Science*, 68 (9), 2418-2435.
- McDowell, R.E. and B.T. McDaniel. 1968. „Interbreed matings in dairy cattle. I. yield traits, feed efficiency, type and rate of milking.“ *Journal of Dairy Science*, 767-777.
- Mertens, Jorrit, Roland Klemm, and Ralf Fischer. 2011. "Kreuzungszucht beim Milchbrind - ökonomische Bewertung." Herausgeber: Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Bd. 13. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-68853>. Zugriff am 13. Oktober 2017.
- Milch-Güteverordnung vom 9. Juli 1980 (BGBl. I S. 878, 1081), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 17. Dezember 2010 (BGBl. I S. 2132) geändert worden ist.
- Milchprüfing Bayern e.V., 2011. *mpr-bayern.de*. <https://www.mpr-bayern.de/Labor/Organisation-und-Untersuchungen-im-Rahmen-der-MilchGueV> Zugriff am 11. 01 2018. .
- Neuhaus, U. 2001. „Einführung eines Automatischen Melksystems in einen Betrieb: Erfahrungen mit Kühen der Rasse Deutsches Fleckvieh und Deutsche Holsteins.“ Dissertation, Institut für Tierzucht der Veterinärmedizinischen Fakultät. Ludwig-Maximilians-Universität, München.
- Norberg, Elise. 2005. "Electrical conductivity of milk as a phenotypic and genetic indicator of bovine mastitis: A review." *Livestock Production Science*, 96, 129-139.
- Norman, H. Duane, Suzanne M. Hubbard, and Paul M. VanRaden. 2010. "Dairy Cattle: Breeding and Genetics." *Encyclopedia of Animal Science, Second Edition*, 1: 1, 262-265.
- Pallas, Solveig. 2002. „Analyse von Eutergesundheit und Rohmilchqualität im automatischen Melksystem.“ Dissertation, Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin .

- Paul, Wolfgang und Hermann Speckmann. 1979. „Die Messung der Milchttemperatur als Mittel zur Überwachung der Tiergesundheit und zur Steuerung des Milchentzuges.“ *Grundl. Landtechnik*, Bd. 29, (6), 201-207
- Penry, J. F., P.M. Crump, L.L. Hernandez, and D.J. Reinemann. 2018. "Association of quarter milking measurements and cow-level factors in an automatic milking system." *Journal of Dairy Science*, 101, 7551–7562.
- Prentice, J.H. 1962. „Conductivity of milk - Effekt of volume and degree of dispersion of fat.“ *Journal of Dairy Research*, 29(2), 131-139.
- Puppel, Kamila, Ewa Bogusz, Marcin Golebiewski, Teresa Nalecz-Tarwacka, Beata Kuczynska, Jan Slosarz, Arkadiusz Budzinski, Pawel Solarczyk, Małgorzata Kunowska-Slosarz, and Tomasz Przysucha. 2018. „Effect of Dairy Cow Crossbreeding on Selected Performance Traits and Quality of Milk in First Generation Crossbreds.“ *Journal of Food Science*, 83(1), 229-236.
- Reith, S. und S. Hoy. 2012. „Relationship between daily rumination time and estrus of dairy cows.“ *Journal of Dairy Science*, 6416–6420.
- Reith, S., H. Brandt, and S. Hoy. 2014. "Simultaneous analysis of activity and rumination time, based on collar-mounted sensor technology, of dairy cows over the peri-estrusperiod." *Livestock Science*, 170, 219–227.
- Richardt, W. 2003/2004. „Milchinhaltsstoffe als Indikatoren für die Fütterung und Gesundheit von Milchkühen.“ Fachtagung Themen zur Tierernährung, © Copyright Deutsche Vilomix Tierernährung GmbH (Download: von [www.vilomix.de](http://www.vilomix.de) am 16.08.2018)
- Roelofs, Judith B., Frank C.J.M. van Eerdenburg, Noline M. Soede, and Bas Kemp. 2005. „Pedometer readings for estrous detection and as predictor for time of ovulation in dairy cattle.“ *Theriogenology*, 1690–1703.
- Rossow, N. 2003. "*Allgemeine Grundlagen des Fettstoffwechsels der Hochleistungskuh.*" Zugriff am 25. 01. 2018. <http://portal-rind.de/index.php?name=News&file=article&sid=43&theme=Printer>.
- Rossow, N. und W. Richardt. 2003. "*Nutzung der Ergebnisse der Milchleistungsprüfung für die Fütterungs- und Stoffwechselkontrolle.*" Sächsischer Landeskontrollverband Lichtenwalde, Data Service Paretz GmbH. <https://docplayer.org/18445020-Nutzung-der-ergebnisse-der-milchleistungspruefung-fuer-die-fuetterungs-und-stoffwechselkontrolle.html>, Zugriff am 20.09.2018.
- Rudolphi, Birgit. 2004. „Einfluss der Zellgehalte der Milch auf die Milchleistung von Kühen.“ *Züchtungskunde*, 466-474.

- Rupp, R., and Boichard D. 1999. „Genetic Parameters for Clinical Mastitis, Somatic Cell Score, Production, Udder Type Traits, and Milking Ease in First Lactation Holsteins.“ *Journal of Dairy Science*, 2198-2204.
- Sørensen, M.K., E. Norberg, J. Pedersen, and L.G. Christensen. 2008. „Invited Review: Crossbreeding in Dairy Cattle: A Danish Perspective.“ *Journal of Dairy Science*, 4116-4128.
- Schaeffer, L.R., E.B. Burnside, P. Glover, and J. Fatehi. 2011. "Crossbreeding Results in Canadian Dairy Cattle for Production, Reproduction and Conformation." *The Open Agriculture Journal*, 5, 63-72.
- Schichtl, Verena. 2007. „Einfluss der Kreuzung von Deutschen Holsteins und Deutschem Fleckvieh auf Milchleistung, Milchqualität und allgemeine Gesundheitsmerkmale in einem automatischen Melksystem.“ Dissertation, Lehrstuhl für Tierzucht und Allgemeine Landwirtschaftslehre der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Schingoethe, D.J. 2017. "A 100-Year Review: Total mixed ration feeding of dairy cows." *Journal of Dairy Science*, 100, 10143–10150.
- Scholz, A., U. Neuhaus, S. Nüske, K. Kragenings und M. Förster. 2001b. „Milchleistung und Besuchshäufigkeit von Kühen der Rassen Deutsches Fleckvieh und Deutsche Holsteins in einem automatischen Melksystem.“ *Züchtungskunde*, 73(1), 12-22.
- Scholz, A., U. Neuhaus, S. Nüske, K. Kragenings und M. Förster. 2001a. „Milchqualität bei Kühen der Rasse Deutsche Holsteins und Deutsches Fleckvieh im Vergleich von konventioneller und Roboter-Melktechnik.“ *Züchtungskunde* 73(1), 23-32.
- Schwarzer, K. 2000. „Auswirkung eines Melkroboters auf die Eutergesundheit und die Milchhygiene.“ Dissertation, Gynäkologische und Ambulatorische Tierklinik der Veterinärmedizinischen Fakultät. Ludwig-Maximilians- Universität, München.
- Singh, C.V. 2016. "Cross-breeding in Cattle for Milk Production: Achievements, Challenges and Opportunities in India-A Review." *Journal of Advances in Dairy Research*, 4 (3), 1-14.
- Sitkowska, Beata, D. Piwczynski, and P. Wojcik. 2018. "Milking traits affected by milking frequency during first month of lactation." *Italian Journal of Animal Science*, 17(3), 777–784.
- Spohr M. und H.-U. Wiesner. 1991. „Kontrolle der Herdengesundheit und Milchproduktion mit Hilfe der erweiterten Milchleistungsprüfung.“ *Milchpraxis*, 29, 231-236.
- Steinwigger, A. 2009. „Modellrechnungen zum Einfluss der Lebendmasse von Milchkühen auf Futtereffizienz und Kraftfutterbedarf.“ Band 2 des Tagungsbandes der 10. Wissenschaftstagung

Ökologischer Landbau, Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere.

- Steinwider, Andreas, und Leonhard Gruber. 2000. „Den Milchharnstoffgehalt richtig interpretieren!“ *Top-Agrar*, Bd. 4, S. R.9-11
- Stone, A.E., B.W. Jones, C.A. Becker, and J.M. Bewley. 2017. "Influence of breed, milk yield, and temperature-humidity index on dairy cow lying time, neck activity, reticulorumen temperature, and rumination behavior." *Journal of Dairy Science*, 100, 2395–2403.
- Stott, A.W., M.A. Delorenzo. 1988. "Factors Influencing Profitability of Jersey and Holstein Lactations." *Journal of Dairy Science*, 71, 2753--2766.
- Stutzer, D. 2007. „... das Erdreich gesegnet mit Garben, Zugvieh und Herden“ Eine kleine Geschichte der Nutztiere in Bayern. Hefte zur Bayerischen Geschichte und Kultur 36, Herausgegeben vom Haus der Bayerischen Geschichte, ©2007 Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst. Augsburg, ISBN 3-937974-16-4.
- Swalve, H.H. 2004. "Kreuzungszucht als alternativer Ansatz in der Milchrinderzucht." *Züchtungskunde*, 76(6), 412-420.
- Swalve, H.H. 2008. „Kreuzungszucht beim Milchrind - Ergebnisse aus einem Praxisbetrieb.“ *Züchtungskunde*, 429 – 442.
- Syrstad, Ola. 1989. „Dairy Cattle Cross-breeding in the Tropics: Performance of Secondary Cross-bred Populations.“ *Livestock Production Science*, 97-106.
- Tančin, V., B. Ipema, P. Hogewerf, and J. Mačuhova. 2006. "Sources of Variation in Milk Flow Characteristics at Udder and Quarter Levels." *Journal of Dairy Science*, 89, 978–988.
- Töpel, Alfred. 2015. *Chemie und Physik der Milch*. Behr's Verlag, Hamburg .
- Touchberry, R.W. 1992. „Crossbreeding effects in dairy cattle: The Illinois experiment 1949 to 1969.“ *Journal of Dairy Science*, 640-667.
- Trilk, Jürgen und Kathleen Münch. 2001. „Kontrolle Eutergesundheit und Rohmilchqualität- Nutzung der Elektrischen Leitfähigkeit zur Rohmilch- und Eutergesundheitskontrolle bei Automatischen Melksystemen.“ *Aktuelle Beiträge zur Landwirtschaft, Schriftenreihe der LVL Brandenburg*, 25-36.
- Trilk, Jürgen, Peter Zube, Kathleen Münch und Detlef May. 2006. „Bewertung der Anwendung Automatischer Melksysteme – Basis für qualitäts-, leistungs- und tiergerechte Managementempfehlungen.“ Abschlussbericht, Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung Referat 46 – Tierzucht, Tierhaltung, Fischerei, Teltow.

- VanRaden, P. M., and A.H Sanders. 2003. „Economic Merit of Crossbred and Purebred US Dairy Cattle.“ *Journal of Dairy Science*, 1036-1044.
- Vilas Boas, Daniella Flavia, Aníbal Eugênio Vercesi Filho, Mariana Alencar Pereira, Luiz Carlos Roma Junior, and Lenira El Faro. 2017. "Association between electrical conductivity and milk production traits in Dairy Gyr cows." *Journal of Applied Animal Research*, 45:1, 227-233, DOI: 10.1080/09712119.2016.1150849
- Vogel, L. 1925. "Einheitlichkeit im Zuchtziele für das deutsche Höhenfleckvieh." *Süddeutsche Landwirtschaftliche Tierzucht*. 19, 273, 285, 401.
- von Engelhardt, Wolfgang und G. Breves. 2005. *Physiologie der Haustiere*. Bd. 2. Stuttgart: Enke.
- von Engelhardt, Wolfgang und Gerhard Breves. 2010. *Physiologie der Haustiere*. Bd. 3. Enke Verlag.
- Wangler, Anke, Annegret Meyer, F. Rehbock und P. Sanftleben. 2005. „Wie effizient ist die Aktivitätsmessung als ein Hilfsmittel in der Brunsterkennung bei Milchrindern?“ *Züchtungskunde*, 110-127.
- West, J.W., B.G. Mullinix, and J.K. Bernard. 2003. "Effects of Hot, Humid Weather on Milk Temperature, Dry Matter Intake, and Milk Yield of Lactating Dairy Cows." *Journal of Dairy Science*, 86, 232–242.
- Winter, Petra. 2010. Die Zellzahl in der Milch als Grundlage zur Sanierung von Mastitis-Problembetrieben. Tierärztetagung Raumberg-Gumpenstein, 21 – 24, ISBN: 978-3-902559-46-3.
- Wolter, W., Bärbel Kloppert, H. Castaneda Vazquez und M. Zschöck. 2002. "Die Mastitis des Rindes - Ein Kursbuch." Herausgeber: Staatliches Untersuchungsamt Hessen und Universidad de Guadalajara. <http://bibd.uni-giessen.de/gdoc/2002/uni/p020001.pdf>

## IX. Anhang

### IX.1 Tabellen aus AMS-Daten

Tabelle 5: Tagesleistung in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“ aus Tagesdaten

FV-ANTEIL	MILCH KG (LSM)	SEE
0	32,66	0,08

10	32,34	0,09
30	30,09	0,07
50	29,48	0,08
70	27,92	0,07
90	26,75	0,09
100	25,19	0,08

*Tabelle 6: Tagesleistung in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ aus Tagesdaten*

LAKT.NR.	MILCH KG (LSM)	SEE
1	26,00	0,07
2	29,70	0,07
3	30,43	0,08
4	30,29	0,08
5	29,61	0,08

*Tabelle 7: Tagesleistung in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Tagesdaten*

MEHRLING	MILCH KG (LSM)	SEE
JA	29,64	0,08
NEIN	28,77	0,07

*Tabelle 8: Milchmenge pro Gemelk in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten*

FV-ANTEIL	MILCH KG (LSM)	SEE
0	11,37	0,12
10	11,29	0,12
30	10,33	0,12
50	10,23	0,12
70	9,66	0,12
90	9,51	0,13

<b>100</b>	8,89	0,12
------------	------	------

Tabelle 9: Milchmenge pro Gemelk (kg) in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ aus Melkdaten

<b>LAKT.NR.</b>	<b>MILCH KG (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>1</b>	9,30	0,12
<b>2</b>	10,30	0,12
<b>3</b>	10,44	0,12
<b>4</b>	10,45	0,12
<b>5</b>	10,42	0,12

Tabelle 10: Milchmenge pro Gemelk (kg) in Abhängigkeit von der "Mehrlingsseignschaft" aus Melkdaten

<b>MEHRLING</b>	<b>MILCH KG (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>JA</b>	10,26	0,12
<b>NEIN</b>	10,11	0,12

Tabelle 11: Milchmenge je Euterviertel in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten

<b>FV-ANTEIL</b>	<b>MILCH KG(LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>LV</b>		
<b>0</b>	2,29	0,040
<b>10</b>	2,54	0,040
<b>30</b>	2,10	0,039
<b>50</b>	2,01	0,040
<b>70</b>	1,95	0,039
<b>90</b>	2,06	0,040
<b>100</b>	1,78	0,039
<b>LH</b>		
<b>0</b>	3,25	0,044
<b>10</b>	3,14	0,044
<b>30</b>	2,84	0,044
<b>50</b>	2,95	0,044
<b>70</b>	2,74	0,044

<b>90</b>	2,72	0,045
<b>100</b>	2,53	0,044
<b>RV</b>		
<b>0</b>	2,56	0,037
<b>10</b>	2,58	0,037
<b>30</b>	2,37	0,037
<b>50</b>	2,24	0,037
<b>70</b>	2,23	0,037
<b>90</b>	2,30	0,037
<b>100</b>	2,10	0,037
<b>RH</b>		
<b>0</b>	2,87	0,043
<b>10</b>	2,86	0,043
<b>30</b>	2,70	0,043
<b>50</b>	2,74	0,043
<b>70</b>	2,46	0,043
<b>90</b>	2,25	0,043
<b>100</b>	2,27	0,043

*Tabelle 12: Milchmenge je Euterviertel in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten*

<b>LAKT.NR.</b>	<b>MILCH KG (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>LV</b>		
<b>1</b>	1,88	0,039
<b>2</b>	2,08	0,039
<b>3</b>	2,18	0,039
<b>4</b>	2,13	0,040
<b>5</b>	2,24	0,040
<b>LH</b>		
<b>1</b>	2,56	0,044
<b>2</b>	2,92	0,044
<b>3</b>	2,99	0,044
<b>4</b>	3,00	0,044

5	2,94	0,044
<b>RV</b>		
1	2,12	0,037
2	2,32	0,037
3	2,31	0,037
4	2,42	0,037
5	2,53	0,037
<b>RH</b>		
1	2,29	0,043
2	2,65	0,043
3	2,68	0,043
4	2,68	0,043
5	2,67	0,043

*Tabelle 13: Milchmenge je Euterviertel in Abhängigkeit von der "Mehrlingsseigenschaft" aus Melkdaten*

<b>MEHRLING</b>	<b>MILCH KG</b>	<b>SEE</b>
	<b>(LSM)</b>	
<b>LV</b>		
<b>JA</b>	1,98	0,040
<b>NEIN</b>	2,23	0,039
<b>LH</b>		
<b>JA</b>	3,00	0,044
<b>NEIN</b>	2,76	0,044
<b>RV</b>		
<b>JA</b>	2,27	0,037
<b>NEIN</b>	2,41	0,037
<b>RH</b>		
<b>JA</b>	2,79	0,043
<b>NEIN</b>	2,40	0,043

Tabelle 14: Melkzeit pro Gemelk in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten

<b>FV-ANTEIL</b>	<b>MELKZEIT SEK.</b> <b>(LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>0</b>	306,5	4,67
<b>10</b>	291,2	4,69
<b>30</b>	301,1	4,66
<b>50</b>	312,4	4,68
<b>70</b>	309,9	4,66
<b>90</b>	305,1	4,70
<b>100</b>	275,2	4,67

Tabelle 15: Melkzeit pro Gemelk in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten

<b>LAKT.NR.</b>	<b>MELKZEIT SEK.</b> <b>(LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>1</b>	291,0	4,66
<b>2</b>	294,8	4,66
<b>3</b>	303,4	4,66
<b>4</b>	306,0	4,67
<b>5</b>	305,8	4,68

Tabelle 16: Melkzeit pro Gemelk in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten

<b>MEHRLING</b>	<b>MELKZEIT SEK.</b> <b>(LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>JA</b>	311,0	4,68
<b>NEIN</b>	289,4	4,65

Tabelle 17: Melkzeit je Enterviertel in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten

<b>FV-ANTEIL</b>	<b>MELKZEIT SEK.</b>	<b>SEE</b>
------------------	----------------------	------------

**(LSM)**

<b>RH</b>		
0	222,96	4,20
10	193,21	4,21
30	219,62	4,19
50	218,98	4,20
70	212,06	4,19
90	200,68	4,22
100	174,75	4,20
<b>RV</b>		
0	187,49	3,83
10	168,02	3,84
30	183,67	3,82
50	192,23	3,83
70	178,57	3,82
90	191,8	3,85
100	159,97	3,83
<b>LH</b>		
0	254,15	4,09
10	229,37	4,10
30	233,15	4,08
50	246,7	4,09
70	238,78	4,08
90	242,53	4,11
100	217,5	4,09
<b>LV</b>		
0	160,94	3,68
10	166,59	3,70
30	155,42	3,68
50	162,29	3,69
70	152,07	3,68
90	165,23	3,71

100	136,61	3,68
-----	--------	------

*Tabelle 18: Melkzeit je Enterniertel in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten*

LAKT. NR.	MELKZEIT SEK. (LSM)	SEE
<b>RH</b>		
1	199,5	4,2
2	204,8	4,2
3	209,4	4,2
4	208,6	4,2
5	207,9	4,2
<b>RV</b>		
1	182,2	3,8
2	179,2	3,8
3	176,7	3,8
4	179,4	3,8
5	183,7	3,8
<b>LH</b>		
1	229,2	4,1
2	234,4	4,1
3	242,1	4,1
4	246,0	4,1
5	235,6	4,1
<b>LV</b>		
1	163,6	3,7
2	158,8	3,7
3	157,4	3,7
4	152,5	3,7
5	152,9	3,7

Tabelle 19: Melkzeit je Enterviertel in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten

<b>MEHRLING</b>	<b>MELKZEIT SEK. (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>RH</b>		
JA	219,77	4,21
NEIN	192,3	4,18
<b>RV</b>		
JA	176,9	3,84
NEIN	183,6	3,81
<b>LH</b>		
JA	249,99	4,10
NEIN	224,92	4,07
<b>LV</b>		
JA	155,43	3,69
NEIN	158,62	3,67

Tabelle 20: Melkdauer in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten"

<b>FV-ANTEIL</b>	<b>MELKDAUER SEK. (LSM)</b>	<b>SEE</b>
0	277,9	4,42
10	258,4	4,43
30	270,6	4,41
50	280,8	4,42
70	273,6	4,41
90	269,5	4,44
100	236,1	4,42

Tabelle 21: Melkdauer in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten

<b>LAKT.NR.</b>	<b>MELKDAUER SEK. (LSM)</b>	<b>SEE</b>
-----------------	---------------------------------	------------

1	254,1	4,41
2	261,2	4,41
3	270,7	4,41
4	274,1	4,42
5	273,3	4,42

*Tabelle 22: Melkdauer in Abhängigkeit von der "Mehrlingsseigenschaft" aus Melkdaten*

<b>MEHRLING</b>	<b>MELKDAUER</b>	<b>SEE</b>
	<b>SEK. (LSM)</b>	
<b>JA</b>	278,4	4,43
<b>NEIN</b>	254,9	4,40

*Tabelle 23: Besuchszeit im AMS in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“ aus Melkdaten*

<b>FV-ANTEIL</b>	<b>BESUCHSZEIT</b>	<b>SEE</b>
	<b>SEK. (LSM)</b>	
<b>0</b>	415,28	3,95
<b>10</b>	401,2	3,97
<b>30</b>	410,55	3,94
<b>50</b>	421,98	3,96
<b>70</b>	421,41	3,94
<b>90</b>	415,67	3,98
<b>100</b>	387,41	3,95

*Tabelle 24: Besuchszeit im AMS in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten*

<b>LAKT. NR.</b>	<b>BESUCHSZEIT</b>	<b>SEE</b>
	<b>SEK. (LSM)</b>	
<b>1</b>	402,7	3,94
<b>2</b>	405,1	3,94
<b>3</b>	413,0	3,95
<b>4</b>	414,8	3,95
<b>5</b>	416,9	3,96

Tabelle 25: Besuchszeit im AMS in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten

<b>MEHRLING</b>	<b>BESUCHSZEIT SEK. (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>JA</b>	421,52	3,96
<b>NEIN</b>	399,48	3,94

Tabelle 26: Höchste Milchflussgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten

<b>FV-ANTEIL</b>	<b>MILCHFLUSS- GESCHW. KG/MIN (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>0</b>	4,68	0,059
<b>10</b>	4,89	0,060
<b>30</b>	4,35	0,059
<b>50</b>	4,26	0,060
<b>70</b>	4,13	0,059
<b>90</b>	3,95	0,060
<b>100</b>	4,26	0,059

Tabelle 27: Höchste Milchflussgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten

<b>LAKT. NR.</b>	<b>MILCHFLUSS- GESCHW. KG/MIN (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>1</b>	4,04	0,059
<b>2</b>	4,45	0,059
<b>3</b>	4,49	0,059
<b>4</b>	4,46	0,060
<b>5</b>	4,36	0,060

Tabelle 28: Höchste Milchflussgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten

<b>MEHRLING</b>	<b>MILCHFLUSS- GESCHW.</b>	<b>SEE</b>
-----------------	--------------------------------	------------

**KG/MIN (LSM)**

<b>JA</b>	4,18	0,060
<b>NEIN</b>	4,53	0,059

*Tabelle 29: Besuche/d in Abhängigkeit vom „Fleckviehgenanteil“ aus Melkdaten*

<b>FV-ANTEIL</b>	<b>BESUCHE/D (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>0</b>	3,03	0,01
<b>10</b>	3,03	0,01
<b>30</b>	3,14	0,01
<b>50</b>	3,06	0,01
<b>60</b>	3,08	0,01
<b>80</b>	2,93	0,01
<b>100</b>	2,99	0,01

*Tabelle 30: Besuche des AMS/d in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“*

<b>LAKT.NR.</b>	<b>BESUCHE/D (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>1</b>	2,83	0,009
<b>2</b>	3,10	0,009
<b>3</b>	3,16	0,009
<b>4</b>	3,10	0,010
<b>5</b>	3,00	0,010

*Tabelle 31: Besuche des AMS/d in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“*

<b>MEHRLING</b>	<b>BESUCHE/D (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>JA</b>	3,10	0,01
<b>NEIN</b>	2,97	0,01

Tabelle 32: Milchtemperatur in °C in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten

<b>FV-ANTEIL</b>	<b>MILCH- TEMPERATUR °C (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>0</b>	38,54	0,027
<b>10</b>	38,59	0,027
<b>30</b>	38,54	0,027
<b>50</b>	38,45	0,027
<b>70</b>	38,41	0,027
<b>90</b>	38,37	0,027
<b>100</b>	38,46	0,027

Tabelle 33: Milchtemperatur in °C in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ aus Melkdaten

<b>LAKT.NR.</b>	<b>MILCH- TEMPERATUR °C (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>1</b>	38,40	0,027
<b>2</b>	38,52	0,027
<b>3</b>	38,50	0,027
<b>4</b>	38,50	0,027
<b>5</b>	38,48	0,027

Tabelle 34: Milchtemperatur in °C in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten

<b>MEHRLING</b>	<b>MILCH- TEMPERATUR °C (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>JA</b>	38,49	0,03
<b>NEIN</b>	38,47	0,03

Tabelle 35: Leitfähigkeit in mS/cm in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten

<b>FV-ANTEIL</b>	<b>LEITFÄHIGKEIT MS/CM (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>LV</b>		
<b>0</b>	4,42	0,014
<b>10</b>	4,48	0,014
<b>30</b>	4,40	0,014
<b>50</b>	4,41	0,014

<b>70</b>	4,37	0,014
<b>90</b>	4,36	0,014
<b>100</b>	4,33	0,014
<b>LH</b>		
<b>0</b>	4,39	0,014
<b>10</b>	4,51	0,014
<b>30</b>	4,40	0,014
<b>50</b>	4,36	0,014
<b>70</b>	4,35	0,014
<b>90</b>	4,37	0,014
<b>100</b>	4,31	0,014
<b>RV</b>		
<b>0</b>	4,38	0,013
<b>10</b>	4,46	0,013
<b>30</b>	4,36	0,013
<b>50</b>	4,38	0,013
<b>70</b>	4,32	0,013
<b>90</b>	4,32	0,013
<b>100</b>	4,29	0,013
<b>RH</b>		
<b>0</b>	4,44	0,014
<b>10</b>	4,48	0,014
<b>30</b>	4,40	0,014
<b>50</b>	4,37	0,014
<b>70</b>	4,35	0,014
<b>90</b>	4,40	0,014
<b>100</b>	4,32	0,014

*Tabelle 36: Leitfähigkeit in mS/cm in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten*

<b>LAKT.NR</b>	<b>LEITFÄHIGKEIT MS/CM (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>LV</b>		
<b>1</b>	4,25	0,014
<b>2</b>	4,38	0,014
<b>3</b>	4,43	0,014
<b>4</b>	4,45	0,014
<b>5</b>	4,48	0,014
<b>LH</b>		
<b>1</b>	4,21	0,014
<b>2</b>	4,34	0,014
<b>3</b>	4,42	0,014
<b>4</b>	4,46	0,014
<b>5</b>	4,49	0,014

<b>RV</b>		
1	4,20	0,013
2	4,35	0,013
3	4,40	0,013
4	4,40	0,013
5	4,44	0,013
<b>RH</b>		
1	4,23	0,014
2	4,36	0,014
3	4,43	0,014
4	4,46	0,014
5	4,49	0,014

*Tabelle 37: Leitfähigkeit in mS/cm in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten*

<b>MEHRLING</b>	<b>LEITFÄHIGKEIT MS/CM (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>LV</b>		
JA	4,428	0,014
NEIN	4,365	0,014
<b>LH</b>		
JA	4,385	0,014
NEIN	4,381	0,014
<b>RV</b>		
JA	4,381	0,013
NEIN	4,337	0,013
<b>RH</b>		
JA	4,402	0,014
NEIN	4,385	0,014

*Tabelle 38: Fettgehalt in % in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten*

<b>FV-ANTEIL</b>	<b>FETTGEHALT IN % (LSM)</b>	<b>SEE</b>
0	3,91	0,032
10	3,79	0,032
30	3,94	0,032
50	4,04	0,032

<b>70</b>	4,04	0,032
<b>90</b>	3,98	0,032
<b>100</b>	4,07	0,032

*Tabelle 39: Fettgehalt in % in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten*

<b>LAKTATIONS- NR.</b>	<b>FETTGEHALT IN % (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>1</b>	3,92	0,032
<b>2</b>	3,95	0,032
<b>3</b>	3,97	0,032
<b>4</b>	3,97	0,032
<b>5</b>	4,04	0,032

*Tabelle 40: Fettgehalt in % in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten*

<b>MEHRLING</b>	<b>FETTGEHALT IN % (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>JA</b>	3,99	0,032
<b>NEIN</b>	3,94	0,032

*Tabelle 41: Eiweißgehalt in % in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten*

<b>FV-ANTEIL</b>	<b>EIWEIßGEHALT IN % (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>0</b>	3,41	0,019
<b>10</b>	3,37	0,019
<b>30</b>	3,48	0,019
<b>50</b>	3,53	0,019
<b>70</b>	3,52	0,019
<b>90</b>	3,53	0,019
<b>100</b>	3,59	0,019

*Tabelle 42: Eiweißgehalt in % in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten*

<b>LAKT.NR.</b>	<b>EIWEIßGEHALT IN % (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>1</b>	3,51	0,019
<b>2</b>	3,49	0,019
<b>3</b>	3,47	0,019

4	3,48	0,019
5	3,50	0,019

Tabelle 43: Eiweißgehalt in % in Abhängigkeit von der "Mehrlingeigenschaft" aus Melkdaten

MEHRLING	EIWEIßGEHALT IN % (LSM)	SEE
JA	3,47	0,019
NEIN	3,51	0,019

Tabelle 44: Kraftfuttermenge in kg in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten (pro Gemelk) und Tagesdaten (pro Tag)

FV-ANTEIL	KRAFTFUTTER IN KG/D (LSM)	SEE
<b>PRO GEMELK</b>		
0	2,39	0,073
10	2,34	0,074
30	2,06	0,073
50	2,02	0,073
70	1,80	0,073
90	1,69	0,074
100	1,48	0,073
<b>PRO TAG</b>		
0	4,22	0,019
10	4,12	0,021
30	3,65	0,018
50	3,59	0,020
70	3,20	0,018
90	3,05	0,022
100	2,69	0,019

Tabelle 45: Kraftfuttermenge in kg in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten (pro Gemelk) und Tagesdaten (pro Tag)

LAKT.NR	KRAFTFUTTER IN KG/D (LSM)	SEE
<b>PRO GEMELK</b>		

1	1,66	0,073
2	2,03	0,073
3	2,11	0,073
4	2,11	0,073
5	1,94	0,073
<b>PRO TAG</b>		
1	3,02	0,018
2	3,58	0,018
3	3,71	0,018
4	3,73	0,020
5	3,49	0,020

*Tabelle 46: Kraftfuttermenge in kg in Abhängigkeit von der "Mehrlingsseigenschaft" aus Melkdaten (pro Gemelk) und Tagesdaten (pro Tag)*

<b>MEHRLING</b>	<b>KRAFTFUTTER IN KG/D (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>PRO GEMELK</b>		
JA	2,04	0,073
NEIN	1,90	0,073
<b>PRO TAG</b>		
JA	3,59	0,020
NEIN	3,42	0,017

*Tabelle 47: Aktivität (E) in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten*

<b>FV-ANTEIL</b>	<b>AKTIVITÄT (E) (LSM)</b>	<b>SEE</b>
0	42,5	0,54
10	39,2	0,54
30	44,1	0,54
50	43,8	0,54
70	43,8	0,54
90	43,1	0,54
100	42,2	0,54

Tabelle 48: Aktivität (E) in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten

<b>LAKT.NR</b>	<b>AKTIVITÄT (E) (LSM)</b>	<b>SEE</b>
1	46,6	0,54
2	43,6	0,54
3	42,0	0,54
4	41,3	0,54
5	39,9	0,54

Tabelle 49: Aktivität in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten

<b>MEHRLING</b>	<b>AKTIVITÄT (LSM)</b>	<b>SEE</b>
JA	43,6	0,54
NEIN	41,7	0,54

Tabelle 50: Gewicht in kg in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus Melkdaten

<b>FV-ANTEIL</b>	<b>GEWICHT IN KG (LSM)</b>	<b>SEE</b>
0	681,0	3,04
10	684,4	3,05
30	729,0	3,03
50	746,4	3,04
70	733,2	3,03
90	759,6	3,05
100	794,0	3,03

Tabelle 51: Gewicht in kg in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus Melkdaten

<b>LAKT.NR</b>	<b>GEWICHT IN KG (LSM)</b>	<b>SEE</b>
1	678,8	3,03
2	727,5	3,03
3	747,9	3,03
4	754,5	3,04
5	753,9	3,04

Tabelle 52: Gewicht in kg in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus Melkdaten

MEHRLING	GEWICHT IN KG (LSM)	SEE
JA	723,8	3,04
NEIN	741,3	3,02

## IX.2 Tabellen aus LKV-Daten

Tabelle 53: Tagesmilchmenge in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus LKV-Daten

FV-ANTEIL	MILCH KG (LSM)	SEE
0	32,36	0,30
10	32,30	0,44
30	31,59	0,28
50	30,14	0,27
70	29,19	0,28
90	27,22	0,50
100	27,14	0,28

Tabelle 54: Tagesmilchmenge in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ aus LKV-Daten

LAKTATIONSNUMMER	MILCH KG (LSM)	SEE
1	25,08	0,255
2	30,72	0,2645
3	31,88	0,288
4	31,14	0,3262
5+	31,15	0,3365

Tabelle 55: Tagesmilchmenge in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“ aus LKV-Daten

MEHRLING	MILCH KG	SEE
----------	----------	-----

**(LSM)**

<b>JA</b>	30,64	0,35
<b>NEIN</b>	29,35	0,20

*Tabelle 56: Fettgehalt in Prozent in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus LKV-Daten*

<b>FV-ANTEIL</b>	<b>FETT (LSM)</b>	<b>% SEE</b>
<b>0</b>	3,85	0,03
<b>10</b>	3,85	0,04
<b>30</b>	3,92	0,03
<b>50</b>	4,00	0,03
<b>70</b>	3,93	0,03
<b>90</b>	3,88	0,05
<b>100</b>	3,98	0,03

*Tabelle 57: Fettgehalt in Prozent in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus LKV-Daten*

<b>LAKTATIONSNUMMER</b>	<b>FETT% (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>1</b>	3,93	0,03
<b>2</b>	3,90	0,03
<b>3</b>	3,88	0,03
<b>4</b>	3,93	0,03
<b>5+</b>	3,94	0,03

Tabelle 58: Fettgehalt in Prozent in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus LKV-Daten

<b>MEHRLING</b>	<b>FETT%</b> <b>(LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>JA</b>	3,90	0,03
<b>NEIN</b>	3,94	0,02

Tabelle 59: Eiweißgehalt in Prozent in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus LKV-Daten

<b>FV-ANTEIL</b>	<b>EIWEIß</b> <b>(LSM)</b>	<b>%</b>	<b>SEE</b>
<b>0</b>	3,35		0,01
<b>10</b>	3,42		0,02
<b>30</b>	3,45		0,01
<b>50</b>	3,51		0,01
<b>70</b>	3,48		0,01
<b>90</b>	3,44		0,02
<b>100</b>	3,54		0,01

Tabelle 60: Eiweißgehalt in Prozent in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ aus LKV-Daten

<b>LAKTATIONSNUMMER</b>	<b>EIWEIß%</b> <b>(LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>1</b>	3,51	0,01
<b>2</b>	3,51	0,01
<b>3</b>	3,44	0,01
<b>4</b>	3,42	0,01
<b>5+</b>	3,39	0,01

Tabelle 61: Eiweißgehalt in Prozent in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“ aus LKV-Daten

<b>MEHRLING</b>	<b>EIWEIß% (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>JA</b>	3,43	0,02
<b>NEIN</b>	3,48	0,01

Tabelle 62: Zellzahl ( $\times 1000$ ) in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus LKV-Daten

<b>FV-ANTEIL</b>	<b>ZELLZAHL (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>0</b>	213,97	12,2
<b>10</b>	160,11	19,6
<b>30</b>	173,33	10,9
<b>50</b>	213,3	10,3
<b>70</b>	181,55	10,7
<b>90</b>	175,11	22,3
<b>100</b>	148,65	10,9

Tabelle 63: Zellzahl ( $\times 1000$ ) in Abhängigkeit von der „Laktationsnummer“ aus LKV-Daten

<b>LAKTATIONSNUMMER</b>	<b>ZELLAHL (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>1</b>	134,64	9,65
<b>2</b>	138,63	10,16
<b>3</b>	196,62	11,44
<b>4</b>	201,15	13,58
<b>5+</b>	233,24	13,97

Tabelle 64: Zellzahl (X1000) in Abhängigkeit von der "Mehrlingeigenschaft" aus LKV-Daten

<b>MEHRLING</b>	<b>ZELLZAHL (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>JA</b>	180,24	14,90
<b>NEIN</b>	181,47	5,98

Tabelle 65: Logarithmierte Zellzahl (SCS) in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus LKV-Daten

<b>FV-ANTEIL</b>	<b>SCS (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>0</b>	3,03	0,05
<b>10</b>	2,60	0,08
<b>30</b>	2,70	0,05
<b>50</b>	2,78	0,05
<b>70</b>	2,68	0,05
<b>90</b>	2,78	0,09
<b>100</b>	2,50	0,05

Tabelle 66: Logarithmierte Zellzahl (SCS) in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus LKV-Daten

<b>LAKTATIONSNUMM ER</b>	<b>SCS (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>1</b>	2,47	0,04
<b>2</b>	2,50	0,04
<b>3</b>	2,76	0,05
<b>4</b>	2,86	0,06
<b>5+</b>	3,04	0,06

Tabelle 67: Logarithmierte Zellzahl (SCS) in Abhängigkeit von der "Mehrlingseigenschaft" aus LKV-Daten

<b>MEHRLING</b>	<b>SCS (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>JA</b>	2,73	0,06
<b>NEIN</b>	2,72	0,03

Tabelle 68: Harnstoff in Prozent in Abhängigkeit vom "Fleckviehgenanteil" aus LKV-Daten

<b>FV-ANTEIL</b>	<b>HARNSTOFF % (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>0</b>	25,23	0,54
<b>10</b>	24,19	0,57
<b>30</b>	25,25	0,54
<b>50</b>	25,02	0,53
<b>70</b>	25,07	0,54
<b>90</b>	25,08	0,59
<b>100</b>	26,11	0,53

Tabelle 69: Harnstoff in Prozent in Abhängigkeit von der "Laktationsnummer" aus LKV-Daten

<b>LAKTATIONSNUMMER</b>	<b>HARNSTOFF% (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>1</b>	24,13	0,53
<b>2</b>	25,18	0,53
<b>3</b>	25,40	0,54
<b>4</b>	25,42	0,54
<b>5</b>	25,54	0,55

Tabelle 70: Harnstoff in Prozent in Abhängigkeit von der „Mehrlingseigenschaft“ aus LKV-Daten

<b>MEHRLING</b>	<b>HARNSTOFF% (LSM)</b>	<b>SEE</b>
<b>JA</b>	25,45	0,55
<b>NEIN</b>	24,82	0,52

## X. Danksagung

Zuallererst gilt besonderer Dank meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. A. M. Scholz für die Überlassung dieses Dissertationsthemas und die anhaltend freundliche Unterstützung in der gesamten Zeit. Besonders die Hilfestellung bei der statistischen Auswertung der Daten und die ständige Erreichbarkeit bei etwaigen Fragen ist nicht selbstverständlich und ermöglichte ein zügiges Voranschreiten. Ich hoffe, dass unsere freundschaftliche Beziehung auch nach Beendigung dieser Arbeit weiterbestehen wird.

Bei Dominik Diepold möchte ich mich für das beharrliche und teilweise nervige Nachfragen zum Stand meiner Arbeit bedanken, was mich nicht nur einmal dazu bewegte neue Motivation zu finden.

Zuletzt möchte ich mich bei meiner Familie für die aufmunternden Worte bedanken. Ihr habt mir dieses Studium ermöglicht und dadurch den Weg zu meiner Doktorarbeit geebnet.

