Aus dem Institut für Tierzucht und Haustiergenetik
der Justus-Liebig-Universität Gießen

# Schätzung genetischer Parameter für den Milchharnstoffgehalt von Kühen der Rasse Deutsche Holstein-Schwarzbunt in konventionell und nach ökologischen Richtlinien wirtschaftenden Betrieben

**INAUGURAL-DISSERTATION**
zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. agr.)
im Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von
**Höfener, Jörg**
aus Templin

Gießen 2019

Mit Genehmigung des Fachbereiches Agrarwissenschaften,
Ökotrophologie und Umweltmanagement der
Justus-Liebig-Universität Gießen

*Prüfungskommission:*

| | |
|---|---|
| Vorsitzende: | Prof. Dr. G. Lühken |
| 1. Gutachter: | Prof. Dr. G. Erhardt |
| 2. Gutachter: | Prof. Dr. K. Eder |
| Prüfer: | Prof. Dr. S. Hoy |
| Prüfer: | Prof. Dr. J. Aurbacher |

Tag der Disputation: 14.02.2019

INHALTVERZEICHNIS ..... I
TABELLENVERZEICHNIS ..... IV
ABBILDUNGSVERZEICHNIS ..... VII
URL VERZEICHNIS ..... VIII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS ..... IX

## INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung und Ziele ..... 1
2. Literaturübersicht ..... 4
2.1. Harnstoff im Stoffwechsel ..... 4
2.1.1 Harnstoffmetabolismus der laktierenden Kuh ..... 4
2.1.2 Milchharnstoffgehalt als Indikator für die Analyse der Stoffwechsellage von Milchkühen ..... 6
2.1.3 Zusammenhang zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den N-Ausscheidungen über Kot und Urin ..... 8
2.2. Untersuchungsmethoden des Milchharnstoffgehaltes ..... 9
2.3. Umweltbedingte Einflussfaktoren auf den Milchharnstoffgehalt ..... 10
2.3.1. Saisonale Einflüsse auf den Milchharnstoffgehalt ..... 10
2.3.2. Einfluss des Laktationsstadiums auf den Harnstoffgehalt ..... 11
2.3.3. Einfluss der Laktationsnummer ..... 13
2.3.4. Betriebseinfluss ..... 14
2.4. Beziehungen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und verschiedener Milchleistungsmerkmale ..... 14
2.4.1. Fettgehalt ..... 14
2.4.2. Fettmenge ..... 15
2.4.3. Eiweißgehalt ..... 15
2.4.4. Eiweißmenge ..... 16
2.4.5. Zellgehalt ..... 16
2.4.6. Milchmenge ..... 16
2.4.7. Harnstoffmenge ..... 17
2.5. Genetische Einflussfaktoren auf den Milchharnstoffgehalt ..... 18
2.5.1. Einfluss der Rasse ..... 18
2.5.2. Heritabilitäten des Milchharnstoffgehaltes ..... 19
2.6. Harnstoffgehalt und Fruchtbarkeit ..... 21
2.7. Zusammenfassung Literatur ..... 22
3. Material und Datenaufbereitung ..... 24
3.1. Datenmaterial ..... 24
3.2. Datenaufbereitung ..... 27
4. Methoden ..... 35
4.1. Messmethoden des Milchharnstoffgehaltes ..... 35
4.2. Verwendete Modelle ..... 35

5. Ergebnisse ..... 40
5.1. Rohmittelwerte der Milchleistungsparameter, des log. Zellgehaltes, des Milchharnstoffgehaltes und der Milchharnstoffmenge ..... 40
5.1.1. Rohmittelwerte der Milchleistungsparameter, des log. Zellgehaltes, des Milchharnstoffgehaltes und der Milchharnstoffmenge der konventionell produzierenden Betriebe ..... 40
5.1.2. Rohmittelwerte der Milchleistungsparameter, des log. Zellgehaltes, des Milchharnstoffgehaltes und der Milchharnstoffmenge der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierender Betriebe ..... 41
5.2. Signifikanz der fixen und zufälligen Einflussfaktoren auf die Merkmale der Milchleistungsparameter, des Zellgehaltes, des Milchharnstoffgehaltes und der Milchharnstoffmenge konventionell produzierender Betriebe (kpB) und nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierender Betriebe (öpB) ..... 43
5.3. Milchleistung, Fett- und Eiweißgehalt in Abhängigkeit vom Jahresverlauf der konventionell produzierenden Betriebe ..... 45
5.4. 305-Tage-Leistung der konventionell produzierenden Betriebe und der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe ..... 46
5.5. Milchharnstoffgehalt in Abhängigkeit von Laktationsverlauf und Laktationsnummer der konventionell produzierenden Betriebe ..... 48
5.6. Milchharnstoffgehalt in Abhängigkeit vom Jahresverlauf der konventionell produzierenden Betriebe ..... 49
5.7. Fett-Eiweiß-Quotient der konventionell produzierenden Betriebe ..... 50
5.8. Beziehungen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und verschiedener Milchleistungsmerkmale ..... 50
5.8.1. Heritabilitäten für den Milchharnstoffgehalt differenziert nach Laktationen ..... 50
5.8.1.1. Heritabilitäten der konventionell produzierenden Betriebe ..... 50
5.8.1.2. Heritabilitäten der nach ökologischen Richtlinien produzierenden Betriebe ..... 53
5.8.2. Phänotypische Korrelationen ..... 53
5.8.2.1. Phänotypische Korrelationen der konventionell produzierenden Betriebe ..... 53
5.8.2.2. Phänotypische Korrelationen der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe ..... 55
5.8.3. Genetische Korrelationen ..... 58
5.8.3.1. Genetische Korrelationen der konventionell produzierenden Betriebe ..... 58
5.8.3.2. Genetische Korrelationen der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierende Betriebe ..... 62
5.9. Genetische Korrelationen des durchschnittlichen Milchharnstoffgehaltes zwischen den 305-Tage-Leistungen der konventionell produzierenden Betriebe ..... 63
6. Diskussion ..... 64
6.1. Beschreibende Statistik ..... 64
6.1.1. Beschreibende Statistik der konventionell produzierenden Betriebe ..... 64
6.1.2. Beschreibende Statistik der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe ..... 71
6.2. Beziehungen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und verschiedenen Milchleistungsmerkmale ..... 75
6.2.1. Heritabilitäten der konventionell produzierenden Betriebe ..... 75

6.2.2. Heritabilitäten der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierende Betriebe ..... 79
6.3. Phänotypische Korrelationen der konventionell und nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierende Betriebe ..... 79
6.4. Genetischen Korrelationen ..... 87
6.4.1. Genetischen Korrelationen der konventionell produzierenden Betriebe ..... 87
6.4.2. Genetischen Korrelationen der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierender Betriebe ..... 92
6.5. Genetische Korrelationen des durchschnittlichen Milchharnstoffgehaltes zwischen den 305-Tage-Leistungen der konventionell produzierenden Betriebe ..... 93
6.6. Milchharnstoffgehalt und genomische Zuchtwertschätzung ..... 93
7. Schlussfolgerungen ..... 96
8. Zusammenfassung ..... 98
9. Summary ..... 100
10. Literaturverzeichnis ..... 102
11. Anhang ..... 111

# Verzeichnis der Tabellen im Text

**Tabelle:** Seite

Tabelle 1: Genetische Korrelationen zwischen dem Harnstoffgehalt der Milch und den Milchleistungsmerkmalen, der log. Zellzahl und der Harnstoffmenge erst- und zweitlaktierender Kühe in acht verschiedenen Laktationsstadien (Stamer et al. 2011) 17

Tabelle 2: Übersicht publizierter genetischer Korrelationen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den täglichen Milchleistungsmerkmalen sowie dem Somatic Cell Score (SCS) 18

Tabelle 3: Übersicht publizierter Heritabilitäten für den harnstoffgehalt von Kühen der Rasse Holstein-Schwarzbunt 20

Tabelle 4: Übersicht über die Struktur der Daten der konventionell produzierenden Betriebe 25

Tabelle 5: Übersicht über die Struktur der Daten der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe 25

Tabelle 6: Verteilung des Datensatzes Prüftagsergebnisse (Datensatz 3) auf die Laktationstagegruppen und Anzahl der Kühe je Laktation und Klasse 28

Tabelle 7: Übersicht über die Restriktionsschritte - Datensatz Tierdaten (Datensatz 1) 29

Tabelle 8: Übersicht über die Restriktionsschritte - Datensatz 305-Tage-Leistung (Datensatz 2) 30

Tabelle 9: Übersicht über die Restriktionsschritte - Datensatz Prüftagsdaten (Datensatz 3) 31

Tabelle 10: Übersicht über berechnete Parameter aus dem vorhandenen Datenmaterial 31

Tabelle 11: Skala des Linearen Somatic Cell Score (SCS) 32

Tabelle 12: Anzahl der berechneten 305-Tage-Leistungen für den Milchharnstoffgehalt je Laktation (Datensatz 2) 33

Tabelle 13: Verteilung des Milchharnstoffgehaltes (Datensatz 3) nach Harnstoffbewertungsklassen (HBK) für die Kühe der ersten bis dritten Laktation (konventionell produzierende Betriebe) 34

Tabelle 14: Verteilung des Milchharnstoffgehaltes (Datensatz 3) nach Harnstoffbewertungsklassen (HBK) für die Kühe der ersten bis dritten Laktation (nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierende Betriebe) 34

Tabelle 15: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) der Milchleistungsmerkmale der Kühe am Prüftag nach Laktationen der konventionell produzierenden Betriebe (Datensatz 3) 40

Tabelle 16: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) der Milchleistungsmerkmale der Kühe am Prüftag nach Laktationen der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe (Datensatz 3) 42

Tabelle 17: Signifikanzen der Einflussfaktoren Laktationsstadium und Saison auf die Merkmale der Milchleistungsprüfung am Prüftag und Anteil der Betriebsvarianz an der Varianz der entsprechenden Merkmale entsprechend Modell I von Kühen der ersten Laktation 43

Tabelle 18: Signifikanzen der Einflussfaktoren Laktationsstadium und Saison auf die Merkmale der Milchleistungsprüfung am Prüftag und Anteil der Betriebsvarianz an der Varianz der entsprechenden Merkmale entsprechend Modell I von Kühen der zweiten Laktation 44

Tabelle 19: Signifikanzen der Einflussfaktoren Laktationsstadium und Saison auf die Merkmale der Milchleistungsprüfung am Prüftag und Anteil der Betriebsvarianz an der Varianz der entsprechenden Merkmale entsprechend Modell I von Kühen der dritten Laktation 44

Tabelle 20: Signifikanzen des Milchharnstoffgehaltes der 305-Tage-Leistungen der drei Laktationen und Anteil der Betriebsvarianz an der Varianz des Harnstoffgehaltes 45

Tabelle 21: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) der 305-Tage-Leistungen der konventionell produzierenden Betriebe (Datensatz 2) 47

Tabelle 22: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) der 305-Tage-Leistungen der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe (Datensatz 2) 48

Tabelle 23: Heritabilitäten des Milchharnstoffgehaltes, der Milchleistungsmerkmale, des Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ), des log. Zellgehaltes und der Harnstoffmenge von Kühen der ersten bis dritten Laktation in acht Laktationstageklassen (konventionell produzierende Betriebe) 52

Tabelle 24: Phänotypische Korrelationen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den Milchleistungsmerkmalen, dem Fett-Eiweiß-Quotienten(FEQ), dem log. Zellgehalt und der Harnstoffmenge von Kühen der ersten bis dritten Laktation in acht Laktationstageklassen (konventionell produzierende Betriebe) 53

Tabelle 25: Phänotypische Korrelationen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den Milchleistungsmerkmalen, dem Fett-Eiweiß-Quotienten(FEQ), dem log. Zellgehalt und der Harnstoffmenge von Kühen der ersten bis dritten Laktation in acht Laktationstageklassen (nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierende Betriebe) 56

Tabelle 26: Genetische Korrelationen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den Milchleistungsmerkmalen, dem Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ), dem log. Zellgehalt und der Harnstoffmenge von Kühen der ersten bis dritten Laktation in acht Laktationstageklassen (konventionell produzierende Betriebe) 59

Tabelle 27: genetische Korrelationen der durchschnittlichen Milchharnstoffgehalte der 305-Tage-Leistungen von 1. bis 3. Laktation (konventionell produzierenden Betriebe) 63

Tabelle 28: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) der Milchleistungsmerkmale der Kühe am Prüftag (n=1.081.735 Datensätze) der ersten bis dritten Laktation (konventionell produzierende Betriebe) 113

Tabelle 29: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) der Milchleistungsmerkmale der Kühe am Prüftag (n=30.964 Datensätze) der ersten bis dritten Laktation (nach ökologischen Richtlinien produzierende Betriebe) 113

Tabelle 30: Mittelwerte und Standardabweichungen der täglichen Milchleistungsmerkmale, der Fett-Eiweiß-Quotienten und den Milchharnstoffgehalt für Kühe der ersten Laktation in acht Laktationstageklassen (konventionell produzierende Betriebe) 114

Tabelle 31: Mittelwerte und Standardabweichungen der täglichen Milchleistungsmerkmale, der Fett-Eiweiß-Quotienten und den Milchharnstoffgehalt für Kühe der zweiten Laktation in acht Laktationstageklassen (konventionell produzierende Betriebe) 114

Tabelle 32: Mittelwerte und Standardabweichungen der täglichen Milchleistungsmerkmale, der Fett-Eiweiß-Quotienten und den Milchharnstoffgehalt für Kühe der dritten Laktation in acht Laktationstageklassen (konventionell produzierende Betriebe) 115

Tabelle 33: Mittelwerte und Standardabweichungen der täglichen Milchleistungsmerkmale, der Fett-Eiweiß-Quotienten und den Milchharnstoffgehalt für Kühe der ersten Laktation in acht Laktationstageklassen (nach ökologischen Richtlinien produzierende Betriebe) 115

Tabelle 34: Mittelwerte und Standardabweichungen der täglichen Milchleistungsmerkmale, der Fett-Eiweiß-Quotienten und den Milchharnstoffgehalt für Kühe der zweiten Laktation in acht Laktationstageklassen (nach ökologischen Richtlinien produzierende Betriebe) _____ 116

Tabelle 35: Mittelwerte und Standardabweichungen der täglichen Milchleistungsmerkmale, der Fett-Eiweiß-Quotienten und den Milchharnstoffgehalt für Kühe der dritten Laktation in acht Laktationstageklassen (nach ökologischen Richtlinien produzierende Betriebe) _____ 116

Tabelle 36: Wiederholbarkeiten (w) für den Harnstoffgehalt in acht Laktationstagegruppen (konventionell produzierende Betriebe) _____ 117

Tabelle 37: Standardfehler für die Schätzung der Heritabilitäten des Milchharnstoffgehaltes, der Milchleistungsmerkmale, des Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ), des log. Zellgehaltes und der Harnstoffmenge von Kühen der ersten bis dritten Laktation in acht Laktationstageklassen (konventionell produzierende Betriebe) _____ 118

Tabelle 38: Standardfehler für die Schätzung der genetische Korrelationen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den Milchleistungsmerkmalen, dem Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ), dem log. Zellgehalt und der Harnstoffmenge von Kühen der ersten bis dritten Laktation in acht Laktationstageklassen (konventionell produzierende Betriebe)_____ 119

# Verzeichnis der Abbildungen im Text

**Abbildung:** Seite

Abbildung 1: N-Stoffwechsel im Pansen (unter Berücksichtigung des ruminohepatischen Kreislaufs) (Püschner & Simon 1988) _____ 5

Abbildung 2: Neun-Felder-Tafel zur Beurteilung der Fütterungssituation (Spohr & Wiesner 1991) 7

Abbildung 3: Milchharnstoff- (∆) und Proteingehalt (■) im Jahresverlauf (Hojmann et al. 2004)__ 11

Abbildung 4: Milchharnstoffgehalt im Laktationsverlauf erst- und zweitlaktierender Kühe (Stamer et al. 2011) _____ 13

Abbildung 5: Heritabilitäten für den Harnstoffgehalt der Milch im Laktationsverlauf (Stamer et al. 2009) _____ 20

Abbildung 6: Verteilung des täglichen Harnstoffgehaltes in der Milch auf Grundlage des Datensatzes Prüftagsergebnisse (3) _____ 36

Abbildung 7: Milchharnstoffgehalt in acht verschiedenen Laktationstageklassen für Kühe der 1. bis 3. Laktation_____ 48

Abbildung 8: Milchharnstoffgehalt im Verlauf der Prüfjahre 2009 bis 2012_____ 49

Abbildung 9: Der Fett-Eiweiß-Quotient im Verlauf der Prüfjahre 2009 bis 2012 _____ 50

Abbildung 10: Schätzwerte der Heritabilität für den Harnstoffgehalt in der Milch der erst-, zweit- und drittlaktierenden Kühe im Laktationsverlauf (Modell II) _____ 51

Abbildung 11: Genetische Korrelationen zwischen dem Harnstoffgehalt der Milch und der Milchmenge über drei Laktationen in acht Laktationstageklassen (Modell II) (konventionell produzierende Betriebe)_____ 60

Abbildung 12: Genetische Korrelationen zwischen dem Harnstoffgehalt der Milch und dem Fett-Eiweiß-Quotienten über drei Laktationen in acht Laktationstageklassen (Modell II) (konventionell produzierende Betriebe)_____ 61

Abbildung 13: Genetische Korrelationen zwischen dem Harnstoffgehalt der Milch und der Harnstoffmenge in acht Laktationstageklassen (Modell II) (konventionell produzierende Betriebe)62

Abbildung 14: Harnstoffgehalt der Milch (MHG) im Jahresverlauf von Prüfjahr 2008/2009 bis Prüfjahr 2011/2012 (konventionell produzierende Betriebe) _____ 111

Abbildung 15: Milchmenge im Jahresverlauf von Prüfjahr 2008/2009 bis Prüfjahr 2011/2012 (konventionell produzierende Betriebe) _____ 111

Abbildung 16: Fettgehalt im Jahresverlauf von Prüfjahr 2008/2009 bis Prüfjahr 2011/2012 (konventionell produzierende Betriebe) _____ 112

Abbildung 17: Eiweißgehalt im Jahresverlauf von Prüfjahr 2008/2009 bis Prüfjahr 2011/2012 (konventionell produzierende Betriebe) _____ 112

# Verzeichnis der Uniform Resource Locators (URL) im Text

**URL 1:** http://www.adr-web.de/adr-publikationen/adr-jahresbericht.html

**URL 2:** http://www.adr-web.de/richtlinien/richtlinien.html

**URL 3:** http://www.adr-web.de/richtlinien/milchleistungspruefung-und-milchqualitaetspruefung.html

**URL 4**: http://www.bmel.de/SharedDocs/ExterneLinks/Rechtsgrundlagen/D/Duengeverordnung.html

**URL 5:** http://www.mlul.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.374764.de

**URL 6:** http://www.dlq-web.de/milchinhaltsstoffe_1.html

**URL 7:** http://www.dlq-web.de/milchanalyse.html

**URL 8:** http://www.dlq-web.de/harnstoff.html

**URL 9:** http://www.milchindustrie.de

# Verzeichnis der Abkürzungen im Text

| | |
|---|---|
| ADR | Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V. |
| BA | Besamungsaufwand |
| BHB | β-Hydroxybutyrat |
| BMELV | Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz |
| bzw. | beziehungsweise |
| C | Kohlenstoff |
| ca. | cirka |
| DAM | Diacetylmonoxim |
| d | Tag |
| DHV | Deutscher Holstein Verband e.V. |
| DIN | Deutsche Industrie-Norm |
| dl | Deziliter |
| DLQ | Deutscher Verband für Leistungs- und Qualitätsprüfungen e.V. |
| DVG | Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e.V. |
| EB | Erstbesamung |
| EBE | Erstbesamungs-/Erstbelegungserfolg |
| ECM | Energiekorrigierte Milch |
| EN | Europäische Norm |
| FEQ | Fett-Eiweiß-Quotient |
| FG | Freiheitsgrad |
| g | Gramm |
| GEBV | Genomic Estimated Breeding Value |
| gZWS | genomische Zuchtwertschätzung |
| GfE | Gesellschaft für Ernährungsphysiologie e.V. |
| GZ | Güstzeit |
| H | Wasserstoff |

| | |
|---|---|
| $h^2$ | Heritabilität |
| HBK | Harnstoffbewertungsklassen |
| ICAR | International Committee for Animal Recording |
| ISO | Internationale Organisation für Normung |
| IR | Infrarot |
| k.A. | keine Angaben |
| kg | Kilogramm |
| kpB | konventionell produzierende Betriebe |
| LA | Laktation |
| l | Liter |
| LKV | Landeskontrollverband |
| log. | logarithmiert |
| LSQ | Least Squares Means |
| lt. | laut |
| mg/dl | Milligramm pro Deziliter |
| mg/l | Milligramm pro Liter |
| Max. | Maximum |
| mg | Milligramm |
| Min. | Minimum |
| MLP | Milchleistungs- und Qualitätsprüfung |
| MIV | Milch Industrie Verband e.V. |
| MLUL | Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft Brandenburg |
| mmol | Millimol |
| Mon. | Monat |
| MT | Melktag |
| MW | arithmetischer Mittelwert |
| n | Anzahl der Beobachtungen |
| N | Stickstoff |

| | |
|---|---|
| $NH_3$ | Ammoniak |
| n.k. | nicht konvergiert |
| n.s. | nicht signifikant |
| NPN | Nicht-Protein-Stickstoff |
| NR 56 | Non-Return-Rate 56 Tage |
| NR 90 | Non-Return-Rate 90 Tage |
| nXP | nutzbares Rohprotein |
| O | Sauerstoff |
| o.g. | oben genannten |
| öpB | nach ökologischen Richtlinien produzierender Betriebe |
| p.p. | post partum |
| Pj | Prüfjahr |
| Pt | Prüftag |
| QTL | Quantitative Trait Loci |
| r | Regressionskoffizient |
| $r_g$ | genetische Korrelation |
| $r_p$ | phänotypische Korrelation |
| REML | Restricted Maximum Likelihood procedure |
| RNB | ruminale Stickstoffbilanz |
| RZ | Rastzeit |
| RZM | Relativzuchtwert Milch |
| RZG | Gesamtzuchtwert |
| s | Standardabweichung (Standard Deviation) |
| SCC | somatischer Zellgehalt (Somatic Cell Count) |
| SCS | Somatic Cell Score |
| SE | Standardfehler (Standarderror) |
| SNP | Single Nucleotide Polymorphism |
| TI | Trächtigkeitsindex |

| | |
|---|---|
| TREB | Trächtigkeitsrate aus Erstbesamung |
| u.a. | unter anderem |
| UDP | ruminal unabbaubares Rohprotein |
| USA | Vereinigte Staaten von Amerika |
| vgl. | vergleiche |
| vit Verden | Vereinte Informationssysteme Tierhaltung w.V. |
| VZ | Verzögerungszeit |
| $\bar{x}$ | Mittelwert |
| z.B. | zum Beispiel |
| ZKZ | Zwischenkalbezeit |
| ZTZ | Zwischentragezeit |
| ZWS | Zuchtwertschätzung |

# 1. Einleitung und Ziele

Mit einem Produktionswert von 8,5 Milliarden Euro ist die Milcherzeugung der wichtigste Produktionszweig der deutschen Landwirtschaft und liegt damit deutlich vor anderen landwirtschaftlichen Produktionszweigen (MIV 2017). Gleichwohl unterliegt der Sektor Milchproduktion einem permanenten Strukturwandel. Von 2000 bis 2017 ist die Anzahl der milchproduzierenden Betriebe um ca. 50 % auf 67.200 Betriebe gesunken. Die Anzahl der Milchkühe reduzierte sich in dem gleichen Zeitraum um 7,8 % auf 4,2 Mio. Kühe. Die durchschnittliche Herdengröße stieg von 34,1 Kühen je Betrieb in 2000 auf 62,6 Kühe je Betrieb in 2011 (ADR 2017). Diese Entwicklung ging mit einer Steigerung der Milchleistung einher, zurückzuführen auf optimierte Haltungs- und Fütterungsverfahren sowie Verbesserungen in der Genetik. Die durchschnittliche Jahresleistung der MLP-Kühe stieg in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2016 um 1.580 kg auf 8.599 kg Milch (ADR 2017). Viele Betriebe erreichen heute durchschnittliche Jahresleistungen von über 10.000 kg Milch, wobei durch Zucht und Management versucht wird, die Milchleistung auch in Zukunft weiter zu steigern (Fölsche 2012). Standen in den 1990'iger Jahren die Anhebung der Milchmengenleistung im Fokus der Zuchtprogramme der Zuchtorganisationen, finden in den letzten Jahren Merkmale wie Tiergesundheit und Nutzungsdauer verstärkt Eingang (Swalve 2013), um die Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Milchproduktion weiter zu erhöhen.

Zu beachten ist, dass mit steigender Milchleistung das Energiedefizit in der postpartarlen Phase vergrößert wird. Da dieses als Ursache für die gestiegene Krankheitsanfälligkeit und die häufigeren Fruchtbarkeitsprobleme bei den Milchkühen anzusehen ist, wird in den letzten Jahrzehnten von züchterischer Seite die Möglichkeit der Integration der Energiebilanz in die Zuchtprogramme diskutiert (Hüttmann 2007).

Als ein mögliches Hilfsmerkmal für die Einbeziehung der Energiebilanz bietet sich der Milchharnstoff an. So soll der Harnstoffgehalt der Milch als Merkmal zur Beurteilung der Stoffwechsellage der Kühe herangezogen werden (MLUL 2014). Der als Endprodukt des Stickstoffstoffwechsels der Milchkuh entstehende Milchharnstoffgehalt wird, neben anderen Merkmalen, im großen Umfang im Rahmen der monatlichen Milchleistungs- und Qualitätsprüfung (MLP) seit Beginn der 1990'iger Jahre für die einzelne Milchkuh und die Gesamtherde festgestellt. In Verbindung mit den anderen Produktionsmerkmalen liegt damit ein wertvolles Datenmaterial vor. In erster Linie wird der Milchharnstoffgehalt, in Verbindung mit dem Eiweißgehalt der Milch, zur Zeit zur Kontrolle des Fütterungsstatus der Herde durch die Milcherzeuger genutzt, da die beiden Werte im Zusammenhang zum Aufdecken einer fehlerhaften Energie- und Proteinversorgung sehr gut geeignet sind (Rossow & Richardt 2003).

Für den Milchharnstoffgehalt schätzten z.B. Stamer et al. (2009) Heritabilitäten von $h^2$=0,28 bis $h^2$=0,48 innerhalb der ersten Laktation. In der Studie von Wood et al. (2003) wurden Heritabilitäten von $h^2$=0,44 bis $h^2$=0,59 in der ersten bis dritten Laktation ermittelt. Für eine Selektion auf den Harnstoffgehalt scheint somit ausreichend genetische Varianz zu existieren. Die Untersuchungsmethode des Milchharnstoffgehaltes könnte ein Aspekt bei der Beurteilung der Ergebnisse sein. So fanden Mitchel et al. (2005) niedrigere Heritabilitäten, wenn der Harnstoff mittels Standardmethode (DAM-Methode) bestimmt wurde gegenüber den mit der Infrarotanalyse (IR-Methode) bestimmten Werten. Engel (2007) konnte in ihrer Arbeit signifikante Zusammenhänge zwischen dem Harnstoffgehalt und Fruchtbarkeitsparameter bei Nutzung von Harnstoffwerten aus der Standardmethode nachweisen, im Gegensatz zu Rensing et al. (2005), die Werte der Infrarotanalyse nutzten.

Ein weiterer Grund, sich mit dem Milchharnstoffgehalt zu beschäftigen, ist die Möglichkeit zur Verbesserung der Stickstoffbilanz der Milchproduktion. Ein nicht bedarfsgerechter exzessiver Anteil von Eiweiß bzw. Stickstoff in der Ration führt zu einer Steigerung der Stickstoffausscheidungen über Milch, Kot und Urin (Godden et al. 2001 und Hojmann et al. 2004). Der größte Anteil an ausgeschiedenem Stickstoff wird über den Urin im Form von Harnstoff ausgeschieden, welcher als Ausgangssubstrat für Ammoniak und schließlich von klimarelevantem Lachgas von Bedeutung ist (Flachkowsky & Lebzien 2007). Der Milchharnstoff kann zur Schätzung der Urin-Stickstoffausscheidungen genutzt werden (Burgos et al. 2007). Somit kann eine Verringerung der Belastung der Umwelt mit einer optimierten Fütterung erreicht werden (Schepers & Meijer 1998). Eine direkte Erfassung der Stickstoffausscheidungen ist sehr aufwendig und kann nur auf Versuchszwecke beschränkt bleiben (Bockmann et al. 1997). Verglichen mit anderen Methoden zur Bestimmung der Stickstoff-Ausscheidungen hat der Milchharnstoffgehalt den Vorteil, dass er routinemäßig im Rahmen der monatlichen Milchleistungsprüfung erfasst und gespeichert wird.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll insbesondere untersucht werden, welche Parameter und in welcher Höhe mit dem Harnstoffgehalt der Milch genetisch und phänotypisch in Beziehung stehen, um eine objektive Beurteilung des Harnstoffgehaltes der Milch zu gewährleisten.

Weiterhin soll überprüft werden, ob die in der Literatur gefundenen genetischen und phänotypischen Beziehungen zwischen dem mit der Infrarot-Analyse gemessenen Milchharnstoffgehalt und den anderen Milchleistungsmerkmalen und der auf Basis der Standardme-

thode (DAM-Methode) ermittelten umfangreichen Daten dieser Studie bestätigt werden können, oder sind Unterschiede auf Grund der Analytik vorhanden, die eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus den beiden unterschiedlichen Messmethoden nicht zulassen.

Ist eine ausreichende genetische Variation des Milchharnstoffgehaltes unabhängig von der Analysemethode vorhanden und somit eine züchterische Bearbeitung des Milchharnstoffgehaltes möglich?

Außerdem soll erforscht werden, welche genetischen Beziehungen zu den züchterisch etablierten Milchleistungsmerkmalen bestehen, um abzuschätzen, welche Auswirkungen auf diese Merkmale zu erwarten sind, sollte der Milchharnstoffgehalt als zusätzliches Selektionsmerkmal genutzt werden.

Ein Teil der Arbeit besteht im Vergleich der Schätzwerte der Heritabilitäten und der genetischen Korrelationen des Milchharnstoffgehaltes zu ausgewählten Milchleistungsparametern von nach konventionell produzierenden bzw. nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betrieben, um herauszufinden, ob unterschiedliche Maßnahmen zur züchterischen Bearbeitung des Milchharnstoffgehaltes auf Grund der Produktionsweise notwendig sind.

# 2. Literaturübersicht

## 2.1. Harnstoff im Stoffwechsel

Bei Literaturangaben ist zu beachten, dass der Harnstoffgehalt in unterschiedlichen Maßangaben (mmol/l bzw. in mg/dl) angegeben wird (z.B. Richardt et al. 2001a bzw. Mitchel et al. 2005). In Deutschland wird für den Milchharnstoffgehalt größtenteils mmol/l verwendet. Um zwischen den beiden Maßangaben umzurechnen gelten folgende Umrechnungsfaktoren (Wiczek & Merl 2012):

mg/dl = mmol/l * 6,006

mmol/l = mg/dl * 0,1665

Teilweise wird in den Veröffentlichungen anstelle der Milchharnstoffgehalte die Milchharnstoff-Stickstoffgehalte angegeben (z.B. Jonker et al. 1998). Da ein Mol Harnstoff ($H_2$ – CO - $NH_2$) 60 g wiegt (4 x H [1] +2 x N [14] + C [12] + O [16] = 60) und somit 60 g Harnstoff 28 g N enthalten sind die in der Literatur verwendeten Werte mit folgenden Formel umgerechnet worden (Engel 2007):

Harnstoff-N * 2,143 = Harnstoff,

da 60/28 = 2,143.

Um aus dem Harnstoff den N-Anteil zu berechnen, kann folgende Formel genutzt werden (Püschner & Simon 1988):

Harnstoff *·0,466=Harnstoff-N,

da Harnstoff zu 46,6 % aus N besteht.

### 2.1.1 Harnstoffmetabolismus der laktierenden Kuh

Harnstoff, chemisch Carbamid oder Kohlensäureamid, wird von vielen Lebewesen als ein Endprodukt des Stickstoffstoffwechsels produziert und ausgeschieden.
Harnstoff entsteht in der Leber in einem zyklischen Prozess. Beim Wiederkäuer ist der Harnstoff nicht nur Stoffwechselendprodukt, sondern steht lt. Püschner & Simon (1988)

über den ruminohepatischen (Pansen-Leber-)Kreislauf und den Speichel in erheblichen Umfang als $NH_3$-Quelle für die Eiweißsynthese zur Verfügung (Abbildung 1).

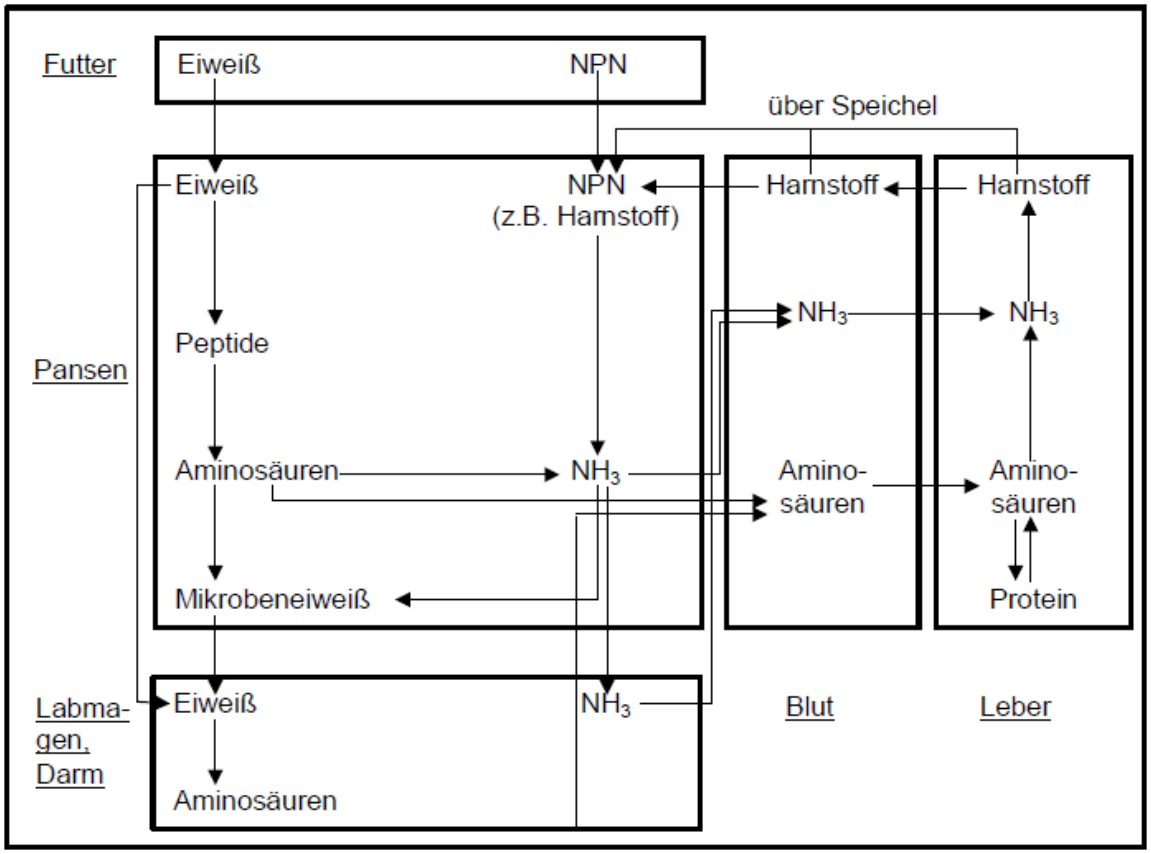


Abbildung 1: N-Stoffwechsel im Pansen (unter Berücksichtigung des ruminohepatischen Kreislaufs) (Püschner & Simon 1988)

Mit dem Futter werden stickstoffhaltige (N-) Verbindungen in Form von Proteinen und Nicht-Protein-Stickstoffverbindungen (NPN-Verbindungen), wie freie Aminosäuren, Nitrat, Harnsäure und Harnstoff aufgenommen (Abbildung 1). Das Futterrohprotein liegt als ruminal abbaubares und als ruminal unabbaubares Rohprotein (UDP) vor. Das ruminal abbaubare Protein wird beim Wiederkäuer zu einem großen Teil durch die proteolytischen Enzyme der Mikroorganismen im Pansen abgebaut: die Proteine werden zu Peptiden, diese dann zu Aminosäuren und diese größtenteils zu Ammoniak gespalten. NPN-Verbindungen werden direkt zu Ammoniak abgebaut (z.B. wird Harnstoff durch das Enzym Urease in Ammoniak und Kohlendioxid gespalten (Kirchgessner 2008)). Gleichzeitig wird im Zuge des mikrobiellen Wachstums Mikrobenprotein synthetisiert. Das UDP gelangt unabgebaut in den Duodenum. Mikrobenprotein und UDP ergeben zusammen das nutzbare Rohprotein (nXP) im Duodenum. Da schon geringe Mengen Ammoniak toxisch wirken (Spiekers et al. 2009), wird Ammoniak, der nicht den Mikroorganismen zum Aufbau von Mikrobenprotein dient, über den ruminohepatischen Kreislauf über die Pansenwand in die Blutbahn und von dort via Pfortaderblut in die Leber transportiert, wo er zu Harnstoff synthetisiert wird. Ein Teil des Harnstoffs gelangt bei laktierenden Kühen direkt

ins Euter und wird dort über die Milch ausgeschieden. Die Konzentrationsunterschiede zwischen Blut und Milch sind dabei gering (Rossow & Richardt 2003). Der andere Teil wird hauptsächlich über den Speichel wieder in den Pansen zurücktransportiert. Nach seinem Abbau zu Ammoniak steht er wieder als Stickstoffquelle zu Verfügung (Kirchgessner 2008). Überflüssiger Harnstoff wird auch über den Harn ausgeschieden (Steinwidder & Gruber 2000).

### 2.1.2 Milchharnstoffgehalt als Indikator für die Analyse der Stoffwechsellage von Milchkühen

In verschiedenen Fütterungsversuchen konnte nachgewiesen werden, dass der Milchharnstoffgehalt stark durch die Rohprotein- und Energieversorgung beeinflusst wird und unter Einbeziehung des Milcheiweißgehaltes als Kontrollparameter für die Einschätzung der Energie- und Rohproteinversorgung sehr gut geeignet ist (Kirchgessner et al. 1984, Carlsson & Bergström 1994, Hof et al. 1997, Steinwidder & Gruber 2000). Dabei kann davon ausgegangen werden, dass der Milchharnstoffgehalt die mittlere Blutharnstoffkonzentration zwischen den einzelnen Melkzeiten widerspiegelt (Piatkowski et al. 1981, Kaufmann 1982). Zu beachten ist bei der Interpretation der Harnstoffergebnisse allerdings, dass der Zeitpunkt der Fütterung vor dem Melken zu beachten ist (Steinwidder et al. 1998). Der Harnstoffgehalt in der Milch reagiert etwa drei bis vier Stunden nach der Fütterung auf Änderungen im Energie-Eiweißverhältnis des aufgenommenen Futters.
Die Beziehung zwischen den Milchinhaltsstoffen und der verfütterten Ration werden in der Praxis genutzt, um den Stoffwechselstatus der Kühe abzuschätzen und somit die Zielvorgaben an die Ration zu überprüfen und gegebenenfalls zu korrigieren (De Kruif et al. 1998). Um Rückschlüsse auf die Energie- und Proteinversorgung zu ziehen, werden die im Rahmen der Milchleistungs- und Qualitätsprüfung bestimmten Eiweiß- und Harnstoffgehalte der Milch einander gegenübergestellt (Duda & Spann 1991). Dies kann mit Hilfe der weit verbreiteten Neun-Felder-Tafel (Spohr & Wiesner 1991) geschehen (Abbildung 2). Die Anwendung der Neun-Felder-Tafel geht auf eine Veröffentlichung des Landeskontrollverbandes Rheinland aus dem Jahr 1993 zurück. Wichtige Grundlage für ihre Entwicklung war die Veröffentlichung von Mohrenstecher-Strie (1989) über den Einsatz von Milchharnstoffuntersuchungen in einem Herdenmanagementprogramm (Seggewiß 2004).

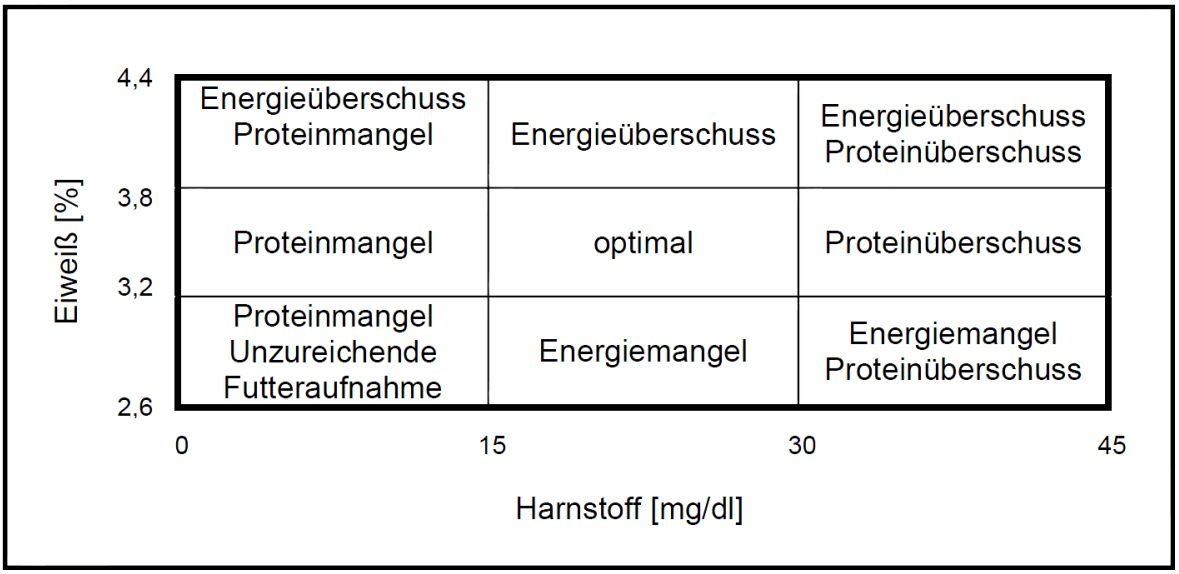


Abbildung 2: Neun-Felder-Tafel zur Beurteilung der Fütterungssituation (Spohr & Wiesner 1991)

Kirchgessner et al. (1986) werteten aus, dass sich der Milchharnstoffgehalt bei ausgeglichener Energie- und Rohproteinversorgung in Deutschland in einem Bereich von 150 - 300 mg/l befinden sollte. Der DLQ (2013) gibt dazu folgende Empfehlungen:

Als normal gelten Harnstoffgehalte zwischen 150 und 300 mg/l Milch, wobei Werte zwischen 200 und 250 mg/l Milch anzustreben sind.

Das bedeutet aber auch, dass mit einem sehr weiten Intervall mit feststehenden Grenzen und ohne Berücksichtigung anderer Faktoren (wie Milchmenge, Laktationsstadium, Alter der Tiere und Eutergesundheitsstatus) gearbeitet wird (Richardt et al. 2001a).

Niedrige Harnstoffwerte < 150mg/l Milch weisen auf eine unzureichende Proteinversorgung hin.

Ein Harnstoffgehalt > 300mg/l ist ein Hinweis auf einen Überschuss an abgebautem Futterprotein im Verhältnis zur Energie. Ein Eiweißüberschuss in der Ration belastet die Leber durch das beim Proteinabbau im Pansen entstehende Ammoniak. Bei nicht ausreichender Energieversorgung wird der Effekt noch verstärkt, weil die Entgiftung von Ammoniak zu Harnstoff in der Leber sehr energieaufwendig ist. Die durch eine Leberinsuffizienz induzierte Abwehrschwäche fördert das Entstehen von Erkrankungen und kann ab einer bestimmten Ammoniak-Blutkonzentration zu Encephalopathie mit zentralnervösen Symptomen führen (Rossow et al. 1994).

In Verbindung mit sehr hohen Eiweißgehalten deutet ein hoher Harnstoffgehalt auf einen Protein- und Energieüberschuss hin. Energieüberversorgungen treten vor allem in der Spätlaktation, aufgrund einer unzureichenden Anpassung der Fütterung auf die sinkende Milchleistung auf und sollte vermieden werden. Tiere, die in der Spätlaktation und in der Trockenstehphase mit Nährstoffen überversorgt werden, neigen zum Verfetten. Bei diesen Tieren kommt es zu Beginn der neuen Laktation zu einer verminderten Futteraufnah-

me und damit zu einem verstärkten Energiemangel. Die Folge davon sind das Lipomobilisationssyndrom, das vermehrte Auftreten von Stoffwechselstörungen („Milchfieber“, Ketosen, etc.) und ein erhöhtes Risiko für die Entstehung von Nachgeburtsverhalten, Euterentzündungen oder Labmagenverlagerungen (Stertenbrink 2009). Je besser die mikrobielle Proteinsynthese und der Stickstoffabbau im Pansen aufeinander abgestimmt sind (ruminale Stickstoffbilanz - RNB), desto niedriger sind die Stickstoffverluste in Form von ausgeschiedenem Harnstoff über die Milch (Richardt 2004).
Seggewiß (2004) stellte fest, dass zu Laktationsbeginn die Abschätzung der Energie- und Proteinversorgung mit Hilfe der 9-Felder-Tafel an Grenzen stößt, weshalb weitere Kontroll-Parameter wie beispielsweise der Fett-Eiweiß-Quotient Anwendung finden sollten.
Härle (2010) kam zu dem Schluss, dass es sehr schwierig ist, jede einzelne Kuh einer Herde zu jedem beliebigen Zeitpunkt im Laktationsverlauf bedarfsgerecht zu versorgen, zumal in der Regel nur wenige Tiere denselben Laktationsstatus zur selben Zeit aufweisen. Die Einteilung des Kuhbestandes in Leistungsgruppen beziehungsweise die Kombination aus einer aufgewerteten Grundration mit einer Verabreichung des Leistungskraftfutters über einen Kraftfutterautomaten stellen eine Möglichkeit dar, die bedarfsgerechte Versorgung der Milchkühe sicherzustellen (De Kruif et al. 1998).

### 2.1.3 Zusammenhang zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den N-Ausscheidungen über Kot und Urin

Der von der Milchkuh über Kot und Harn ausgeschiedene Stickstoff ist von Umweltrelevanz (Stamer et al. 2009). Dabei ist insbesondere der Urinharnstoff, der ca. 80 bis 85 % des Urinstickstoffes enthält, als Ausgangssubstrat für die Bildung von Ammoniak und anschließend von klimarelevantem Lachgas von besonderer Bedeutung (Flachkowsky & Lebzien 2007). Die Düngeverordnung (BMEL 2017) begrenzt den Anfall an Stickstoff aus Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft im Betriebsdurchschnitt auf maximal 170 kg N/ha. In den Niederlanden wird im Rahmen der Umsetzung der EU-Nitratrichtlinie in Milchviehbetrieben der N-Anfall mit der Gülle bzw. mit Stallmist und Jauche über Tabellen an Hand der mittleren Milchleistung der Herde und des Milchharnstoffgehaltes abgeschätzt (DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung 2008). Zur Beurteilung der N-Versorgung der Pansenmikroben hat sich der Milchharnstoffgehalt als feste Größe im Rationscontrolling bei der Milchkuh etabliert (Spiekers 2005). Darüber hinaus gibt es eine Reihe von Hinweisen, dass der Milchharnstoffgehalt in enger Beziehung zur Ausscheidung des Stickstoffs mit Kot und Harn steht (Jilg et al. 1999). Auch Jonker et al. (1998) wie auch Bannink und Hindle (2003), Burgos et al. (2007) und Powell et al. (2011) empfehlen den Milchharnstoffgehalt zu nutzen, um den Zusammenhang zwischen der

Milchharnstoffkonzentration, der Stickstoffausscheidungen über Kot und Harn und den Ammoniakemmisssionen von Milchviehbetrieben aufzuzeigen. Bockmann et al. (1997) schätzten tierbedingte Korrelationen von $r_g = 0,50$ bis $r_g = 0,60$ zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den Stickstoffausscheidungen über Kot und Urin. Laut Oltner und Wiktorsson (1983) sowie Röseler et al. (1993) wirkt sich die Blut-Harnstoff-Konzentration direkt auf die Konzentration des Milchharnstoffgehaltes aus, da der Harnstoff frei aus dem Blut in die Milch diffundiert. Die Blut-Harnstoff-Konzentration wird von mehreren Faktoren beeinflusst, wie der Proteinkonzentration (Baker et al. 1995; Oltner et al. 1985; Röseler et al. 1993) und der Kohlenhydrat-Zusammensetzung der Ration (Lykos et al. 1997). Van Duinkerken et al. (2011) kommen auf Grund ihrer Untersuchungen zum Schluss, dass die Emission von Ammoniak stark von der Ration und der Umgebungstemperatur beeinflusst wird. Die Ammoniak-Emissionen steigen expotential mit wachsendem Milchharnstoffgehalt sowie um 2,6 % bei Zunahme der Umgebungstemperatur um 1° C.
Nach Bannink und Hindle (2003) lässt sich die N-Ausscheidung über Kot und Harn wie folgt kalkulieren:

N-Ausscheidung [g N/Tag] = 124 + (1320 x Milchharnstoff-N [g N/kg Milch])
+ (1,87 x Milch-N [g N/Tag]) - (6,90 x Milchmenge [kg/Tag])

Laut Jilg et al. (1999) korrespondieren Milchharnstoffgehalte von 20 mg/100 ml mit einer ausgeglichenen ruminalen N-Bilanz (RNB=0). Eine durchschnittliche Erhöhung des Milchharnstoffgehaltes um 10 mg/100 ml Milch erhöht die N-Ausscheidung pro Jahr um ca. 20 kg und Kuh.

Zudem ist Eiweiß ein teurer Bestandteil der Futterration. Eine Überangebot in der Ration führt, neben der Umweltrelevanz, zu einer Belastung der Tiere und reduziert den Gewinn der Milchproduktion. Deshalb benötigen die Milcherzeuger neue Ansätze, um ihr Stickstoffmanagement, als Preis für steigende Leistungen, zu verbessern (Gourley et al. 2012).

## 2.2. Untersuchungsmethoden des Milchharnstoffgehaltes

Zur Untersuchung des Milchharnstoffes kommen im großen Umfang zwei Untersuchungsmethoden zur Anwendung. Dies ist zum einem die Diacetylmonoxim-Methode (DAM-Methode) und zum anderem die Infrarot-Methode (IR-Methode). Die IR-Methode ist die am häufigsten verwendete Analyse-Methode in der MLP, da sie kostengünstiger ist. Neben den relevanten Parametern für die MLP wird auch der Milchharnstoff am gleichen

Gerät ohne zusätzlichen Arbeitsaufwand gemessen, wohingegen bei der DAM-Methode für die Messung des Milchharnstoffes ein weiterer Arbeitsschritt an einem anderen Analysegerät (Continuous-Flow-Analyzer) notwendig ist. Die DAM-Methode ist eine photometrische Bestimmung des Harnstoffs, bei der durch eine chemische Reaktion ein Farbkomplex gebildet und gemessen wird. Im Gegensatz zu IR-Methode wirken bei der DAM-Methode die tierindividuellen Eigenschaften sowie spezielle Eigenschaften der Probe, wie z.B. die Milchinhaltsstoffe sich nicht auf das Ergebnis der Untersuchung aus (Kolbe 2012). Mitchel et al. (2005) verglichen Heritabilitäten und genetischen Korrelationen des Milchharnstoffgehaltes von 625.000 amerikanischer Holstein-Kühen mit anderen Parametern aus beiden Untersuchungsmethoden und fanden signifikante Unterschiede auf Grund der Untersuchungsmethode. So schätzten sie nach der IR-Methode für die erste und zweite Laktation Heritabilitäten für den Milchharnstoffgehalt von $h^2$=0,22 bzw. $h^2$=0,23, für die Laktationen von eins bis fünf von $h^2$=0,22. Mit der DAM-Methode waren die geschätzten Werte für die jeweiligen Tiergruppen niedriger, $h^2$=0,14 für die erste, $h^2$=0,09 für die zweite und $h^2$=0,15 für die 1. bis 5. Laktation.
Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die Unterschiede in den Heritabilitäten zum Teil mit den unterschiedlichen Untersuchungsmethoden erklärt werden können und dass die Ergebnisse aus IR- und DAM-Methode generell unterschiedliche Merkmale sind. Die Autoren erklären die Unterschiede zwischen den Methoden ebenfalls damit, dass bei der IR-Methode das Messergebnis für den Milchharnstoff von der Höhe der Anteile anderer Milchinhaltstoffe, wie Fett, Protein und dem somatischen Zellgehalt beeinflusst wird. Deshalb empfehlen Mitchel et al. (2005) die DAM-Methode zur Bestimmung des Milchharnstoffgehaltes als besseren Indikator zur Schätzung von genetischen Unterschieden zwischen Einzelkühen gegenüber der IR-Methode.

## 2.3. Umweltbedingte Einflussfaktoren auf den Milchharnstoffgehalt

### 2.3.1. Saisonale Einflüsse auf den Milchharnstoffgehalt

Saisonale Einflüsse auf den Milchharnstoff werden in der Literatur unterschiedlich diskutiert. Härle (2010) fand in seinen Untersuchungen bei ca. 4.000 Kühen keinen gesicherten Zusammenhang zwischen der Jahreszeit und dem Milchharnstoffgehalt. Andere Autoren (Refsdal et al. 1985 und Buchberger et al. 1989) brachten die sich ändernde Nährstoffversorgung in Verbindung mit saisonalen Schwankungen. Als Gründe hierfür werden die variierenden Rohproteingehalte in der Ration gesehen (Kirchgessner et al. 1988). Hojman et al. (2004) konnten allerdings auf der Basis der Ergebnisse von 105.000 israelischen Milchkühen einen direkten Einfluss der Jahreszeit auf die Milchharnstoffkonzentration

beobachten. Sie fanden in ihren Untersuchungen bei ganzjähriger Stallhaltung und relativ konstanter Ration ohne den Einsatz von Grünfutter, dass im November die Harnstoffkonzentration den niedrigsten Stand erreichte, in den folgenden Winter- und Frühjahrsmonaten anstieg und der Peak im Juni zu beobachten war. Zum Herbst nahm dann der Harnstofflevel wieder kontinuierlich ab. Damit war die Kurve des Milchharnstoffgehaltes spiegelverkehrt zum Milcheiweißgehalt. Hojman et al. (2004) gehen deshalb von einer direkten Beziehung zwischen den beiden Merkmalen aus (Abbildung 3).

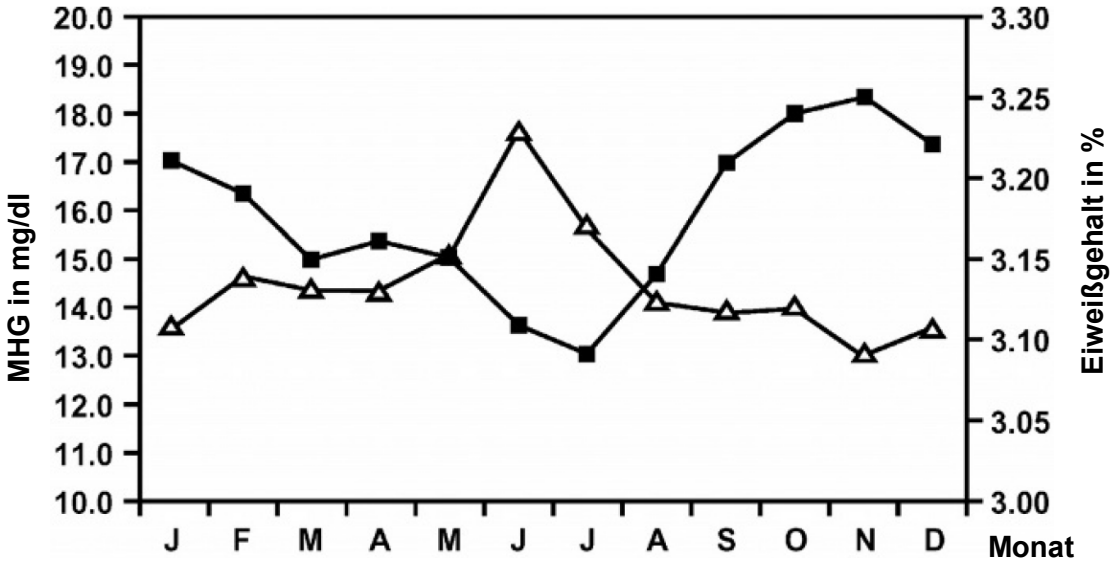


Abbildung 3: Milchharnstoff- (∆) und Proteingehalt (■) im Jahresverlauf (Hojmann et al. 2004)

### 2.3.2. Einfluss des Laktationsstadiums auf den Harnstoffgehalt

Der Einfluss des Laktationsstadiums auf den Milchharnstoffgehalt wurde in verschiedenen Publikationen betrachtet. Allerdings ergibt sich aus diesen Untersuchungen kein einheitliches Bild. Emanuelson et al. (1993) fanden in einem Fütterungsexperiment den höchsten Harnstoffgehalt zwischen dem 60. und 90. Laktationstag. Godden et al. (1984) berichteten, dass der Harnstoffgehalt in den ersten 60 Tagen post partum am geringsten ist, dann bis zum 150. Laktationstag stetig ansteigt, um danach wieder abzufallen. Dies deckt sich weitgehend mit den Ergebnissen von Steinwidder & Gruber (2000), die die höchsten Milchharnstoffgehalte um den 100. Laktationstag fanden. In den Untersuchungen von Arunvipas et al. (2003) anhand von 68.000 Datensätzen von 10.700 Kühen wurde der niedrigste Harnstoffgehalt im ersten Laktationsmonat gefunden, dieser stieg dann bis zum vierten Laktationsmonat stark an. In den folgenden beiden Laktationsmonaten war ein weiterer, aber geringerer, Anstieg als in den ersten beiden Monaten zu beobachten. Auch

Hojman et al. (2004) und Giger et al. (1997) berichten über einen stetigen Anstieg des Harnstoffgehaltes im Laufe der Laktation.

Allerdings fanden Ng-Kwai-Hang et al. (1985), dass der Harnstoffgehalt nach der Kalbung stark absinkt um zum Laktationsende langsam anzusteigen. Ihren Untersuchungen lagen 28.000 Datensätzen von 3.600 Kühen aus 62 Holstein-Herden zu Grunde.

Hoffmann & Steinhöfel (1990) sowie Schepers & Meijer (1998) fanden keinen signifikanten Einfluss des Laktationsstadiums auf den Milchharnstoffgehalt bei 20 deutschen bzw. 356 niederländischen Holstein-Kühen.

Richardt et al. (2001b) verweisen darauf, dass in der Literatur der Einfluss des Laktationsstadiums nicht als Einfluss des Laktationstages auf den Milchharnstoffgehalt geprüft wurde. In der Regel beschränkten sich die Analysen auf die Untersuchung einzelner Laktationsabschnitte und evtl. auf die Darstellung als zufälligen Effekt. Dadurch können laktationsabhängige Effekte wie z. B. die Milchleistung nicht exakt vom Einfluss des Laktationstages getrennt werden. Dies dürfte mit eine Ursache für die in der Literatur teilweise sehr gegensätzlichen Ergebnisse sein. Die Untersuchungen von Richardt et al. (2001) zeigen, dass sich Tiere im ersten Laktationsdrittel mit einem Abstand von 30 Laktationstagen um etwa 10 mg/l im Milchharnstoffgehalt unterscheiden (bei gleicher Eiweißmengenleistung je Tier und Tag) und dass im ersten, verglichen mit dem zweiten und dritten Laktationsdrittel, ein stark negativer Einfluss auf die Höhe des Milchharnstoffgehaltes besteht. Dies wird mit den Veränderungen im Verhältnis von Nährstoffaufnahme und Leistung der Tiere erklärt, da nahezu über das gesamte erste Laktationsdrittel hinweg (etwa achte bis zwölfte Laktationswoche) die Futteraufnahme in der Regel begrenzt ist, während die Milchleistung ansteigt und in der vierten bis achten Woche den Höhepunkt erreicht.

Stamer et al. (2011) untersuchten das Verhalten des Milchharnstoffgehaltes im Laufe der Laktation auf Grundlage der Daten von 17.281 erst- und zweitlaktierenden Holstein-Kühen aus 1.443 Milchviehbetrieben der Region Ostfriesland zwischen dem 5. und 330. Laktationstag (Abbildung 4). Sie kommen zu dem Schluss, dass sich bis zum 14. (1. Laktation) bzw. 11. (2. Laktation) Laktationstag eine leichte Abnahme des MHG zeigt, um anschließend am 153. bzw. 136. Laktationstag das jeweilige Maximum zu erreichen. Bis zum Ende der Laktation sinkt der mittlere Harnstoffgehalt der Milch nur noch geringfügig. Abgesehen von den ersten vierzehn Tagen der Laktation, ähnelt bei ihnen der Verlauf, allerdings mit Verzögerung, dem der Milchmenge.

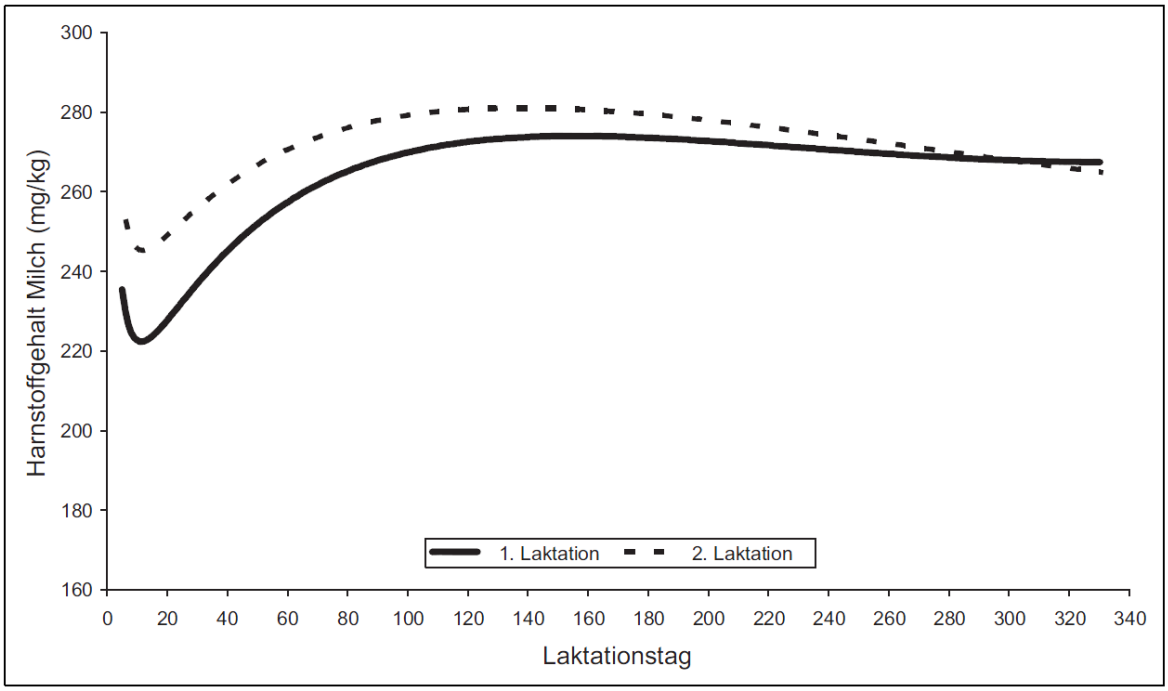


Abbildung 4: Milchharnstoffgehalt im Laktationsverlauf erst- und zweitlaktierender Kühe (Stamer et al. 2011)

### 2.3.3. Einfluss der Laktationsnummer

Johnson & Young (2003) fanden die niedrigsten Milchhharnstoffwerte in der ersten Laktation mit allerdings geringen Unterschieden zwischen den einzelnen Laktationen. Sie konnten diese Beziehungen bei Kühen der Rasse Holstein-Schwarzbunt, wie auch bei Jersey-Tieren nachweisen. Auch Godden et al. (2001) fanden nur geringe aber signifikante Unterschiede zwischen den Laktationen. Auch sie beschrieben, dass in der ersten Laktation der niedrigste Wert auftrat.

Nach Untersuchungen von Jonker et al. (1999) wurde in der ersten Laktation eine Harnstoffkonzentration von 16,3 mg/dl, in der zweiten von 16,8 mg/dl und in der dritten von 16,2 mg/dl gefunden. Ähnliche Ergebnisse stellten auch Wood et al. (2003) auf der Basis der Daten von 36.000 Prüftagsergebnissen von 6.100 kanadischen Holsteins fest, wie auch Richardt et al. (2001b), die für die erste bis fünfte Laktation Durchschnittswerte von 239, 242, 238, 235 und 237 mg Harnstoff/l Milch angaben.

Roever (1983) führte die niedrigen Werte in der ersten Laktation auf eine noch nicht voll entwickelte Kapazität der Leber für die Harnstoffsynthese zurück. Den ab der dritten Laktation beobachteten Abfall des Harnstoffwertes begründet er mit einer abnehmenden Harnstoffsynthesekapazität mit zunehmendem Alter.

Keinen Zusammenhang zwischen Laktationsnummer und Harnstoffgehalt nachweisen konnten dagegen Carlsson et al. (1995). Den Untersuchungen lagen allerdings lediglich Ergebnisse von 510 Kühen aus sechs Betrieben zu Grunde.

### 2.3.4. Betriebseinfluss

Carlsson et al. (1995) sehen den Betriebseinfluss auf den Harnstoffgehalt vor allem in den Unterschieden in der Fütterung und im Leistungsniveau begründet. Nach Bastin et al. (2009) wird die Varianz des Harnstoffgehaltes zu 48 % durch den Einfluss des Betriebes bzw. des Herdentestages erklärt. Den Autoren standen für ihre Arbeit 610.000 Prüftagsergebnisse aus 630 belgischen Milchviehbetrieben zur Verfügung. Dies wird als Zeichen dafür angesehen, dass der Betriebs- und Umwelteinfluss wichtige zu beachtende Faktoren bei der Betrachtung des Harnstoffgehaltes sind.
Auch Stoop et al. (2007) beschreiben, auf Grundlage von 5.500 Daten von 1.900 Kühen aus 400 niederländischen Betrieben, dass der Betriebseffekt einen großen Einfluss auf den Harnstoffgehalt hat und vermuten, dass dies hauptsächlich auf unterschiedliche Fütterungsregime zwischen den Betrieben zurück zu führen ist. Auch Wood et al. (2003) sehen das Management der Rationsgestaltung als hauptsächlichen Faktor in der Varianz des Milchharnstoffgehaltes, insbesondere die bedarfsgerechte Eiweißversorgung der Herden. Sie berücksichtigten bei ihren Auswertungen 36.000 Milchproben von 6.100 Kühen aus 200 kanadischen Herden.
Richardt et al. (2001b) berücksichtigten in ihrem Modell den Betriebseinfluss als zufälligen Effekt und stellten einen nur geringen Einfluss auf den Milchharnstoffgehalt fest. Der nur sehr geringe Anteil des Betriebseffektes sagt ihrer Meinung nach aus, dass über das ganze Jahr hinweg bestehende Unterschiede zwischen den Betrieben, wie z. B. Betriebsgröße, Fütterungs- und Haltungssystem, nur in vergleichsweise geringem Umfang wirksam werden. Dies wird durch die Untersuchungen von Schulz & Sieck (1996) bestätigt.

## 2.4. Beziehungen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und verschiedener Milchleistungsmerkmale

### 2.4.1. Fettgehalt

Laut Stamer et al. (2011) ist der Fettgehalt, mit Ausnahme in den ersten 20 Tagen der ersten Laktation, mit dem Harnstoffgehalt leicht positiv korreliert. In der zweiten Laktation wurden Werte von $r_g$=0,21 bis $r_g$=0,41 für einzelne Abschnitte geschätzt. Stoop et al. (2007), wie auch Wenninger & Distl (1993), fanden für Tiere in der ersten Laktation ebenfalls eine leicht positive genetische Beziehung ($r_g$=0,07). Johnson & Young (2003) dagegen berichten, dass mit steigendem Harnstoffgehalt der Fettgehalt bei Kühen der Rassen Holstein-Schwarzbunt und Jersey sinkt. Broderick & Clayton (1997) beschrieben ebenfalls negative genetische Beziehungen zwischen Harnstoff- und Fettgehalt.

Jonker et al. (1998) schätzten ein, dass sich der Harnstoffgehalt um ± 1,70 mg/dl im Laktationsdurchschnitt ändert, wenn der Fettgehalt um ± 0,5 % variiert.
Carlsson & Bergström (1994) kamen zu dem Schluss, dass das Verhältnis zwischen Harnstoff- und Fettgehalt indirekt ein Resultat der Fütterungskomponenten oder aber ein direkter Effekt des Fettgehaltes auf den Harnstoffgehalt sein kann.

### 2.4.2. Fettmenge

Die genetischen Korrelationen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und der Fettmenge wird als niedrig eingeschätzt (Wood et al. 2003, Stamer et al. 2011). Bei Stamer et al. (2011), auf Basis von 17.000 Prüftagsergebnisse von Kühen der ersten und zweiten Laktation, steigen die Korrelationen abhängig vom Laktationsstadium von $r_g$=-0,17 (1.-20. Laktationstag) bis $r_g$=0,24 (261.-300. Laktationstag) in der ersten Laktation kontinuierlich an. In der zweiten Laktation wurde der niedrigste Wert ebenfalls in der Klasse 1.-20. Laktationstag mit $r_g$=-0,01 beobachtet, der höchste vom 101.–140. Laktationstag ($r_g$=0,24). Wood et al. (2003) fanden in der ersten Laktation ($r_g$=0,01) deutlich niedrigere Korrelationsfaktoren zwischen den beiden Parameter als in der zweiten ($r_g$=0,32) und dritten ($r_g$=0,20).
Stoop et al. (2007) schätzten positive genetische Zusammenhänge ($r_g$=0,41) beider Parameter für Kühe in erster Laktation.
Miglior et al. (2007) dagegen fanden keine gesicherten genetischen Beziehungen zwischen Harnstoff und Fettmenge in der Milch, bei 61.000 Datensätzen von 5.000 Kühen.

### 2.4.3. Eiweißgehalt

In den meisten Veröffentlichungen wurden schwach bis moderat positive Korrelationen zwischen dem Harnstoff- und Eiweißgehalt in der Milch gefunden. Stoop et al. (2007) z.B. schätzten einen Wert von $r_g$=0,27 bei Kühen in der ersten Laktation. Stamer et al. (2011) fanden in der ersten und zweiten Laktation kontinuierlich ansteigende Werte von $r_g$=0,03 bis $r_g$=0,24 bzw. $r_g$=0,34 bis $r_g$=0,57.
Rajala-Schultz & Saville (2003) konnten für Herden mit niedriger Milchleistung keine signifikante Beziehung der beiden Parameter finden, wohl aber ebenfalls eine positive Korrelation in Herden mit hoher Milchleistung.
Goddon et al. (2001) fanden in ihren Studien dagegen eine leicht negative nicht lineare Beziehung zwischen dem Harnstoff- und Eiweißgehalt.

### 2.4.4. Eiweißmenge

Stamer et al. (2011) fanden negative genetische Beziehungen in den ersten beiden Laktationsdritteln für Kühe der ersten und zweiten Laktation zwischen dem Harnstoffgehalt und der Eiweißmenge ($r_g$=-0,01 bis $r_g$=-0,29). Im zweiten Drittel der Laktationen ermittelten sie leicht positive genetische Beziehungen ($r_g$=0,06 bis $r_g$=0,20), wohingegen Richardt et al. (2001b), Wood et al. (2003) und Stamer et al. (2009) positive genetische Zusammenhänge schätzten. Wie Richardt et al. (2001b) beschreiben auch Stamer et al. (2011), dass der Einfluss der Eiweißmenge auf den Harnstoffgehalt im letzten Laktationsdrittel abnimmt.
Miglior et al. (2007) konnten keinen gesicherten Zusammenhang der beiden Parameter nachweisen.

### 2.4.5. Zellgehalt

Der Zusammenhang zwischen Milchharnstoffgehalt und Zellgehalt, als Hilfsmerkmal für subklinische Eutererkrankungen, wird von verschieden Autoren mit unterschiedlichen Ergebnissen beschrieben. Laut Wolfschoon-Pombo (1981) können Eutererkrankungen zu einer veränderten Blut-Milch-Schranke und somit zu einer Konzentrationsveränderung verschiedener Stoffe in der Milch führen. Durch die Permeabilitätszunahme der Milchdrüsenmembran diffundieren Blutbestandteile zur Aufrechterhaltung des osmotischen Drucks leichter in das Alveolarlumen. Der Milchharnstoffgehalt scheint davon wenig beeinflusst. So fanden Richardt et al. (2001b) einen gering negativen Effekt des Gehaltes an somatischen Zellen auf den Milchharnstoffgehalt. Zum gleichen Ergebnis kommen auch Gutjahr et al. (1997), Goddon et al. (2001) und Miglior et al. (2007). Johnson & Young (2003) schätzten ebenfalls eine leicht negative Korrelation für die Rassen Deutsche Schwarzbunt und Jersey.
Stamer et al. (2011) stellten fest, dass bei Kühen in der ersten und zweiten Laktation ein höherer Zellgehalt mit steigenden Harnstoffgehalten einhergeht. Wobei sich die genetischen Beziehungen von $r_g$=-0,07 bis $r_g$=0,27 innerhalb von acht Laktationsstadien bewegen.
Eicher et al. (1999) fanden hingegen keinen signifikanten Zusammenhang der beiden Merkmale, wobei die Datenbasis mit 418 Milchproben relativ gering war.

### 2.4.6. Milchmenge

Die genetische Beziehung zwischen dem Milchharnstoffgehalt und der Milchmenge wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Carlsson et al. (1995) und Goddon et al. (2001) z.B. wiesen auf einen signifikant positiven Einfluss der Milchmenge auf den Harnstoffgehalt

hin. Alexander-Katz (1992) schätzte genetische Zusammenhänge von $r_g$=0,30 bis $r_g$=0,38, König et al. (2008) von $r_g$= 0,44 auf Basis der Daten von 73.000 Deutschen Holstein-Kühen.

Wattiaux et al. (2005) fanden große Unterschiede zwischen Kühen der ersten und ab der zweiten Laktation sowie ein Absinken des Harnstoffgehaltes bei hohen Milchleistungen.

Mucha & Strandberg (2011) schätzten positive genetische Zusammenhänge zu Beginn der Laktation und negative zum Ende auf Grundlage von 635.000 Prüftagsergebnissen von 77.000 schwedischen Holsteins, im Gegensatz zu Stamer et al. (2011), die negativen Beziehungen über fast den gesamten Laktationsverlauf fanden (Tabelle 1). Lediglich für die Klasse vom 261. bis 300. Laktationstag konnten sie eine leicht positive Korrelation für Tiere der ersten und zweiten Laktation feststellen.

Während Wood et al. (2003) und Gustafsson & Carlson (1993) keine signifikanten Zusammenhänge schätzten, war die Beziehung zwischen dem Harnstoffgehalt und der Milchleistung bei den Untersuchungen von Broderick & Clayton (1997) leicht negativ.

Tabelle 1: Genetische Korrelationen zwischen dem Harnstoffgehalt der Milch und den Milchleistungsmerkmalen, der log. Zellzahl und der Harnstoffmenge erst- und zweitlaktierender Kühe in acht verschiedenen Laktationsstadien (Stamer et al. 2011)

| | Laktation | Laktationstag | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 20 | 60 | 100 | 140 | 180 | 220 | 260 | 300 |
| Milchmenge (kg) | 1 | −0,08 | −0,19 | −0,22 | −0,20 | −0,16 | −0,11 | −0,03 | 0,10 |
| | 2 | −0,32 | −0,27 | −0,26 | −0,27 | −0,27 | −0,24 | −0,14 | 0,02 |
| Fettgehalt (%) | 1 | −0,13 | 0,10 | 0,17 | 0,16 | 0,14 | 0,14 | 0,16 | 0,17 |
| | 2 | 0,26 | 0,34 | 0,39 | 0,41 | 0,41 | 0,38 | 0,32 | 0,21 |
| Fettmenge (kg) | 1 | −0,17 | −0,07 | −0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,09 | 0,16 | 0,24 |
| | 2 | −0,01 | 0,14 | 0,22 | 0,24 | 0,23 | 0,21 | 0,18 | 0,15 |
| Eiweißgehalt (%) | 1 | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,24 |
| | 2 | 0,34 | 0,40 | 0,47 | 0,52 | 0,55 | 0,58 | 0,59 | 0,57 |
| Eiweißmenge (kg) | 1 | −0,04 | −0,20 | −0,25 | −0,21 | −0,14 | −0,05 | 0,06 | 0,20 |
| | 2 | −0,29 | −0,24 | −0,17 | −0,11 | −0,06 | −0,01 | 0,07 | 0,15 |
| Zellzahl (SCS) | 1 | −0,07 | −0,03 | 0,04 | 0,10 | 0,15 | 0,19 | 0,23 | 0,27 |
| | 2 | −0,16 | −0,03 | 0,08 | 0,14 | 0,18 | 0,21 | 0,22 | 0,21 |
| Harnstoffmenge (g) | 1 | 0,75 | 0,68 | 0,57 | 0,51 | 0,50 | 0,51 | 0,57 | 0,65 |
| | 2 | 0,72 | 0,69 | 0,65 | 0,62 | 0,60 | 0,59 | 0,57 | 0,53 |

### 2.4.7. Harnstoffmenge

Die Frage, ob es sich beim Harnstoffgehalt und der Harnstoffmenge in der Milch um identische Merkmale handelt verneinen Stamer et al. (2011) auf Grund ihrer Untersuchungen

anhand der Daten von 17.281 Kühen, da beide Merkmale lediglich in einem Bereich von $r_g$=0,50 bis $r_g$= 0,75 miteinander genetisch korreliert sind. Unterschiede zwischen Tieren der ersten und zweiten Laktation waren dabei nur marginal. Innerhalb der Laktation waren die höchsten genetischen Beziehungen unmittelbar nach dem Abkalben zu beobachten (Tabelle 1).

In ihren Untersuchungen von 2009 auf der Grundlage von Daten von 589 erstlaktieren Kühen kommen Stamer et al. allerdings zu dem Schluss, dass die Harnstoffmenge und –gehalt sehr hoch miteinander korreliert sind ($r_g$=0,85) und dass die Harnstoffmenge deshalb als Stellvertretermerkmal für die Konzentration anzusehen ist. Stoop et al. (2007) fanden genetische Abhängigkeiten beider Merkmale in der Größenordnung von $r_g$= 0,77, wobei die Korrelationswerte von Harnstoffgehalt und –menge zu den anderen Milchleistungsmerkmalen stark voneinander abwichen und somit nicht von einem identischen Merkmal ausgegangen werden sollte.

Eine Übersicht über publizierte genetische Korrelationen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den täglichen Milchleistungsmerkmalen sowie dem Somatic Cell Score (SCS) ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Übersicht publizierter genetischer Korrelationen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den täglichen Milchleistungsmerkmalen sowie dem Somatic Cell Score (SCS)

| Autoren | LA-nummer | Milchmenge | Fettgehalt | Fettmenge | Eiweißgehalt | Eiweißmenge | SCS | Harnstoffmenge |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wood et al. (2003) | 1.LA | 0,11 | - | 0,01 | - | 0,04 | - | - |
| | 2.LA | 0,17 | - | 0,32 | - | 0,22 | - | - |
| | 3.LA | -0,05 | - | 0,20 | - | 0,06 | - | - |
| Miglior et al. (2007) | 1.-3. LA | 0,222 | 0,286 | - | 0,037 | - | -0,092 | - |
| Stoop et al. (2007) | 1. LA | 0,24 | 0,19 | 0,41 | 0,27 | 0,38 | 0,85 | 0,77 |
| Stamer et al. (2009) | 1. LA | 0,39 | -0,22 | 0,24 | -0,41 | 0,25 | -0,24 | 0,85 |
| Stamer et al. (2011) | 1.LA* | -0,22-0,10 | -0,13-0,17 | -0,17-0,24 | 0,02-0,24 | -0,25-0,20 | -0,08-0,27 | 0,50-0,75 |
| | 2.LA* | -0,32-0,02 | 0,21-0,41 | -0,01-0,24 | 0,34-0,59 | -0,29-0,15 | -0,16-0,21 | 0,53-0,72 |
| Kgole (2013) | 1.LA | 0,05 | - | 0,01 | - | 0,05 | - | - |
| | 2.LA | 0,10 | - | 0,03 | - | 0,06 | - | - |
| | 3.LA | 0,08 | - | 0,04 | - | 0,07 | - | - |

*in acht verschiedenen Laktationsstadien

## 2.5. Genetische Einflussfaktoren auf den Milchharnstoffgehalt

### 2.5.1. Einfluss der Rasse

Rasseeinflüsse auf den Milchharnstoffgehalt wurden von verschiedenen Autoren beschrieben. So fanden Rodriguez et al. (1997) bei Jersey Kühen höhere Harnstoffwerte als bei HF-Tieren. In Untersuchungen von Steinwidder & Gruber (2000) wiesen Kühe der Rasse Fleckvieh leicht signifikant höhere Milchharnstoffgehalte als HF-Kühe auf. Die Werte der Kühe der Rasse Braunvieh lagen deutlich über denen der Jersey Kühe.

Auch Wattiaux et al. (2005) berichteten darüber, dass bei Kühen der Rasse HF die niedrigsten Harnstoffgehalte gefunden wurden (12,8 mg/dl) im Vergleich mit Tieren der Ras-

sen Jersey (14,0 mg/dl) und Brown Swiss (14,8 mg/dl). Ihre Untersuchungen bezogen sich auf 77.000 Kühe sechs verschiedener Rassen aus 692 Betrieben des mittleren Westens der USA, wobei die Milchmengenleistung als fixer Effekt im Modell berücksichtigt wurde.

Johnson & Young (2003) dagegen fanden in ihrer Studie, dass die HF-Tiere die höheren Harnstoffwerte im Vergleich mit Jersey Kühen aufwiesen. Sie schätzten den Rasseeffekt basierend auf dem Körpergewicht, wie auch Jonker et al. (1998) und kamen zu dem Schluss, dass schwerere Kühe einen niedrigeren Harnstoffgehalt als leichtere Kühe aufweisen.

Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen wurden in den Untersuchungen von Carlsson et al. (1995) und Kauffmann & St.-Pierre (2001) keine Unterschiede auf Grund der Rasse festgestellt, allerdings lagen diesen Studien lediglich die Ergebnisse von 510 bzw. 16 Kühe zu Grunde.

### 2.5.2. Heritabilitäten des Milchharnstoffgehaltes

Die gefundenen Heritabilitäten für den Milchharnstoffgehalt schwanken zwischen $h^2$=0,09 (2. Laktation) bei Mitchel et al. (2005) und $h^2$=0,59 (2. Laktation) bei Wood et al. (2003), wobei die Unterschiede zwischen den einzelnen Laktationen gering sind, z.B. bei Miglior et al. (2007) $h^2$=0,39 in der ersten, $h^2$=0,38 in der zweiten und $h^2$=0,41 in der dritten Laktation.

Auch Stamer et al. (2011) fanden nur geringfügige Differenzen zwischen den simultan geschätzten Heritabilitäten von Kühen der ersten und zweiten Laktation. Bis zum ca. 80. Laktationstag ergaben sich additiv-genetische Varianzanteile zwischen $h^2$=0,13 und $h^2$=0,20, wobei die Schätzwerte für die zweitlaktierenden Kühe um ca. $\Delta$ $h^2$=0,04 unter denen der der ersten Laktation lagen. In den folgenden Laktationsabschnitten zeigte sich mit $h^2$=0,19 bis $h^2$=0,22 ein nahezu übereinstimmendes Niveau zwischen den beiden Laktationen.

Unterschiede sind ebenfalls innerhalb der Laktation festzustellen. So schätzten Stamer et al. (2009) in Abhängigkeit von verschiedenen Laktationsstadien Heritabilitäten zwischen $h^2$=0,28 und $h^2$=0,48 vom 8. bis 180. Laktationstag, wobei um den 75. bis 90. Laktationstag die höchsten Werte zu beobachten waren (Abbildung 5).

Mitchel et al. (2005) werteten ihr Datenmaterial jeweils mit der DAM- und der IR-Methode aus. Sie kommen für die erste und zweite sowie für die erste bis fünfte Laktation zu unterschiedlichen Ergebnisse, wobei die geschätzten Heritabilitäten aus den Messergebnissen der DAM-Methode unter denen auf Grundlage mit der IR-Methode gemessenen Werten liegen (Tabelle 3).

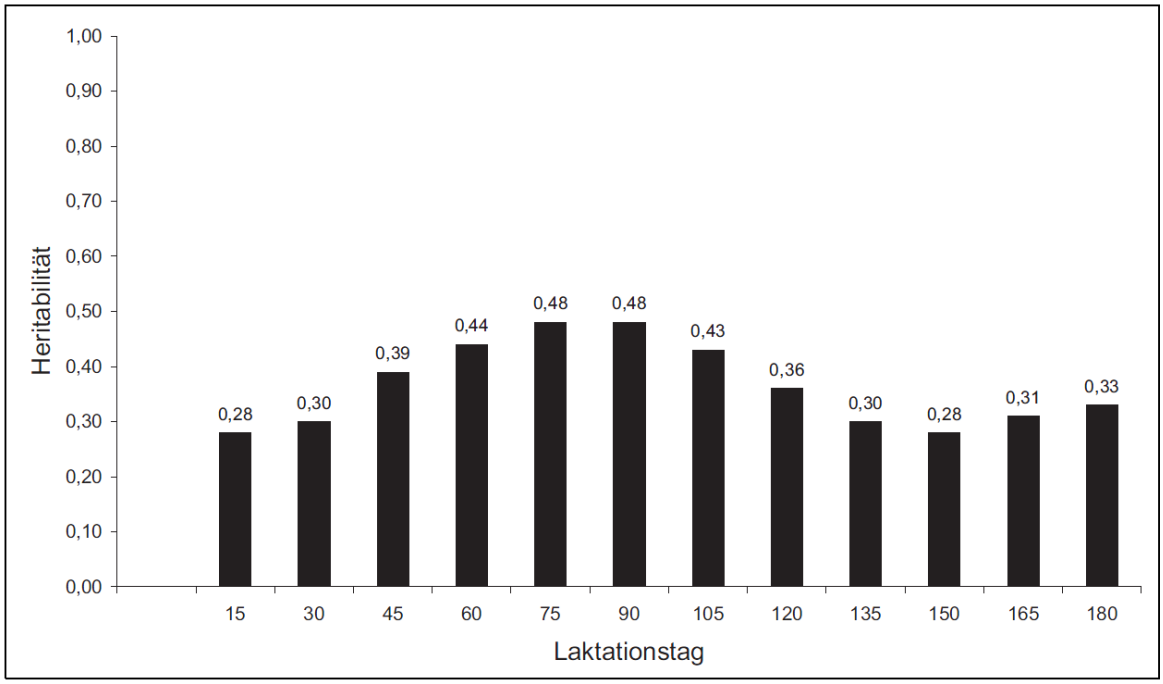


Abbildung 5: Heritabilitäten für den Harnstoffgehalt der Milch im Laktationsverlauf (Stamer et al. 2009)

Stamer et al. (2011) kommen auf Grund ihrer geschätzten Werte zu dem Schluss, dass die gefundene genetische Variabilität für eine Selektion auf den Milchharnstoffgehalt ausreicht und ein bisher nicht genutzter tierindividueller Indikator tierzüchterisch zur Verfügung steht.

Tabelle 3: Übersicht publizierter Heritabilitäten für den Harnstoffgehalt von Kühen der Rasse Holstein-Schwarzbunt

| **Autoren** | **Laktation** | **$h^2$** | **Messmethode** |
|---|---|---|---|
| Wood et al. (2003) | 1. LA | 0,44 | IR-Methode |
| | 2. LA | 0,59 | IR-Methode |
| | 3. LA | 0,48 | IR-Methode |
| Mitchell et al. (2005) | 1. LA | 0,14 | DAM-Methode |
| | 2. LA | 0,09 | DAM-Methode |
| | 1.-5. LA | 0,15 | DAM-Methode |
| Mitchell et al. (2005) | 1. LA | 0,22 | IR-Methode |
| | 2. LA | 0,23 | IR-Methode |
| | 1.-5. LA | 0,22 | IR-Methode |
| Miglior et al. (2007) | 1. LA | 0,39 | IR-Methode |
| | 2. LA | 0,38 | IR-Methode |
| | 3. LA | 0,41 | IR-Methode |
| Stoop et al. (2007) | 1. LA | 0,14 | IR-Methode |
| König et al. (2008) | 1.-2. LA | 0,13 | IR-Methode |
| Bastin et al. (2009) | 1. LA | 0,13 | IR-Methode |
| Stamer et al. (2009) | 1. LA | 0,28-0,48 | IR-Methode |
| Mucha und Strandberg (2011) | 1. LA | 0,16-0,18 | IR-Methode |
| Stamer et al. (2011) | 1. LA | 0,13-0,22 | IR-Methode |
| | 2. LA | 0,09-0,22 | IR-Methode |

## 2.6. Harnstoffgehalt und Fruchtbarkeit

Die Beziehung des Harnstoffgehaltes der Milch zu verschiedenen Fruchtbarkeitsparametern wird international stark diskutiert und ist Bestandteil mehrerer Untersuchungen.

Butler et al. (1996) untersuchten u.a. die Beziehung zwischen dem Milchharnstoffgehalt am Tag der Erstbesamung (EB) mit dem Ergebnis der EB. Kühe die tragend gemeldet wurden, hatten am Testtag ebenfalls einen niedrigeren durchschnittlichen Milchharnstoffgehalt (45,3 mg/dl) als nicht tragend gewordene Kühe (48,5 mg/dl). Kühe mit einem Milchharnstoffgehalt über 40,4 mg/dl hatten einen um 21 % verringerten Erstbesamungserfolg (EBE) als Kühe mit niedrigerem Milchharnstoffgehalt.

Larson et al. (1997) kamen zu dem Ergebnis, dass bei Kühen mit hohen Milchharnstoffgehalten am Tag der Besamung (>45,0 mg/dl) der Besamungserfolg geringer ist als bei einem niedrigeren Milchharnstoffgehalt am Besamungstag war.

Melendez et al. (2000) dagegen konnten keine gesicherte Beziehung zwischen dem Milchharnstoffgehalt und einem negativen EBE feststellen.

Goddon et al. (2001) stellten fest, dass die Wahrscheinlichkeit für eine Trächtigkeit am höchsten war, wenn der Milchharnstoffgehalt am Testtag, der der Belegung vorangeht, entweder niedriger als 27,0 mg/dl oder höher als 39,0 mg/dl war.

Hojmann et al. (2004) stellten eine signifikant negative Beziehung zwischen dem Milchharnstoffgehalt und der Trächtigkeitsrate fest. Bei einem Milchharnstoffgehalt kleiner 25,2 mg/dl lag die Trächtigkeitsrate bei 38,4 %. Im Vergleich dazu lag sie bei einem Milchharnstoffgehalt von mehr als 36,3 mg/dl nur noch bei 36,1 %. Rajala-Schultz et al. (2001) kamen zu ähnlichen Ergebnissen. In deren Studie hatten die tragend gewordenen Kühe einen durchschnittlichen Milchharnstoffgehalt von 26,4 mg/dl, die als nicht tragend zurück gemeldete Kühe einen von 28,3 mg/dl.

Eine Assoziation zwischen dem Milchharnstoffgehalt allein und der Trächtigkeitsrate konnte von Rensing et al. (2005) nicht bestätigt werden. Deshalb wurde zusätzlich der Milcheiweißgehalt mit der Milchharnstoffkonzentration in Kombination gebracht, anhand deren Rückschlüsse auf die Protein- und Energieversorgung im Pansen getroffen wurden. Die höchsten Non-Return-Rate nach 56 Tagen (NR 56) und auch NR 90 wurden von Kühen erzielt, die eine hohe Energieversorgung, abgeleitet durch einen hohen Eiweißgehalt in der Milch (>3,5 %) bei gleichzeitig mittleren (15-30 mg/dl) bis hohen (>30 mg/dl) Harnstoffwerten aufwiesen.

Engel (2007) betrachtete ebenfalls den Zusammenhang zwischen Milchharnstoffgehalt und NR 90 und kam zu dem Ergebnis, dass die besten Fruchtbarkeitsergebnisse (NR 90=59,0 %) bei einem Harnstoffgehalt zwischen 27 mg/dl und 30 mg/dl festgestellt wurden. Steigt der Harnstoffgehalt über die 30 mg/dl hinaus, werden die Fruchtbarkeitsergebnisse signifikant negativ beeinflusst (NR 90=58,8 %). Niedrige Harnstoffwerte

<22 mg/dl hatten einen stärkeren negativen Einfluss. Hier lag die NR 90 nur noch bei 55,8 %.

König et al. (2008) berichteten, dass ein exterm hoher Harnstoffgehalt in der Milch (> 300 mg/l) negativ assoziiert ist mit der NR 56, unabhängig von Protein- und Energiegehalt der Ration. Die höchste NR 56 fanden sie bei einem Milchharnstoffgehalt < 150 mg/l, bei einem Energieüberschuss in der Ration.

Mitchel et al. (2005) fanden eine positive genetische Beziehung zwischen dem Milchharnstoffgehalt und der Güstzeit von $r_g$=0,21 und eine negative zur Rastzeit ($r_g$=-0,14) und zum Erstbesamungserfolg ($r_g$=-0,06), bei Bestimmung des Harnstoffgehaltes mit der DAM-Methode (Standard-Methode). Allerdings waren diese Ergebnisse auf Grund des geringen Datenmaterials nicht signifikant.

Mucha & Strandberg (2011) schätzten eine negative genetische Korrelation zwischen Milchharnstoffgehalt und Güstzeit, wobei der Harnstoffgehalt mit der Infrarot-Messmethode gemessen wurde.

## 2.7. Zusammenfassung Literatur

In die Zuchtwertschätzung verschiedener Länder, wie auch in Deutschland, sind verschiedene Selektionskriterien, wie Leistungs-, Gesundheits- und Fitnessmerkmale, implementiert. Der Milchharnstoffgehalt wurde bisher nicht berücksichtigt, da bisher keine ökonomische Relevanz vorhanden zu sein schien.

Die züchterische Beeinflussung eines Merkmals setzt eine regelmäßige Erfassbarkeit (direkt, indirekt) und eine ausreichende genetische Determination dieses Merkmals sowie Kenntnisse ihrer genetischen Beziehungen zu weiteren Selektionsmerkmalen voraus (Stamer et al. 2010).

Die regelmäßige und nahezu flächendeckende Erfassung des Milchharnstoffgehaltes ist in Deutschland über die Milchleistungsprüfung inzwischen gegeben. Allerdings erfolgte die Schätzung der genetischen Determination und der genetischen Korrelationen zu den anderen Selektionsmerkmalen in der Literatur zum größten Teil auf Basis der Infrarot(IR)-Analyse. Mitchel et al. (2005) hingegen empfehlen die Verwendung der Diacetylmonoxim(DAM)-Methode zur Bestimmung des Milchharnstoffgehaltes, da sie als besserer Indikator zur Schätzung von genetischen Unterschieden zwischen Einzelkühen geeignet ist. Die Harnstoffwerte, die dieser Studie zu Grunde liegen, sind alle mit der DAM-Methode gemessen worden.

Ein anderer Teil der in der Literatur recherchierten Untersuchungen beschäftigt sich mit den Möglichkeiten der Verringerung der Stickstoffausscheidungen aus der Milchproduktion, wobei der Milchharnstoff als mögliches Hilfsmerkmal für die Quantifizierung und als

Informationsmerkmal der Ammoniak-Emissionen in der Milchproduktion betrachtet wird, um züchterisch auf die Stickstoffausscheidungen einwirken zu können.

Mit der vorliegenden Arbeit soll überprüft werden, ob die auf der IR-Analyse basierenden Ergebnisse aus der Literatur und der daraus geschätzten genetischen Zusammenhänge zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den anderen Milchleistungsmerkmalen durch die mit der DAM-Methode bestimmten Ergebnisse dieser Arbeit bestätigt werden können. Außerdem soll überprüft werden, ob der im Rahmen der Milchleistungsprüfung erfasste Milchharnstoffgehalt als tierindividuelles Merkmal zur Beurteilung der Stoffwechselstabilität und zur Reduzierung der Stickstoffausscheidungen in der Milchproduktion herangezogen werden kann.
Weiterhin soll untersucht werden, ob Unterschiede der geschätzten genetischen Zusammenhänge zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den anderen Milchleistungsmerkmalen zwischen Betrieben mit unterschiedlicher Produktionsweise (konventionell produzierende bzw. nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierende Betriebe) bestehen.

# 3. Material und Datenaufbereitung

Für diese Arbeit liegt ein umfangreiches Datenmaterial aus der Milchleistungs- und Qualitätsprüfung (MLP) Brandenburger Milchkühe vor, wobei alle Harnstoffwerte mit der Standardmethode (DAM-Methode) gemessen wurden.

## 3.1. Datenmaterial

Das Datenmaterial besteht aus vier Datensätzen: Tierdaten (1), 305-Tage-Leistung (2), Prüftagsdaten (3) und Pedigree (4). Es enthält die zur monatlichen MLP festgestellten Daten der Brandenburger MLP-Betriebe aus vier Prüfjahren vom 01. Oktober 2008 bis 30. September 2012, sowie die zugehörigen 305-Tage- und Lebensleistungen der Kühe.
Es wurden Daten von konventionell produzierenden Brandenburger MLP-Betrieben und von nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierender Betrieben getrennt verwendet und ausgewertet. Die Information über die Produktionsrichtung lag im LKV Berlin-Brandenburg in den Stammdaten vor.
In Brandenburg erfolgt die Durchführung der Milchleistungs- und Qualitätsprüfung nach den Richtlinien und Empfehlungen des International Committee for Animal Recording (I-CAR), der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V. (ADR) und des Deutschen Verbandes für Leistungs- und Qualitätsprüfungen e.V. (DLQ). Die für diese Arbeit verwendeten Prüfmethoden sind im Jahresbericht des LKV veröffentlicht (LKV Berlin-Brandenburg 2012).
Zur MLP wird die Milchmengenleistung festgestellt und eine repräsentative Milchprobe abgefüllt, aus der die Inhaltstoffe bestimmt werden. Die Messung der Milchinhaltstoffe erfolgte im Labor des Landeskontrollverbandes Berlin-Brandenburg, welches seit 1994 über ein nach DIN EN ISO 17025 akkreditiertes Qualitätsmanagementsystem für die Milchuntersuchung verfügt. Die Fett-, Eiweiß- und Zellgehalte wurden mit dem Gerät MilkoScan FT6000 (Firma Foss Electric, Dänemark) mittels Infrarot-Methode und der Harnstoffgehalt mit dem Continous Flow Analyzer der Scalar Analytical, Niederlande mittels Diacetylmonoxim-Methode gemessen und an das Rechenzentrum der Vereinten Informationssysteme Tierhaltung w.V. (vit Verden) zur Datenaufbereitung und –verrechnung gesendet.

Das Datenmaterial für diese Arbeit wurde durch das vit Verden zur Verfügung gestellt. Eine Übersicht über die Struktur der Daten der konventionell produzierenden Betriebe ist in der Tabelle 4, der der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierender Betriebe in Tabelle 5 dargestellt.

Aufgeführt sind die Anzahl der Betriebe, in denen die Daten erfasst worden sind, die Anzahl der Beobachtungen insgesamt, die Mittelwerte (MW) der Beobachtungen pro Betrieb sowie das Minimum (Min.) und das Maximum (Max.) der Anzahl an Beobachtungen je Betrieb.

Tabelle 4: Übersicht über die Struktur der Daten der konventionell produzierenden Betriebe

| **Datensatz** | **Anzahl Betriebe** | **Anzahl Beobachtungen** | **MW der Beobachtungen je Betrieb** | **Min.** | **Max.** |
|---|---|---|---|---|---|
| Tierdaten (1) (4) | 488 | 287.616 | 589 | 1 | 6.270 |
| 305-Tage-Leistung (2) | 481 | 654.741 | 1.361 | 1 | 13.041 |
| Prüftagsdaten (3) | 485 | 5.114.433 | 10.545 | 1 | 106.768 |

Tabelle 5: Übersicht über die Struktur der Daten der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe

| **Datensatz** | **Anzahl Betriebe** | **Anzahl Beobachtungen** | **MW der Beobachtungen je Betrieb** | **Min.** | **Max.** |
|---|---|---|---|---|---|
| Tierdaten (1) (4) | 5 | 4.646 | 929 | 704 | 1.439 |
| 305-Tage-Leistung (2) | 5 | 11.225 | 2.245 | 1.069 | 4.153 |
| Prüftagsdaten (3) | 5 | 53.821 | 10.764 | 1.130 | 22.675 |

In den Tierdaten (1) sind die Stammdaten der Kühe und die Lebensleistung zum 30. September 2012 bzw. zum Tag der Merzung enthalten, wenn die entsprechende Kuh vor dem 30.September 2012 gemerzt wurde.

Die Satzstruktur der Tierdaten baut sich wie folgt auf:

- Ohrmarkennummer der Kuh
- Schlüssel des Haltungsbetriebes
- Rasse der Kuh
- Name der Kuh
- Geburtsdatum der Kuh
- Ohrmarkennummer des Vatertieres der Kuh
- Ohrmarkennummer des Muttertieres der Kuh
- Anzahl der Kalbungen der Kuh
- Summe der Futtertage der Kuh vom Tag nach der ersten Kalbung bis zum 30.09.2012 oder bis zum Tag der Merzung

- Summe der Melktage der Kuh vom Tag nach der ersten Kalbung bis zum 30.09.2012 oder bis zum Tag der Merzung
- Milchmenge in kg der Kuh vom Tag nach der ersten Kalbung bis zum 30.09.2012 oder bis zum Tag der Merzung (Lebensleistung)
- Fettmenge in kg der Kuh vom Tag nach der ersten Kalbung bis zum 30.09.2012 oder bis zum Tag der Merzung (Lebensleistung)
- Eiweißmenge in kg der Kuh vom Tag nach der ersten Kalbung bis zum 30.09.2012 oder bis zum Tag der Merzung (Lebensleistung)
- Abgangsdatum der Kuh, wenn vorhanden
- Abgangsgrund, wenn vorhanden, lt. ADR-Empfehlung 2.1 (ADR 2006)

Die Daten zur 305-Tage-Leistung (2) beinhalten neben der Tierkennung die Angaben zur zugehörigen Kalbung mit folgender Satzstruktur:

- Ohrmarkennummer der Kuh
- Nummer der Kalbung der Kuh
- Datum der Kalbung der Kuh
- Geschlecht des Kalbes
- Verbleib des Kalbes
- Verlauf der Kalbung, lt. ADR-Empfehlung 2.1 (ADR 2006)
- Mehrlingskennzeichen
- Summe der Melktage der Kuh vom Tag nach dem Kalben, längstens bis zum Ablauf des 305. Laktationstages
- Milchmenge in kg der jeweiligen 305-Tage-Leistung
- Fettmenge in kg der jeweiligen 305-Tage-Leistung
- Eiweißmenge in kg der jeweiligen 305-Tage-Leistung
- Schlüssel des Haltungsbetriebes

Im dritten Datensatz liegen die MLP-Prüftagsdaten (3) der Kühe für den genannten Zeitraum vor. Es handelt sich um Ergebnisse von insgesamt 1.331 Testtagen. Im Durchschnitt gibt es pro Testtag 3.843 Beobachtungen:

- Ohrmarkennummer Kuh
- Datum des Prüftages
- Milchmenge in kg der Kuh am Prüftag
- Fettgehalt der Kuh in % am Prüftag
- Eiweißgehalt der Kuh in % am Prüftag

- Laktosegehalt der in % am Prüftag
- Gehalt an somatischen Zellen der Kuh in Zellen/ml *1.000
- Harnstoffgehalt der Kuh in mg/l
- Schlüssel des Haltungsbetriebes
- angewendetes Prüfverfahren, lt. ADR-Richtlinie 1.1 (ADR 2001)

Der vierte Datensatz enthält die Pedigreedaten (4) der eingesetzten Bullen und Kühe. Der Satz ist wie folgt aufgebaut:

- Ohrmarkennummer der Kuh
- Rasse der Kuh
- Ohrmarkennummer des Vaters der Kuh
- Rasse des Vaters der Kuh
- Ohrmarkennummer des Vater-Vaters der Kuh
- Rasse des Vater-Vaters der Kuh
- Ohrmarkennummer der Vater-Mutter der Kuh
- Ohrmarkennummer des Vaters des Mutter-Vaters
- Ohrmarkennummer der Mutter der Kuh
- Rasse der Mutter der Kuh
- Ohrmarkennummer des Mutter-Vaters der Kuh
- Rasse des Vaters der Mutter der Kuh
- Ohrmarkennummer der Mutter-Mutter der Kuh
- Ohrmarkennummer der Mutter des Mutter-Vaters der Kuh

Der Pedigreedatensatz (4) umfasst insgesamt 5.652 verschiedene Väter.

## 3.2. Datenaufbereitung

Die vier Datensätze lagen vom vit Verden im txt-Format vor und wurden mit Hilfe des Programms IBM® SPSS® Statistics Version 22 in das Format „sav“ lt. Datensatzbeschreibung umgewandelt.
Danach wurden alle Daten auf Plausibilität und biologisch unwahrscheinliche Ergebnisse geprüft. Die Plausibilitätsprüfung umfasste die Kontrolle, ob für jedes Tier ein Datensatz vorhanden ist, ob alle Angaben im Datensatz vorliegen und ob sich die Ergebnisse im zu untersuchenden Zeitraum befinden. Nicht plausible und unwahrscheinliche Daten wurden eliminiert.

Ebenfalls ausgeschlossen wurden Prüftagsergebnisse von Kühen ohne Harnstoffwert. Dazu ist anzumerken, dass für den gewählten Zeitraum nicht von allen Kühen der Harnstoffgehalt routinemäßig analysiert wurde, da die Untersuchung mit dem Continous Flow Analyzer eine kostenpflichtige Option für die MLP-Betriebe des LKV Berlin-Brandenburg darstellte.

Für die Plausibilitätsprüfungen wurde das Programm IBM® SPSS® Statistics Version 22 verwendet (Tabellen 6 – 9).

Um Veränderungen der 305-Tage-Leistungen (Datensatz 2) und der Prüftagsergebnisse (Datensatz 3) innerhalb des Untersuchungszeitraumes Rechnung zu tragen, wurden diese in Jahr-Monat-Gruppen zugeordnet.

Die Einteilung der 305-Tage-Leistungen erfolgte nach Kalbemonat in sieben Zeiträumen zu je sechs Monaten, beginnend Juli 2008 bis Januar 2012, wobei die letzte Gruppe von Juli 2011 bis Januar 2012 sieben Monate umfasst.

Für die Prüftagsergebnisse (3) bildet jedes Quartal, beginnend Oktober 2008, eine eigene drei-Monat-Gruppe, so dass insgesamt 17 Jahr-Monat-Gruppen entstanden.

Diese Unterteilung bietet die Möglichkeit, verschiedene Ergebnisse in unterschiedlichen Zeiträumen zusammen zu fassen, um jährlich und jahreszeitliche Effekte differenziert zu untersuchen.

Die Laktationen wurden für die Analyse in acht Abschnitte geteilt, denn im Laufe des Laktationsverlaufes könnten differenzierte Variabilitäten und auch Korrelationen zwischen Merkmalen bestehen. Es wurden Klassen von jeweils 40 Laktationstagen gebildet, wobei die 8. Klasse (286. bis 320. Laktationstage) auf Grund der Datenstruktur aus lediglich 35 Laktationstagen besteht (Tabelle 6).

Tabelle 6: Verteilung des Datensatzes Prüftagsergebnisse (Datensatz 3) auf die Laktationstagegruppen und Anzahl der Kühe je Laktation und Klasse

| Klassen-nummer | Klassen-bereich (Tage) | Laktation 1 | | Laktation 2 | | Laktation 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | konv.* n=525.864 | öko.** n=14.370 | konv.* n=332.052 | öko.** n=9.759 | konv.* n=223.819 | öko.** n=6.835 |
| 1 | 5-45 | 68.798 | 2.269 | 26.625 | 1.438 | 18.434 | 1.035 |
| 2 | 46-85 | 68.939 | 1.946 | 40.545 | 1.299 | 27.753 | 880 |
| 3 | 86-125 | 69.917 | 1.956 | 46.656 | 1.289 | 31.868 | 917 |
| 4 | 126-165 | 72.447 | 1.934 | 48.252 | 1.274 | 32.948 | 919 |
| 5 | 166-205 | 71.463 | 1.841 | 48.425 | 1.260 | 32.574 | 870 |
| 6 | 206-245 | 68.487 | 1.786 | 47.153 | 1.232 | 31.541 | 884 |
| 7 | 246-285 | 63.355 | 1.631 | 44.430 | 1.193 | 29.095 | 825 |
| 8 | 286-320 | 42.458 | 1.007 | 29.966 | 774 | 19.606 | 505 |

* konventionell produzierende Betriebe

** nach ökologischen Richtlinien produzierende Betriebe

Hauptsächlich werden in Brandenburg Kühe der Rasse Holstein-Schwarzbunt (Rasseschlüssel 01) zur Milchproduktion genutzt. Im Jahr 2012 betrug der Anteil diese Rasse an allen in der Milchleistungsprüfung registrierten Tieren 91,9 % (LKV 2012). Anderen Rassen kommt in Brandenburg nur eine untergeordnete Bedeutung zu. Die zweitstärkste reinrassige Fraktion (Deutsches Schwarzbuntes Niederungsrind, Rasseschlüssel 10) z.B. hatte 2012 lediglich einen Anteil von 1,1 % am Gesamtbestand. Auf Grund dieser Konstellation werden nur Kühe der Rasse 01 berücksichtigt, da eine gesicherte statistische Aussage zu anderen Rassen nicht zu erwarten ist. Von den ursprünglich 287.616 Kühen aller Rassen verbleiben 263.700 nach Restriktion im Datenmaterial der konventionell produzierenden und von 4.646 Kühen verbleiben 3.519 im Datenmaterial der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe (Tabelle 7).

Tabelle 7: Übersicht über die Restriktionsschritte - Datensatz Tierdaten (Datensatz 1)

| **Restriktionsschritte** | **Verbleibende Datensätze** | |
|---|---|---|
| | konventionell produzierende Betriebe | ökologisch produzierende Betriebe |
| Ausgangssituation | 287.616 | 4.646 |
| Plausibilitätsprüfung | 287.616 | 4.646 |
| Rasseschlüssel = 01 | 263.700 | 3.519 |

Ein weiterer Einflussfaktor, der z.B. laut Johnson & Young (2003) einen Effekt auf den Milchharnstoffgehalt hat, ist die Laktationsnummer. Es wurde aus dem Datenmaterial folgende Einteilung vorgenommen:

1. Laktation
2. Laktation
3. Laktation

Nach Ausschluss von Laktationen mit weniger als 250 und mehr als 305 Melktagen laut Vorgabe der Richtlinie 1.1 „Verfahren der Durchführung der Milchleistungs- und Qualitätsprüfung (MLP) bei Rindern“ (ADR 2001) und Kühen, die nicht der Rasse Holstein-Schwarzbunt angehören, standen 424.307 305-Tage-Leistungen von 206.154 Kühen der ersten, 137.616 der zweiten und 80.534 der dritten Laktation für die weiteren Auswertungen der konventionell produzierenden Betriebe zur Verfügung (Tabelle 8). Für die Betriebe, die nach ökologischen Richtlinien produzieren, waren nach diesem Restriktionsschritt insgesamt 5.341 305-Tage-Leistungen verfügbar (1. Laktation = 2.397, 2. Laktation = 1.756 und 3. Laktation = 1.188 305-Tage-Leistungen).

Tabelle 8: Übersicht über die Restriktionsschritte - Datensatz 305-Tage-Leistung (Datensatz 2)

| **Restriktionsschritte** | **Verbleibende Datensätze** | |
|---|---|---|
| | konventionell produzierende Betriebe | ökologisch produzierende Betriebe |
| Ausgangssituation | 654.741 | 11.225 |
| Plausibilitätsprüfung | 654.733 | 11.225 |
| • Laktationsnummer < 4 | 536.663 | 7.466 |
| • Melktage < 250 und > 305 | 453.520 | 6.283 |
| • Rasseschlüssel = 01 | 424.307 | 5.341 |

In der Datei der Prüfungsergebnisse (Datensatz 3) standen ursprünglich 5.114.433 Datensätze der Milchleistungs- und Qualitätsprüfung der Einzeltiere der konventionell produzierenden Betriebe bereit. Nach Eliminierung unvollständiger Daten blieben 4.440.932 Einzeltierergebnisse (Prüftagsergebnisse) übrig. In die Analyse wurden zudem nur solche Datensätze einbezogen, deren Milchmenge, Fett- und Eiweißgehalt der Empfehlung der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter 1.4 „Ausscheiden unwahrscheinlicher Ergebnisse bei der Feststellung der Milchmenge und Milchinhaltstoffe“ (ADR 2001) entsprachen (Tabelle 9).

Als Ausschlussgrenzen für den Harnstoffgehalt der Milch sowie für den Zellgehalt wurden die Wertebereiche 1–999 mg/l und 1–9.999.999 Zellen/ml gewählt.

Laktationsnummern größer als die dritte Laktation wurden nicht berücksichtigt, da nach der Literaturrecherche für diese keine weiteren Erkenntnisse zu erwarten sind.

So standen für die erste Laktation Daten von 111.227, für die zweite von 72.560 und für die dritte von 49.954 Kühen zur Verfügung.

Ebenfalls von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen wurden Werte von Kühen, die nicht der Rasse Holstein-Schwarzbunt entsprachen sowie Prüftagsdaten ab vierter Laktation, so dass von den anfangs 5.114.433 Datensätzen 1.081.735 der ersten (525.864 Datensätze), der zweiten (332.052 Datensätze) bzw. dritten Laktation (223.819 Datensätze) von 62.816 (erste Laktation), 41.104 (zweite Laktation) bzw. 27.809 Kühen (dritte Laktation) für diese Arbeit zur Verfügung standen (Tabelle 9).

Für die nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe wurden die Restriktionsschritte lt. Tabelle 9 entsprechend angewendet. Von den am Anfang vorhandenen 53.821 Datensätzen blieben somit 30.964 übrig (14.370 erste, 9.759 zweite bzw. 6.835 dritte Laktation) von 1.870, 1.269 bzw. 898 Kühen.

Tabelle 9: Übersicht über die Restriktionsschritte - Datensatz Prüftagsdaten (Datensatz 3)

| **Restriktionsschritte** | **Verbleibende Datensätze** | |
|---|---|---|
| | konventionell produzierende Betriebe | ökologisch produzierende Betriebe |
| Ausgangssituation | 5.114.433 | 53.821 |
| Plausibilitätsprüfung | 4.440.932 | 53.814 |
| • Milchmenge < 2,0 kg und > 99,9 kg | 4.440.015 | 53.814 |
| • Fettgehalt < 1,60 % und > 10,70 % | 4.439.415 | 53.814 |
| • Eiweißgehalt < 2,10 % und > 7,50 % | 4.439.365 | 53.814 |
| • Zellgehalt = 0/ml und > 9.999.999/ml | 4.439.286 | 53.814 |
| • Harnstoffgehalt = 0 mg/l und > 999 mg/l | 2.258.464 | 37.634 |
| • Rasseschlüssel = 01 | 1.724.772 | 34.276 |
| • Laktationsnummer < 4 | 1.081.735 | 30.964 |

Aus denen wie unter Punkt 3.1 beschriebenen vorhandenen Daten wurden weitere Kennzahlen berechnet (Tabelle 10).

Tabelle 10: Übersicht über berechnete Parameter aus dem vorhandenen Datenmaterial

| **Parameter** | **Definition** |
|---|---|
| Laktationstag (d) | = Zeitraum vom Tag nach der Kalbung zum Prüftag |
| Energiekorrigierte Milch (kg/d) | = Milchmenge [kg] x (0,38 x Fett [%] + 0,21 x Eiweiß [%] +1,05) / 3,28) (GfE 2001) |
| Fettgehalt (%) | = Fettmenge * 100 / Milchmenge |
| Fettmenge (kg) | = Fettgehalt * Milchmenge / 100 |
| Eiweißgehalt (%) | = Eiweißmenge * 100 / Milchmenge |
| Eiweißmenge (kg) | = Eiweißgehalt * Milchmenge / 100 |
| log. Zellgehalt | = $\log_2$ (somatische Zellzahl / 100.000) + 3 |
| Harnstoffmenge (kg) | = Harnstoffgehalt * Milchmenge / 1.000 |

Um die Eutergesundheit des Einzeltieres bzw. der Herde besser einschätzen und leichter berechnen zu können, hat es sich bewährt, den Zellgehalt in eine lineare Form, den Somatic Cell Score (SCS), zu überführen (Kielwein 1994). Dazu wird der Zellgehalt wegen seiner exponentiellen Verteilung in eine logarithmische Skala eingeordnet und lt. Brämig (2004) nach der Formel:

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

in den linearen und damit normalverteilten SCS umgerechnet (Tabelle 11).

Tabelle 11: Skala des Linearen Somatic Cell Score (SCS)

| SCS Skala | entsprechender Zellgehalt/ml |
|---|---|
| 1 | 0 – 25.000 |
| 2 | 26.000 – 50.000 |
| 3 | 51.000 – 100.000 |
| 4 | 101.000 – 200.000 |
| 5 | 201.000 – 400.000 |
| 6 | 401.000 – 800.000 |
| 7 | 801.000 – 1.600.000 |
| 8 | 1.601.000 – 3.200.000 |
| 9 | 3.201.000 – 6.400.000 |
| 10 | 6.401.000 – 9.999.000 |

Zur Schätzung der genetischen Korrelationen zwischen den Milchharnstoffgehalten der drei Laktationen wurde für den Milchharnstoffgehalt die 305-Tage-Leistung nach der Mitteldatumsmethode der ADR-Richtlinie 1.1, Anlage 2 (ADR 2002) berechnet.

Bei der Mitteldatumsmethode beginnt der Prüfzeitraum grundsätzlich in der Mitte zwischen dem vorhergehenden ($d_{n-1}$) und dem aktuellen Prüftag ($d_n$) und endet in der Mitte zwischen dem aktuellen und dem nachfolgenden Prüftag ($d_{n+1}$). Der Prüfzeitraumbeginn ist wie folgt definiert:

- Mitte zwischen dem Prüftag „$d_n$“ und dem Prüftag „$d_{n-1}$“,
- bei einer Kalbung mit dem Kalbetag + 1,
- bei einem Zugang mit dem Zugangstag + 1,
- fehlt der Prüftag „$d_{n-1}$“, der Kalbetag oder der Zugangstag, dann beginnt der Prüfzeitraum mit dem Prüftag „$d_n$“.

Das Prüfzeitraumende ist wie folgt definiert:

- in der Mitte zwischen dem Prüftag „$d_n$“ und dem Prüftag „$d_{n+1}$“,
- bei einer Kalbung mit dem Kalbetag,
- bei einem Abgang mit dem Abgangstag,
- bei Erreichen des 305. Laktationstages.

$d_n$ aktueller Prüftag

$d_{n-1}$ Prüftag vor dem aktuellen Prüftag

$d_{n+1}$ Prüftag nach dem aktuellen Prüftag

Es wurden nur solche Laktationen berücksichtigt, bei denen kein einzelner Prüfzeitraum 75 Tage überschritten hat.
Insgesamt konnten 100.175 305-Tage-Leistungen für den Milchharnstoffgehalt der konventionell produzierenden und 7.466 für die Betriebe, die nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzieren, berechnet werden, die sich auf die einzelnen Laktationen wie in Tabelle 12 dargestellt aufteilen.

Tabelle 12: Anzahl der berechneten 305-Tage-Leistungen für den Milchharnstoffgehalt je Laktation (Datensatz 2)

| | 1. Laktation | 2. Laktation | 3. Laktation |
|---|---|---|---|
| Anzahl 305-Tage-Leistungen konventionell produzierende Betriebe | 50.741 | 29.514 | 19.920 |
| Anzahl 305-Tage-Leistungen ökologisch produzierende Betriebe | 3.516 | 2.363 | 1.587 |

Zur Darstellung der Energie- und Rohproteinversorgung der Kühe wurde in Anlehnung an die Neun-Felder-Tafel von Spohr & Wiesner (1991) die Felder in Harnstoffbewertungsklassen (HBK) umgesetzt (Neun-Felder-Tafel siehe Pkt. 2.4). In den Tabellen 13 und 14 sind die Harnstoffbewertungsklassen, ihre Bezeichnungen sowie die Anzahl als auch der Anteil der Kühe der ersten bis dritten Laktation je Harnstoffbewertungsklasse für die konventionell bzw. nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe dargestellt.

Tabelle 13: Verteilung des Milchharnstoffgehaltes (Datensatz 3) nach Harnstoffbewertungsklassen (HBK) für die Kühe der ersten bis dritten Laktation (konventionell produzierende Betriebe)

| HBK | Bezeichnung | 1. Laktation | | 2. Laktation | | 3. Laktation | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | n | Anteil (%) | n | Anteil (%) | n | Anteil (%) |
| 1 | Energieüberschuss Proteinmangel | 3.794 | 0,7 | 2.776 | 0,8 | 1.823 | 0,8 |
| 2 | Energieüberschuss | 46.665 | 8,9 | 44.966 | 13,5 | 29.125 | 13,0 |
| 3 | Energieüberschuss Proteinüberschuss | 9.586 | 1,8 | 10.547 | 3,2 | 6.253 | 2,8 |
| 4 | Proteinmangel | 20.049 | 3,8 | 8.628 | 2,6 | 6.174 | 2,8 |
| **5** | **Optimal** | **243.767** | **46,4** | **145.364** | **43,8** | **97.332** | **43,5** |
| 6 | Proteinüberschuss | 49.242 | 9,4 | 38.247 | 11,5 | 22.948 | 10,3 |
| 7 | Proteinmangel Unzureichende Futteraufnahme | 15.600 | 3,0 | 4.670 | 1,4 | 4.289 | 1,9 |
| 8 | Energiemangel | 117.024 | 22,3 | 59.456 | 17,9 | 45.054 | 20,1 |
| 9 | Energiemangel Proteinüberschuss | 20.137 | 3,8 | 17.398 | 5,2 | 10.821 | 4,8 |
| **Summe** | | **525.864** | **100,0** | **332.052** | **100,0** | **223.819** | **100,0** |

Tabelle 14: Verteilung des Milchharnstoffgehaltes (Datensatz 3) nach Harnstoffbewertungsklassen (HBK) für die Kühe der ersten bis dritten Laktation (nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierende Betriebe)

| HBK | Bezeichnung | 1. Laktation | | 2. Laktation | | 3. Laktation | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | n | Anteil (%) | n | Anteil (%) | n | Anteil (%) |
| 1 | Energieüberschuss Proteinmangel | 165 | 1,1 | 245 | 2,5 | 155 | 2,3 |
| 2 | Energieüberschuss | 337 | 2,3 | 394 | 4,0 | 255 | 3,7 |
| 3 | Energieüberschuss Proteinüberschuss | 24 | 0,2 | 25 | 0,3 | 20 | 0,3 |
| 4 | Proteinmangel | 2.446 | 17,0 | 1.900 | 19,5 | 1.439 | 21,1 |
| **5** | **Optimal** | **3.308** | **23,0** | **2.725** | **27,9** | **1.776** | **26,0** |
| 6 | Proteinüberschuss | 387 | 2,7 | 318 | 3,3 | 231 | 3,4 |
| 7 | Proteinmangel Unzureichende Futteraufnahme | 3.647 | 25,4 | 1.895 | 19,4 | 1.349 | 9,7 |
| 8 | Energiemangel | 3.620 | 25,2 | 1.990 | 20,4 | 1.418 | 20,7 |
| 9 | Energiemangel Proteinüberschuss | 436 | 3,0 | 268 | 2,7 | 192 | 2,8 |
| **Summe** | | **14.370** | **100,0** | **9.759** | **100,0** | **6.835** | **100,0** |

# 4. Methoden

## 4.1. Messmethoden des Milchharnstoffgehaltes

In Deutschland kommen zur Bestimmung des Harnstoffgehaltes zwei Methoden zum Einsatz. Alle analysierten Harnstoffgehalte, die dieser Arbeit zu Grunde liegen, sind mit dem Continous Flow Analyzer oder auch Autoanalyzer genannten Gerät der Firma Skalar Analytic GmbH (Breda, Niederlande) mit Hilfe der Diacetylmonoxim-Methode (DAM) festgestellt worden.
Bei dieser Bestimmung des Harnstoffs wird durch die chemische Reaktion von Diacetylmonoxim mit dem Milchharnstoff ein Farbkomplex gebildet und gemessen (photometrische Bestimmung).
Die zwischen verschiedenen LKV-Laboren in Deutschland im Jahre 2013 ausgewerteten Daten einer Ringanalyse kommen zu dem Ergebnis, dass die im LKV-Labor Brandenburg ausgewerteten Harnstoffdaten (DAM-Methode) eine deutlich geringe Analysenstreuung besitzen und so um einiges genauer sind als die Harnstoffergebnisse aus anderen Laboren, die den Milchharnstoffgehalt mit der IR-Methode gemessen haben (Kolbe 2013).

## 4.2. Verwendete Modelle

Die Erfassung der Daten und Berechnung von Mittelwerten, Standardabweichungen, Minimum- und Maximumwerten, phänotypische Korrelationen sowie der Erstellung von Diagrammen erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS 22 (IBM Corp. 2013).

Das arithmetische Mittel wurde als Lageparameter und die Standardabweichung als Streuungsparameter gewählt (Köhler et al. 2002).

Die Verteilung der täglichen Beobachtungswerte des Harnstoffgehaltes in der Milch auf Grundlage des Datensatzes Prüftagsergebnisse (3) zeigte eine gute Übereinstimmung mit der für ein lineares Auswertungsmodell notwendigen Normalverteilung (Abbildung 6), eine Transformation der Beobachtungswerte war daher nicht notwendig (Rasch et al. 1983).

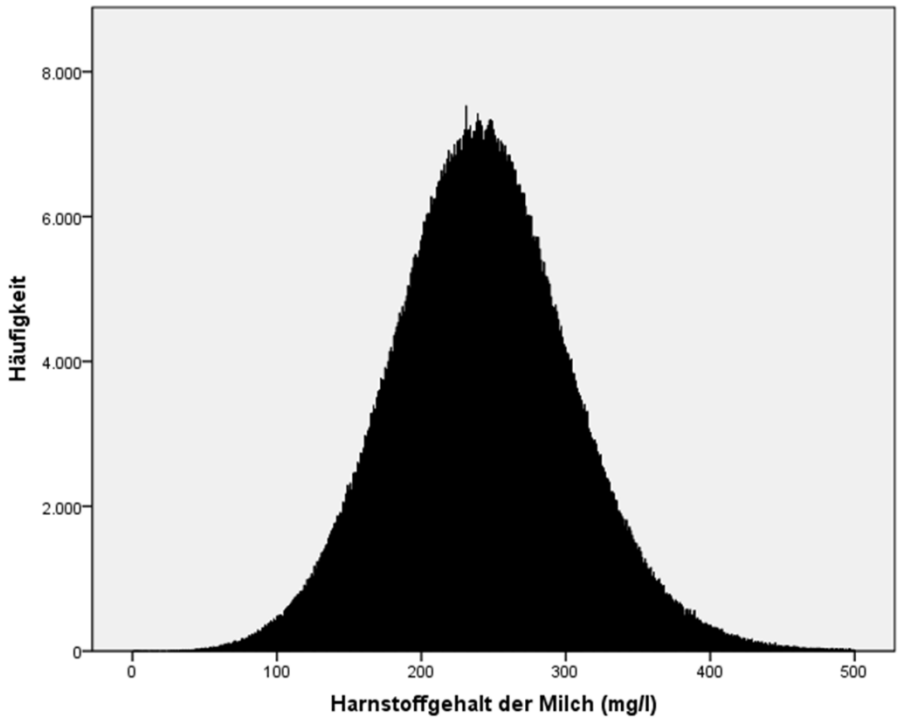


Abbildung 6: Verteilung des täglichen Harnstoffgehaltes in der Milch auf Grundlage des Datensatzes Prüftagsergebnisse (3)

Die phänotypischen Korrelationen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den anderen Milchleistungsmerkmalen wurde jeweils getrennt für jede Laktation in acht verschiedene Laktationstageklassen geschätzt. Zur Schätzung der Signifikanzen der Einflussfaktoren kam eine einfaktorielle univariate Varianzanalyse (MIXED) unter Verwendung des General Linear Models (GML) des Programms SPSS 22 zum Einsatz. Folgendes Modell I wurde verwendet:

$$y_{ijkl} = \mu + L_i + S_j + t_k + e_{ijkl} \qquad (I)$$

wobei:

$y_{ijkl}$ = Vektor der phänotypischen Beobachtungswerte,

$\mu$ = Vektor allgemeines Mittel,

$L_i$ = fixer Effekt der i-Klasse des Laktationsstadiums (i = 1,…,8)

$S_j$ = fixer Effekt der j-Klasse der Saison (j = 1,…,17)

$t_k$ = zufälliger k-ter Betriebseffekt

$e_{ijkl}$ = Vektor der zufälligen Resteffekte.

Die Signifikanz der globalen Nullhypothese, also die Behauptung, dass der Harnstoffgehalt der Milch einen Einfluss auf die anderen Merkmale hat, wurde getestet (Rasch et al. 1983). Zusätzlich wurden die signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Klassen dargestellt.

Als signifikant gelten Effekte, deren Irrtumswahrscheinlichkeiten kleiner 5 % sind ($P$<0,05). Sehr signifikant sind Effekte kleiner 1 % (P<0,01) und hochsignifikant sind Effekte mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 0,1 % ($P$<0,001).

Die Schätzung von Varianzen ($\sigma^2$), Heritabilitäten ($h^2$) und genetischen Korrelationen ($r_g$) der Milchinhaltstoffe erfolgte mit dem Programmpaket VCE6 (Variance Component Estimation), Version 6.0.2. (Groeneveld et al. 2008). Als Schätzmethode wurde Restricted Maximum Likelihood (REML) gewählt.
Es wurden für alle Merkmale additiv-genetische, permanente Umwelt- und Residualvarianzkomponenten mittels der Restricted Maximum Likelihood Methode (REML) geschätzt. Aus den geschätzten Dispersionsparametern ergaben sich die Heritabilitäten und additiv-genetische Korrelationen.
Es wurden in einem linearen univariaten Modell (Modell II) die Varianzen und $h^2$ für den Harnstoffgehalt und die anderen Milchleistungsmerkmale jeweils getrennt für jede Laktationstagegruppe und Laktation separat geschätzt.
Zur Schätzung der genetischen Korrelationen wurde ein lineares bivariates Modell genutzt.

Folgendes Modell II kam zur Anwendung:

$$y_{ijklm} = \mu + L_i + S_j + t_k + u_l + a_{ijklm} + e_{ijklm} \qquad \text{(II)}$$

mit:

- $y_{ijklm}$ = m-te Beobachtung des Merkmals
- $\mu$ = Populationsmittel des Merkmal y
- $L_i$ = fixer Effekt der i-ten Klasse des Laktationsstadiums (i = 1,…,8)
- $S_j$ = fixer Effekt der j-Klasse der Saison (j= 1, …, 17)
- $t_k$ = zufälliger k-ter Betriebseffekt
- $u_l$ = zufälliger l-ter permanenter Umwelteffekt

- $a_{ijklm}$ = zufälliger Tiereffekt
- $e_{ijklm}$ = zufälliger Restfehler

Die Schätzung von Varianzen ($\sigma^2$) und genetischen Korrelationen ($r_g$) der berechneten 305-Tage-Leistungen (Tabelle 12) erfolgte ebenfalls mit dem Programmpaket VCE6 (Variance Component Estimation), Version 6.0.2. (Groeneveld et al. 2008). Als Schätzmethode wurde auch hier Restricted Maximum Likelihood (REML) gewählt.

Folgendes Modell III kam zur Anwendung:

$$y_{ijkl} = \mu + L_i + t_j + u_k + a_{ijkl} + e_{ijkl} \qquad \text{(III)}$$

mit:

- $y_{ijkl}$ = l-te Beobachtung des Merkmals
- $\mu$ = Populationsmittel des Merkmal y
- $L_i$ = fixer Effekt der i-ten Klasse der Saison (i = 1, …, 7)
- $t_j$ = zufälliger j-ter Betriebseffekt
- $u_k$ = zufälliger k-ter permanenter Umwelteffekt
- $a_{ijkl}$ = zufälliger Tiereffekt
- $e_{ijkl}$ = zufälliger Restfehler

Folgende Varianzkomponenten bilden in der Varianzkomponentenschätzung die gesamte phänotypische Varianz:

$$\sigma_p^2 = \sigma_a^2 + \sigma_{perm}^2 + \sigma_b^2 + \sigma_e^2 \qquad (4)$$

wobei:

$\sigma_p^2$ die gesamte phänotypische Varianz,

$\sigma_a^2$ die additiv-genetische Varianz,

$\sigma_{perm}^2$ Varianz des permanenten Umwelteffektes,

$\sigma_b^2$ die Betriebsvarianz,

$\sigma_e^2$ Restvarianz ist.

Die Heritabilitätsschätzwerte geben den züchterisch nutzbaren Anteil der Variation eines Merkmales an. Die Heritabilität ($h^2$) ergibt sich als Anteil der additiv-genetischen Varianz an der Gesamtvarianz. Sie kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Je größer die additiv-genetische Varianz und je kleiner die Restvarianz ist, desto größer ist die Heritabilität (Schönmuth et al. 1986).
Aus der additiv-genetischen Varianz und der gesamten phänotypischen Varianz errechnet sich die Heritabilität wie folgt:

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2+\sigma_{perm}^2+\sigma_b^2+\sigma_e^2} \quad (5)$$

Für den genetischen Korrelationskoeffizienten $r_g$ zwischen zwei Merkmalen (x, y) gilt:

$$r_g = \frac{cov_{xy}}{\sigma_x * \sigma_y} \quad (6)$$

Ein Teil der bivariaten Schätzläufe wurde nicht mit dem optimalen Status abgeschlossen. Daher konnten nicht für alle bivariaten Analysen Standardfehler berechnet werden.

Neben der Heritabilität und der genetischen Korrelation wurde die Wiederholbarkeit (w) des Harnstoffgehaltes der drei Gesamtlaktationen geschätzt. Die Wiederholbarkeit kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Die Wiederholbarkeit beschreibt das Verhältnis der genetischen und permanenten umweltbedingten Varianz zur phänotypischen Varianz und stellt somit die obere Grenze der Heritabilität dar (Schönmuth et al. 1986).

$$w = \frac{\sigma_a^2+\sigma_{perm}^2}{\sigma_a^2+\sigma_{perm}^2+\sigma_b^2+\sigma_e^2} \quad (7)$$

# 5. Ergebnisse

## 5.1. Rohmittelwerte der Milchleistungsparameter, des log. Zellgehaltes, des Milchharnstoffgehaltes und der Milchharnstoffmenge

### 5.1.1. Rohmittelwerte der Milchleistungsparameter, des log. Zellgehaltes, des Milchharnstoffgehaltes und der Milchharnstoffmenge der konventionell produzierenden Betriebe

Mittelwerte ($\overline{x}$) und Standardabweichungen (s) für die Milchmenge, ECM, den Fett-, Eiweiß-, Harnstoff- und den log. Zellgehalten sowie den Mengenangaben für Fett, Eiweiß und Harnstoff für die Kühe der ersten bis dritten Laktation der konventionell produzierenden Betriebe sind in Tabelle 15 dargestellt. Die Leistungen entsprechen dem Stand der Brandenburger MLP-Kühe der ausgewerteten Prüfjahre (LKV Brandenburg 2012). Die Daten beinhalten 525.864, 332.052 bzw. 223.819 Datensätze der ersten, zweiten und dritten Laktation von 62.816, 41.104 bzw. 27.809 Kühen.

Tabelle 15: Mittelwerte ($\overline{x}$) und Standardabweichungen (s) der Milchleistungsmerkmale der Kühe am Prüftag nach Laktationen der konventionell produzierenden Betriebe (Datensatz 3)

| **Merkmal** | **1. Laktation (n=525.864)** | | | | **2. Laktation (n=332.052)** | | | | **3. Laktation (n=223.819)** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\overline{x}$ | s | Min. | Max. | $\overline{x}$ | s | Min. | Max. | $\overline{x}$ | s | Min. | Max. |
| Milchmenge (kg) | 28,2 | 6,5 | 4,0 | 62,7 | 31,7 | 9,4 | 4,0 | 65,0 | 32,4 | 10,0 | 4,0 | 65,0 |
| Energiekorrigierte Milch (kg) | 27,9 | 5,6 | 3,5 | 67,3 | 31,5 | 8,1 | 3,3 | 74,8 | 32,5 | 8,8 | 3,5 | 71,4 |
| Fettgehalt (%) | 3,90 | 0,72 | 1,60 | 9,83 | 3,94 | 0,78 | 1,60 | 9,80 | 4,01 | 0,77 | 1,60 | 9,88 |
| Fettmenge (kg) | 1,10 | 0,24 | 0,09 | 3,54 | 1,25 | 0,34 | 0,09 | 3,93 | 1,30 | 0,38 | 0,10 | 3,80 |
| Eiweißgehalt (%) | 3,37 | 0,33 | 2,10 | 7,46 | 3,41 | 0,36 | 2,10 | 6,43 | 3,40 | 0,37 | 2,17 | 5,75 |
| Eiweißmenge (kg) | 0,95 | 0,19 | 0,11 | 2,08 | 1,08 | 0,27 | 0,13 | 2,46 | 1,10 | 0,28 | 0,10 | 2,25 |
| Fett-Eiweiß-Quotient | 1,16 | 0,19 | 0,37 | 3,37 | 1,16 | 0,19 | 0,40 | 3,20 | 1,18 | 0,20 | 0,42 | 3,07 |
| log. Zellgehalt (SCS) | 3,13 | 1,60 | 1 | 10 | 3,51 | 1,73 | 1 | 10 | 3,85 | 1,81 | 1 | 10 |
| Harnstoffgehalt (mg/l) | 237,0 | 62,5 | 1,0 | 999,0 | 249,9 | 62,5 | 1,0 | 999,0 | 245,5 | 62,0 | 2,0 | 999,0 |
| Harnstoffmenge (g) | 6,76 | 2,54 | 0,02 | 31,65 | 8,01 | 3,33 | 0,02 | 38,46 | 8,05 | 3,40 | 0,06 | 31,48 |

Erwartungsgemäß erbrachten die Tiere der dritten Laktation die höchste tägliche Milchmenge (32,4 kg) als auch den höchsten Wert für die energiekorrigierte Milch (32,5 kg). Die niedrigste tägliche Milchleistung war bei den Jungkühen mit 28,2 kg Melkdurchschnitt bzw. 27,9 kg ECM zu beobachten, die Leistungen der Kühe der zweiten Laktation lagen zwischen denen der erste und dritten Laktation mit 31,7 kg bzw. 31,5 kg.

Auch der Fettgehalt stieg mit zunehmender Laktationsnummer von 3,90 %, über 3,94 % bis 4,01 % an, wohingegen für den Eiweißgehalt in der zweiten Laktation der Höchstwert

mit 3,41 % nachgewiesen werden konnte. Allerdings betrug die Differenz von zweit- zu drittlaktierenden Kühen lediglich 0,01 %. Auch der Unterschied des Eiweißgehaltes zwischen den Jungkühen und denen der zweiten Laktation war mit 0,04 % relativ gering.

Der Fett-Eiweiß-Quotient wies für alle drei Laktation nur geringe Differenzen auf. Für die Tiere der ersten und zweiten Laktation ergaben sich identische Werte von 1,16. In der dritten Laktation wurde ein FEQ von 1,18 ermittelt.

Der logarithmierte Zellgehalt nahm wie erwartet von Laktation zu Laktation von 3,13 auf 3,85 zu. Sowohl die Unterschiede zwischen den Mittelwerten als auch die Standardabweichungen weisen auf hohe Streuungen hin.

Der Mittelwert des Milchharnstoffgehaltes war am niedrigsten bei den Tieren in der ersten Laktation (237,0 mg/l). Bei den Tieren der zweiten Laktation war der höchste Wert (249,9 mg/l) für den Milchharnstoffgehalt zu beobachten. Der Wert des Harnstoffgehaltes in der Milch der Kühe der dritten Laktation (245,5 mg/l) lag zwischen dem der ersten und dem der zweiten Laktation.

Die Harnstoffmenge stieg von der ersten zur dritten Laktation an (6,76 bis 8,05 g), wobei der Anstieg von der ersten zur zweiten mit 1,25 g höher ausfällt als von der zweiten zur dritten Laktation mit 0,04 g.

### 5.1.2. Rohmittelwerte der Milchleistungsparameter, des log. Zellgehaltes, des Milchharnstoffgehaltes und der Milchharnstoffmenge der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierender Betriebe

Mittelwerte ($\overline{x}$) und Standardabweichungen (s) für die Milchmenge, ECM, den Fett-, Eiweiß-, Harnstoff- und den log. Zellgehalten sowie den Mengenangaben für Fett, Eiweiß und Harnstoff für die Kühe der ersten bis dritten Laktation der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe sind in Tabelle 16 dargestellt. Die Daten beinhalten 14.370, 9.759 bzw. 6.835 Datensätze der ersten, zweiten und dritten Laktation von 1.870, 1.269 bzw. 898 Kühen.

Tabelle 16: Mittelwerte ($\overline{x}$) und Standardabweichungen (s) der Milchleistungsmerkmale der Kühe am Prüftag nach Laktationen der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe (Datensatz 3)

| **Merkmal** | **1. Laktation (n=14.370)** | | | | **2. Laktation (n=9.759)** | | | | **3. Laktation (n=6.835)** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\overline{x}$ | s | Min. | Max. | $\overline{x}$ | s | Min. | Max. | $\overline{x}$ | s | Min. | Max. |
| Milchmenge (kg) | 23,3 | 5,6 | 2,2 | 47,0 | 26,6 | 7,7 | 2,4 | 53,5 | 28,3 | 8,4 | 2,0 | 56,2 |
| Energiekorrigierte Milch (kg) | 22,8 | 4,9 | 2,2 | 45,2 | 26,4 | 6,8 | 2,6 | 53,2 | 28,2 | 7,5 | 2,2 | 60,0 |
| Fettgehalt (%) | 4,01 | 0,66 | 1,65 | 9,58 | 4,10 | 0,68 | 1,60 | 8,70 | 4,16 | 0,72 | 1,60 | 8,84 |
| Fettmenge (kg) | 0,92 | 0,21 | 0,06 | 2,37 | 1,07 | 0,29 | 0,09 | 2,66 | 1,15 | 0,32 | 0,09 | 2,76 |
| Eiweißgehalt (%) | 3,20 | 0,32 | 2,19 | 5,97 | 3,29 | 0,34 | 2,21 | 6,41 | 3,28 | 0,34 | 2,29 | 5,62 |
| Eiweißmenge (kg) | 0,74 | 0,16 | 0,08 | 1,48 | 0,86 | 0,21 | 0,10 | 1,57 | 0,91 | 0,23 | 0,08 | 1,73 |
| Fett-Eiweiß-Quotient | 1,36 | 0,18 | 0,42 | 2,69 | 1,25 | 0,18 | 0,48 | 3,17 | 1,27 | 0,19 | 0,41 | 2,80 |
| log. Zellgehalt (SCS) | 3,39 | 1,57 | 1 | 10 | 3,78 | 1,66 | 1 | 10 | 4,11 | 1,71 | 1 | 10 |
| Harnstoffgehalt (mg/l) | 145,5 | 109,4 | 1,0 | 644,0 | 148,2 | 111,9 | 1,0 | 552,0 | 145,0 | 112,3 | 1,0 | 545,0 |
| Harnstoffmenge (g) | 3,33 | 2,70 | 0,01 | 21,40 | 3,90 | 3,29 | 0,01 | 18,50 | 4,08 | 3,50 | 0,02 | 19,40 |

Bei den Tieren der dritten Laktation lag das Niveau der täglichen Milchmenge mit 28,3 kg und bei der energiekorrigierten Milch mit 28,2 kg über denen der Kühe der anderen Laktationen. Für die Kühe der ersten Laktation wurde ein Melkdurchschnitt von 23,3 kg und eine energiekorrigierte Milchmenge von 22,8 kg berechnet, für die Kühe der zweiten Laktation von 26,6 bzw. 26,4 kg.

Auch der Fettgehalt nahm von Laktation zu Laktation zu. In der ersten Laktation war ein Gehalt von 4,01 %, in der zweiten von 4,10 und in der dritten von 4,16 % zu beobachten.

Der Eiweißgehalt folgt dem steigenden Trend des Fettgehaltes von Laktation zu Laktation nicht. Zwar wurde für die Kühe der ersten Laktation mit 3,20 % auch hier den niedrigsten Wert nachgewiesen, jedoch war von zweiter zu dritter Laktation keine Zunahme festzustellen. Für die Zweitkalbskühe ergab sich sogar mit 3,29 % ein leicht höherer Eiweißgehalt gegenüber den Kühen der dritten Laktation (+ 0,01 %).

Fett- und Eiweißmenge steigen von Laktation zu Laktation an. In der dritten Laktation sind Werte von 1,15 bzw. 0,91 zu beobachten. Insgesamt liegen die Werte deutlich unter denen der konventionell produzierenden Betriebe.

Der durchschnittliche Fett-Eiweiß-Quotient war mit 1,36 am höchsten für die Tiere der ersten Laktation und mit 1,25 bzw. 1,27 für die zweite bzw. dritte Laktation in etwa auf gleichem Niveau. Im Vergleich zu den konventionell produzierenden Betrieben ergaben sich für die nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe höhere Werte.

Der logarithmierte Zellgehalt stieg mit Werten von 3,39 (erste Laktation), 3,78 (zweite Laktation) und 4,11 (dritte Laktation) von Laktation zu Laktation an. Die Differenzen von erster zu zweiter Laktation beträgt 0,39, von zweiter zu dritter 0,33.

Die Niveauunterschiede beim Milchharnstoffgehalt sind zwischen den Laktationsgruppen relativ gering. Der Wert für die Tiere der ersten Laktation von 145,5 mg/l differiert von denen der zweiten Laktation (148,2 mg/l) um - 2,7 mg/l und zu denen der dritten Laktation (145,0 mg/l) um + 0,5 mg/l.

Die Harnstoffmenge zeigt eine steigende Tendenz von erster (3,33 g) zu dritter Laktation (4,08 g). Die Harnstoffmenge der Zweitkalbskühe ordnet sich mit 3,90 g dazwischen ein. Der Anstieg von erster zu zweiter Laktation fällt dabei auf Grund der Niveauunterschiede in der Milchmenge mit 0,57 g höher aus als zwischen zweiter zu dritter Laktation (0,18 g).

## 5.2. Signifikanz der fixen und zufälligen Einflussfaktoren auf die Merkmale der Milchleistungsparameter, des Zellgehaltes, des Milchharnstoffgehaltes und der Milchharnstoffmenge konventionell produzierender Betriebe (kpB) und nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierender Betriebe (öpB)

Die Ergebnisse der Signifikanzen der im Modell I verwendeten fixen Einflussfaktoren und der Anteil der Betriebsvarianz an der Varianz der entsprechenden Merkmale bei Verwendung der Prozedur des General Linear Models (GML) werden im Folgenden für die drei betrachteten Laktationen dargestellt.

Tabelle 17: Signifikanzen der Einflussfaktoren Laktationsstadium und Saison auf die Merkmale der Milchleistungsprüfung am Prüftag und Anteil der Betriebsvarianz an der Varianz der entsprechenden Merkmale entsprechend Modell I von Kühen der ersten Laktation

| Merkmal | Laktationsstadium | | Saison | | Betriebsvarianz in % | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | kpB | öpB | kpB | öpB | kpB | öpB |
| Harnstoffgehalt | *** | n.s. | *** | n.s. | 18,7 | 30,0 |
| Milchmenge | *** | n.s. | *** | n.s. | 16,9 | 5,6 |
| energiekorrigierte Milch | *** | n.s. | *** | n.s. | 17,6 | 6,5 |
| Fettgehalt | *** | n.s. | *** | n.s. | 7,1 | 4,4 |
| Fettmenge | *** | n.s. | *** | n.s. | 14,6 | 8,9 |
| Eiweißgehalt | *** | n.s. | *** | n.s. | 10,6 | 13,7 |
| Eiweißmenge | *** | n.s. | *** | n.s. | 17,6 | 1,4 |
| FEQ | *** | n.s. | *** | n.s. | 6,7 | 7,7 |
| Zellgehalt | *** | n.s. | *** | n.s. | 1,7 | 2,8 |
| Harnstoffmenge | *** | n.s. | *** | n.s. | 18,8 | 21,6 |

n.s. = nicht signifikant, * = $P<0,05$, ** = $P<0,01$, *** = $P<0,001$

Tabelle 18: Signifikanzen der Einflussfaktoren Laktationsstadium und Saison auf die Merkmale der Milchleistungsprüfung am Prüftag und Anteil der Betriebsvarianz an der Varianz der entsprechenden Merkmale entsprechend Modell I von Kühen der zweiten Laktation

| Merkmal | Laktationsstadium | | Saison | | Betriebsvarianz in % | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | kpB | öpB | kpB | öpB | kpB | öpB |
| Harnstoffgehalt | *** | n.s. | *** | n.s. | 18,0 | 27,2 |
| Milchmenge | *** | n.s. | *** | n.s. | 18,0 | 8,6 |
| energiekorrigierte Milch | *** | n.s. | *** | n.s. | 17,5 | 11,4 |
| Fettgehalt | *** | n.s. | *** | n.s. | 8,2 | 2,5 |
| Fettmenge | *** | n.s. | *** | n.s. | 13,8 | 13,0 |
| Eiweißgehalt | *** | n.s. | *** | n.s. | 10,3 | 8,1 |
| Eiweißmenge | *** | n.s. | *** | n.s. | 18,0 | 6,7 |
| FEQ | *** | n.s. | *** | n.s. | 7,5 | 6,2 |
| Zellgehalt | *** | n.s. | *** | n.s. | 1,7 | 6,2 |
| Harnstoffmenge | *** | n.s. | *** | n.s. | 17,7 | 18,5 |

n.s. = nicht signifikant, * = $P$<0,05, ** = $P$<0,01, *** = $P$<0,001

Tabelle 19: Signifikanzen der Einflussfaktoren Laktationsstadium und Saison auf die Merkmale der Milchleistungsprüfung am Prüftag und Anteil der Betriebsvarianz an der Varianz der entsprechenden Merkmale entsprechend Modell I von Kühen der dritten Laktation

| Merkmal | Laktationsstadium | | Saison | | Betriebsvarianz in % | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | kpB | öpB | kpB | öpB | kpB | öpB |
| Harnstoffgehalt | *** | n.s. | *** | n.s. | 17,4 | 30,1 |
| Milchmenge | *** | n.s. | *** | n.s. | 16,5 | 11,6 |
| energiekorrigierte Milch | *** | n.s. | *** | n.s. | 16,1 | 6,3 |
| Fettgehalt | *** | n.s. | *** | n.s. | 7,3 | 17,5 |
| Fettmenge | *** | n.s. | *** | n.s. | 12,9 | 5,6 |
| Eiweißgehalt | *** | n.s. | *** | n.s. | 9,6 | 19,1 |
| Eiweißmenge | *** | n.s. | *** | n.s. | 16,4 | 4,1 |
| FEQ | *** | n.s. | *** | n.s. | 6,9 | 6,7 |
| Zellgehalt | *** | n.s. | *** | n.s. | 2,2 | 2,1 |
| Harnstoffmenge | *** | n.s. | *** | n.s. | 15,8 | 27,1 |

n.s. = nicht signifikant, * = $P$<0,05, ** = $P$<0,01, *** = $P$<0,001

Aus den Tabellen 17 bis 19 geht hervor, dass die in Modell I berechneten Einflüsse des Laktationsstadiums und der Saison auf die Milchleistungsmerkmale in allen drei Laktationen für die konventionell produzierenden Betriebe hoch signifikant sind. Es gibt keine Unterschiede im Signifikanzniveau. Auch der Einfluss der Saison auf den Harnstoffgehalt der Milch der 305-Tage-Leistung ist für diese Betriebsgruppe hoch signifikant für die Laktationen 1 bis 3 (Tabelle 20).

Der Anteil der Betriebsvarianz an der Varianz des entsprechenden Merkmals am Prüftag reicht von 1,7 (Zellgehalt erste und zweite Laktation) bis 18,8 % (Harnstoffmenge erste Laktation) für die konventionell produzierenden Betriebe, wobei die Unterschiede zwischen den einzelnen Laktationen gering sind (Tabellen 17 bis 19).

Die höchste Differenz für ein Merkmal zwischen den Laktationen ist bei der Harnstoffmenge zwischen der ersten und dritten Laktation von lediglich ΔHarnstoffmenge = 3,0 % zu beobachten.
In der ersten Laktation ist der Anteil der Betriebsvarianz am höchsten an der Varianz der Harnstoffmenge von 18,8 % (Tabelle 17), in der zweiten von 18,0 % an der Varianz des Harnstoffgehaltes sowie der Milch- und Eiweißmenge (Tabelle 18) und in der dritten Laktation mit 17,4 % (Tabelle 19) an der Varianz des Harnstoffgehaltes.
Der geringste Einfluss der Betriebsvarianz an der Varianz eines Merkmals wird für den Zellgehalt in der ersten und zweiten (1,7 %) und von 2,2 % in der dritten Laktation geschätzt.

Der Anteil der Betriebsvarianz an der Varianz des Milchharnstoffgehaltes der 305-Tage-Leistung der konventionell produzierenden Betriebe unterscheiden sich mit 38,2 % für die zweite und 38,5 % für die dritte Laktation kaum voneinander. Lediglich für die Tiere der ersten Laktation wird mit 41,6 % ein leicht höherer Anteil der Betriebsvarianz ausgewiesen (Tabelle 20).

Aus den Tabellen 17 bis 19 geht hervor, dass die in Modell I berechneten Einflüsse des Laktationsstadiums und der Saison auf die Milchleistungsmerkmale in allen drei Laktationen für die nach ökologischen Richtlinien produzierenden Betriebe nicht signifikant sind.

Für die Betriebe, die nach ökologischen Richtlinien produzieren, konvergierten die Daten im Iterationsverfahren zur Schätzung der Varianzanteile nach Modell II nicht (Tabelle 20).

Tabelle 20: Signifikanzen des Milchharnstoffgehaltes der 305-Tage-Leistungen der drei Laktationen und Anteil der Betriebsvarianz an der Varianz des Harnstoffgehaltes

| Merkmal | Saison | | Betriebsvarianz in % | |
|---|---|---|---|---|
| | kpB | öpB | kpB | öpB |
| Harnstoffgehalt 1. Laktation | *** | n.k. | 41,6 | n.k. |
| Harnstoffgehalt 2. Laktation | *** | n.k. | 38,2 | n.k. |
| Harnstoffgehalt 3. Laktation | *** | n.k. | 38,5 | n.k. |

n.s. = nicht signifikant, * = $P<0,05$, ** = $P<0,01$, *** = $P<0,001$, n.k. = nicht konvergiert

## 5.3. Milchleistung, Fett- und Eiweißgehalt in Abhängigkeit vom Jahresverlauf der konventionell produzierenden Betriebe

Die monatliche Entwicklung der durchschnittlichen Milchleistung sowie des Milchfett- und Milcheiweißgehaltes der Kühe im Verlauf der vier Prüfjahre 2008/09 bis 2011/12 wird in den Abbildungen 15 bis 17 im Anhang veranschaulicht.

Zwischen dem Fett- und Eiweißgehalt und dem Prüfmonat war ein Zusammenhang festzustellen, der allerdings nicht statistisch abgesichert werden konnte. Der Verlauf der Milchinhaltsstoffe zeigt, dass die Fett- und Eiweißprozente im Spätherbst anstiegen, im ausgehenden Frühjahr wieder zurückgingen und in den Sommermonaten, besonders von Mai bis August, ihren Tiefststand erreichten. Der höchste Milchfettgehalt wurde im Januar 2010 mit 4,16 %, der niedrigste im August 2011 mit 3,71 %, festgestellt.
Der höchste Wert für den Milcheiweißgehalt war im Oktober 2010 mit 3,49 % und der niedrigste im Juli 2010 mit 3,21 % zu beobachten. Die jahreszeitliche Entwicklung stimmt mit den Auswertungen des LKV Brandenburg (2011) überein. Die Abbildung 15 und 17 des Anhangs zeigen, dass die Entwicklung der Milchmenge und der Inhaltsstoffe im Jahresverlauf gegenläufig verliefen.

## 5.4. 305-Tage-Leistung der konventionell produzierenden Betriebe und der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe

In Tabelle 21 sind die Ergebnisse (Mittelwerte [$\bar{x}$] und Standardabweichungen [s]) der 305-Tage-Leistungen für die Laktationen eins bis drei und für alle Laktationen der konventionell produzierenden Betriebe dargestellt. Die Milchmenge steigt von der ersten zur dritten Laktation an. Selbiges ist für den Fettgehalt, die Fett- und Eiweißmenge zu beobachten. Der Eiweißgehalt ist in der ersten und zweiten Laktation mit 3,37 % gleich und fällt dann zur dritten Laktation um 0,03 % auf 3,34 % wieder ab.

Der Milchharnstoffgehalt nimmt von erster zu zweiter Laktation von 235,4 auf 245,2 mg/l zu und liegt in der dritten Laktation mit 244,9 mg/l leicht unter den Werten der zweiten Laktation. Somit spiegeln sich bei den 305-Tage-Leistungen die gleichen Verhältnisse wie bei den Prüftagsergebnissen der drei Laktationen für den Milchharnstoffgehalt von der Höhe und der Differenzen der Werte der Laktationen zueinander wider.
Diese Leistungen entsprechen dem Stand der Brandenburger MLP-Kühe der ausgewerteten Prüfjahre (LKV Brandenburg 2012).

Tabelle 21: Mittelwerte ($\overline{x}$) und Standardabweichungen (s) der 305-Tage-Leistungen der konventionell produzierenden Betriebe (Datensatz 2)

| Merkmal | 1. Laktation 50.741 Kühe | | 2. Laktation 29.514 Kühe | | 3. Laktation 19.920 Kühe | | alle Laktationen 100.175 Kühe | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\overline{x}$ | s | $\overline{x}$ | s | $\overline{x}$ | s | $\overline{x}$ | s |
| Melktage (d) | 300 | 11,1 | 299 | 11,9 | 299 | 12,2 | 299 | 11,8 |
| Milchmenge (kg) | 8.092 | 1.628 | 9.340 | 1.929 | 9.629 | 1.975 | 8.904 | 1.951 |
| Fettgehalt (%) | 3,94 | 0,51 | 3,96 | 0,56 | 4,02 | 0,55 | 4,03 | 0,54 |
| Fettmenge (kg) | 319 | 58,3 | 370 | 71,3 | 387 | 75,0 | 355 | 74,4 |
| Eiweißgehalt (%) | 3,37 | 0,22 | 3,37 | 0,23 | 3,34 | 0,23 | 3,37 | 0,23 |
| Eiweißmenge (kg) | 272 | 50,2 | 315 | 59,2 | 322 | 60,7 | 299 | 60,6 |
| Harnstoffgehalt (mg/l) | 235,4 | 39,9 | 245,2 | 42,1 | 244,9 | 42,7 | 239,7 | 41,3 |

In Tabelle 22 sind die Ergebnisse (Mittelwerte [$\overline{x}$] und Standardabweichungen [s]) der 305-Tage-Leistungen für die Laktationen eins bis drei und für alle Laktationen der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe enthalten.

Die durchschnittliche Milchmenge ist auf einem niedrigeren Niveau als bei den konventionell produzierenden Betrieben, ist aber von Trend her gleich (Anstieg von der ersten bis zur dritten Laktation). Der Fettgehalt entspricht in etwa den konventionell produzierenden Betrieben, der Eiweißgehalt liegt mit - 0,19 %, - 0,15 % bzw. - 0,13 % für die erste bis dritte Laktation deutlich unter dem Durchschnitt der anderen Betriebsgruppe.

Der mittlere Harnstoffgehalt der Milch steigt wie bei den konventionell produzierenden Betrieben von erster zu zweiter Laktation an und fällt dann leicht zur dritten Laktation wieder ab. Die Werte für den MHG der 305-Tage-Leistungen der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe liegen um 94,5, 90,3 bzw. 90,9 mg/l der ersten, zweiten bzw. dritten Laktation unter den Werten der konventionell produzierenden Betriebe.

Tabelle 22: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) der 305-Tage-Leistungen der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe (Datensatz 2)

| Merkmal | 1. Laktation 3.516 Kühe | | 2. Laktation 2.363 Kühe | | 3. Laktation 1.587 Kühe | | alle Laktationen 7.466 Kühe | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s |
| Melktage (d) | 298 | 12,9 | 298 | 12,7 | 297 | 13,8 | 298 | 13,2 |
| Milchmenge (kg) | 7.027 | 1.209 | 8.155 | 1.447 | 8.581 | 1.493 | 7.921 | 1.534 |
| Fettgehalt (%) | 3,92 | 0,47 | 3,97 | 0,47 | 4,03 | 0,47 | 3,99 | 0,47 |
| Fettmenge (kg) | 274 | 47,3 | 321 | 57,3 | 343 | 60,2 | 314 | 63,2 |
| Eiweißgehalt (%) | 3,18 | 0,20 | 3,22 | 0,21 | 3,21 | 0,19 | 3,20 | 0,20 |
| Eiweißmenge (kg) | 222 | 34,4 | 261 | 41,7 | 274 | 43,4 | 252 | 45,8 |
| Harnstoffgehalt (mg/l) | 140,9 | 67,2 | 154,9 | 70,8 | 154,0 | 73,7 | 148,1 | 68,3 |

## 5.5. Milchharnstoffgehalt in Abhängigkeit von Laktationsverlauf und Laktationsnummer der konventionell produzierenden Betriebe

Der in Abbildung 7 dargestellte Verlauf des Milchharnstoffgehaltes innerhalb der Laktationen zeigt ein Ansteigen des Milchharnstoffgehaltes zu Beginn der Laktationen bis zu einem Höchstwert in der Laktationstageklasse 4 (126. bis 165. Laktationstag) der zweiten mit 259 mg/l und dritten Laktation mit 256 mg/l und ein leichtes Absinken zum Laktationsende.

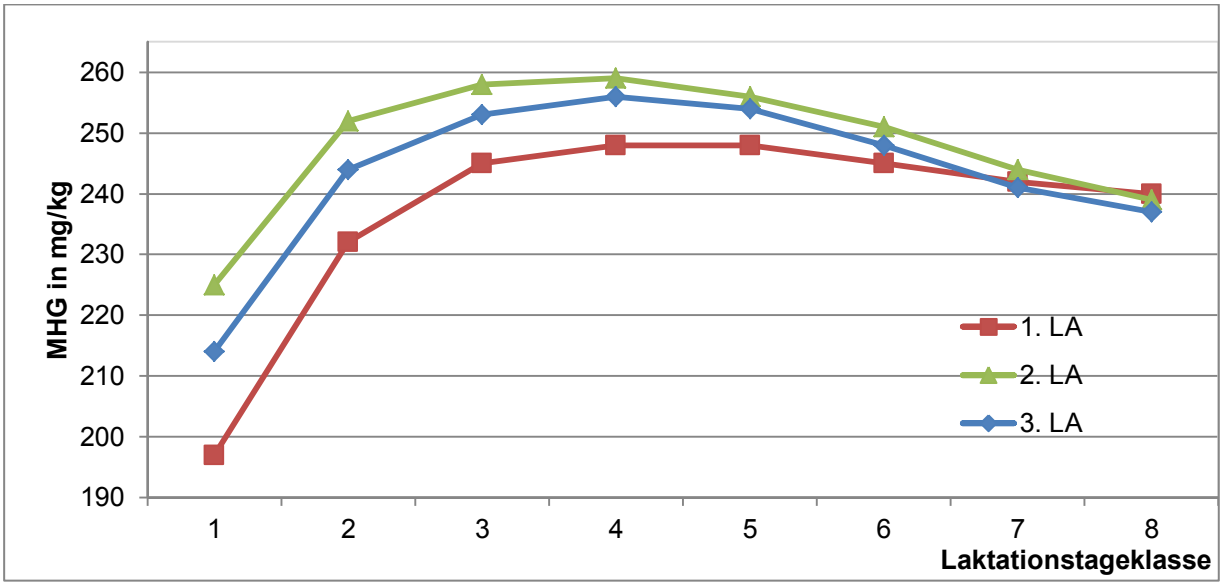


Abbildung 7: Milchharnstoffgehalt in acht verschiedenen Laktationstageklassen für Kühe der 1. bis 3. Laktation

Der Peak in der ersten Laktation ist in den Laktationstageklassen 4 und 5 (126. bis 165 bzw. 166. bis 205. Laktationstag) mit jeweils 248 mg/l zu beobachten.

Die Werte des Harnstoffgehaltes der Milch der ersten Laktation liegen bis zur sechsten Laktationstageklasse (206. bis 245. Laktationstag) unter denen der beiden anderen. Das Niveau des Milchharnstoffgehaltes in der zweiten Laktation ist am höchsten. Die Werte der Tiere der dritten Laktation liegen zwischen denen der ersten und zweiten Laktation, mit Ausnahme zum Laktationsende hin.

Die Kühe der ersten Laktation starteten mit einem durchschnittlichen Harnstoffgehalt von 197 mg/l, der bis auf 248 mg/l in der vierten und fünften Laktationstageklasse (126. bis 165 bzw. 166. bis 205. Laktationstag) zunahm und zum Laktationsende bis auf 240 mg/l wieder zurückging.

Die Spannen zwischen den Werten des Milchharnstoffgehaltes der drei Laktationen sind in der ersten Laktationstageklasse (5. bis 45. Laktationstag) am größten und nehmen im Laufe der Laktation ab. In der siebten und achten Laktationstageklasse sind die Werte für den Milchharnstoffgehalt für die drei Laktationen nur noch marginal.

## 5.6. Milchharnstoffgehalt in Abhängigkeit vom Jahresverlauf der konventionell produzierenden Betriebe

Der Verlauf der durchschnittlichen Milchharnstoffgehalte war vom Trend her in allen vier Prüfjahren ähnlich (Abbildung 8). Die höheren Werte waren in den Monaten Oktober bis Dezember, die niedrigsten in den Monaten Februar bis Mai, zu finden. Eine Ausnahme bildete hier das Prüfjahr 2010, in dem der Milchharnstoffgehalt fast über das gesamte Prüfjahr hin anstieg.

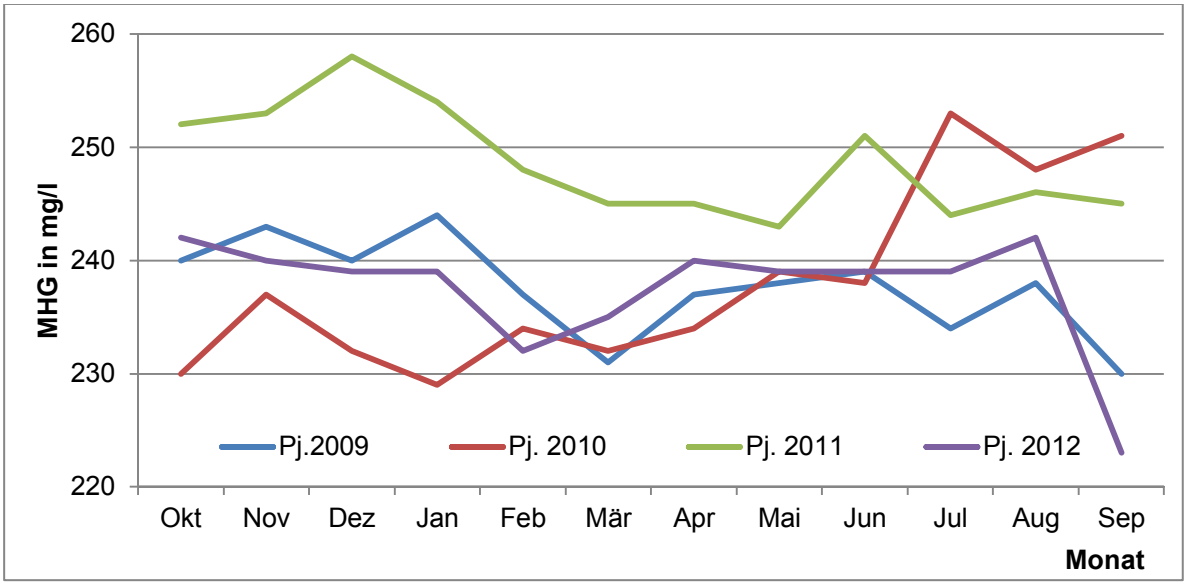


Abbildung 8: Milchharnstoffgehalt im Verlauf der Prüfjahre 2009 bis 2012

## 5.7. Fett-Eiweiß-Quotient der konventionell produzierenden Betriebe

Der durchschnittlichen FEQ betrug 1,16 für die Kühe der ersten und zweiten sowie 1,18 für die Kühe der dritten Laktation (Tabelle 15). Abbildung 9 veranschaulicht den Verlauf des durchschnittlichen Fett-Eiweiß-Quotienten während der vier Prüfjahre. Die Schwankungen zwischen den einzelnen Monaten sind relativ gering. So betrug die Spannweite im Prüfjahr 2010/2011 ΔFEQ=0,04. Vom Trend her waren die höchsten FEQ-Werte in den Monaten Januar bis März und die niedrigsten in den Sommermonaten Juli bis September zu beobachten.

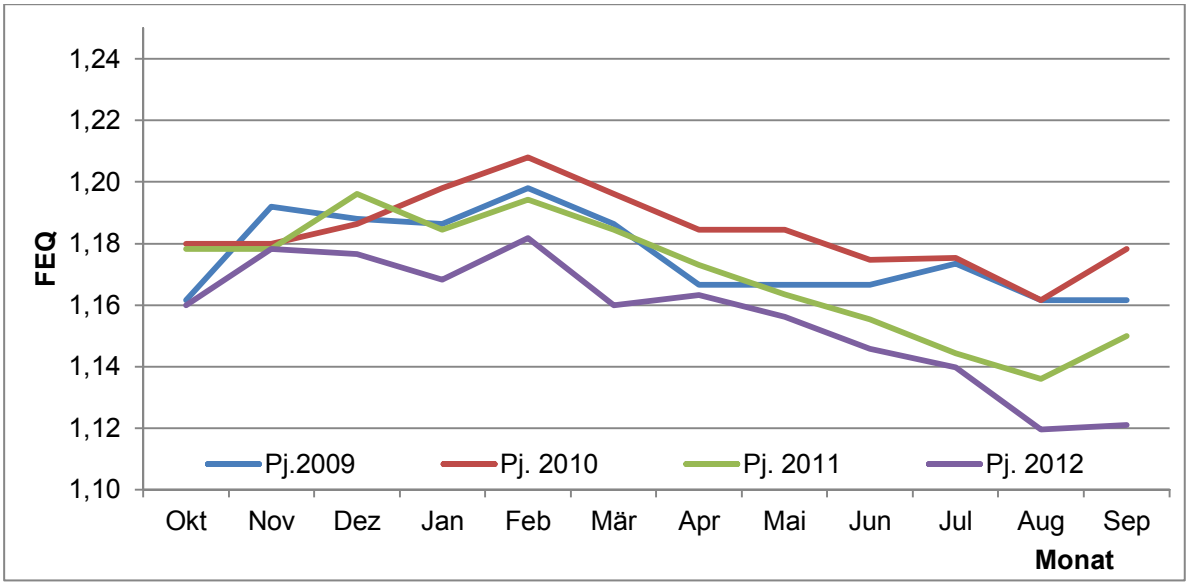


Abbildung 9: Der Fett-Eiweiß-Quotient im Verlauf der Prüfjahre 2009 bis 2012

## 5.8. Beziehungen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und verschiedener Milchleistungsmerkmale

### 5.8.1. Heritabilitäten für den Milchharnstoffgehalt differenziert nach Laktationen

#### 5.8.1.1. Heritabilitäten der konventionell produzierenden Betriebe

Die geschätzten Heritabilitäten in den einzelnen Laktationsklassen für den Milchharnstoffgehalt, die Milchmengenmerkmale, die Milchinhaltstoffe, den Fett-Eiweiß-Quotienten, den log. Zellgehalt und der Harnstoffmenge der konventionell produzierenden Betriebe sind in der Tabelle 23 aufgeführt, die Standardfehler für die Schätzungen in der Tabelle 37 des Anhangs.

Die Heritabilitäten für den Harnstoffgehalt in der Milch lagen für die betrachteten Laktationen und für alle acht Laktationstageklassen im mittleren Bereich von $h^2$=0,200 bis $h^2$=0,395. Zwischen den drei Laktationen nahmen die ermittelten additiv-genetischen Varianzanteile tendenziell von der ersten zur dritten Laktation ab, z.B. vierte Laktationstageklasse (126. bis 165. Laktationstag):

1. Laktation $h^2$ = 0,390
2. Laktation $h^2$ = 0,294
3. Laktation $h^2$ = 0,269

Die durchschnittlichen Differenzen der Heritabilitäten in den acht Laktationstageklassen zwischen der zweiten und dritten Laktation ($\Delta h^2$ = 0,03) waren dabei kleiner als zwischen der ersten und zweiten Laktation ($\Delta h^2$ = 0,08) (Tabelle 23).

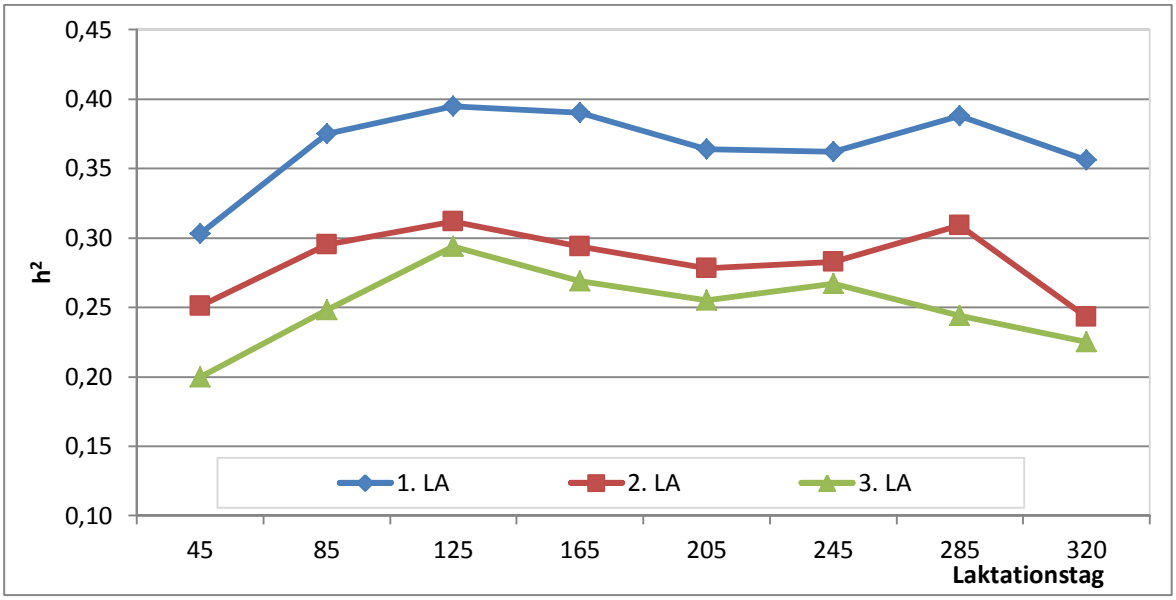


Abbildung 10: Schätzwerte der Heritabilität für den Harnstoffgehalt in der Milch der erst-, zweit- und drittlaktierenden Kühe im Laktationsverlauf (Modell II)

Innerhalb der ersten und dritten Laktation waren in der ersten Laktationstageklasse (6.-45. Laktationstag) die niedrigsten Schätzwerte festzustellen, in der zweiten Laktation in der achten Laktationstageklasse (286.-320. Laktationstag). Tendenziell war eine Zunahme des Heritabilitätskoeffizienten von Beginn der Laktationen bis zur dritten Laktationstageklasse (86.-125. Laktationstag) und dann ein Rückgang zum Laktationsende zu beobachten (Abbildung 10). In der ersten und zweiten Laktation war in der siebten Laktationstageklasse (246.-285. Laktationstag) ein weiterer Peak für den Heritabilitätskoeffizienten festzustellen.

Die Heritabilitäten für die Harnstoffmenge über die acht Laktationstageklassen und die drei Laktationen schwanken von $h^2$ = 0,131 bis $h^2$ = 0,370. Sie waren für die einzelnen Laktationen durchschnittlich auf einem leicht geringeren Niveau wie für den Milchharnstoffgehalt ($\Delta h^2$ ca. 0,03). Innerhalb und zwischen den Laktationen waren die gleichen Tendenzen wie beim Milchharnstoffgehalt zu beobachten.

Die additiv-genetischen Varianzanteile für den Fett-Eiweiß-Quotienten unterschieden sich für die einzelnen Laktationen nur geringfügig. In den einzelnen Laktationen ergeben sich Heritabilitätskoeffizienten von $h^2$=0,044 bis $h^2$=0,146, wobei in der ersten Laktation die geringste ($h^2$=0,097 bis $h^2$=0,140) und in der zweiten die größte Schwankungsbreite ($h^2$=0,044 bis $h^2$=0,139) auftraten.

Tabelle 23: Heritabilitäten des Milchharnstoffgehaltes, der Milchleistungsmerkmale, des Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ), des log. Zellgehaltes und der Harnstoffmenge von Kühen der ersten bis dritten Laktation in acht Laktationstageklassen (konventionell produzierende Betriebe)

| | Laktation | Laktationstag 45 | 85 | 125 | 165 | 205 | 245 | 285 | 320 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Harnstoffgehalt (mg/l) | 1 | 0,303 | 0,375 | 0,395 | 0,390 | 0,364 | 0,362 | 0,388 | 0,356 |
| | 2 | 0,251 | 0,295 | 0,312 | 0,294 | 0,278 | 0,283 | 0,309 | 0,243 |
| | 3 | 0,200 | 0,248 | 0,294 | 0,269 | 0,255 | 0,267 | 0,244 | 0,225 |
| Milchmenge (kg) | 1 | 0,172 | 0,248 | 0,259 | 0,234 | 0,234 | 0,219 | 0,205 | 0,187 |
| | 2 | 0,196 | 0,265 | 0,260 | 0,242 | 0,200 | 0,176 | 0,152 | 0,126 |
| | 3 | 0,140 | 0,224 | 0,231 | 0,251 | 0,263 | 0,181 | 0,135 | 0,098 |
| ECM (kg) | 1 | 0,173 | 0,259 | 0,274 | 0,255 | 0,241 | 0,217 | 0,225 | 0,192 |
| | 2 | 0,191 | 0,239 | 0,246 | 0,229 | 0,190 | 0,169 | 0,146 | 0,114 |
| | 3 | 0,161 | 0,208 | 0,222 | 0,219 | 0,226 | 0,165 | 0,124 | 0,096 |
| Fettgehalt (%) | 1 | 0,247 | 0,313 | 0,297 | 0,310 | 0,327 | 0,326 | 0,298 | 0,299 |
| | 2 | 0,275 | 0,318 | 0,338 | 0,315 | 0,302 | 0,271 | 0,279 | 0,268 |
| | 3 | 0,221 | 0,304 | 0,293 | 0,330 | 0,307 | 0,288 | 0,301 | 0,288 |
| Fettmenge (kg) | 1 | 0,155 | 0,224 | 0,223 | 0,223 | 0,205 | 0,186 | 0,209 | 0,165 |
| | 2 | 0,185 | 0,174 | 0,194 | 0,176 | 0,150 | 0,139 | 0,125 | 0,093 |
| | 3 | 0,139 | 0,162 | 0,165 | 0,160 | 0,160 | 0,129 | 0,108 | 0,091 |
| Eiweißgehalt (%) | 1 | 0,275 | 0,395 | 0,393 | 0,390 | 0,370 | 0,384 | 0,360 | 0,342 |
| | 2 | 0,239 | 0,342 | 0,371 | 0,368 | 0,339 | 0,326 | 0,336 | 0,287 |
| | 3 | 0,206 | 0,303 | 0,323 | 0,373 | 0,376 | 0,334 | 0,308 | 0,289 |
| Eiweißmenge (kg) | 1 | 0,184 | 0,268 | 0,278 | 0,252 | 0,243 | 0,218 | 0,227 | 0,201 |
| | 2 | 0,179 | 0,270 | 0,266 | 0,241 | 0,200 | 0,177 | 0,148 | 0,124 |
| | 3 | 0,153 | 0,225 | 0,238 | 0,241 | 0,238 | 0,177 | 0,130 | 0,099 |
| Fett-Eiweiß-Quotient | 1 | 0,140 | 0,132 | 0,105 | 0,106 | 0,120 | 0,121 | 0,116 | 0,097 |
| | 2 | 0,138 | 0,125 | 0,139 | 0,107 | 0,092 | 0,072 | 0,044 | 0,048 |
| | 3 | 0,071 | 0,146 | 0,089 | 0,116 | 0,097 | 0,069 | 0,082 | 0,078 |
| log. Zellgehalt (SCS) | 1 | 0,071 | 0,056 | 0,051 | 0,077 | 0,063 | 0,053 | 0,058 | 0,044 |
| | 2 | 0,042 | 0,050 | 0,069 | 0,061 | 0,058 | 0,057 | 0,076 | 0,054 |
| | 3 | 0,054 | 0,059 | 0,047 | 0,042 | 0,033 | 0,051 | 0,053 | 0,040 |
| Harnstoffmenge (g) | 1 | 0,258 | 0,350 | 0,370 | 0,351 | 0,347 | 0,316 | 0,331 | 0,299 |
| | 2 | 0,251 | 0,294 | 0,319 | 0,293 | 0,253 | 0,224 | 0,212 | 0,166 |
| | 3 | 0,168 | 0,233 | 0,283 | 0,270 | 0,263 | 0,218 | 0,176 | 0,131 |

#### 5.8.1.2. Heritabilitäten der nach ökologischen Richtlinien produzierenden Betriebe

Für die Betriebe, die nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzieren, konvergierten die Daten im Iterationsverfahren zur Schätzung der Varianzanteile nach Modell II nicht, so dass für diese Betriebe keine Ergebnisse dargestellt werden können.

### 5.8.2. Phänotypische Korrelationen

#### 5.8.2.1. Phänotypische Korrelationen der konventionell produzierenden Betriebe

Die phänotypischen Korrelationen zwischen dem Harnstoffgehalt der Milch und den Milchleistungsmerkmalen, dem Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ), dem log. Zellgehalt und der Harnstoffmenge der konventionell produzierenden Betriebe der ersten bis dritten Laktation in acht Laktationstageklassen sind in der Tabelle 24 dargestellt.

Tabelle 24: Phänotypische Korrelationen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den Milchleistungsmerkmalen, dem Fett-Eiweiß-Quotienten(FEQ), dem log. Zellgehalt und der Harnstoffmenge von Kühen der ersten bis dritten Laktation in acht Laktationstageklassen (konventionell produzierende Betriebe)

| | Lak- | Laktationstag | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | tation | 45 | 85 | 125 | 165 | 205 | 245 | 285 | 320 |
| Milchmenge (kg) | 1 | 0,227 | 0,165 | 0,169 | 0,197 | 0,218 | 0,242 | 0,241 | 0,236 |
| | 2 | 0,238 | 0,167 | 0,160 | 0,184 | 0,211 | 0,212 | 0,208 | 0,184 |
| | 3 | 0,260 | 0,192 | 0,153 | 0,182 | 0,204 | 0,224 | 0,207 | 0,171 |
| ECM (kg) | 1 | 0,162 | 0,165 | 0,185 | 0,212 | 0,234 | 0,259 | 0,256 | 0,250 |
| | 2 | 0,168 | 0,172 | 0,175 | 0,202 | 0,223 | 0,222 | 0,213 | 0,181 |
| | 3 | 0,190 | 0,188 | 0,171 | 0,201 | 0,212 | 0,228 | 0,213 | 0,168 |
| Fettgehalt (%) | 1 | -0,166 | -0,040 | -0,020 | -0,044 | -0,056 | -0,067 | -0,070 | -0,065 |
| | 2 | -0,152 | -0,026 | -0,017 | -0,033 | -0,058 | -0,069 | -0,071 | -0,075 |
| | 3 | -0,162 | -0,030 | -0,010 | -0,028 | -0,059 | -0,080 | -0,064 | -0,074 |
| Fettmenge (kg) | 1 | 0,076 | 0,124 | 0,155 | 0,175 | 0,198 | 0,224 | 0,227 | 0,227 |
| | 2 | 0,079 | 0,135 | 0,146 | 0,172 | 0,190 | 0,191 | 0,187 | 0,156 |
| | 3 | 0,093 | 0,147 | 0,146 | 0,172 | 0,178 | 0,195 | 0,190 | 0,146 |
| Eiweißgehalt (%) | 1 | -0,084 | 0,045 | 0,028 | 0,010 | 0,002 | -0,003 | -0,007 | -0,008 |
| | 2 | -0,105 | -0,010 | -0,011 | -0,004 | -0,006 | -0,005 | 0,001 | -0,008 |
| | 3 | -0,072 | -0,017 | 0,002 | 0,017 | -0,011 | -0,012 | -0,001 | 0,005 |
| Eiweißmenge (kg) | 1 | 0,212 | 0,193 | 0,192 | 0,217 | 0,238 | 0,263 | 0,260 | 0,255 |
| | 2 | 0,205 | 0,179 | 0,173 | 0,204 | 0,232 | 0,233 | 0,228 | 0,196 |
| | 3 | 0,240 | 0,204 | 0,170 | 0,209 | 0,221 | 0,243 | 0,226 | 0,186 |
| FEQ | 1 | -0,219 | -0,064 | -0,036 | -0,056 | -0,068 | -0,080 | -0,083 | -0,078 |
| | 2 | -0,108 | -0,023 | -0,013 | -0,035 | -0,067 | -0,082 | -0,091 | -0,091 |
| | 3 | -0,136 | -0,042 | -0,013 | -0,043 | -0,066 | -0,092 | -0,081 | -0,097 |
| log. Zellgehalt | 1 | -0,133 | -0,088 | -0,080 | -0,090 | -0,091 | -0,092 | -0,085 | -0,083 |
| (SCS) | 2 | -0,148 | -0,121 | -0,120 | -0,112 | -0,106 | -0,101 | -0,097 | -0,084 |
| | 3 | -0,146 | -0,144 | -0,147 | -0,139 | -0,117 | -0,112 | -0,099 | -0,078 |
| Harnstoffmenge (g) | 1 | 0,835 | 0,831 | 0,811 | 0,805 | 0,799 | 0,796 | 0,779 | 0,763 |
| | 2 | 0,849 | 0,818 | 0,787 | 0,772 | 0,764 | 0,747 | 0,720 | 0,692 |
| | 3 | 0,845 | 0,825 | 0,784 | 0,770 | 0,756 | 0,746 | 0,711 | 0,670 |

Die Höhe der geschätzten phänotypischen Korrelationsfaktoren für die Beziehung des Milchharnstoffgehaltes zur durchschnittlichen Milchmenge lag im Laktationsverlauf insgesamt auf einem niedrigen Niveau. Kein Korrelationskoeffizient ging über einen den absoluten Wert von 0,260 hinaus (5. bis 45. Laktationstag, 3. Laktation). Zwischen den Laktationen wurden nur marginale Unterschiede gefunden. Lediglich zum Laktationsende wurden zwischen der ersten und den beiden anderen Laktationen Differenzen von ca. $r_p$=0,05 geschätzt. Die Spannweiten innerhalb der Laktationen waren gering, wobei nach Laktationsbeginn ein Absinken bis zum 125. Laktationstag und danach ein Anstieg bis 245. Laktationstag zu beobachten war. In den beiden letzten Laktationsklassen (246.-320. Laktationstag) wurde in etwa das Niveau des Laktationsbeginns erreicht.

Die phänotypischen Beziehungen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und der energiekorrigierten Milchmenge bewegte sich von der Höhe her auf dem Niveau der mittleren Milchmengen, d.h. auf niedrigen Level ($r_p$=0,168 bis $r_p$=0,259). Auch die Differenzen der Koeffizienten der einzelnen Laktationstageklassen zwischen den drei Laktationen waren relativ gering. Anders als bei der Betrachtung der mittleren Milchmenge stiegen die Werte der Korrelationskoeffizienten bis zum 245. Laktationstag an, um danach leicht abzusinken.

Zum Fettgehalt bestanden über alle Laktationen und im gesamten Laktationsverlauf schwach negative phänotypische Beziehungen. Die Unterschiede zwischen den Laktationen waren lediglich marginal. Zum Laktationsbeginn (5. bis 45. Laktationstag) wurden mit $r_p$=-0,166 (erste Laktation) der geringste Wert geschätzt, zwischen dem 86. bis 125. Laktationstag mit $r_p$=-0,010 der höchste (3. Laktation).

Die phänotypischen Beziehungen zwischen Milchharnstoffgehalt und der Fettmenge lagen in den acht Laktationsstadien auf niedrigen positiven Level von $r_p$=0,093 bis $r_p$=0,227 für allen drei Laktationen. Die Differenzen zwischen den Laktationen waren gering. Mit Fortschreiten der Laktationen nahm auch die Höhe der Schätzwerte bis ca. 245. Laktationstag zu, um danach für die Kühe der zweiten und dritten Laktation leicht zu sinken.

Die phänotypischen Korrelationsfaktoren zwischen dem Harnstoff- und Eiweißgehalt der Milch bewegen sich eng um den Nullwert, wobei zum Laktationsbeginn mit ca. $r_p$=-0,1 für alle Laktationen die niedrigsten Werte geschätzt wurden. Die Korrelationsfaktoren für alle Laktationsstadien der drei Laktationen weichen nur im geringen Maße voneinander ab.

Die phänotypischen Beziehungen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und der Eiweißmenge lagen im Laktationsverlauf insgesamt auf einem niedrigen positiven Niveau von $r_p$=0,170 bis $r_p$=0,263. Die phänotypischen Beziehungen zwischen den Laktationen weichen kaum voneinander ab. Die Spannweite innerhalb der Laktationen war gering.

Zum Fett-Eiweiß-Quotienten bestehen über alle Laktationen und im gesamten Laktationsverlauf schwach negative phänotypische Beziehungen zum Harnstoffgehalt der Milch. Wie bei den anderen Merkmalen sind die Unterschiede zwischen den Laktationen marginal. Zum Laktationsbeginn (5. bis 45. Laktationstag) wurden mit $r_p$=-0,219 (1. Laktation) der geringste Wert geschätzt.

Zwischen dem logarithmierten Zellgehalt und dem Milchharnstoffgehalt bestehen über die gesamte Laktation leicht negative phänotypische Beziehungen ($r_p$=-0,148 bis $r_p$=-0,078), wobei mit Fortschreiten der drei Laktationen eine leicht steigende Tendenz bei den Schätzwerten auftrat. Die Beziehungen zwischen den Laktationen stimmten weitestgehend überein, die größten Differenzen wurden zwischen der ersten und dritten Laktation für die Laktationsklasse 86. bis 125. Laktationstag von $\Delta$ $r_p$=0,023 geschätzt.

Harnstoffmenge und –gehalt sind miteinander phänotypisch hoch korreliert. Die geschätzten phänotypischen Beziehungen für die erste Laktation betrugen $r_p$=0,835 (5. bis 45. Laktationstag) bis $r_p$=0,763 (286.-320. Laktationstag). Die Schätzwerte gingen kontinuierlich im Laktationsverlauf leicht zurück. Zwischen den Laktationen waren nur geringe Unterschiede der Korrelationswerte in den einzelnen Laktationsabschnitten zu beobachten.

#### 5.8.2.2. Phänotypische Korrelationen der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe

Die phänotypischen Beziehungen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und der anderen Milchleistungsmerkmale der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe der ersten bis dritten Laktation in acht Laktationstageklassen ist in Tabelle 25 dargestellt.

Zur durchschnittlichen Milchmenge wurden leicht positive phänotypische Beziehungen geschätzt. Die Spannweite reicht von $r_p$=0,113 (86. bis 125. Laktationstag, 2. Laktation) bis $r_p$=0,250 (5. bis 45. Laktationstag, 1. Laktation). Sie sind mit den entsprechenden Werten der konventionell produzierenden Betriebe vergleichbar. Zwischen den Laktationen lag die Differenz des Korrelationskoeffizienten somit im niedrigen Bereich (max.

$\Delta r_p$=0,137). Insgesamt ist in der ersten und zweiten Laktation eine leicht sinkende Tendenz der phänotypischen Beziehungen des Milchharnstoffgehaltes zur Milchmenge zur Laktationsmitte und ein Ansteigen zum Laktationsende zu beobachten. In der dritten Laktation fallen die Korrelationswerte zum Laktationsende hin fast kontinuierlich leicht ab.

Tabelle 25: Phänotypische Korrelationen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den Milchleistungsmerkmalen, dem Fett-Eiweiß-Quotienten(FEQ), dem log. Zellgehalt und der Harnstoffmenge von Kühen der ersten bis dritten Laktation in acht Laktationstageklassen (nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierende Betriebe)

| | Lak- | Laktationstag | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | tation | 45 | 85 | 125 | 165 | 205 | 245 | 285 | 320 |
| Milchmenge (kg) | 1 | 0,250 | 0,146 | 0,192 | 0,160 | 0,171 | 0,228 | 0,237 | 0,231 |
| | 2 | 0,234 | 0,194 | 0,113 | 0,167 | 0,183 | 0,179 | 0,230 | 0,188 |
| | 3 | 0,227 | 0,185 | 0,185 | 0,170 | 0,163 | 0,158 | 0,155 | 0,154 |
| ECM (kg) | 1 | 0,143 | 0,171 | 0,218 | 0,199 | 0,122 | 0,170 | 0,180 | 0,158 |
| | 2 | 0,183 | 0,147 | 0,150 | 0,106 | 0,139 | 0,115 | 0,169 | 0,113 |
| | 3 | 0,165 | 0,109 | 0,109 | 0,180 | 0,187 | 0,193 | 0,187 | 0,188 |
| Fettgehalt (%) | 1 | -0,261 | -0,103 | -0,083 | -0,104 | -0,150 | -0,126 | -0,145 | -0,094 |
| | 2 | -0,166 | -0,162 | -0,078 | -0,095 | -0,148 | -0,112 | -0,137 | -0,185 |
| | 3 | -0,224 | -0,074 | -0,074 | -0,037 | -0,070 | -0,088 | -0,114 | -0,131 |
| Fettmenge (kg) | 1 | 0,214 | 0,196 | 0,233 | 0,231 | 0,184 | 0,127 | 0,136 | 0,098 |
| | 2 | 0,127 | 0,197 | 0,174 | 0,141 | 0,195 | 0,160 | 0,119 | 0,069 |
| | 3 | 0,132 | 0,129 | 0,129 | 0,091 | 0,106 | 0,125 | 0,123 | 0,121 |
| Eiweißgehalt (%) | 1 | -0,014 | -0,119 | -0,081 | -0,103 | -0,125 | -0,103 | -0,089 | -0,094 |
| | 2 | -0,029 | -0,081 | -0,059 | -0,041 | -0,083 | -0,139 | -0,090 | -0,001 |
| | 3 | -0,054 | -0,071 | -0,071 | -0,068 | -0,045 | -0,040 | -0,067 | -0,038 |
| Eiweißmenge (kg) | 1 | 0,046 | 0,100 | 0,162 | 0,128 | 0,024 | -0,009 | 0,002 | -0,002 |
| | 2 | 0,010 | 0,067 | 0,099 | 0,057 | 0,064 | 0,041 | -0,001 | -0,040 |
| | 3 | 0,007 | 0,057 | 0,057 | 0,046 | 0,050 | 0,048 | 0,034 | 0,048 |
| FEQ | 1 | -0,280 | -0,171 | -0,137 | -0,173 | -0,235 | -0,209 | -0,230 | -0,184 |
| | 2 | -0,195 | -0,211 | -0,123 | -0,130 | -0,221 | -0,213 | -0,226 | -0,236 |
| | 3 | -0,214 | -0,124 | -0,124 | -0,083 | -0,107 | -0,128 | -0,181 | -0,186 |
| log. Zellgehalt | 1 | -0,095 | -0,034 | -0,011 | -0,043 | -0,011 | -0,006 | -0,041 | -0,077 |
| (SCS) | 2 | -0,073 | -0,045 | -0,004 | 0,011 | -0,006 | -0,008 | -0,064 | 0,019 |
| | 3 | -0,080 | -0,059 | -0,059 | 0,079 | 0,017 | -0,013 | -0,031 | -0,001 |
| Harnstoffmenge (g) | 1 | 0,936 | 0,948 | 0,951 | 0,934 | 0,937 | 0,937 | 0,929 | 0,920 |
| | 2 | 0,937 | 0,932 | 0,946 | 0,931 | 0,929 | 0,913 | 0,905 | 0,892 |
| | 3 | 0,945 | 0,942 | 0,942 | 0,945 | 0,927 | 0,926 | 0,923 | 0,902 |

Die phänotypischen Beziehungen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und der energiekorrigierten Milchmenge reichen von $r_p$=0,058 (286. bis 320 Laktationstag, 1. Laktation) bis $r_p$=0,218 (86. bis 125. Laktationstag, 1. Laktation), somit im niedrigen Bereich und tendenziell leicht unter den Werten der Milchmenge. Zwischen der zweiten und dritten Laktation waren die Differenzen der Koeffizienten der einzelnen Laktationsklassen relativ gering. In der ersten Laktation bestehen in den Laktationstageklassen 86. bis 125. und 126. bis 165. Laktationstag nennenswerte Differenzen zu den anderen beiden Laktationen (max. $\Delta$rp=0,119).

Wie bei den konventionell produzierenden Betrieben bestehen zum Fettgehalt über alle Laktationen und im gesamten Laktationsverlauf schwach negative phänotypische Beziehungen. Die Spannweite reicht von $r_p$=-0,037 (126. bis 165. Laktationstag, 3. Laktation)

bis $r_p$=-0,261 (5. bis 45. Laktationstag, 1. Laktation). Die Unterschiede zwischen den Laktationen sind lediglich marginal. Die Werte der Korrelationskoeffizienten nehmen in allen drei Laktationen bis zum 125. Laktationstag ab und stiegen zum Laktationsende wieder an.

Die phänotypischen Beziehungen zwischen Milchharnstoffgehalt und der Fettmenge folgen vom Trend her denen der konventionell produzierenden Betriebe. Die Korrelationskoeffizienten liegen in allen Laktationen in allen acht Laktationsstadien im leicht positiven Bereich von $r_p$=0,069 (286. bis 320. Laktationstag, 2. Laktation) bis $r_p$=0,233 (86. bis 125. Laktationstag, 1. Laktation), wobei auch hier in der ersten Laktation die höchsten Werte zu beobachten sind. Die Differenzen zwischen den Laktationen sind gering (max. $\Delta r_p$=0,164). Wie beim Fettgehalt nehmen die Korrelationskoeffizienten in allen drei Laktationen zur Laktationsmitte zu und fallen zum Laktationsende wieder ab.

Die phänotypischen Korrelationsfaktoren zwischen dem Harnstoff- und Eiweißgehalt der Milch bewegen im niedrigen negativen Bereich für alle Laktationen. Der niedrigste Wert konnte für die Kühe der zweiten Laktation im Laktationsstadium 206. bis 245 Laktationstag beobachtet werden ($r_p$=0,139). Die höchsten Werte wurden zu Laktationsbeginn bzw. -ende geschätzt. Die Korrelationsfaktoren für alle Laktationsstadien der drei Laktationen weichen nur im geringen Maße voneinander ab.

Die phänotypischen Beziehungen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und der Eiweißmenge liegen im Laktationsverlauf insgesamt auf einem niedrigen positiven Niveau, mit Ausnahme der Tiere der ersten Laktation vom 206. bis 245. und 286 bis 320. Laktationstag ($r_p$=-0,009 bzw. $r_p$=-0,002) sowie die Tier der zweiten Laktation vom 246 bis 285. bzw. 286. bis 320. Laktationstag ($r_p$=-0,001 bzw. $r_p$=-0,040). Die Abweichungen der phänotypischen Beziehungen zwischen den Laktationen sind gering, wie auch die Spannweite innerhalb der Laktationen.

Auch zum Fett-Eiweiß-Quotienten bestehen über alle Laktationen und im gesamten Laktationsverlauf schwach negative phänotypische Beziehungen zum Harnstoffgehalt der Milch, wobei die höchsten Werte in der Mitte der Laktationen 86. bis 165. Laktationstag und die geringsten zu Laktationsbeginn mit $r_p$=-0,280 geschätzt wurden (5. bis 45. Laktationstag, 1. Laktation). Wie bei den anderen Merkmalen sind die Unterschiede zwischen den Laktationen marginal.

Zwischen dem Milchharnstoffgehalt und dem logarithmierten Zellgehalt bestehen für die Kühe der ersten Laktation im gesamten Laktationsverlauf leicht negative phänotypische Beziehungen, wobei die niedrigsten Korrelationsfaktoren zu Laktationsbeginn und -ende geschätzt wurden ($r_p$=-0,095). Die Koeffizienten für die Tiere der zweiten und dritten Laktation waren zu Laktationsbeginn am niedrigsten und erreichten ab Laktationsmitte teilweise positive Werte ($r_p$=0,079 bis $r_p$=-0,080). Insgesamt lagen die Korrelationswerte für die beiden Merkmale im niedrigen Bereich.

Die Schätzwerte für die phänotypischen Korrelationen zwischen Harnstoffmenge und –gehalt der Milch reichen von $r_p$=0,892 für die Tiere der zweiten Laktation zum Laktationsende (286. bis 320 Laktationstag) bis $r_p$=0,951 für die Tiere der ersten Laktation im Zeitraum 86. bis 125. Laktationstag. Somit sind beide Merkmale miteinander phänotypisch hoch korreliert. Der Verlauf der Schätzwerte zeigt relativ konstante Werte zu Laktationsbeginn bis zur Laktationstageklasse 86. bis 125. Laktationstag und anschließend einen tendenziellen Rückgang der Schätzwerte zum Laktationsende. Zwischen den Laktationen sind nur geringe Unterschiede der Korrelationswerte in den einzelnen Laktationsabschnitten zu beobachten.

### 5.8.3. Genetische Korrelationen

#### 5.8.3.1. Genetische Korrelationen der konventionell produzierenden Betriebe

Die genetischen Beziehungen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den Milchleistungsmerkmalen, dem Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ), dem log. Zellgehalt und der Harnstoffmenge wurden in bivariaten Modellen geschätzt und sind in der Tabelle 26 dargestellt, die Standardfehler für die Schätzungen in der Tabelle 38 des Anhangs.

Zur durchschnittlichen Milchmenge lagen für die erste Laktation die geschätzten Korrelationsfaktoren im Laktationsverlauf im niedrigen bis mittleren Bereich von $r_g$=0,291 bis $r_g$=0,438. Die Schätzwerte stiegen innerhalb der ersten Laktation von Beginn bis zur letzten Laktationsklasse fast durchgängig kontinuierlich an (Abbildung 11). Für die zweite und dritte Laktation wurden Koeffizienten zwischen $r_g$=0,383 (5. bis 45. Laktationstag, 2. Laktation) und $r_g$=0,104 (286. bis 320. Laktationstag, 3. Laktation) auf einem insgesamt niedrigeren Niveau geschätzt. Tendenziell nahmen die genetischen Beziehungen für die zweite und dritte Laktation im Verlauf der Laktationen ab. Die Zusammenhänge zwischen der zweiten und dritten Laktation stimmten weitestgehend überein, unterschieden sich

aber von der ersten. Die größten Differenzen traten zum Ende der Laktationen auf und betrugen im letzten Laktationsabschnitt zwischen der ersten und dritten Laktation $\Delta$ $r_g$=0,331.

Tabelle 26: Genetische Korrelationen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den Milchleistungsmerkmalen, dem Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ), dem log. Zellgehalt und der Harnstoffmenge von Kühen der ersten bis dritten Laktation in acht Laktationstageklassen (konventionell produzierende Betriebe)

| | Lak-tation | Laktationstag 45 | 85 | 125 | 165 | 205 | 245 | 285 | 320 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Milchmenge (kg) | 1 | 0,291 | 0,290 | 0,330 | 0,363 | 0,421 | 0,375 | 0,438 | 0,435 |
| | 2 | 0,383 | 0,228 | 0,306 | 0,288 | 0,281 | 0,228 | 0,235 | 0,221 |
| | 3 | 0,244 | 0,185 | 0,285 | 0,243 | 0,235 | 0,228 | 0,199 | 0,104 |
| ECM (kg) | 1 | 0,323 | 0,327 | 0,406 | 0,404 | 0,474 | 0,447 | 0,474 | 0,494 |
| | 2 | 0,288 | 0,287 | 0,396 | 0,381 | 0,396 | 0,304 | 0,322 | 0,304 |
| | 3 | 0,285 | 0,235 | 0,366 | 0,308 | 0,292 | 0,298 | 0,308 | 0,180 |
| Fettgehalt (%) | 1 | 0,163 | 0,055 | 0,150 | 0,000 | -0,052 | -0,030 | -0,100 | -0,074 |
| | 2 | 0,003 | 0,056 | 0,081 | 0,081 | 0,129 | 0,102 | 0,146 | 0,112 |
| | 3 | 0,294 | 0,065 | 0,097 | -0,004 | -0,033 | 0,065 | 0,218 | 0,161 |
| Fettmenge (kg) | 1 | 0,221 | 0,317 | 0,437 | 0,396 | 0,467 | 0,457 | 0,461 | 0,512 |
| | 2 | 0,174 | 0,301 | 0,414 | 0,414 | 0,461 | 0,338 | 0,363 | 0,352 |
| | 3 | 0,280 | 0,233 | 0,393 | 0,314 | 0,317 | 0,326 | 0,369 | 0,216 |
| Eiweißgehalt (%) | 1 | 0,390 | 0,115 | 0,131 | 0,073 | 0,068 | 0,130 | 0,098 | 0,122 |
| | 2 | -0,093 | 0,087 | 0,117 | 0,177 | 0,239 | 0,221 | 0,281 | 0,297 |
| | 3 | 0,811 | 0,194 | 0,177 | 0,194 | 0,099 | 0,200 | 0,341 | 0,290 |
| Eiweißmenge (kg) | 1 | 0,390 | 0,335 | 0,386 | 0,399 | 0,466 | 0,450 | 0,485 | 0,497 |
| | 2 | 0,307 | 0,274 | 0,378 | 0,375 | 0,388 | 0,318 | 0,346 | 0,318 |
| | 3 | 0,278 | 0,254 | 0,364 | 0,339 | 0,304 | 0,316 | 0,313 | 0,187 |
| Fett-Eiweiß-Quotient | 1 | -0,133 | -0,015 | 0,071 | -0,048 | -0,102 | -0,127 | -0,181 | -0,185 |
| | 2 | -0,090 | 0,013 | 0,030 | -0,014 | 0,008 | -0,046 | -0,065 | -0,105 |
| | 3 | 0,037 | -0,018 | 0,003 | -0,132 | -0,182 | -0,063 | 0,052 | 0,021 |
| log. Zellgehalt (SCS) | 1 | -0,033 | -0,018 | -0,100 | -0,055 | -0,177 | -0,236 | -0,213 | -0,240 |
| | 2 | -0,572 | -0,054 | -0,107 | -0,202 | 0,066 | -0,001 | -0,047 | 0,144 |
| | 3 | -0,108 | -0,056 | -0,164 | -0,085 | 0,005 | -0,070 | -0,030 | 0,140 |
| Harnstoffmenge (g) | 1 | 0,906 | 0,901 | 0,894 | 0,900 | 0,896 | 0,888 | 0,895 | 0,886 |
| | 2 | 0,917 | 0,851 | 0,857 | 0,836 | 0,836 | 0,828 | 0,838 | 0,805 |
| | 3 | 0,860 | 0,845 | 0,852 | 0,810 | 0,773 | 0,808 | 0,796 | 0,759 |

Die genetischen Beziehungen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und der energiekorrigierten Milchmenge entsprachen von der Tendenz her dem Trend der genetischen Korrelationen zwischen Harnstoffgehalt der Milch und durchschnittlicher Milchmenge, wobei die Korrelationskoeffizienten fast ausschließlich leicht um ca. $\Delta$ $r_g$=0,05 bis $\Delta$ $r_g$=0,06 über denen für Milchharnstoffgehalt und Milchmenge lagen.

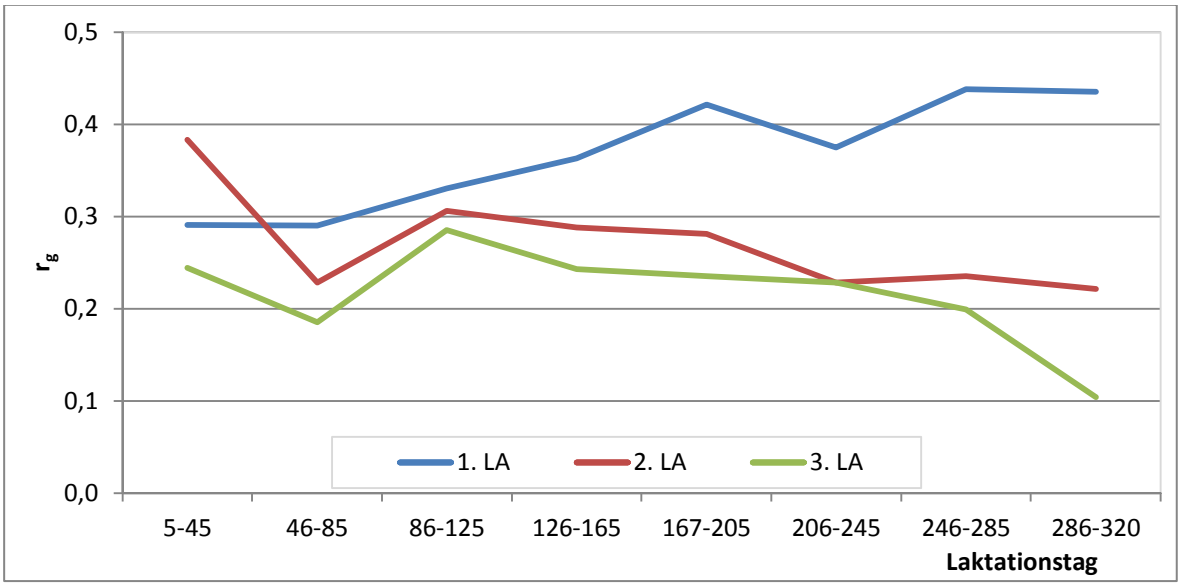


Abbildung 11: Genetische Korrelationen zwischen dem Harnstoffgehalt der Milch und der Milchmenge über drei Laktationen in acht Laktationstageklassen (Modell II) (konventionell produzierende Betriebe)

Zum Fettgehalt bestanden über alle Laktationen und im gesamten Laktationsverlauf schwach positive bis schwach negative genetische Beziehungen von $r_g$=-0,100 bis $r_g$=0,294. Zum Laktationsende waren größere Differenzen zwischen den Schätzwerten der drei Laktationen zu beobachten. So betrug der Abstand zwischen der ersten und dritten Laktation in der Laktationsklasse 246. bis 285. Laktationstag $\Delta$ $r_g$=0,318. Die Unterschiede ab der Laktationstageklasse 46. bis 85. Laktationstag bis zum Laktationsende waren marginal. Die Schätzwerte zum Laktationsbeginn (5. bis 45. Laktationstag) wurden in die weiteren Auswertungen nicht mit einbezogen, da im verwendeten Modell keine Konvergenz erzielt werden konnte.

Die genetischen Beziehungen zwischen Milchharnstoffgehalt und der Fettmenge lagen in den acht Laktationsstadien auf niedrigen bis mittleren positiven Level von $r_g$=0,174 bis $r_g$=0,512 für allen drei Laktationen. Die Differenzen zwischen den Laktationen waren gering. Bis zur Laktationstageklasse 86. bis 125. Laktationstag nahm auch die Höhe der Schätzwerte zu, um danach auf nahezu konstantem Niveau zu verbleiben. Lediglich für die Kühe der dritten Laktation war für die letzte Laktationsklasse ein Rückgang zu den Schätzwerten der Laktationsmitte von ca. $r_g$=0,1 zu verzeichnen.

Die genotypischen Korrelationsfaktoren zwischen dem Harnstoff- und Eiweißgehalt der Milch bewegten sich ab der Laktationstageklasse 46. bis 85. Laktationstag im niedrigen positiven Bereich zwischen $r_g$=0,068 und $r_g$=0,341. Die Korrelationsfaktoren für diese Laktationsstadien der drei Laktationen wichen nur im geringen Maße voneinander ab. Im ersten Laktationsabschnitt (5. bis 45. Laktationstag) gingen die Korrelationswerte für die

Laktationen weit auseinander. Allerdings gilt für die erste Laktationstageklasse, wie beim Fettgehalt, dass die Schätzwerte in die weiteren Auswertungen nicht mit einbezogen werden, da im verwendeten Modell keine Konvergenz für diese Daten erzielt werden konnte.

Die genetischen Beziehungen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und der Eiweißmenge lagen im Laktationsverlauf insgesamt auf einem niedrigen bis mittleren positiven Niveau von $r_p$=0,187 (286. bis 320. Laktationstag, 3. Laktation) bis $r_p$=0,497 (286. bis 320. Laktationstag, 1. Laktation). Die genetischen Zusammenhänge zwischen den Laktationen wichen erst zum Laktationsende, ab 206. bis 246. Laktationstag, zwischen der ersten und den beiden anderen Laktationen weiter voneinander ab ($\Delta r_g$ bis 0,310). Die Spannbreiten innerhalb der Laktationen selbst waren gering.

Zum Fett-Eiweiß-Quotienten bestanden über alle Laktationen und im gesamten Laktationsverlauf schwach positive bis schwach negative genetische Beziehungen. Die Unterschiede zwischen den Laktationen in allen acht Laktationsstadien waren marginal und sind in Abbildung 12 dargestellt.

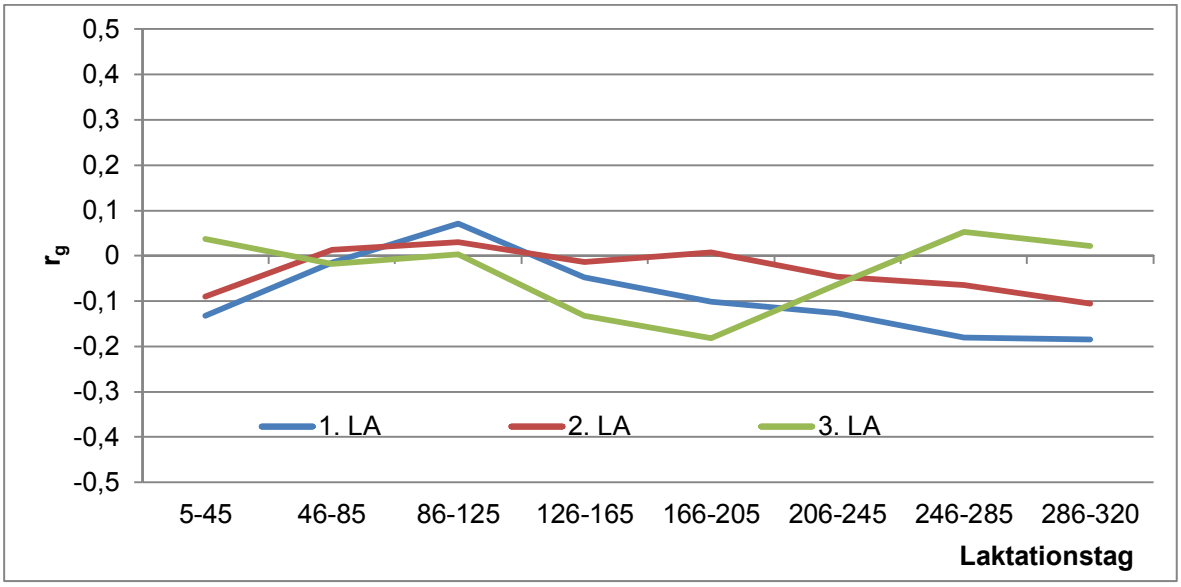


Abbildung 12: Genetische Korrelationen zwischen dem Harnstoffgehalt der Milch und dem Fett-Eiweiß-Quotienten über drei Laktationen in acht Laktationstageklassen (Modell II) (konventionell produzierende Betriebe)

Zwischen dem logarithmierten Zellgehalt und dem Milchharnstoffgehalt bestanden über fast die gesamte Laktation leicht negative genotypische Korrelationen. Lediglich für die zweite und dritte Laktation wurden zum Laktationsende leicht positive Korrelationskoeffizienten geschätzt (286. bis 320. Laktationstag). Zudem wurde zum Laktationsbeginn (5. bis 45. Laktationstag) für die Tiere der zweiten Laktation mit $r_g$=-0,572 ein mittlerer negativer Zusammenhang der beiden Parameter ermittelt. Mit Ausnahme zum Laktationsanfang

stimmten die Schätzwerte zwischen der zweiten und dritten Laktationen annähernd überein. Mit Fortschreiten der Laktation (ab Laktationstageklasse 166. bis 205. Laktationstag) wurde der Abstand in den Schätzwerten zwischen erster und zweiter/dritter Laktation weiter (286. bis 320. Laktationstag $\Delta r_g$=0,38).

Die Harnstoffmenge und –gehalt sind hoch miteinander genetisch korreliert (Abbildung 13). Die geschätzten Korrelationsfaktoren für die erste Laktation betragen $r_g$=0,906 (5. bis 45. Laktationstag) bis $r_g$=0,886 (286. bis 320. Laktationstag). Für alle drei Laktation liegt kein Schätzwert unter $r_g$=0,759. Die Schätzwerte gingen fast kontinuierlich im gesamten Laktationsverlauf leicht zurück. Zwischen den Laktationen waren nur geringe Unterschiede der Korrelationswerte in den einzelnen Laktationsabschnitten zu beobachten, wobei die Werte für die erste Laktation über denen der zweiten und diese über denen der dritten liegen. Die Differenzen zwischen den Schätzwerten der zweiten und dritten Laktation waren geringer als zu denen der ersten Laktation.

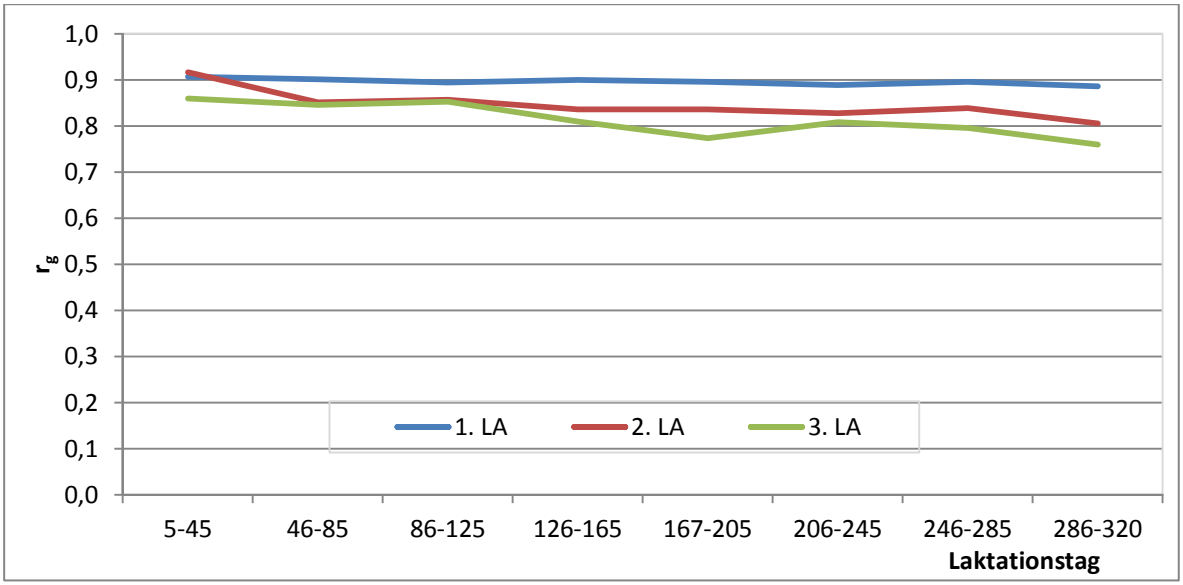


Abbildung 13: Genetische Korrelationen zwischen dem Harnstoffgehalt der Milch und der Harnstoffmenge in acht Laktationstageklassen (Modell II) (konventionell produzierende Betriebe)

#### 5.8.3.2. Genetische Korrelationen der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierende Betriebe

Für die Betriebe, die nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzieren, konvergierten die Daten im Iterationsverfahren zur Schätzung der Varianzanteile nach Modell II nicht, so dass für diese Betriebe keine Ergebnisse dargestellt werden können.

## 5.9. Genetische Korrelationen des durchschnittlichen Milchharnstoffgehaltes zwischen den 305-Tage-Leistungen der konventionell produzierenden Betriebe

Die genetischen Korrelationen der durchschnittlichen Milchharnstoffgehalte der 305-Tage-Leistungen der konventionell produzierenden Betriebe sind in Tabelle 27 dargestellt.

Tabelle 27: Genetische Korrelationen der durchschnittlichen Milchharnstoffgehalte der 305-Tage-Leistungen von 1. bis 3. Laktation (konventionell produzierenden Betriebe)

| | 1. Laktation (SE) | 2. Laktation (SE) |
|---|---|---|
| 2. Laktation | 0,902 (0,084) | - |
| 3. Laktation | 0,761 (0,149) | 0,813 (0,160) |

Die Schätzung der genetischen Korrelation für den durchschnittlichen Milchharnstoffgehalt der 305-Tage-Leistungen zwischen erster und zweiten Laktation ergab $r_g$=0,902 und zwischen erster und dritten Laktation $r_g$=0,761.
Zwischen zweiter und dritter Laktation wurde ein genetischer Zusammenhang der beiden durchschnittlichen Harnstoffgehalte von $r_g$=0,813 ermittelt.
Für die nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe konvergierten die Daten im Iterationsverfahren zur Schätzung der Varianzanteile nach Modell III nicht, so dass für diese Betriebe keine Ergebnisse dargestellt werden können.

# 6. Diskussion

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, auf Grundlage der Standardmethode basierende Messergebnisse (DAM-Methode) für den Harnstoffgehalt der Milch der Prüfjahre 2008/2009 bis 2011/2012 Brandenburger Holstein-Kühe, phänotypische und genetischen Beziehungen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und anderer relevanter Merkmale zu untersuchen.

Zudem sollte überprüft werden, ob Unterschiede zwischen denen in der Literatur und in dieser Studie gefundenen phänotypischen und genetischen Beziehungen zwischen Milchharnstoffgehalt und den anderen Milchleistungsmerkmalen auf Grund der Messmethode existieren.

Als weiteres Ziel sollte geprüft werden, ob eine züchterische Bearbeitung des Milchharnstoffgehaltes auf Grund der geschätzten Heritabilität möglich ist und welche genetischen Beziehungen zu anderen Milchleistungsmerkmalen bestehen, um abzuschätzen, welche Auswirkungen auf diese Merkmale zu erwarten sind, sollte der Milchharnstoffgehalt als zusätzliches Selektionsmerkmal genutzt werden.

Außerdem sollte mit dieser Arbeit aufgezeigt werden, ob Unterschiede im Vergleich der Schätzwerte der Heritabilitäten sowie der phänotypischen und genetischen Korrelationen des Milchharnstoffgehaltes zu den anderen Milchleistungsmerkmalen auf Grund der Produktionsweise (konventionell bzw. nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierende Betriebe) bestehen und somit unterschiedliche Maßnahmen zur züchterischen Bearbeitung des Milchharnstoffgehaltes notwendig sind.

## 6.1. Beschreibende Statistik

### 6.1.1. Beschreibende Statistik der konventionell produzierenden Betriebe

Die hier für die drei Laktationen ermittelten mittleren Harnstoffgehalte entsprachen praxisüblichen Werten. Bei einem mittleren Eiweißgehalt von 3,35 % wurden bei ausreichender Energie- und Proteinversorgung – ca. 200 bis 300 mg Harnstoff je Liter Milch regelmäßig in der Praxis ermittelt.
Der Durchschnittswert für den Milchharnstoffgehalt über die drei betrachteten Laktationen dieser Untersuchung (DAM-Methode) betrug 241 ± 64 mg/l und wich damit um – 27 mg/l

von dem von Stamer et al. (2011) an ca. 16.000 erst- und zweitlaktierenden Niedersächsischen Holstein-Kühen infrarot-analytisch ermittelten Wert von 268 mg/l ab. Dagegen fanden Mitchell et al. (2005) für 26.500 Dänische Holstein-Kühe der ersten bis fünften Laktation mit 12,92 mg/dl (IR-Methode) und für ca. 47.000 Dänische Holstein-Kühe der ersten bis fünften Laktation mit 14,30 mg/dl (DAM-Methode) deutlich niedrigere Durchschnittswerte, wie auch Hojmann et al. (2004) mit 14,4 mg/dl (IR-Methode) und Wood et al. (2003) mit 12,61 mg/dl (IR-Methode). Bei Brämig (2004) lag das Niveau des Harnstoffgehalts für Tiere verschiedener Rassen mit 290 – 306 mg/l höher. Allerdings gingen in diese Untersuchung lediglich die Ergebnisse von 193 Kühen ein. Die Untersuchungsmethode des Milchharnstoffgehaltes wurde hier nicht näher spezifiziert.
Kirchgessner et al. (1986) empfehlen einen Milchharnstoffgehalt bei ausgeglichener Energie- und Rohproteinversorgung in Deutschland in einem Bereich von 150 - 300 mg/l, der DLQ (2013) ebenfalls, wobei Werte zwischen 200 und 250 mg/l Milch anzustreben sind. Gehalte unter 150 mg/l deuten auf eine herabgesetzte Verfügbarkeit von Stickstoff im Pansen hin und Werte über 250 mg/l auf eine Stickstoffüberversorgung. Der durchschnittliche Milchharnstoffgehalt des ausgewerteten Datenmaterials lag somit im oberen Bereich der Empfehlungen. Damit ist zu vermuten, dass bei einem Teil der Tiere eine Überversorgung an Protein beziehungsweise an NPN-Verbindungen vorlag. Neben dem Überangebot an Protein kann auch ein Ungleichgewicht zwischen der Energie- und Proteinversorgung zu erhöhten Harnstoffgehalten führen (Seggewiß 2004).

Die Unterschiede der Durchschnittwerte des Milchharnstoffgehaltes über alle Laktationen dieser Untersuchung können ihre Ursachen in den Fütterungs- und Umweltbedingen haben. Die Faktoren, die einen Effekt auf den Milchharnstoffgehalt haben können, wie Fütterungszeitpunkt, Rationsgestaltung, Laktationsnummer, Eutergesundheitsstatus, Saison, Rasse und Betrieb wurden von verschiedenen Autoren, wie Steinwidder et al. (1998), Richardt et al. (2001b), Steinwidder & Gruber (2000), Schulz & Sieck (1996), Johnsen & Young (2003), Burgos et al. (2007) und Stamer et al. (2009), beschrieben. Auf Grund der vielfältigen Einflussfaktoren auf den Milchharnstoffgehalt wurden in den Modellen, die dieser Arbeit zu Grunde liegen, zur Schätzung der Korrelationen und Heritabilitäten das Laktationsstadium und die Saison als fixe Effekte und der Betriebseffekt als zufälliger berücksichtigt. Um mögliche Effekte der Rasse und der Laktationsnummer auszuschließen, wurden nur Tiere der Rasse Deutsche Holstein-Schwarzbunt berücksichtigt, zudem erfolgten die Auswertungen separat für die erste, zweite und dritte Laktationsnummer.
Eine weitere Ursache für Differenzen zwischen den ermittelten Werten des Milchharnstoffgehaltes dieser Untersuchung (DAM-Methode) und denen in der Literatur veröffentlichten Ergebnissen (IR-Methode) könnte die verwendete Untersuchungsmethode sein.

Mitchel et al. (2005) empfehlen deshalb die DAM-Methode zur Bestimmung der Milchharnstoffgehalt-Werte für Einzelkühen anstatt der IR-Methode, da bei der IR-Methode das Messergebnis für den Milchharnstoff von der Höhe der Anteile anderer Milchinhaltstoffe, wie Fett, Protein und dem somatischen Zellgehalt beeinflusst wird.

Der durchschnittliche Milchharnstoffgehalt in dieser Untersuchung (Tabelle 15) waren in der ersten Laktation am niedrigsten (237,0 ± 62,5 mg/l), am höchsten in der zweiten (249,9 ± 62,5 mg/l) und wieder leicht abfallend in der dritten Laktation (245,5 ± 62,0 mg/l). Dieser Trend ist ähnlich weiterer anderer Untersuchungen, wie z.B. bei Wood et al. (2003), die für die erstlaktierenden Kühe den geringste Harnstoffwert von 12,41 mg/dl (+ 3,31 mg/dl) ermittelten, für Kühe der zweiten Laktation mit 12,80 mg/dl (+ 3,50 mg/dl) den höchste und für Kühe der dritten Laktation 12,74 mg/dl (+ 3,45 mg/dl). Durchschnittwerte entsprechend der o.g. Rangierung von 14,3; 14,7 und 14,5 mg/dl für Kühe der ersten, zweiten bzw. dritten Laktation fanden auch Hojman et al. (2004). Ähnliche Ergebnisse beschrieben auch Godden et al. (2001), Richardt et al. (2001b) und Johnson & Young (2003).

Die geringeren Durchschnittswerte für den Harnstoffgehalt der Milch für Kühe der ersten Laktation, wie in dieser und weiterer Studien beobachtet, führt Roever (1983) auf eine noch nicht voll entwickelte Kapazität der Leber für die Harnstoffsynthese zurück. Zudem haben Färsen gegenüber Kühen ein geringeres Trockenmasse-Aufnahmevermögen und benötigen gleichzeitig noch Energie für ihr eigenes Körperwachstum (Grummer et al. 2004). Lee & Kim (2006) führen höhere Milchharnstoffgehalte bei multiparen Kühen gegenüber Kühen der ersten Laktation auf eine höhere Milchleistung und das daraus resultierende höhere Energiedefizit zu Laktationsbeginn zurück. Den ab der dritten Laktation beobachtete Abfall des Harnstoffwertes begründet Roever (1983) mit einer abnehmenden Harnstoffsynthesekapazität mit zunehmendem Alter. Allerdings kann nach Strang et al. (1998) auch eine Leberverfettung zu einer verminderten Harnstoffsynthesekapazität führen. Dies hätte allerdings Auswirkungen auf Tiere aller Laktationen, insbesondere zu Laktationsbeginn, da eine Leberverfettung häufig durch eine Glucosemangelsituation auf Grund einer negativen Energiebilanz hervorgerufen wird. Eine weitere Ursache könnte laut Richardt et al. (2001b) in der Beeinflussung des Milchharnstoffgehaltes durch altersabhängiger Merkmale (Milch- und Eiweißmenge) liegen, da in ihren Untersuchungen Milch- und Eiweißmenge positive Zusammenhänge mit dem Harnstoffgehalt zeigen. Milch- und Eiweißmenge lassen für Tiere der ersten Laktation niedrigere und für Tiere der zweiten Laktation höhere Harnstoffwerte erwarten, die ab dritter/vierter Laktation wieder sinken.

Der Milchharnstoffgehalt steigt zu Beginn der drei betrachten Laktationen dieser Untersuchung bis zu einem Höchstwert in der Laktationsmitte (86. bis 165. Laktationstag)

an. Zum Ende der drei Laktationen ist ein leichtes Absinken des Harnstoffgehaltes der Milch zu beobachten (Abbildung 7).
Godden et al. (1984) berichteten, dass der Harnstoffgehalt in den ersten 60 Tagen p.p. am geringsten ist, dann bis zum 150. Laktationstag stetig ansteigt, um danach wieder abzufallen. Dies deckt sich weitgehend mit den Ergebnissen von Steinwidder & Gruber (2000), die die höchsten Milchharnstoffgehalte um den 100. Laktationstag fanden. Lt. Richardt et al. (2001b) sind die geringeren Werte des Milchharnstoffgehaltes zu Beginn der Laktation mit den Veränderungen im Verhältnis von Nährstoffaufnahme und Leistung der Tiere (negative Energiebilanz) zu erklären, da nahezu über das gesamte erste Laktationsdrittel hinweg (etwa bis zwölfte Laktationswoche) die Futteraufnahme in der Regel begrenzt ist, während die Milchleistung ansteigt. So kommt es bei den meisten Kühen um den Zeitpunkt der Kalbung zu einer mehr oder weniger stark ausgeprägten Inappetenz, bedingt durch das Umstellen des gestagenen Hormonstatus während der Hochträchtigkeit auf eine erhöhte Östrogenkonzentration zur Kalbung (Zepperitz 1992). Das Phänomen des Energiedefizits ist lt. Breves (2007) allerdings aufgrund begrenzter Futteraufnahme und maximaler Leistung durch die Zucht vorprogrammiert. Ab der zwölften Laktationswoche entspannt sich die Stoffwechsellage auf Grund der abfallendenden Laktationskurve wieder und der Milchharnstoffgehalt bleib dann relativ konstant.

Bezogen auf den Jahresverlauf sind die festgestellten Werte des Harnstoffgehaltes dieser Studie tendenziell in den Monaten Oktober bis Dezember höher als von Februar bis Mai. Allerdings waren die Niveauunterschiede zwischen den einzelnen Monaten nicht so ausgeprägt wie bei Hojman et al. (2004) beschrieben. Zudem fanden Hojman et al. (2004) im November den niedrigsten Stand an Harnstoffkonzentration, die in den Winter- und Frühjahrsmonaten anstieg und der Peak im Juni zu beobachten war.
Tendenziell ist die Milchleistung in der kühleren Jahreszeit geringer als in den Sommermonaten. Es liegt ein sogenannter „Verdünnungseffekt“, die Tatsache, dass mit steigender Milchleistung die Milchinhaltsstoffe zurückgehen beziehungsweise im Umkehrschluss der sogenannte „Aufkonzentrierungseffekt“, dass mit sinkender Milchleistung die Milchinhaltsstoffe ansteigen, vor. Härle (2010) kam bei seinen Untersuchungen zu ähnlichen Ergebnissen. Die „Winter-Tiefs“ waren in allen vier Auswertungsjahren in denselben Monaten anzutreffen. Auffällig war die Entwicklung der Milchmenge im Prüfjahr 2011/12, die in den Monaten Mai bis September eine sinkende Tendenz gegenüber den Vorjahren aufwies. Dieser Trend spiegelt sich allerdings auch in den Auswertungen des LKV Brandenburg (2012) für dieses Jahr wider. Zudem muss hier erwähnt werde, dass der Eiweißgehalt in den genannten Monaten dieses Prüfjahres deutlich höhere Werte aufweist als in den anderen Prüfjahren, so dass der o.g. „Aufkonzentrierungseffekt“ vermutet werden

kann. Die Ursachen für den Abfall der Milchleistung in den Monaten Mai bis September des Prüfjahres 2001/2012 können in klimatischen oder ökonomisch motivierten Gründen liegen. Für diese Arbeit wurden keine Temperaturmessungen vorgenommen, so dass Effekte der Temperatur auf die Milchleistung und Milchinhaltsstoffe nicht untersucht wurden. So ist es aber lt. Barash et al. (2001) durchaus möglich, dass auf Grund von hohen Umgebungstemperaturen, eine Verzehrsdepression auftritt, die, gekoppelt mit einer geringeren Energieversorgung der Milchkuh, zu einem Rückgang der Milchmenge führt.

Kaufmann (1982) stellte ebenfalls Schwankungen innerhalb eines Jahres fest und wies auf den Weideaustrieb im Frühjahr beziehungsweise die Grünfutterperiode als Variationsursache hin. Hinzu kommen der mögliche Einfluss saisonaler Abkalbungen sowie regionale Unterschiede. Ein Einfluss des Fütterungssystems (Weide-/Stallhaltung) kann für diese Arbeit nahezu ausgeschlossen werden, da die konventionell produzierenden Brandenburger MLP-Betriebe ihre Kühe vorwiegend ganzjährig im Stall halten und auch in der Grünfutter-Periode meist Silagen füttern. Die Grundfutterqualität und die Nährstoffkonzentration können allerdings beträchtlichen Schwankungen unterworfen sein. Hier sind vor allem auch die häufig deutlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Silagen und insbesondere zwischen den einzelnen Grassilageschnitten zu erwähnen. Werden diese im Rahmen der Rationszusammensetzung nicht ausgeglichen, sind Auswirkungen auf die Milchleistung und Inhaltsstoffe unausweichlich (Härle 2010).
Einflüsse saisonaler Abkalbungen waren nicht relevant, da die Kalbungen der Kühe der Untersuchungsbetriebe relativ gleichmäßig übers Jahr verteilt waren (LKV 2012). Über die Nährstoffgehalte der eingesetzten Grundfuttermittel lagen keine detaillierten Informationen vor. Allerdings sollten Unterschiede in den Nährstoffgehalten zwischen den einzelnen Silagen und insbesondere zwischen den einzelnen Grassilageschnitten nicht unterschätzt werden (Härle 2010).
Die Werte für den Milchharnstoffgehalt sind über die betrachteten Prüfjahren 2008/2009 bis 2011/2012 vom Trend her relativ ausgeglichen (Abbildung 8). Eine Ausnahme bilden hier die Werte für das Prüfjahr 2010/2011. Sie sind tendenziell höher als in den anderen Jahren, wobei der Anstieg bereits ab Juli 2010 zu beobachten ist. Die Grundfuttermittel (insbesondere Grassilagen) der Jahre 2010 und 2011 wiesen auf Grund der klimatischen Bedingungen stark schwankende Qualitäten auf (LKV 2010, LKV 2011). Zudem blieb die Erntemenge hinter den Erwartungen zurück. So ist davon auszugehen, dass, zum Ausgleich der in diesen Jahren entstandenen Differenzen zwischen den Nährstoff- und Energiegehalten der Rationen und den leistungsbedingten Ansprüchen der Kühe, erhöhte Anteile an eiweißreichen Kraftfuttermitteln eingesetzt wurden. Da sich schlechte Grundfutterqualitäten energetisch durch Konzentrate nicht ausgleichen lassen (LKV 2011) und von

einer Eiweißüberversorgung in diesen Jahren auszugehen ist, sind tendenziell erhöhte Harnstoffwerte und niedrige Eiweißgehalte zu erwarten.

Der geschätzte Anteil der Betriebsvarianz an der Varianz des Harnstoffgehaltes der Milch am Prüftag dieses Datenmaterials unterscheidet sich für die Tiere der ersten mit 18,7 %, zu denen der zweiten mit 18,0 % und denen der dritten Laktation mit 17,4 % nur gering. Der Betriebseinfluss auf die betrachteten Merkmale ist somit für den Harnstoffgehalt, mit Ausnahme in der ersten Laktation, am höchsten, differiert aber nur in geringem Maße von der Harnstoff-, Milch- und Eiweißmenge.
Bastin et al. (2009) fanden in ihren Untersuchungen die Varianz des Harnstoffgehaltes am Prüftag zu 48 % durch den Einfluss des Betriebes bzw. des Herdentestages erklärt. Auch Stoop et al. (2007) beschreiben, dass der Betriebseffekt den größten Einfluss auf den Harnstoffgehalt hat und vermuten, dass dies hauptsächlich auf unterschiedliche Fütterungsregime zwischen den Betrieben zurück zu führen ist. Wood et al. (2003) kommen zu ähnlichen Aussagen. Eine weitere Differenzierung der konventionell wirtschaftenden Betriebe auf Grundlage des Fütterungsregimes war nicht möglich, da keine Informationen zu den eingesetzten Rationen vorlagen.
Richardt et al. (2001b) berücksichtigten in ihrem Modell den Betriebseinfluss ebenfalls als zufälligen Effekt und stellten, wie in dieser Arbeit, nur einen geringen Einfluss auf den Milchharnstoffgehalt fest (7 %). Der nur sehr geringe Anteil des Betriebseffektes sagt ihrer Meinung nach aus, dass über das ganze Jahr hinweg bestehende Unterschiede zwischen den Betrieben, wie z. B. Betriebsgröße, Fütterungs- und Haltungssystem, nur in vergleichsweise geringem Umfang wirksam werden.

Die durchschnittliche Milchmenge je Kuh und Prüftag von 29,9 kg ± 8,6 kg für alle drei Laktationen entsprach dem Erwartungswert, da die Jahresleistung der Milchkühe der Rasse Deutsche Holstein-Schwarzbunt in Brandenburg für die dieser Untersuchung zu Grunde liegenden Prüfjahre 2008/2009 bis 2011/2012 8.982, 9.012, 9.206 bzw. 9.276 kg Milch betrug. Mit 29,9 kg je Tag und 305 Melktagen ergibt sich eine theoretische Jahresleistung von 9.120 kg Milch, die in etwa den Durchschnitt der vier Prüfjahre abbildet. Für die einzelnen Laktationen ergaben sich von der ersten zur dritten Laktation ein Anstieg der durchschnittlichen täglichen Milchmenge von 28,2 ±6,5 kg zu 32,4 ± 10,0 kg, wobei die Kühe der zweiten Laktation mit 31,7 ± 9,4 kg Milch pro Melktag zwischen beiden Laktationswerten lagen. Diese Zunahme an durchschnittlicher täglicher Milchmenge von erster bis dritter Laktation wurde in der Literatur auch von anderen Autoren beschrieben, so bei Wood et al. (2003), Hojman et al. (2004) und Miglior et al. (2007).

Die Werte für die energiekorrigierte Milch lagen mit durchschnittlich 27,9 ± 5,6 kg, 31,5 ± 8,1 kg und 32,5 ± 8,8 kg pro Melktag für die erste und zweite Laktation leicht unter und für die dritte Laktation leicht über den Werten der Milchmenge pro Tier und Prüftag, da zur Berechnung der energiekorrigierten Milch, neben der Milchmenge, der Fett- und Eiweißgehalt mit einfließen.

Milchfett- und Milcheiweißgehalt liegen für den ausgewerteten Datenbestand dieser Arbeit für alle drei Laktationen im Normalbereich. Nach Fürll (2005) ist für den Milchfettgehalt ein Referenzwert von 3,50 bis 4,50 % und für den Eiweißgehalt von 3,00 bis 4,00 % als physiologisch anzusehen. Richard (2004) gibt Milcheiweißgehalte von 3,00 bis 3,60 % für HF-Tiere an. Zur Bewertung der Stoffwechselsituation sind vor allem die Fett- und Eiweißgehalte in der Früh- und Hochlaktation von Bedeutung. Hier sind hohe Fettgehalte bei niedrigen Eiweißgehalten zu erwarten. Dies relativiert sich, über die Gesamtlaktation gesehen, wieder.

Die Durchschnittswerte für die Fettmenge betrugen 1,10 ± 0,24, 1,25 ± 0,34 bzw. 1,30 ± 0,38 kg pro Prüftag in der ersten, zweiten bzw. dritten Laktation. Stamer et al. (2011) fanden ähnliche Werte bei ca. 16.000 Niedersächsischen Holstein-Kühen des Kalbejahres 2005 mit 1,02 ± 0,24 und 1,16 ± 0,32 kg für die erste bzw. zweite Laktation.
Die Durchschnittwerte für die Eiweißmenge waren am geringsten in der ersten Laktation (0,95 ± 0,19 kg) und ansteigend zur zweiten (1,08 ± 0,27 kg) und weiter zur dritten Laktation (1,10 ± 0,28 kg). Ähnliche Werte für Kühe der ersten bis dritten Laktation fand z.B. auch Wood et al. (2003) bei 36.100 Prüftagsergebnissen kanadischer Holsteins und Stamer et al. (2011) für Kühe der ersten und zweiten Laktation.

Die errechneten Mittelwerte des Fett-Eiweiß-Quotient der in dieser Arbeit betrachteten Population befinden sich mit 1,16, 1,16 bzw. 1,18 für die erste bis dritte Laktation der konventionell produzierenden Betriebe (Tabelle 15) in einem in der Literatur diskutierten physiologischen Bereich. Als kritischen Bereich für den FEQ sehen Spohr & Wiesner (1991) sowie Seggewiß (2004) Werte von kleiner 1,1 bzw. größer 1,5. Ein Wert in den kritischen Bereichen gibt Hinweise auf erhöhte Risiken für das Auftreten von subklinischen und klinischen Ketosen beziehungsweise Azidosen. De Kruif et al. (1998) empfehlen einen FEQ von 1,2, wobei lt. ihren Untersuchungen ein Schwankungsbereich zwischen 1,0 und 1,4 tolerierbar ist. Eine Azidose-Gefährdung sehen De Kruif et al. (1998) ab einem FEQ kleiner 1,0. Richardt (2003) gibt einen Referenzbereich von 1,0 bis 1,5 an. Der durchschnittliche FEQ einer gesamten Herde hat allerding nur wenig Aussagekraft. Eine Verbesserung

der Aussage erfordert die Betrachtung einzelner Kühe oder entsprechende Kuh-/Fütterungsgruppen.
Der Einfluss der beiden Milchinhaltstoffe Fett- und Eiweißgehalt hat Härle (2010) untersucht und fand einen signifikanten Einfluss des Fettgehaltes auf den Fett-Eiweiß-Quotienten. Die Varianz des FEQ kleiner 1,1 konnte zu 48,1 % über die Fettprozente erklärt werden. 27,8 % der Varianz des FEQ größer 1,5 fanden ebenfalls ihre Erklärung anhand der Fettgehalte. Vom Eiweißgehalt ging kein signifikanter Einfluss auf den Fett-Eiweiß-Quotienten aus ($R^2$ =0,062).

Der logarithmierte Zellgehalt (SCS) steigt in dem ausgewerteten Datenmaterial von erster zur dritten Laktation an (3,13 ± 1,60, 3,51 ± 1,73 bzw. 3,85 ± 1,81). Von einem Anstieg des Zellgehaltes mit Anstieg der Laktationsnummer berichten auch Grabowski (2000) und Rossow & Richardt (2003), mit dem Hinweis, dass ansteigende Zellgehalte bei älteren Kühen als Folge von vorangegangenen Mastitiden zu verstehen sind. Hamann (1999) betonte, dass ältere Kühe zwangsläufig einem höheren zeitabhängigen Infektionsrisiko unterliegen.

Die Werte für die Harnstoffmenge am Prüftag betrugen 6,76 ± 2,54 g für die erste, 8,01 ± 3,33 g für die zweite und 8,05 ± 3,40 g für die dritte Laktation.
Für die durchschnittliche Harnstoffmenge pro Tier und Prüftag ist ein Anstieg von erster bis dritter Laktation zu verzeichnen, wobei die Differenz zwischen erster und zweiter ($\Delta$Harnstoffmenge=1,25 g) größer war als zwischen zweiter und dritter Laktation ($\Delta$Harnstoffmenge=0,04 g). Auch Stamer et al. (2011) beschrieben zwischen Kühen der ersten und zweiten Laktation einen durchschnittlichen Anstieg der Harnstoffmenge von 1,19 g.

### 6.1.2. Beschreibende Statistik der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe

Die Durchschnittswerte für den Milchharnstoffgehalt der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe dieser Untersuchung (DAM-Methode) betrug 146 ± 109 mg/l für die erste, 148 ± 112 mg/l für die zweite und 145 ± 112 mg/l für die dritte Laktation (Tabelle 16). Damit unterschreiten die nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe die entsprechenden Werte der konventionell produzierenden Betriebe um 91, 102 bzw. 101 mg/l pro Laktation. Auch bei den nach ökologischen Richtlinien produzierenden Betrieben ist zu beobachten, dass der durchschnittliche Milchharnstoffgehalt in dieser Untersuchung in der zweiten Laktation über denen der Tiere der

ersten und dritten liegt. Damit wird der bei den konventionell produzierenden Betrieben bereits beschriebene Trend hier ebenfalls vorgefunden. Allerdings sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Laktationen insgesamt sehr gering. Ursache kann die geringe Nährstoffdichte der ökologisch produzierten Futtermittel, der geringe Einsatz an Konzentratfuttermittel und die Restriktionen in Bezug auf die einsetzbaren Futtermittel geschuldet sein (Kolbe et al. 2003, Spann et al. 2007). Lt. Diebold et al. (1999), Korhonen et al. (2002) und Raggio et al. (2007) weisen niedrige Harnstoffgehalt auf eine starke Rohproteinunterversorgung der Tiere hin.

Die durchschnittlichen Milchmengen je Kuh und Prüftag betrugen 23,3 kg ± 5,6 kg für die erste, 26,6 kg ± 7,7 für die zweite und 28,3 ± 8,4 für die dritte Laktation und damit 4,9 kg (17,4 %), 5,1 kg (16,1 %) bzw. 4,1 kg (12,7 %) unter den Werten der konventionell produzierenden Betriebe. Bezogen auf 305 Laktationstage ergeben die durchschnittlichen Milchmengen je Kuh und Prüftag theoretisch Jahresleistungen von ca. 7.100, 8.100 bzw. 8.600 kg Milch für die erste bis zur dritten Laktation und damit in dem von Leisen und Heimberg (2003) berichteten Bereich von 3.000-9.500 kg. Breer et al. (2006) berichteten, dass die nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe Milchleistungen von 15 bis 18 % unter denen von konventionell produzierenden Betrieben aufweisen. Diese Einschätzung trifft auf das eigene Datenmaterial gut zu.
Die Werte für die energiekorrigierte Milch lagen mit durchschnittlich 22,8 ± 4,9 kg, 26,4 ± 6,8 kg und 28,2 ± 7,5 kg pro Melktag für die erste bis dritte Laktation leicht unter den Werten der durchschnittlichen Milchmenge pro Tier und Prüftag und auch unter den vergleichbaren Werten der konventionell produzierenden Betriebe

Die Werte für den Milchfettgehalt der nach ökologischen Richtlinien produzierenden Betriebe lagen mit 4,01 % ± 0,66, 4,10 % ± 0,68 und 4,16 % ± 0,72 in allen drei Laktationen über denen der konventionell produzierenden Betriebe (+ 0,11 %, + 0,16 % bzw. + 0,15 %). Dieser Werte entsprechen etwa dem von Mahlkow-Nerge (2003) angegebenen durchschnittlichen Wert von 4,09 % einiger untersuchter Milchviehbetriebe des ökologischen Landbaus in Schleswig–Holstein. Auch sie gab an, dass der Fettgehalt in nach ökologischen Richtlinien produzierenden Betrieben über dem Durchschnitt der konventionell produzierenden Betriebe lag und begründete den höheren Fettgehalt mit der besseren Faserversorgung in der Ration. Müller und Sauerwein (2005) dagegen fanden keine Differenzen für den Fettgehalt der beiden Betriebsgruppen. Spann (2007) stellte 6% weniger Fett in der ökologisch produzierten Milch fest.
Bei der Betrachtung der Untersuchungsergebnisse der nach ökologischen Richtlinien produzierenden Betrieben geben Sanftleben et al. (2005) zu bedenken, dass die Ergebnisse

deutlichen Schwankungen unterliegen. Das kann als Hinweis auf eine Fluktuation in der Nährstoffversorgung ökologisch gehaltener Kühe verstanden werden.

Die Durchschnittswerte für die Fettmenge betrugen 0,92 ± 0,21, 1,07 ± 0,29 bzw. 1,15 kg ± 0,32 kg pro Prüftag in der ersten, zweiten bzw. dritten Laktation und somit 0,18, 0,18 bzw. 0,15 kg unter den vergleichbaren Mittelwerten der konventionell produzierenden Betriebe. Die höheren durchschnittlichen Fettgehalte der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe können die niedrigeren durchschnittlichen Milchmengen im Vergleich zu den konventionell produzierenden Betrieben nicht ausgleichen.

Der Milcheiweißgehalt der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe lag mit 3,20 % ± 0,32, 3,29 % ± 0,34 und 3,28 % ± 0,34 in allen drei Laktationen unter denen der konventionell produzierenden Betriebe (- 0,17 %, - 0,12 % bzw. - 0,12 %). Über niedrigere Eiweißgehalte bei nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betrieben im Vergleich zu konventionell produzierenden Betrieben wurden auch bei Müller und Sauerwein (2005), Sanftleben et al. (2005), Spann (2007) und Pieper (2010) berichtet. Pieper (2010) wies in diesem Zusammenhang auf eine deutliche Rohproteinunterversorgung der Herden hin. Dies wird von Mahlkow-Nerge (2003) bestätigt. Sie gab an, dass die ausreichende Proteinversorgung in Betrieben, die nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzieren, eine grundsätzliche Herausforderung ist, da eiweißreiche Futtermittel, wie Sojaschrot, nicht eingesetzt werden können und Alternativen nicht vorhanden sind. Auch Sanftleben et al. (2005) schätzten die Proteinversorgung auf Grund der Restriktionen kritisch ein.

Die Durchschnittwerte für die Eiweißmenge der nach ökologischen Richtlinien produzierenden Betriebe waren von der ersten Laktation (0,74 ± 0,16 kg) über die zweiten (0,86 ± 0,21 kg) und weiter zur dritten Laktation (0,91 ± 0,23 kg) ansteigend. Die deutlich niedrigeren durchschnittlichen Milchmengen und Eiweißgehalte der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe im Vergleich zu den konventionell produzierenden Betrieben erklären die niedrigeren Eiweißmengen der nach ökologischen Richtlinien produzierenden Betriebe in den drei Laktationen (- 0,21, -0,22 bzw. 0,19 kg).

Der Fett-Eiweiß-Quotient liegt für die nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe mit 1,36 ± 0,18 für die erste, 1,25 ± 0,18 für die zweite und 1,27 ± 0,19 für die dritte Laktation in den in der Literatur diskutierten physiologischem Bereich von 1,0 bis 1,5, aber über den Werten der konventionell produzierenden Betriebe in den drei Laktationen (+0,20, +0,09 bzw. 0,09).

Wichtig ist neben dem Verhältnis von Fett zu Eiweiß auch die absolute Höhe der Werte. Bei einem hohen FEQ ist von einer faserreichen Fütterung auszugehen (Breer et al. 2006). Breer et al. (2006) vermuteten, dass die Betriebe mit sehr hohem FEQ (1,36) in ihren Untersuchungen im Mittel der Jahre weniger Kraftfutter verfütterten, einen geringeren Weideanteil im Sommer hatten und eine stärkere Ausprägung der Grünlandnutzung. Dies kann für das eigene Datenmaterial auf Grund der hohen Fett- und niedrigen Eiweißgehalte nur vermutet werden (rohfaserreiche Ration und Rohproteinmangel), da die verfütterten Rationen nicht bekannt waren.

Wie bei den konventionell produzierenden Betrieben, steigt der logarithmierte Zellgehalt (SCS) bei den nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe von erster zur dritten Laktation an (3,39 ± 1,57, 3,78 ± 1,66 bzw. 4,11 ± 1,71). Das Niveau des SCS ist bei den nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe allerdings in den betrachteten Laktationen höher als bei den konventionell produzierenden Betrieben (+ 0,26, + 0,27 bzw. + 0,26). Der Anstieg des SCS von Laktation zu Laktation ist auch bei den konventionell produzierenden Betrieben zu beobachten. Als Grund könnte auch bei den nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betrieben vorangegangene Mastitiden bei älteren Kühen in Frage kommen (Rossow & Richardt, 2003). Die höheren SCS-Werte der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe im Vergleich zu konventionell produzierenden Betriebe sieht Pieper (2010) in den Haltungsbedingungen (vermehrte Strohhaltung und somit gehäuftes Auftreten von Umwelterreger), die verstärkte Beachtung der Eutergesundheit und die fehlende Antibiotikabehandlung.

Die Werte für die Harnstoffmenge am Prüftag der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe betrugen 3,33 ± 2,70 g für die erste, 3,90 ± 3,29 g für die zweite und 4,08 ± 3,50 g für die dritte Laktation. Wie bei den konventionell produzierenden Betrieben stieg die durchschnittliche Harnstoffmenge pro Tier und Prüftag von erster bis dritter Laktation an. Ebenfalls ist zu beobachten, dass die Differenz zwischen erster und zweiter ($\Delta$Harnstoffmenge=0,57 g) größer war als zwischen zweiter und dritter Laktation ($\Delta$Harnstoffmenge=0,18 g). Die durchschnittlichen Harnstoffmengen pro Tier und Prüftag der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe erreichten auf Grund der geringeren Milchmengen und Milchharnstoffgehalte in keiner der drei Laktationen das Level der Werte der konventionell produzierenden Betrieben
(- 3,43 g, - 4,11 g bzw. -3,97 g).

## 6.2. Beziehungen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und verschiedenen Milchleistungsmerkmale

### 6.2.1. Heritabilitäten der konventionell produzierenden Betriebe

Ziel der Heritabilitätsschätzungen war es zu prüfen, ob eine für züchterische Zwecke ausreichende additiv-genetische Streuung des Milchharnstoffgehaltes vorliegt, wobei alle Milchharnstoffwerte dieser Arbeit mit der DAM-Methode gemessen wurden. Zur Schätzung der Heritabilitäten wurde ein lineares univariates Modell (Modell II) gewählt und die drei Laktationen in acht Laktationstageklassen unterteilt. Die Schätzung der $h^2$-Werte erfolgte für jede Laktationstageklasse separat.
Auf Grund der großen Datenmenge konnten Heritabilitäten geschätzt werden, die Auswertungen mit geringen Standardfehlern erlauben. Auswertungen kleinerer Datenmengen sind immer mit einem deutlich höheren Standardfehler belastet. Die phänotypische Varianz eines Merkmales wird jedoch außer von genetischen Effekten auch von betriebsspezifischen Umwelteffekten beeinflusst. So kann die Spannbreite der Merkmalsausprägung zwischen mehreren Betrieben starke Unterschiede aufweisen (Köhler et al. 2002).

Zusätzlich wird die Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedener Autoren dadurch erschwert, dass einige Autoren nur laktationsspezifische Auswertungen vornahmen, d. h. diese Autoren werteten nur die erste Laktation aus (z. B. Stoop et al. 2007, Stamer et al. 2009, Bastin et al. 2009), während andere einzelnen Laktationsnummern getrennt untersuchten (z. B. Wood et al. 2003, Mitchel et al. 2005, Miglior et al. 2007) oder die Laktationen in verschiedene Laktationsklassen aufteilten (z.B. Stamer et al. 2011).

Die Heritabilität des Milchharnstoffgehaltes dieser Arbeit war am höchsten in der ersten Laktation von $h^2$=0,303 (5. bis 45. Laktationstag) bis $h^2$=0,395 (86. bis 125. Laktationstag) und am niedrigsten in der dritten Laktation mit $h^2$=0,200 (5. bis 45. Laktationstag) bis $h^2$=0,294 (86. bis 125. Laktationstag). Die $h^2$-Werte im Laktationsverlauf für die zweite Laktation lagen zwischen denen der ersten und dritten, allerdings näher an denen der dritten Laktation. Innerhalb der Laktationen ist ein Ansteigen der Schätzwerte zu Laktationsbeginn bis zur Laktationstageklasse 86. bis 125. Laktationstag für alle drei betrachteten Laktationen zu beobachten, danach ein leichtes Absinken und für die Tiere der ersten und zweiten Laktation ein Peak in der Laktationstageklasse 246. bis 285. Laktationstag und dann wieder ein absinken zum Laktationsende hin (Abbildung 10).
Mitchell et al. (2005) beobachteten unter Verwendung der DAM-Methode für Kühe der ersten Laktation ebenfalls höhere Schätzwerte ($h^2$=0,14) als für Tiere der zweiten Laktati-

on ($h^2$=0,09). Unter Verwendung der IR-Methode beobachten Mitchell et al. (2005) in derselben Studie leicht höhere Schätzwerte im Vergleich zur DAM-Methode, jedoch geringere Schätzwerte für Tiere der ersten Laktation von $h^2$=0,22 als für Tiere der zweiten Laktation von $h^2$=0,23. Auch Stamer et al. (2011) fanden leicht höhere Heritabilitäten (IR-Methode) für Kühe der ersten Laktation gegenüber denen der zweiten in acht verschiedenen Laktationsstadien ($\Delta h^2$=0,04). Höhere Schätzwerte von $h^2$=0,44 bis $h^2$=0,59 in den ersten drei Laktationen veröffentlichten Wood et al. (2003), wobei in dieser Untersuchung (IR-Methode) die niedrigsten Werte in der ersten Laktation ($h^2$=0,44) und die höchsten in der zweiten ($h^2$=0,59) geschätzt wurden. Die Heritabilität für die Tiere der dritten Laktation lag hier mit $h^2$=0,48 näher an dem der ersten Laktation.
Die Unterschiede der Heritabilitätskoeffizienten innerhalb der drei Laktationen, insbesondere zu Laktationsbeginn und –ende und zwischen den Laktationen kann mit dem Einfluss einer Reihe von nicht-genetischen Komponenten zusammenhängen, wie Umstellung der Futterration, postpartale negative Energiebilanz, geänderte Haltungsbedingungen oder das Auftreten von Krankheiten. Auch Stamer et al. (2011) fanden Differenzen innerhalb der Laktationen von Erst- und Zweitkalbskühen. Wie in dieser Studie zeigte sich bei ihnen ein ähnlicher Trend, ansteigende Schätzwerte zu Laktationsbeginn und leicht abfallende zu Laktationsende.
Der Niveauunterschied zwischen den $h^2$-Werten dieser Studie und denen von Mitchel et al. (2005) auf Grundlage der DAM-Methode lässt sich nicht plausibel erklären. Allerdings räumen die Autoren ein, dass ihre Schätzwerte insgesamt unter denen anderer Veröffentlichungen liegen.
Die in dieser Untersuchung gefundene genetische Variabilität des Harnstoffgehaltes der Milch scheint somit ausreichend für eine Selektion auf diesen Parameter. Zu der gleichen Aussage kommen auch andere Autoren wie Wood et al. (2003), Mitchel et a. (2005), Stoop et al. (2007) und Stamer et al. (2011).

Die geschätzten Heritabilitäten der Milchmenge dieser Studie bewegen sich zwischen $h^2$=0,098 (286. bis 320. Laktationstag, 3. Laktation) und $h^2$=0,265 (46. bis 85. Laktationstag, 2. Laktation), wobei die $h^2$-Werte in der ersten und zweiten Laktation zu Laktationsbeginn ansteigen (86. bis 125. bzw. 46. bis 85. Laktationstag) und dann zum Laktationsende wieder zurückgehen. In der dritten Laktation ist die Zunahme der Schätzwerte bis zur Laktationstageklasse 166. bis 205. Laktationstag zu beobachten, um dann ebenfalls zum Laktationsende hin wieder abzunehmen. Über die Laktationen hinweg ist ersichtlich, dass die geschätzten Heritabilitäten der 1. Laktation zu Laktationsende (ab 206. bis 245. Laktationstag) die höchsten Werte gegenüber weiteren Laktationen aufweisen. Dies wird meist dadurch erklärt, dass mit zunehmender Laktationsnummer die genetische Varianz

nahezu gleich bleibt, während die phänotypische (zusätzlich umweltbedingte) ansteigt. Dies führt dazu, dass die Heritabilitäten in der zweiten und dritten Laktation niedriger werden (Michailowskaja et al. 2001). Stamer et al. (2011) fanden für die Milchmenge Heritabilitäten in gleicher Größenordnung für Kühe der ersten und zweiten Laktation von $h^2$=0,07 bis $h^2$=0,25 in acht verschiedenen Laktationsstadien, wobei auch hier die Schätzwerte für die Tiere der ersten über denen der zweiten Laktation lagen.

Die in der eigenen Arbeit geschätzten Heritabilitätskoeffizienten für den Fett- und Eiweißgehalt für Tiere der ersten bis dritten Laktation liegen im unteren Bereich anderer Untersuchungen. Sie schwanken in den acht verschiedenen Laktationstageklassen von $h^2$=0,221 bis $h^2$=0,338 (Fettgehalt) bzw. $h^2$=0,206 bis $h^2$=0,395 (Eiweißgehalt) und liegen auf nahezu übereinstimmenden Niveau. Z.B. veröffentlichten Wood et al (2003) Koeffizienten von $h^2$=0,38 bis $h^2$=0,59 bzw. $h^2$=0,36 bis $h^2$=0,47 für Tiere der ersten bis dritten Laktation, Seeland und Henze (2003) von $h^2$=0,420 bzw. $h^2$=0,317 von erst- und zweitlaktierende Kühe oder Stamer et al. (2011) von $h^2$=0,20 bis $h^2$=0,45 bzw. $h^2$=0,15 bis $h^2$=0,53, ebenfalls für Tiere der ersten und zweiten Laktation. Niedrige $h^2$-Werte wurden in dieser Studie insbesondere für den Laktationsbeginn geschätzt. Dies deckt sich z.B. mit den Untersuchungen von Stamer et al. (2011). Die Differenzen zwischen den Laktationen unterscheiden sich nur geringfügig ($\Delta h^2$=0,055 bzw. $\Delta h^2$=0,092). Anzumerken ist laut Hüttmann (2007), dass die unterschiedliche Schätzwerte dieser Arbeit im Vergleich zu denen in der Literatur veröffentlichten Erblichkeitsgrade ihre Ursache in den unterschiedlichen Tierzahlen der Studien, Herdengrößen, den verschiedenen Fütterungsverfahren und den diversen statistischen Methoden haben kann. Michailowskaja et al. (2001) sehen mögliche Unterschiede in den verwendeten Schätzverfahren und populationsspezifischen Faktoren (Produktionsniveau und genetische Struktur) des Datenmaterials.

Die in den eigenen Untersuchungen für acht Laktationstagegruppen geschätzten Heritabilitätskoeffizienten der Milchleistungsmerkmale Fett- und Eiweißmenge ordnen sich mit $h^2$=0,091 bis $h^2$=0,224 bzw. $h^2$=0,099 bis $h^2$=0,278 im Rahmen vergleichbarer Untersuchungen anderer Veröffentlichungen ein (Michailowskaja et al. 2001, Wood et al. 2003, Miglior et al. 2007, Stoop et al. 2007, Stamer et al. 2009, Mucha & Strandberg 2011, Stamer et al. 2011). Wie bei anderen Parametern dieser Untersuchung (Milchharnstoffgehalt, Milchmenge, Harnstoffmenge) gilt auch für die Fett- und Eiweißmenge, dass die höheren $h^2$-Werte in der Gruppe der Tiere der ersten Laktation geschätzt wurden.

Der Fett-Eiweiß-Quotienten scheint mit $h^2$=0,044 (246. bis 285. Laktationstag, 2. Laktation) bis $h^2$=0,146 (46. bis 85. Laktationstag, 3. Laktation) nur in geringem Maße züchte-

risch beeinflussbar zu sein. Die genetische Determination nimmt innerhalb der drei Laktationen zum Laktationsende ab. Dies kann seine Ursache darin haben, dass der Fett-Eiweiß-Quotient insbesondere zu Laktationsbeginn durch die negative Energiebilanz und einer starken Stoffwechselbelastung beeinflusst wird (Breeves 2007). Die additiv-genetischen Varianzanteile zwischen den Laktationen liegen auf einem fast identischen Niveau. Bergk & Swalwe (2011) fanden Erblichkeiten auf ähnlichen Niveau zu Laktationsbeginn von $h^2$=0,130 bis $h^2$=0,212 in den ersten 50 Laktationstagen (gemischtes lineares Modell). Buttchereit et al. (2010) schätzten mit Hilfe eines Random-Regression-Testtagsmodells etwas höhere Erblichkeiten für das Fett-Eiweiß-Verhältnis von $h^2$=0,14 bis $h^2$=0,44 in den ersten 180 Laktationstagen, allerdings bezogen sie nur erstlaktierender Kühe ein. Buttchereit et al. (2012) kamen zu dem Schluss, dass eine Selektion auf dieses Merkmal zu Beginn der Laktation am besten möglich ist, was durch die eigenen Untersuchungen bestätigt werden kann.

Für den log. Zellgehalt wurden in dieser Arbeit niedrige Heritabilitäten von $h^2$=0,033 bis $h^2$=0,077 geschätzt. Die Unterschiede zwischen den drei Laktationen sind gering. Die größte Differenz ist in der Klasse 126. bis 165. Laktationstag zwischen der ersten und dritten Laktation mit $\Delta h^2$=0,035 zu beobachten. In der Literatur sind für den log. Zellgehalt ähnlich niedrige Schätzwerte von $h^2$=0,070 bis $h^2$=0,110 zu finden (Stoop et al. 2007, Bergk & Swalwe 2011, Stamer et al. 2011). Miglior et al. (2007) schätzten etwas höhere Werte für kanadischer Herden von $h^2$=0,189 der ersten, $h^2$=0,272 der zweiten und $h^2$=0,338 der dritten Laktation.

Für die Harnstoffmenge ergeben sich Heritabilitäten von $h^2$=0,131 (286. bis 320. Laktationstag, 3. Laktation) bis $h^2$=0,370 (86. bis 125. Laktationstag, 1. Laktation) die von der Höhe und im Laktationsverlauf sowie von den Abständen zwischen den Laktationen her mit denen des Harnstoffgehaltes vergleichbar sind. Zur dergleichen Einschätzung kommen auch Stamer et al. (2009). Sie schätzten $h^2$-Werte von $h^2$=0,26 bis $h^2$=0,41 für Tiere der ersten Laktation bis zum 180. Laktationstag und etwas niedrigere von $h^2$=0,10 bis $h^2$=0,22 für Tiere der ersten und zweiten Laktation in acht Laktationstageklassen bis zum 300. Laktationstag in einer weiteren Studie (Stamer et al. 2011).

Die Frage, ob eine für züchterische Zwecke ausreichende additiv-genetische Streuung des Milchharnstoffgehaltes aus den Ergebnissen dieser Arbeit vorliegt, kann positiv beantwortet werden. Die geschätzten Werte liegen im niedrigeren bis mittleren Bereich von $h^2$=0,200 bis $h^2$=0,395 für das untersuchte Datenmaterial. Somit erscheint die gefundene genetische Variabilität ausreichend für eine Selektion auf diesen Parameter. Dies bestäti-

gen auch Wood et al. (2003), Mitchel et al. (2005), Engel (2007), Stoop et al. (2007), Bastin et al. 2009, Stamer et al. (2009), Stamer et al. (2011) und Kgole (2013).

### 6.2.2. Heritabilitäten der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierende Betriebe

Für die Betriebe, die nach ökologischen Richtlinien produzieren, konvergierten die Daten im Iterationsverfahren zur Schätzung der Varianzanteile nach Modell II nicht, da die vorhandenen Datenmenge nicht ausreichend und keine gute genetische Verknüpfung zwischen diesen Betrieben vorhanden war. Somit sind für diese Betriebe keine Ergebnisse vorhanden.
Für die weitere Bearbeitung der Thematik sollten weitere Prüftagsergebnisse von nach ökologischen Richtlinien produzierenden Betrieben erfasst und ausgewertet werden. Das Datenmaterial ist auf Grund der Zunahme dieser Produktionsrichtung und der inzwischen routinemäßig erfassten Milchharnstoffgehalte in der MLP (IR-Verfahren) vorhanden.

## 6.3. Phänotypische Korrelationen der konventionell und nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierende Betriebe

Zur Schätzung der phänotypischen Korrelationen kam eine einfaktorielle univariate Varianzanalyse unter Verwendung des General Linear Models (GML) (Modell I) zu Einsatz. Die drei Laktationen wurden dazu in acht Laktationstageklassen unterteilt. Die Schätzung der $r_p$-Werte erfolgte für jede Laktationstageklasse separat.
Anhand der geschätzten Umweltkorrelationen (Tabellen 24 und 25) kann eine Aussage über die umweltbedingte Abhängigkeit des Milchharnstoffgehaltes zu den anderen Merkmalen getroffen werden.

Die phänotypischen Korrelationen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und der täglichen Milchmenge der konventionell produzierenden Betriebe innerhalb der acht Laktationsstadien lagen für die Kühe der ersten Laktation zwischen $r_p$=0,169 und $r_p$=0,242, zwischen $r_p$=0,160 und $r_p$=0,238 für die Kühe der zweiten und zwischen $r_p$=0,153 und $r_p$=0,260 für die Kühe der dritten Laktation und somit auf niedrigem positiven Niveau. Die Differenzen zwischen den drei Laktationen sind gering. Auch König et al. (2008) fanden bei Deutschen Holstein-Kühen leicht positive phänotypische Beziehungen der beiden Parameter in Höhe von $r_p$=0,13. Kgole (2013) veröffentlichte für Kühe der ersten bis dritten Laktation Schätzwerte für Korrelationskoeffizienten von Milchharnstoffgehalt und Milchmenge auf ähnlichen Niveau dieser Arbeit von $r_p$=0,16, $r_p$= 0,09 bzw.$r_p$=0,11.

Die phänotypischen Korrelationen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und der täglichen Milchmenge innerhalb der acht Laktationsstadien lagen für die Kühe der nach ökologischen Richtlinien produzierenden Betriebe der ersten Laktation zwischen $r_p$=0,146 und $r_p$=0,250, zwischen $r_p$=0,113 und $r_p$=0,234 für die Kühe der zweiten und zwischen $r_p$=0,154 und $r_p$=0,227 für die Kühe der dritten Laktation und somit ebenfalls auf niedrigem positiven Niveau. Die Differenzen zwischen den drei Laktationen und zu den Werten der konventionell produzierenden Betriebe sind marginal.
So lässt sich vermuten, dass umweltbedingte Abhängigkeiten auf Grund der Produktionsweise, wenn, dann nur in sehr geringem Maße für die beiden Merkmale existieren. Eine Erklärung für Differenzen könnte in der kleineren Datenmenge der nach ökologischen Richtlinien produzierenden Betriebe im Vergleich zu den konventionell produzierenden Betrieben liegen, da in die Auswertung der nach ökologischen Richtlinien produzierenden Betriebe lediglich Kühe von fünf Betrieben eingingen.
Auch Simianer et al. (2007) fanden bei Vergleichen von konventionell und ökologisch wirtschaftenden Betrieben hohe Übereinstimmungen der Beziehungen verschiedener Milchleistungsparameter zueinander.
Die in dieser Arbeit geschätzten phänotypischen Beziehen zwischen Milchharnstoffgehalt und Milchmenge zeigen auf, dass bei steigender Milchleistung auch mit einer leichten Zunahme des Harnstoffgehaltes zu rechnen ist.

Gleiches gilt für die phänotypische Beziehung zwischen Milchharnstoffgehalt und der energiekorrigierten Milchleistung der konventionell und nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe am Prüftag. Die geschätzten Korrelationsfaktoren der konventionell produzierenden Betriebe bewegten sich in ähnlichen Größenordnungen wie für die Beziehung Milchharnstoffgehalt und täglicher Milchmenge dieser Betriebe im Bereich von $r_p$=0,162 bis $r_p$=0,259 für die erste bis dritte Laktation in acht Laktationstageklassen. Die Unterschiede zwischen den drei Laktationen waren marginal.
Auch die geschätzten Korrelationsfaktoren zwischen Milchharnstoffgehalt und energiekorrigierter Milchleistung der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe bewegten sich für das ausgewertete Datenmaterial in ähnlichen Größenordnungen wie für die Beziehung Milchharnstoffgehalt-tägliche Milchmenge im Bereich von $r_p$=0,106 bis $r_p$=0,218 für die erste bis dritte Laktation in den acht Laktationstageklassen. Auch hier waren nur unwesentliche Unterschiede zwischen den drei Laktationen und zu den Werten der konventionell produzierenden Betriebe zu beobachten.
Auf Grund der vergleichbaren $r_p$-Werte zwischen Milchharnstoffgehalt und Milchmenge sowie energiekorrigierter Milch scheint eine gesonderte Betrachtung der beiden Merkmale in Beziehung zum Milchharnstoffgehalt nicht notwendig.

Die phänotypischen Korrelationen zwischen Milchharnstoffgehalt und Fettgehalt sind zwar für alle acht Laktationsabschnitte der drei Laktationen der konventionell produzierenden Betriebe im negativen Bereich, gehen aber, insbesondere nach dem 45. Laktationstag, gegen Null. Unterschiede zwischen den Laktationen sind kaum vorhanden. Die Korrelationskoeffizienten schwanken zwischen $r_p$=-0,166 (6. bis 45. Laktationstag, 1. Laktation) und $r_p$=-0,010 (86. bis 125. Laktationstag, 3. Laktation).

Die phänotypischen Korrelationen zwischen Milchharnstoffgehalt und Fettgehalt von nach ökologischen Richtlinien produzierenden Betrieben liegen für alle acht Laktationsabschnitte der drei Laktationen im negativen Bereich. Die Korrelationskoeffizienten schwanken zwischen $r_p$=-0,261 (6. bis 45. Laktationstag, 1. Laktation) und $r_p$=-0,037 (126. bis 165. Laktationstag, 3. Laktation). Von der Höhe und Verlauf innerhalb der Laktationen entsprechen die geschätzten $r_p$-Werte der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe denen der konventionell produzierenden Betriebe. Auch hier sind die niedrigeren Werte zu Laktationsbeginn in allen drei Laktationen (bis 45. Laktationstag) zu beobachten.

Die abweichenden niedrigen Werte zu Laktationsbeginn in allen drei Laktationen (bis 45. Laktationstag) sind in der Umstellung des Stoffwechsels der Kühe p.p. und den damit verbundenen Schwankungen der beiden Parameter zu vermuten. So spiegelt laut de Vries & Veerkamp (2000) der Fettgehalt der Milch die Menge an mobilisiertem Körperfett in der frühen Laktation wider und kann sich bei übermäßiger Mobilisierung von Körperfett und einen nicht adäquaten Umgang mit der Stoffwechselbelastung der frühen Laktation stark erhöhen. Der Harnstoffgehalt der Milch unterliegt insbesondere zu Laktationsbeginn wegen den Veränderungen im Verhältnis von Nährstoffaufnahme und Leistung der Tiere erhöhten umweltbedingten Schwankungen (Richardt et al. 2001).

In einer kanadischen Studie von Miglior et al. (2007) und einer niederländischen von Stoop et al. (2007) wurden dagegen leicht positive phänotypische Beziehungen der Merkmale zueinander von $r_p$=0,182 bzw. $r_p$=0,07 geschätzt. Der kanadischen Studie lagen Ergebnisse von 144.622 Kühen aus 4.570 Herden (Ø 32 Kühe pro Herde) in drei Laktationen zu Grunde. Es wurde ein lineares multivariates Modell verwendet. In die niederländische Arbeit gingen Testtagsdaten von 1.953 Kühen der ersten Laktation aus 398 Betrieben (Ø 5 Kühe pro Betrieb) bis maximal zum 220 Laktationstag ein. Zudem lag der Anteil der Holstein-Schwarzbunten-Kühen bei nur 87,5 %. Auch hier wurde ein lineares univariates Modell zur Schätzung der $r_p$-Werte genutzt. Die gefundenen Unterschiede zu der eigenen Studie können Ihre Ursache somit in der Datenstruktur (Betriebseinfluss, Rassestruktur, Laktationsnummer, Laktationstage) haben.

Auf Grund der geschätzten niedrigen $r_p$-Werte zwischen Harnstoff- und Fettgehalt ist eine gegenseitige Beeinflussung beider Merkmale nur im geringen Maße zu erwarten.

Die phänotypischen Beziehungen zwischen Milchharnstoffgehalt und Fettmenge bewegten sich von $r_p$=0,076 bis $r_p$=0,227 für die erste bis dritte Laktation und somit im leicht positiven Bereich für die konventionell produzierenden Betriebe. Innerhalb der Laktationen war ein leicht ansteigender Trend zum Laktationsende zu beobachten. Auch zwischen den Laktationen treten nur geringe Differenzen im Laktationsverlauf auf (max. $\Delta r_p$=0,081, Laktationstagegruppe 286. bis 320. Laktationstag, zwischen erster und dritter Laktation). Für die Umwelt bedingten Abhängigkeiten zwischen Milchharnstoffgehalt und Fettmenge der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe wurden Werte von $r_p$=0,069 (286. bis 320. Laktationstag, 2. Laktation) bis $r_p$=0,233 (86. bis 25. Laktationstag, 1. Laktation) gefunden. Die geschätzten niedrigen Umweltkorrelationen entsprechen von der Höhe her denen der für die konventionell produzierenden Betriebe beobachteten Werte. Der leicht ansteigende Trend zum Laktationsende, wie bei den konventionell produzierenden Betrieben, konnte bei den nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe nicht festgestellt werden, wohl aber die geringen Unterschiede zwischen den Laktationen.
Somit kann geschlussfolgert werden, dass eine Selektion auf höhere Fettmengen am Prüftag zunehmende Milchharnstoffgehalte erwarten lässt, wenn auch nur im geringen Maße. Diese Aussage steht in Übereinstimmung mit den von Miglior et al. (2007) veröffentlichten Schätzwert von $r_p$=0,083 für Tiere der ersten bis dritten Laktation. Auch Kgole (2013) fand für Tiere der ersten Laktation leicht positive phänotypische Beziehungen von $r_p$=0,15 und für die zweite und dritte Laktation von jeweils $r_p$=0,06.

Korrelationskoeffizienten von $r_p$=-0,105 bis $r_p$=0,045 wurden geschätzt zwischen dem Milchharnstoffgehalt und dem Eiweißgehalt für Kühe der ersten bis dritten Laktation in acht verschiedenen Laktationsabschnitten der konventionell produzierenden Betriebe. Wie für den Fettgehalt weichen die Korrelationswerte kaum von Null ab. Differenzen zwischen den einzelnen Laktationstageklassen und den drei Laktationen sind nur im geringen Maße vorhanden. Dies bestätigt die in Tabelle 14 dargestellte Beurteilung der Energie- und Rohproteinversorgung der im Datenmaterial enthaltenen Kühe nach Harnstoffbewertungsklassen. Die geringe Umweltkorrelation der beiden Merkmale zueinander könnte demnach Ausdruck einer weitgehend ausgeglichen Nährstoff- und Energiesituation sein. Für die erste bis dritte Laktation liegen die Harnstoff- und Eiweißgehaltswerte der Milch des Datenmaterials für 46,4 %, 43,8 % bzw. 43,5 % im Optimalbereich. Energieüberschüsse und Proteinmangel bzw. Energiemangel und Proteinüberschüsse in den

Rationen gleichen sich demnach teilweise aus. Die gefundenen durchschnittlichen Harnstoffgehalte in den drei betrachteten Laktationen liegen mit 237,0; 249,9 bzw. 245,5 mg/l im veröffentlichten Zielintervall von 150 bis 300 mg/l (Spohr & Wiesner 1991), wenn auch im oberen Bereich.
Miglior et al. (2007) und auch Stoop et al. (2007) schätzten Werte von $r_p$=0,082 bzw. $r_p$=0,11. Auch sie gehen von einer nur im geringen Maße vorhandenen umweltbedingten Beeinflussung beider Merkmale zueinander aus. Wie zwischen Milchharnstoffgehalt und Fettgehalt aufgezeigt, ist auf Grund der geschätzten Werte eine gegenseitige Beeinflussung beider Merkmale Milchharnstoff- und Milcheiweißgehalt kaum zu erwarten, unter der Annahme, dass eine weitgehend ausgeglichene Nährstoff- und Energiesituation vorliegt.
Die in den eigenen Untersuchungen geschätzten phänotypischen Korrelationskoeffizienten zwischen dem Milchharnstoffgehalt und dem Eiweißgehalt der Milch der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe reichen von $r_p$=-0,139 (206. bis 245. Laktationstag, 2. Laktation) bis $r_p$=-0,001 (286. bis 320 Laktationstag, 2. Laktation) und damit einheitlich im leicht negativen Bereich. Differenzen zwischen den einzelnen Laktationstageklassen und den drei Laktationen sowie zu den konventionell produzierenden Betrieben sind somit marginal.

Milchharnstoffgehalt und Eiweißmenge wiesen phänotypische Zusammenhänge von $r_p$=0,170 bis $r_p$=0,263 für die drei Laktationen für die konventionell produzierenden Betriebe auf. Die Unterschiede innerhalb und zwischen den Laktationen waren gering. Als Parameter für die Leistung eines Tieres besitzt die Eiweißmenge den Vorteil neben der Milchmenge auch den Milcheiweißgehalt zu berücksichtigen und somit die Gesamtsyntheseleistung eines Tieres widerzuspiegeln (Richardt et al. 2001b). Sie schätzten mit einem gemischten linearen Modell ebenfalls nur leicht positive phänotypische Beziehungen der beiden Parameter zueinander und nur geringe Unterschiede zwischen Tieren der ersten bis dritten Laktation. Der Einfluss der Milcheiweißmenge auf den Harnstoffgehalt war im ersten Laktationsdrittel nur tendenziell niedriger als im zweiten Laktationsdrittel.
Miglior et al. (2007) dagegen kam zu einem leicht negativen Schätzwert von $r_p$=-0,011 für Kühe der ersten bis dritten Laktation. Kgole (2013) fand ähnliche Werte wie in dieser Studie für Kühe der ersten Laktation von $r_p$=0,12 und niedrigere für Kühe der zweiten und dritten Laktation von 0,03 bzw. 0,02. Er begründete die geringeren Korrelationswerten für Kühe der zweiten und dritten Laktation im Vergleich zu Kühen der ersten mit einer höheren Effektivität des Stickstoffstoffwechsels älterer Kühe. Für Kühe der zweiten Laktation wird dies bestätigt durch Roever (1983), welcher eine effektivere Harnstoffsynthese in der zweiten Laktation mit einer voll entwickelten Kapazität der Leber begründet. Allerdings

weist der Autor auch darauf hin, dass nach seinen Untersuchungen ab der dritten Laktation die Harnstoffsynthesekapazität wieder abnimmt.
Bezogen auf die phänotypischen Korrelationen zwischen Milchharnstoffgehalt und Eiweißmenge dieser Arbeit konnte die Aussagen von Roever (1983) und Kgole (2013) nicht bestätigt werden.
Die geschätzten $r_p$-Werte für die Merkmale Milchharnstoffgehalt und Eiweißmenge der nach ökologischen Richtlinien produzierenden Betriebe reichen von $r_p$=-0,040 bis $r_p$=0,162 für die drei Laktationen. Die phänotypischen Beziehungen steigen für diese Betriebsgruppe einheitlich für alle drei Laktationen bis zur Laktationstageklasse 86. bis 125. Laktationstag an, um zum Laktationsende dann teilweise in den leicht negativen Bereich zu fallen. Unterschiede innerhalb und zwischen den Laktationen waren kaum vorhanden, wie auch nicht zu den konventionell produzierenden Betrieben.

Für den Milchharnstoffgehalt und den Fett-Eiweiß-Quotient der konventionell produzierenden Betriebe wurden im gesamten Laktationsverlauf und in allen drei betrachteten Laktationen leicht negative phänotypische Korrelationskoeffizienten geschätzt von $r_p$=-0,219 (5. bis 45. Laktationstag, 1. Laktation) bis $r_p$=-0,013 (86. bis 125. Laktationstag, 2. und 3. Laktation). Unterschiede zwischen den drei Laktationen sind kaum vorhanden. Insbesondere nach dem 45. Laktationstag gehen die Schätzwerte gegen Null.
Der FEQ und der Milchharnstoffgehalt sind beides Hilfsmerkmale um Rückschlüsse auf die Stoffwechsellage einer Kuh ziehen zu können, der FEQ insbesondere auf die Energiebilanz, der Milchharnstoffgehalt zusammen mit dem Eiweißgehalt der Milch auf die Energie- und Rohproteinversorgung. Der Eiweißgehalt bildet das Bindeglied zwischen beiden Bewertungsschemen, im FEQ als Variable und zusammen mit dem Milchharnstoffgehalt als ein Kriterium in der Neun-Felder-Tafel nach Spohr & Wiesner (1991). Die Höhe der phänotypischen Regressionskoeffizienten zeigt nur marginale umweltbedingte Wechselwirkungen zwischen den beiden Merkmalen. Dies könnte ihre Ursache in der bereits beschriebenen ausgeglichen Nährstoff- und Energiesituation der im Datenmaterial enthaltenen Kühe sein (siehe phänotypische Korrelationen zwischen Milchharnstoff- und Eiweißgehalt). Neben den Werten für den Milchharnstoff- und Eiweißgehalt liegen auch die Ergebnisse für den FEQ für die Tiere der ersten bis dritten Laktation im physiologischen Normalbereich von 1,1 und 1,5 (Seggewiß 2004) mit 1,16, 1,16 bzw. 1,18 (Tabelle 15).
Auf Grund der vorliegenden Schätzwerte aus dieser Arbeit, kann von einer geringen Wechselwirkung beider Parameter ausgegangen werden.
Wie für die konventionell produzierenden Betriebe, sind die phänotypische Beziehungen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den Fett-Eiweiß-Quotient für die nach Richtlinien

des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe im gesamten Laktationsverlauf und in allen drei betrachteten Laktationen durch leicht negative Werte charakterisiert von $r_p$=-0,280 (5. bis 45. Laktationstag, 1. Laktation) bis $r_p$=-0,083 (126. bis 165. Laktationstag, 3. Laktation). Auch bei den nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betrieben sind Unterschiede zwischen den drei Laktationen nur in geringem Maße vorhanden. Auffällig ist bei den Werten der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe im Vergleich zu den konventionell produzierenden Betrieben, dass die $r_p$-Werte zum Laktationsende nicht gegen Null streben, sondern ab Laktationsmitte wieder leicht abfallen. Dies ist nicht plausible zu erklären. In diesem Zusammenhang muss auf die unterschiedliche Datenbasis für beide Betriebsgruppen verwiesen werden. Ein weiterer Ansatz könnte sein, dass sich die beiden Parameter im Laktationsverlauf, auf Grund der unterschiedlichen Produktionsverfahren und damit einer unterschiedlichen Energie- und Proteinversorgung der Tiere, deutlich unterscheiden (Tabellen 30 bis 35). Bei den konventionell produzierenden Betrieben ist die Spannweite innerhalb der Laktationen beim FEQ und Harnstoffgehalt der Milch höher als bei der anderen Betriebsgruppe. Zudem ist das absoluten Niveaus des FEQ bei den nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betrieben und des Milchharnstoffgehaltes bei den konventionell produzierenden Betrieben deutlich höher.

Die für die phänotypischen Korrelationen zwischen Milchharnstoffgehalt und log. Zellgehalt innerhalb der drei Laktationen vorliegenden Schätzwerte der konventionell produzierenden Betriebe reichen von $r_p$=-0,148 bis $r_p$=-0,078. Zwischen den drei Laktationen stimmen die gefundenen phänotypischen Zusammenhänge innerhalb der acht Laktationsabschnitte weitestgehend überein. Der größte Abstand zwischen zwei Laktationen ist in der Laktationstagegruppe 86. bis 125. Laktationstag zwischen der ersten und dritten Laktation mit $\Delta r_p$=0,067 zu beobachten. Allerdings ist für alle drei betrachteten Laktationen tendenziell ein leichtes Ansteigen der phänotypischen Beziehungen der beiden Parameter zueinander in allen drei Laktationen zum Laktationsende hin zu beobachten. Die engere Beziehung der Merkmale zueinander zum Laktationsende hin könnte seine Ursache darin haben, dass mit steigendem Zellgehalt eine Verwässerung der Milch einsetzt, da Euter-erkrankungen durch eine veränderte Blut-Milch-Schranke zu einer Konzentrationsänderung der Milchinhaltstoffe führen. Durch eine Permeabilitätszunahme der Milchdrüsenmembran diffundieren Blutbestandteile zur Aufrechterhaltung des osmotischen Drucks leichter in das Alveolarlumen (Wolfschoon-Pombo, 1981). Der Anstieg des Zellgehaltes zu Laktationsende hin auf Grund der sinkenden Milchleistung und relativ gleichbleibenden Zellgehalten (Aufkonzentrierung) kann eine Ursache für das leichte Ansteigen der phänotypi-

schen Beziehungen der beiden Parameter zueinander in allen drei Laktationen zum Laktationsende hin sein.
Miglior et al. (2007) fanden ebenfalls leicht negative phänotypische Beziehungen zwischen MHG und log. Zellgehalt von $r_p$=-0,100. In Untersuchungen von Stoop et al. dagegen war keine gegenseitige Abhängigkeit nachweisbar ($r_p$=0,00). Da die phänotypischen Schätzwerte nur im geringen Maße von Null abweichen, ist eine phänotypische Wechselwirkung beider Inhaltstoffe kaum wahrscheinlich.
Milchharnstoffgehalt und log. Zellgehalt scheinen für die nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierende Betriebe in Bezug auf Umweltkorrelation weitestgehend unabhängig zu sein und stimmen damit weitestgehend mit der anderen Betriebsgruppe überein. Aus den Schätzungen waren meist leicht negative Beziehungen zu beobachten, kein Wert geht $r_g$=±0,1 hinaus. Zwischen den drei Laktationen bestehen kaum Unterschiede.

Die Harnstoffmenge beinhaltet neben dem Milchharnstoffgehalt auch die Milchmenge (Tabelle 10). Der Milchharnstoffgehalt und die ausgeschiedenen Harnstoffmenge am Prüftag sind erwartungsgemäß auf Grund der mathematischen Abhängigkeit hoch miteinander phänotypisch korreliert, wobei, wie bei den anderen betrachteten Merkmalen, die Differenzen in den acht Laktationstageklassen zwischen den drei Laktationen nur sehr gering sind. Innerhalb der Laktationen ist eine leichte Abnahme der Korrelationskoeffizienten von Laktationsbeginn zu – ende festzustellen. Für die drei Laktationen der konventionell produzierenden Betriebe wurden Korrelationskoeffizienten von $r_p$=0,670 bis $r_p$=0,849 geschätzt. Die Differenzen zwischen den Laktationen sind nicht höher als $\Delta r_p$=0,093.
Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass eine Zunahme der Harnstoffmenge mit großer Wahrscheinlichkeit mit einem Anstieg des Milchharnstoffgehalts einhergeht. Dies ist auch in der o.g. mathematischen Beziehung der beiden Parameter zueinander erklärbar.
Harnstoffmenge und Harnstoffgehalt der Milch der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe sind ebenfalls hoch in allen drei Laktationen miteinander phänotypisch korreliert. Die geschätzten Korrelationsfaktoren gehen sogar leicht in den betrachteten Laktationen und allen Laktationstageklassen im Mittel von ca. $r_p$=0,152 über die für die konventionell produzierenden Betriebe geschätzten Werte hinaus (z.B. $r_p$=0,951 zu $r_p$=0,811, 86. bis 125. Laktationstag, 1. Laktation). Die $r_p$-Werte zwischen den Laktationstageklassen der drei Laktationen liegen relativ eng beieinander.

## 6.4. Genetischen Korrelationen

### 6.4.1. Genetischen Korrelationen der konventionell produzierenden Betriebe

Zur Schätzung der genetischen Korrelationen wurde ein lineares bivariates Modell (Modell II) gewählt und die drei Laktationen in acht Laktationstageklassen unterteilt. Die Schätzung der $r_g$-Werte erfolgte für jede Laktationstageklasse separat (Tabelle 26).
Korrelationen zeigen Zusammenhänge in der Ausprägung verschiedener Merkmale zueinander auf. Die Bedeutung der genetischen Korrelationen liegt daher in der Ermittlung von Effekten der Selektion nach bestimmten Merkmalen auf die Ausprägung von anderen. Die Parameter können positiv oder negativ korreliert sein und zeigen daher entweder parallele oder entgegengesetzte Entwicklungen bei der Veränderung eines der Merkmale. Eine züchterisch erwünschte Korrelation zeigt eine synergetische genetische Funktion der Selektion für beide Parameter an, während eine züchterisch unerwünschte Korrelation eine antagonistische genetische Auswirkung bedeutet (Schönmuth et al. 1986). Beim Milchharnstoffgehalt handelt es sich um ein Optimalmerkmal, d.h. dass sich der Milchharnstoffgehalt bei ausgeglichener Energie- und Rohproteinversorgung in einem Bereich von 150 bis 300 mg/l bei 3,2 bis 3,8 % Eiweiß befinden sollte (Kirchgessner et al. 1986). Die relativ weiten Grenzen werden damit begründet, dass der Harnstoffgehalt der Milch von einer Reihe von Umweltfaktoren (z.B. Zeitpunkt der Fütterung, Rationsgestaltung, Milchmenge, Laktationsstadium, Alter der Tiere, Eutergesundheitsstatus) beeinflusst wird (Richardt et al. 2001a). Andere Quellen (z.B. DLQ 2013) empfehlen dagegen engere Grenzwerte von 200 bis 250 mg mg/l. Lebzien et al. (2006) wiesen einen signifikanten Einfluss der ruminalen Stickstoffbilanz und der Rasse nach. Sie ermittelten bei ausgeglichener ruminaler Stickstoffbilanz (RNB) einen optimalen Wert von 210 mg/l. Allerdings verweist Brade (2010) darauf, dass eine Vielzahl weiterer Umweltfaktoren, trotz ausgeglichener RNB, zu einer gewissen Restvariabilität führt. Stamer et al. (2011) betonen, dass neben den züchterischen Möglichkeiten für den Milchharnstoffgehalt nicht außer Acht gelassen werden darf, dass betriebs- und fütterungsspezifische Faktoren ein beachtliches Potenzial für eine signifikante Reduzierung der Stickstoffausscheidungen haben. So erklärte der Betriebseinfluss bei Stoop et al. (2007), König et al. (2008) und Bastin et al. (2009) zwischen 16 und 58 % der Varianz im Harnstoffgehalt der Milch; im Vergleich dazu erklärte der Herdentesttag nur 4 bis 7 % der Varianz der Inhaltsstoffe Fett, Eiweiß und Laktose (Stoop et al. 2007).

Zur täglichen Milchmenge, wie auch zur energiekorrigierten Milch, bestehen innerhalb der drei Laktationen für alle acht Laktationsstadien leicht positive genetische Beziehungen

zum Milchharnstoffgehalt. Die Korrelationsfaktoren bewegen sich für die tägliche Milchmenge im Laktationsverlauf von $r_g$=0,104 bis $r_g$=0,438 (für die ECM von $r_g$=0,180 bis $r_g$=0,494). Die genetischen Beziehungen stimmen zwischen den Laktationen für beide Merkmale weitestgehend überein. Lediglich in der ersten Laktation ist zum Laktationsende hin ein leichter Anstieg der $r_g$-Werte zu beobachten.

Die Ergebnisse für die genetischen Zusammenhänge zwischen Milchharnstoffgehalt und täglicher Milchmenge decken sich mit denen von Stoop et al. (2007) und König et al. (2008). Auch Stamer et al. (2009) kamen in ihren Untersuchungen zu leicht positiven genetischen Beziehungen zwischen den beiden Parametern, allerdings auf der Basis extrem hochlaktierender Erstkalbskühe eines einzelnen Betriebes. Leicht negative Korrelationen zwischen den beiden Merkmalen dagegen fanden Miglior (2007) und Stamer et al. (2011), wobei auch bei Stamer et al. (2011) zum Laktationsende hin die Schätzwerte in den leicht positiven Bereich wechseln.

König et al. (2008) kamen auf Grund der positiven genetischen Beziehungen der beiden Merkmale zu dem Schluss, dass mehr Energie in die Milch und weniger in die Proteinproduktion fließt, was zu einer Energieknappheit für die Proteinproduktion führt und folglich das Niveaus des Milchharnstoffgehaltes erhöht.

Die in dieser Arbeit gefundenen positven genetischen Beziehungen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und der täglichen Milchmenge sowie der energiekorrigierten Milch zeigen, dass die züchterischer Verbesserung dieser Parameter mit einer Erhöhung des Harnstoffgehaltes und damit verbunden mit höheren Stickstoffausscheidungen einhergehen. Wie schon erwähnt, ist das Harnstoffniveau in der Milch stark von anderen Umwelteinflüssen, insbesondere der Rationszusammensetzung, abhängig, so dass eine optimale Energie- und Eiweißversorgung der Kühe der unerwünschten genetischen Beziehung entgegenwirken könnte.

Zwischen dem Milchharnstoffgehalt und dem Fettgehalt wurden in dieser Untersuchung für die Tiere der ersten Laktation bis zur Laktationsmitte leicht positive (86. bis 125. Laktationstag) und ab dem 165. bis 205. Laktationstag leicht negative genetische Beziehungen geschätzt ($r_g$=0,150 bis $r_g$=-0,074). Für die Tiere der zweiten Laktation sind über den gesamten Laktationsverlauf hinweg leicht positive genetische Beziehungen zu beobachten ($r_g$=0,056 bis $r_g$=0,146), ebenfalls für die Kühe der dritten Laktation, mit Ausnahme zur Laktationsmitte (126. bis 205. Laktationstag) ($r_g$=0,218 bis $r_g$=-0,033).

Die in der Literatur veröffentlichten genetischen Beziehungen zwischen Milchharnstoff- und Fettgehalt sind uneinheitlich. Miglior et al. (2007) beobachteten leicht positive genetische Zusammenhänge für Kühe der ersten bis dritten Laktation ($r_g$=0,425), wohingegen Stamer et al. (2009) für erstlaktierende Tiere durchweg leicht negative genetische Bezie-

hungen ($r_g$=-0,02 bis $r_g$=-0,40) fanden. Stamer et al. (2011) stellen zu Laktationsbeginn leicht negative und im Laktationsverlauf leicht positive $r_g$-Werte für Tiere der ersten und zweiten Laktation fest ($r_g$=-0,13 bis $r_g$=0,41).
Die Resultate dieser Studie zeigen, dass die genetischen Beziehungen zwischen Milchharnstoffgehalt und Fettgehalt gering sind und dass bei einer Selektion auf erhöhte Fettgehalte in der Milch mit nur geringen Auswirkungen auf den Milchharnstoffgehalt und damit auch auf die Stickstoffausscheidungen zu rechnen ist.

Die genetischen Wechselwirkungen zwischen Milchharnstoffgehalt und Fettmenge ($r_g$=0,174 bis $r_g$=0,512) bewegen sich in etwa auf dem Niveau der täglichen Milchmenge und der energiekorrigierten Milch im leicht positiven Bereich. Die Höhe der genetischen Beziehungen der beiden Merkmale zueinander ist innerhalb und zwischen den Laktationen nahezu identisch.
Einen niedrigeren Schätzfaktor von $r_g$=0,01 fanden Wood et al. (2003) bei kanadischen Kühen der ersten bis dritten Laktation. Stoop et al. (2007) fanden genetische Beziehungen von $r_g$=0,41 bei niederländischen erstlaktierenden Kühen. Stamer et al. (2011) veröffentlichten für Kühe der ersten und zweiten Laktation in acht verschiedenen Laktationsstadien genetische Korrelationskoeffizienten von $r_g$=-0,17 bis $r_g$=0,24, wobei die negativen Schätzwerte zu Laktationsbeginn (bis 100. Laktationstag) auftraten.
Aktuell sind im Zuchtprogramm des Deutschen Holstein Verbandes (DHV) im zusammenfassenden Relativzuchtwert Milch (RZM) Eiweißmenge, Fettmenge und Eiweißgehalt in einem Verhältnis von 75 : 20 : 5 gewichtet (DHV 2018). Im Gesamtzuchtwert (RZG) wird der RZM zu 45 % berücksichtigt. Auf Grund der in dieser Arbeit gefundenen leicht positiven genetischen Beziehung des Milchharnstoffgehaltes zur Fettmenge kann aktuell mit einer moderaten Zunahme des Milchharnstoffgehaltes und der Stickstoffausscheidungen auf Grund des Zuchtprogramms gerechnet werden.

Die genetischen Beziehungen zwischen Milchharnstoffgehalt und Eiweißgehalt bewegen sich auf leicht positiven Niveau zwischen $r_g$=0,068 (166. bis 205. Laktationstag, 1. Laktation) bis $r_g$=0,341 (246. bis 285. Laktationstag, 3. Laktation). Die geschätzten Korrelationskoeffizienten ab der zweiten Laktationstageklasse (46. bis 85. Laktationstag) sind innerhalb und zwischen den Laktationen zwei und drei vergleichbar. Für die Laktationen zwei und drei ist ein leichter Anstieg der Korrelationskoeffizienten von Laktationsbeginn zum –ende hin zu beobachten. In der ersten Laktation bestehen zwischen den Laktationsabschnitten nur marginale Unterschiede ($\Delta$ $r_g$=0,063), ein Anstieg wie in den beiden anderen Laktationen ist nicht ersichtlich, so dass die Differenz zwischen erster und dritter Laktation in der siebten Laktationstageklasse z.B. $\Delta$ $r_g$=0,243 beträgt.

In den meisten Veröffentlichungen wurden schwach bis moderat positive genetische Korrelationen zwischen dem Harnstoff- und Eiweißgehalt in der Milch gefunden. Stoop et al. (2007) z.B. schätzten einen Wert von $r_g$=0,27 bei Kühen der ersten Laktation. Auch Stamer et al. (2011) fanden kontinuierlich ansteigende Werte von $r_g$=0,34 bis $r_g$=0,57 für die zweite, allerdings auch für die erste Laktation von $r_g$=0,03 bis $r_g$=0,24, wobei auch in dieser Studie die Korrelationskoeffizienten der ersten unter denen der zweiten Laktation lagen.
Die Unterschiede zwischen erster und den beiden folgenden Laktationen begründete Kgole (2013) mit einer höheren Effektivität des Stickstoffstoffwechsels älterer Kühe, was auch in dieser Untersuchung zum Tragen gekommen sein kann.
Die in dieser Arbeit gefundenen leicht positven genetischen Korrelationen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und Eiweißgehalt zeigen, dass bei einer züchterischer Verbeserung des Eiweißgehaltes mit einer Erhöhung des Harnstoffgehaltes und der Stickstoffausscheidungen in allen drei Laktationen zu rechnen ist.
Wie bei der Fettmenge beschrieben, ist der Eiweißgehalt z.Z. im RZM bei den Holstein-Kühen mit 5 % gewichtet. Durch die geringere Wichtung im RZM und des RZM im RZG ist ein Anstieg gegeben, aber wie beim Fettgehalt im moderaten Rahmen.

Die nicht konvergierten Schätzwerte zu Beginn der Laktationen bei dem Fett- und dem Eiweißgehalt (Tabelle 38) können ihre Ursache in der Beeinflussung der beiden Merkmale sowie des Milchharnstoffgehaltes in dieser Phase durch andere Umweltfaktoren haben. Gerade im ersten Abschnitt der Laktation befinden sich die Kühe in einer negativen Nährstoff- und Energiebilanz, was besagt, dass die Tiere weniger Nährstoffe aufnehmen, als es der durch die Leistung bedingte Bedarf erfordert (Richardt et al. 2001). Dies kann in diesem Laktationsabschnitt Stoffwechselstörungen hervorrufen, was zu veränderten Gehalten an Fett, Eiweiß und Harnstoff führt (Siebert & Pallauf 2010). Dieses erklärt möglicherweise den großen Effekt des ersten Laktationsabschnittes. Im weiteren Verlauf der Laktation besteht dann in der Regel eine ausgeglichene bzw. positive Nährstoffbilanz.

Die zwischen dem Milchharnstoffgehalt und der Eiweißmenge innerhalb der drei Laktationen vorliegenden Schätzwerte für die genetischen Beziehungen reichen von $r_g$=0,187 bis $r_g$=0,497. Innerhalb und zwischen den drei Laktationen stimmen die Schätzwerte innerhalb der acht Laktationsabschnitte weitestgehend überein. In der ersten Laktation ist ein leicht ansteigender Trend der Korrelationskoeffizienten zum Laktationsende hin zu beobachten ($\Delta r_g$=0,107 von erster zu achter Laktationstageklasse), in den anderen beiden Laktationen ein leicht abnehmender.

Richardt et al. (2001b), Stoop et al. (2007), König et al. (2008) und Stamer et al. (2009) fanden ebenfalls leicht positive genetische Korrelationen. Demgegenüber schätzten Miglior et al. (2007) leicht negative genetische Beziehungen beider Merkmale zueinander. Stamer et al. (2011) dagegen berichteten über leicht negative genetische Beziehungen in den ersten beiden und leicht positive im letzten Laktationsdrittel. Richardt et al. (2001b) beschrieben, dass der Einfluss der Eiweißmenge auf den Harnstoffgehalt im letzten Laktationsdrittel abnimmt und vermuten dies in der Berücksichtigung der Einflussfaktoren Laktationstag und Gehalt an somatischen Zellen in ihrem Modell als zufälligen Effekt im Gegensatz zu anderen Untersuchungen. Dies konnte durch die Ergebnisse dieser Arbeit nur tendenziell für die Ergebnisse der zweiten und dritten Laktation bestätigt werden.
Basierend auf den vorliegenden Ergebnissen dieser Arbeit lässt eine Selektion auf höhere Eiweißmenge für alle drei Laktationen zunehmende Harnstoffwerte erwarten. Auf Grund der Gewichtung des Eiweißgehaltes (75 % im RZM) im Zuchtprogramm des DHV (DHV 2018) kann aktuell von einer Entwicklung zu steigenden Milchharnstoffgehalten und damit von höheren Stickstoffausscheidungen ausgegangen werden. Wie beschrieben, erscheint ein Entgegenwirken durch eine optimale Energie- und Eiweißversorgung der Kühe im begrenzten Maße möglich.

Die genetischen Korrelationen zwischen Milchharnstoffgehalt und dem Fett-Eiweiß-Quotienten bewegen sich im Verlauf der drei Laktationen in den acht Laktationstageklassen im Bereich von $r_g$=-0185 bis $r_g$=0,071 und somit auf leicht negativen bis leicht positiven Niveau. Die Unterschiede zwischen den Laktationen sind marginal. Ein Merkmalsantagonismus scheint demnach kaum vorhanden. Wie bei der Betrachtung der phänotypischen Korrelationen beider Merkmale beschrieben, könnte die Ursache in der ausgeglichen Nährstoff- und Energiebilanz der betrachteten Population liegen.

Nennenswerte genetischen Beziehungen zwischen Milchharnstoffgehalt und log. Zellgehalt traten lediglich zu Beginn der zweiten Laktation (5. bis 45. Laktationstag) mit $r_g$=-0,572 auf. Ansonsten wurden Korrelationsfaktoren von $r_g$=-0,202 bis $r_g$=0,144 geschätzt. Die leicht positiven genetischen Korrelationen zwischen den beiden Merkmalen traten insbesondere zum Laktationsende der zweiten und dritten Laktation auf, ansonsten gingen höhere Zellgehalte mit sinkenden Milchharnstoffgehalten einher. Zwischen den drei Laktationen stimmen die Schätzwerte innerhalb der acht Laktationsabschnitte weitestgehend überein.
Stoop et al. (2007) berichteten von einer sehr engen genetischen Beziehung beider Parameter von $r_g$=0,85, allerdings wiesen die Autoren auch auf hohe Standardfehler hin. Andere Autoren hingegen fanden, wie in dieser Studie, schwach positive bis schwach

negative genetische Zusammenhänge zwischen dem Milchharnstoffgehalt und dem somatischen Zellgehalt, wie Godden et al. (2000) mit $r_g$=-0,01 oder Stamer et al. (2011) mit $r_g$=-0,16 bis $r_g$=0,27 für Kühe der ersten und zweiten Laktation in acht verschiedenen Laktationstageklassen. Da die genetischen Schätzwerte nur im geringen Maße von Null abweichen, ist nur von einer geringen Wechselwirkung beider Merkmale auszugehen.

Milchharnstoffgehalt und –menge sind für den betrachteten Datenbestand in einem Bereich von $r_g$=0,759 bis $r_g$=0,917 in den drei Laktationen eng miteinander genetisch korreliert. Unterschiede innerhalb der Laktationen und zwischen den drei Laktationen aus diesem Datenmaterial waren lediglich marginal. Ein tendenziell leichter Abfall der Schätzwerte ist für die Tiere der zweiten und dritten Laktation zu beobachten. Ursache dafür könnte die Zunahme der phänotypischen Varianz mit zunehmender Laktationsnummer sein, wohingegen die genetische Varianz nahezu gleichbleibt. Dies führt dazu, dass die Heritabilitäten in der zweiten und dritten Laktation niedriger werden (Michailowskaja et al. 2001).
Stamer et al. (2009) veröffentlichten Korrelationsfaktoren in ähnlicher Größenordnung für Kühe der ersten Laktation ($r_g$=0,88 bis $r_g$=0,75), wie auch Stoop et al. (2007) mit $r_g$=0,77. Etwas niedrigere Schätzwerte fanden Stamer et al. (2011) mit $r_g$=0,53 bis $r_g$=0,75 für Kühe der ersten und zweiten Laktation.
Die in dieser Arbeit gefundenen hohen positven genetischen Korrelationen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und Milchharnstoffmenge lassen die Harnstoffmenge als Stellvertretermerkmal für den Harnstoffgehalt zu.

### 6.4.2. Genetischen Korrelationen der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierender Betriebe

Für die Betriebe, die nach ökologischen Richtlinien produzieren, konvergierten die Daten im Iterationsverfahren zur Schätzung der Varianzanteile nach Modell II nicht, da die vorhandenen Datenmenge nicht ausreichend und keine gute genetische Verknüpfung zwischen diesen Betrieben vorhanden war. Somit sind für diese Betriebe keine Ergebnisse vorhanden.
Für die weitere Bearbeitung der Thematik sollten weitere Prüftagsergebnisse von nach ökologischen Richtlinien produzierenden Betrieben erfasst und ausgewertet werden. Das Datenmaterial ist auf Grund der Zunahme dieser Produktionsrichtung und der inzwischen routinemäßig erfassten Milchharnstoffgehalte in der MLP (IR-Verfahren) vorhanden.

## 6.5. Genetische Korrelationen des durchschnittlichen Milchharnstoffgehaltes zwischen den 305-Tage-Leistungen der konventionell produzierenden Betriebe

Zur Schätzung der genetischen Korrelationen zwischen den durchschnittlichen Milchharnstoffgehalten der 305-Tage-Leistungen der drei Laktationen wurde ein lineares univariates Modell (Modell III) gewählt.

Zwischen erster und zweiter Laktation wurde in dieser Arbeit eine genetische Beziehung des mittleren Harnstoffgehaltes (DAM-Methode) von $r_g$=0,902 und von erster zur dritten Laktation von $r_g$=0,761 geschätzt (Tabelle 27). Der $r_g$-Wert für die Abhängigkeit des mittleren Harnstoffgehaltes der Milch zwischen zweiter und dritter Laktation ergab einen Schätzwert von $r_g$=0,813.

Miglior et al. (2007) veröffentlichten genetische Beziehungen von $r_g$=0,846 von erster zur zweiter, $r_g$=0,774 von erster zu dritter und $r_g$=0,870 von zweiter zu dritter Laktation (IR-Methode). Diese Ergebnisse stimmen den Werten der eigenen Arbeit gut überein.

Etwas höhere Werte fanden Mitchell et al. (2005) zwischen erster und zweiter Laktation, sowohl für Werte, die mit der DAM-Methode ($r_g$=0,98) als auch mit der IR-Methode ($r_g$=0,99) gemessen wurden. Auch Stamer et al. (2011) berichteten von engen genetischen Beziehungen von $r_g$=0,91 bis $r_g$=0,98 im Laktationsverlauf des MHG von erster zu zweiter Laktation (IR-Methode). Sie gehen deshalb von fast identischen Merkmalen in den beiden von ihnen betrachteten Laktationen aus.

Auf Grund der hohen genetischen Beziehungen des MHG zwischen den 305-Tage-Leistungen in dieser Arbeit, wie auch in der Literatur, kann davon ausgegangen werden, dass in einer routinemäßigen Varianzkomponenten- und Zuchtwertschätzung ein Wiederholbarkeitsmodell zur Anwendung kommen könnte (Stamer et al. 2011).

## 6.6. Milchharnstoffgehalt und genomische Zuchtwertschätzung

In der deutschen Holsteinzucht wurde in den letzten Jahren ein geschlossenes Gesamtsystem zur Bereitstellung genomischer Zuchtwerte entwickelt und validiert. Es umfasst die Antragstellung, den Informationsaustausch zwischen Verbänden, Laboren und Rechenstelle, die SNP-Speicherung und Plausibilisierung, ihre Verknüpfung mit Herdbuchdaten sowie die genomische Zuchtwertschätzung (gZWS) und deren Integration in den gesamten ZWS-Ablauf (Reinhardt et al. 2011). Mit der Verfügbarkeit hochauflösender genetischer Karten und dichter Genomabdeckung mit SNP-Markern, sowie der Möglichkeit, die dort vorliegenden Allele mithilfe von High-Throughput-Genotyping zu bestimmen, wurde die von Meuwissen et al. (2001) erstmals vorgestellte Idee einer Selektion nach rein gene-

tischen Informationen umsetzbar (Calus 2010). Die Gründe für die Überlegenheit der genomischen Selektion sind die frühen und relativ sicheren Zuchtwerte und die drastische Reduktion des Generationsintervalls (Hinrichs et al. 2008). Die Genauigkeit genomischer Vorhersagen hängt stark von den Eigenschaften der Referenzpopulationen ab, wie Anzahl der Tiere, Anzahl der Marker und Heritabilität des aufgezeichneten Phänotyps. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Beziehung zwischen den Tieren in der Referenzpopulation und den zu bewerteten Tieren (Calus 2010).

Um die Möglichkeiten der genomischen Selektion für den Milchharnstoffgehalt der Milch nutzen zu können, sind ausreichend zuverlässige phänotypische Daten somit eine wichtige Voraussetzung. Diese Datenbasis ist gegeben, da im Rahmen der Milchleistungsprüfung der Milchharnstoffgehalt seit vielen Jahren in Deutschland flächendeckend erfasst wird und in den Rechenzentren vorliegt. Heritabilitätsschätzungen liegen aus der Literatur und dieser Studie ebenfalls vor. Somit könnten SNP-Effekte für eine ausreichend sichere gZWS für den Harnstoffgehalt abgeleitet werden und die Speicherung der SNP-Informationen in einer Datenbank erfolgen. Ob jedoch genetisch-züchterische Ansätze in Form der genomisch gestützten Selektion zukünftig eine Alternative darstellen können, bleibt abzuwarten. Hier sind insbesondere die Zuchtverbände und auch die Politik gefragt, ob ein Merkmal zur Optimierung des Eiweiß- und Energieumsatzes in der Fütterung und zur Reduzierung der Stickstoffausscheidungen in der Milchproduktion als tierindividueller Indikator zukünftig in Zuchtprozesse integriert werden soll.
Denkbar wäre z.B. die Bevorzugung solcher Zuchttiere, die nachgewiesenermaßen regelmäßig geringere Stickstoffausscheidungen als ihre gleichaltrigen Herdengefährtinnen, speziell für solche Betriebe und Regionen, die bereits jetzt einen Stickstoffüberhang auf ihren Flächen haben. Die Motivation für eine derartige spezifische Bullenauswahl sollte in den Betrieben, die auf landwirtschaftlichen Nutzflächen mit hohen Umweltauflagen produzieren (müssen), künftig weiter zunehmen (Stamer et al. 2009).
Weiterhin könnte sich der Milchharnstoffgehalt als Hilfsmerkmal zur züchterischen Verbesserung von Fruchtbarkeitsparametern anbieten, da deren genetische Komponenten meist sehr gering sind und deshalb Alternativen gesucht werden, um auf diesem Gebiet die Zuchtwertschätzung zu verbessern. Zusammenhänge zwischen dem MHG und Fruchtbarkeitsparametern wurden in der Literatur bereits häufig diskutiert (z.B. Butler et al. 1996, Larson et al. 1997, Goddon et al. 2001, Hojmann et al. 2004, Mitchel et al. 2005, Rensing et al. 2005, König et al. 2008, Mucha & Strandberg 2011).
Als weitere Hilfsmerkmale zur züchterischen Optimierung der Futtereffizienz könnten sich zukünftig neben dem MHG in Verbindung mit dem Eiweißgehalt auch der Fett-Eiweiß-

Quotient (Buttchereit et al. 2010), ebenfalls routinemäßig über die Daten der Milchleistungsprüfung erfasst, und der β-Hydroxybutyrat (BHB)-Wert anbieten (Borchardt 2010).

# 7. Schlussfolgerungen

1. Die geschätzten Heritabilitäten des Milchharnstoffgehaltes dieser Arbeit stimmen weitestgehend mit denen aus der Literatur bekannten Ergebnissen überein. Gleiches gilt für die geschätzten genetischen Korrelationen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den betrachten Milchleistungsmerkmale, dem Zellgehalt und der Harnstoffmenge. Somit können die in der Literatur gefundenen genetischen Beziehungen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den Milchleistungsmerkmalen an Hand des vorhandenen Datenmaterials bestätigt werden.
2. Unterschiede zu den veröffentlichten Ergebnissen auf Grund der Analytik konnten nicht nachgewiesen werden. Somit stünden zur Schätzung von Erblichkeiten und genetischen Korrelationen in Bezug auf den Milchharnstoffgehalt beide Untersuchungsmethoden bei ausreichenden Datenmengen zur Verfügung. Allerdings ist auf Grund der geringeren Analysenstreuung die DAM-Methode zur Bestimmung der Harnstoffwerte aus der Milch gegenüber der IR-Methode zu empfehlen.
3. Für die vorliegenden Untersuchungsergebnisse ist eine ausreichende genetische Variation des Milchharnstoffgehaltes vorhanden. Eine züchterische Bearbeitung des Milchharnstoffgehaltes scheint somit möglich. Allerdings ist eine ökonomische Bedeutung des Milchharnstoffgehaltes aktuell nicht gegeben. Diese könnte sich ergeben, wenn sich Umweltauflagen in der Milchproduktion in Bezug auf die Reduzierung der emittierten Stickstoffmenge durch den Gesetzgeber ändern. Weiterhin könnte sich der Milchharnstoffgehalt zukünftig als Hilfsmerkmal zur züchterischen Verbesserung von Fitness- und Fruchtbarkeitsparametern anbieten, da deren genetische Komponenten meist sehr gering sind. Hierzu sind allerdings weitere Forschung zu den genetischen und phänotypischen Korrelationen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den verschiedenen Fitness- und Fruchtbarkeitsmerkmalen notwendig.
4. Die teilweise züchterisch negativen genetischen Beziehungen zu den etablierten, in den Selektionsentscheidungen berücksichtigten Merkmalen der Milchleistung, lassen bei einer direkten Zucht auf verminderte Milchharnstoffgehalte Einbußen in diesen Merkmalen erwarten. Insbesondere zu den Merkmalen Milch-, Fett- und Eiweißmenge sowie zur ECM wurden negative züchterische Beziehungen beobachtet, d.h. dass eine züchterische Verbesserung dieser Merkmale ein Ansteigen des Milchharnstoffgehaltes und somit der ausgeschiedenen Stickstoffmenge zur Folge hätte. Als Alternative würde sich deshalb die Zucht auf Fett- und Eiweißgehalt als indirekte Merkmale anbieten, um eine Zunahme der Stickstoffausscheidun-

gen über Kot und Urin zu begrenzen oder auf dem aktuellen Level zu halten. Beide Merkmale stehen zwar auch in züchterisch negativer Beziehung zum Milchharnstoffgehalt, allerdings auf einem geringeren Niveau als die Mengenmerkmale.

5. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass, auf Grund der vorliegenden genetischen Variabilität, mit dem Harnstoffgehalt der Milch, routinemäßig und kostengünstig erfasst im Rahmen der Milchleistungsprüfung, ein bisher nicht genutzter tierindividueller Indikator für die Stickstoffausscheidungen tierzüchterisch zur Verfügung steht. Somit stellt der Milchharnstoffgehalt ein potentielles Hilfsmerkmal für die züchterische Bearbeitung von Stickstoffausscheidungen oder als Hilfsmerkmal zur züchterischen Verbesserung von Fitness- und Fruchtbarkeitsparametern dar und könnte als solches ggf. in Zuchtprogramme implementiert werden. Allerdings ist zu beachten, dass es sich in bei der Verwendung des Milchharnstoffgehaltes um ein Optimalmerkmal handelt, welches nur unter Schwierigkeiten in den gesamten Selektionsprozess der Milchrinderzucht einzubinden sein wird. Neben der dargestellten züchterischen Möglichkeiten darf nicht außer Acht gelassen werden, dass betriebs- und fütterungsspezifische Faktoren ein beträchtliches Potenzial für eine signifikante Reduzierung der Stickstoffausscheidungen haben.
6. Die genetischen Beziehungen innerhalb sowie zwischen den drei Laktationen stimmen weitestgehend überein, so dass eine laktationsspezifische Betrachtung des Milchharnstoffgehaltes als nicht notwendig erscheint. Auf Grund der sehr engen Beziehungen zwischen den Harnstoffgehalten der ersten bis dritten Laktation können die Schätzungen mit einem Wiederholbarkeitsmodell durchgeführt werden.
7. Auf Grund der Datenstruktur liegen für die nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betriebe nur Ergebnisse der phänotypischen Beziehungen des Milchharnstoffgehaltes zu den betreffenden Milchinhaltstoffen vor. Dieser Vergleich ergab nur geringe Differenzen auf Grund der Produktionsweise der Betriebe. Eine gesonderte Betrachtung des Milchharnstoffgehaltes auf Grund der Produktionsweise ergibt sich aus den eigenen Untersuchungen somit nicht.

   Es besteht aber weiterer Untersuchungsbedarf zur Klärung der Frage nach der Heritabilität des Milchharnstoffgehaltes in Herden, die nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzieren sowie den genetischen Zusammenhängen des Milchharnstoffgehaltes zu den relevanten Milchinhaltstoffen.

# 8. Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund der effektiveren Verwendung der in der Milchleistungsprüfung monatlich anfallenden Daten soll in dieser Arbeit untersucht werden, welche Möglichkeiten sich aus der Nutzung des bisher züchterisch unberücksichtigt gebliebenen Milchharnstoffgehaltes ergeben. Dazu sollen die genetische Variabilität des Harnstoffgehaltes der Milch und die phänotypischen und genetischen Korrelationen zu verschiedenen Milchleistungsmerkmalen, dem Zellgehalt, dem Fett-Eiweiß-Quotienten und der Milchharnstoffmenge untersucht werden. Weiterer Gegenstand der Arbeit ist der Vergleich der Ergebnisse auf Grund der Produktionsweise. Dazu werden die Ergebnisse der konventionell und der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierender Betriebe von Kühen der Rasse Deutsche-Holstein-Schwarzbunt gegenüber gestellt. Die vergleichsweise große Datengrundlage der konventionell produzierenden Betriebe bilden 5.114.433 Prüftagsdaten von 287.616 Kühen aus 485 Betrieben von Oktober 2008 bis September 2012. Von den nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierenden Betrieben standen 53.821 Prüftagsdaten von 4.646 Kühen aus fünf Betrieben zur Verfügung, ebenfalls erfasst von Oktober 2008 bis September 2012.
Für die Analyse werden die 1. bis 3. Laktation in acht Abschnitte unterteilt, um eventuellen differenzierten Variabilitäten im Laktationsverlauf Rechnung zu tragen. Die Harnstoffgehalte wurden ausschließlich mittels der Diacetylmonoxim-Methode (DAM-Methode) festgestellt. Für die quantitativ-genetische Analyse wird ein lineares univariates Modell zur Schätzung der Varianzen und der Heritabilitäten genutzt. Ausgehend von den in der Einleitung genannten Fragestellungen lassen sich die Ergebnisse wie folgt zusammenfassen:

Die geschätzten Heritabilitäten für den Harnstoffgehalt der Milch bewegen sich für die konventionell produzierenden Betriebe für die drei in die Auswertung einbezogenen Laktationen in einem Bereich von $h^2$=0,200 bis $h^2$=0,395 und somit innerhalb des Rahmens vorliegender Studien mit schwach bis moderaten Erblichkeiten. Die Differenzen innerhalb und zwischen den Laktationen sind gering. Im Sinne einer züchterischen Bearbeitung des Milchharnstoffgehaltes erscheint daher eine getrennte Analyse von Laktationsabschnitten oder einzelnen Laktationen nicht notwendig.
Der Vergleich der phänotypischen Korrelationen auf Grund der Produktionsweise der Betriebe ergab nur geringe Differenzen. Eine gesonderte Betrachtung des Milchharnstoffgehaltes auf Grund der Produktionsweise ergibt sich aus den eigenen Untersuchungen somit nicht. Allerdings besteht hier weiterer Forschungsbedarf, um die Heritabilitäten des Milchharnstoffgehaltes und dessen genetischen Beziehungen zu den relevanten Milchleis-

tungsparametern der nach Richtlinien des ökologischen Landbaus produzierender Betriebe zu untersuchen.

Auch die genetischen Korrelationen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den betrachteten Parametern für die konventionell produzierenden Betriebe entsprechen denen in der Literatur veröffentlichten Schätzwerte. Zu den Merkmalen Milch-, Energie korrigierte Milch-, Fett- und Eiweißmenge ergeben sich ausnahmslos schwach bis moderat positive Schätzwerte ($r_g$=0,104 bis $r_g$=0,512).

Die genetischen Korrelationen zum Fettgehalt ($r_g$=-0,100 bis $r_g$=0,218) wechseln teilweise innerhalb der drei Laktationen von schwach positiven zu schwach negativen Koeffizienten. Der Milchharnstoffgehalt und der Eiweißgehalt sind ausnahmslos schwach positiv genetisch miteinander korreliert ($r_g$=0,068 bis $r_g$=0,341).

Zum Fett-Eiweiß-Quotienten ($r_g$=-0,185 bis $r_g$=0,052) sowie zum Zellgehalt ($r_g$=-0,572 bis $r_g$=0,144) bestehen fast ausnahmslos schwach negative genetische Beziehungen. Lediglich in einzelnen Laktationsabschnitten werden schwach positive Korrelationswerte geschätzt.

Für die vorliegenden Untersuchungsergebnisse ist eine ausreichende genetische Variation des Milchharnstoffgehaltes vorhanden. Eine züchterische Bearbeitung des Milchharnstoffgehaltes scheint somit möglich, auch wenn nicht außer Acht gelassen werden darf, dass der Milchharnstoffgehalt stark von umweltbedingten Faktoren, insbesondere betriebs- und fütterungsspezifische Faktoren, beeinflusst wird. Die dargestellten Möglichkeiten zur züchterischen Bearbeitung des Milchharnstoffes könnten an Bedeutung gewinnen, wenn sich Umweltauflagen in der Milchproduktion in Bezug auf die Reduzierung der emittierten Stickstoffmenge durch den Gesetzgeber ändern. Weiterhin könnte sich der Milchharnstoffgehalt zukünftig als Hilfsmerkmal zur züchterischen Verbesserung von Fitness- und Fruchtbarkeitsparametern anbieten, da deren genetische Komponenten meist sehr gering sind. Hier besteht allerdings noch weiterer Forschungsbedarf zur Analyse der genetischen Zusammenhänge.

# 9. Summary

In an attempt to make more effective use of the data generated monthly by milk recording, the aim of this study is to investigate possible ways to use the milk urea content, which was previously not considered as a suitable animal-specific selection trait. To this end, it will examine the genetic variability of milk urea content and the phenotypical and genetic correlations with the most important milk production traits, somatic cell score, fat protein quotient and yield of milk urea. The study will also compare the results for conventional farms and for farms that follow organic farming guidelines of the breed German Holstein. The data basis for conventionally producing farms is comparatively large, consisting of 5,114,433 test day data from 287,616 cows at 485 farms and collected between October 2008 and September 2012. Organic farms provided 53,821 test day data from 4,646 cows at 5 farms, also collected between October 2008 and September 2012.

For analysis, the 1st to 3rd lactations are subdivided into eight sections in order to allow for any differentiated variabilities over the course of lactation. Milk urea content was determined using only the diacetyl monoxime method (DAM method). For quantitative genetic analysis a linear univariate model is used to estimate variances and heritability. Based on the questions specified in the introduction, the results can be summarized as follows:

The estimated heritability for urea content in milk ranges between $h^2$=0.200 and $h^2$=0.395 for the three lactations from conventional farms included in the analysis, and therefore displays weak to moderate heritability within the context of existing studies. The differences within and between lactations are low. To use milk urea content as selection trait, a separate analysis of lactation sections or individual lactations does not seem necessary.

The comparison of phenotypical correlations based on the production methods applied by the farms revealed only minor differences. This analysis therefore provides no separate analysis of milk urea content on the basis of production methods. However, there is need for further research to examine the heritability of milk urea content and its genetic correlation to the relevant milk production traits produced by organic farms.

The genetic correlations for conventional farms also correspond to the estimates published in the literature. The estimated values for milk, energy-corrected milk, fat and protein yield are without exception weak to moderately positive ($r_g$=0.104 to $r_g$=0.512).

Genetic correlations to fat content ($r_g$=-0.100 to $r_g$=0.218) change sometimes within the three lactations from slightly positive to slightly negative coefficients. Without exception,

milk urea content and protein content have a weak positive genetic correlation ($r_g$=0.068 to $r_g$=0.341).

The genetic correlations with the fat protein quotient ($r_g$=-0.185 to $r_g$=0.052) and the somatic cell score ($r_g$=-0.572 to $r_g$=0.144) are almost without exception weakly negative. Weak positive correlation values are only estimated in individual lactation sections.

There is sufficient genetic variation in milk urea content for the results of this analysis. It therefore seems possible that milk urea content can be used as a suitable animal-specific selection trait, though it remains worth noting that milk urea content is strongly dependent on environmental factors, particularly farm-specific and feed-specific factors. The described opportunities to use milk urea content for selection decisions could become more important if environmental requirements for reducing the emitted nitrogen load in milk production are passed by legislators. Furthermore, milk urea content could also become a helpful characteristic to improve fitness and fertility parameters, as their genetic components are in most cases very low. However, further research is required to research the genetic relationships.

## 10. Literaturverzeichnis

ADR (Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V.) (2001). www.adr-web.de. abgerufen am 24. 03 2014 von www.adr-web.de: http://www.adr-web.de/empfehlungen_und_richtlinien.html

ADR (Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V.) (2001). Empfehlung 1.4: Ausscheiden unwahrscheinlicher Ergebnisse bei der Feststellung der Milchmenge und Milchinhaltstoffe. abgerufen am 15. 03 2015 von www.adr-web.de: http://www.adr-web.de/richtlinien/milchleistungspruefung-und-milchqualitaetspruefung.html

ADR (Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V.) (2002). ADR-Richtlinie 1.1 für das Verfahren der Durchführung der Milchleistungs- und Qualitätsprüfung (MLP) bei Rindern. ADR-Handbuch Empfehlungen und Richtlinien, Anlage 2: Anleitung zur Leistungsberechnung bei Milchkühen

ADR (Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V.) (2006). abgerufen am 24. 03 2014 von www.adr-web.de: http://www.adr-web.de/empfehlungen_und_richtlinien.html

ADR (Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V.) (2017). Rinderproduktion in Deutschland 2016, Ausgabe 2017. Bonn: ADR

Alexander-Katz, M. (1992). Stoffwechselkontrolle von Israelischen-Holstein-Kühen während der Hochlaktation anhand der Konzentrationen von Azeton, Eiweiß, Harnstoff und Fett in der Milch. Dissertation, Universität München

Arunvipas, P., Dohoo, I., Vanleeuwen, J., & Keefe, G. (2003). The effect of non-nutrial factors on milk urea nitrogen levels in dairy cows in Prince Edward Island. Canadian Preventive Veterinary Medicine 59, 83-93

Bannink, A., & Hindle, V. (2003). Prediction of N-intake and N-excretion by dairy cows from milk data. Report 030008567. Animal Science Group Lelystad

Banos, G., Coffey, M., & Brotherstone, S. (2005). Modeling Daily Energy Balance of Dairy Cows in the First Three Lactations. Journal of Dairy Science 88, 2226–2237

Barash, H., Silanikove, N., Shamay, A., & Ezra, E. (2001). Interrelationships among ambient temperature, day length and milk yield in dairy cows under a Mediterranean climate. Journal of Dairy Science 84, 2314-2320

Bastin, C., Laloux, L., Gillon, A., Miglior, F., Soyeurt, H., Hammami, H. (2009). Modeling milk urea of Walloon dairy cows in management perspectives. Journal of Dairy Science 92, 3529-3540

Bennewitz, J. (Hg.) (2009). Die Grundlagen der genomischen Selektion. Rinderwork-shop Uelzen, 17.-18.2

Bergk, N., & Swalwe, H. (2011). Der Fett-Eiweiß-Quotient in der Frühlaktation als Indikator für den Verbleib von Erstkalbinnen in der Milchkuhherde. Züchtungskunde 83, 89-103

BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft). (2017). Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV). Bundesgesetzblatt, Teil I Nr. 32, S. 1305-1348

Bockmann, H.-C., Lang, R., Jensen, N., Junge, W. & Kalm, E. (1997). Analyse der Stickstoffbilanzen von Milchkühen. Züchtungskunde 69, 95-111

Borchardt, S. (2010). Untersuchungen zum Einsatz der NEFA und der BHB zur Stoff-wechselüberwachung von Transitkühen unter besonderer Berücksichtigung von gepoolten Serumproben. Dissertation. Freie Universität Berlin

Brade, W. (2010). Milchharnstoffgehalt, Indikator für N-Emissionen in der Milcherzeugung und künftiger Teil einer nachhaltigen Rinderzüchtung? [Online] Landwirtschafts-kammer Niedersachsen, 17. November 2010. [Zitat vom: 26. April 2011.] http://www.lwkniedersachsen.de/index.cfm/portal/1/nav/1092/article/15547.html

Brämig, J. (2004). Einfluss der Wechselkreuzung von Deutschen Holsteins und Deutschem Fleckvieh auf Milchleistung und Milchqualität in einem automatischen Melksystem. Dissertation. Ludwig-Maximilians-Universität München

Breer, D., E. Tholen & K.-H. Südekum (2006). Status-Quo-Analyse: Datenauswertung zur Fütterungssituation und zum Leistungsgeschehen von Milchkühen im Ökologischen Landbau - Weiterentwicklung von Fütterungsempfehlungen. Vol. Schlussbericht zum Projekt 05OE009. Institut für Tierwissenschaften - Abteilung Tierernährung - Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bundesprogramm Ökologischer Landbau (BÖL), Bonn

Breves, G. (2007). Züchtung und Stoffwechselstabilität beim Rind – Empfehlungen für die Zucht und Haltung. Züchtungskunde 79, 52-58

Broderick, G., & Clayton, M. (1997). A statistical evalution on animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. Journal of Dairy Science 80, 2964-2970

Buchberger, J., Hofmann, P., & Spann, B. (1989). Milchqualität in Betrieben mit hohem und niedrigem Herdendurchschnitt. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch 66, 685-691

Burgos, S., Fadel, J., & DePeters, E. (2007). Prediction of ammonia emission from dairy cattle manure based on milk urea nitrogen. Journal of Dairy Science 90, 5499-5508

Butler, W., Calaman, J. & Beam, S. (1996). Plasma and Milk Urea Nitrogen in Relation to Pregnancy Rate in Lactating Dairy Cattle. Journal of Animal Science 74, 858-865

Buttchereit , N., Stamer, E., Junge, W. & Thaller, G. (2010). Relationship Of Energy Balance And Fat Protein Ratio Of Milk To Disease Liability In Dairy Cattle. Proceedings of the 9th WCGALP. Leipzig

Buttchereit, N., Stamer, E., Junge, W. & Thaller, G. (2012). Fett:Eiweiß-Verhältnis der Milch – ein Energiebilanzparameter für die Zucht auf gesündere Milchkühe?. Züchtungskunde 84, 74-89

Calus, M. P. L. (2010). Genomic breeding value prediction: methods and procedures. Animal 4, 157-164

Carlsson, J., & Bergström, J. (1994). The diurnal variation of urea in cow's milk and how milk fat content, storage and preservation affects analysis by flow injection technique. Acta Veterinaria Scandinavica 35, 67-77

Carlsson, J., Bergström, J. & Pehrson, B. (1995). Variations with breed, age, season, yield, stage of lactation and herd in the concentration of urea in bulk milk and in individual cow's milk. Acta Veterinaria Scandinavica 36, 245-254

De Kruif, A., Mansfeld, R. & Hoedemaker, M. (1998). Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag

De Kruif, A., Mansfeld, R. & Hoedemaker, M. (2007). Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag in MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH & Co

de Vries, M. & Veerkamp, R. (2000). Energy Balance of Dairy Cattle in Relation to Milk Production Variables and Fertility. Journal of Dairy Science, 62-69

DHV (Deutscher Holstein Verband e.V.). abgerufen am 24.07.2015 von http://www.holstein-dhv.de/seiteninhalte/ zuchtwertschaetzung.html

Diebold, G., H. Steingaß & Drochner, W. (1999). Beurteilung marginaler Proteinversorgung von Milchkühen anhand verschiedener Bewertungssysteme. Proceedings of the Society of Nutrition Physiology 8, 40

DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung (2008). Abschätzung der Stickstoffausscheidung bei der Milchkuh auf Basis von Milchharnstoffgehalt und Milchleistung. Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere. www.futtermittel.net

DLQ (Deutscher Verband für Leistungs- und Qualitätsprüfungen e.V.). www.dlq-web.de. abgerufen am 13. Februar 2013 von http://www.dlq-web.de/milchinhaltsstoffe_1.html

DVG (Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e.V.) (2012). Leitlinien Bekämpfung der Mastitis des Rindes als Bestandsproblem. Giessen: Verlag der DVG Service GmbH

Duda, I., & Spann, B. (1991). Harnstoffuntersuchung: Fütterungsfehler erkennen. Tierzüchter 43, 286-288

Egger-Danner, C. (2012). Zuchtprogramme und genomische Selektion: Fokus Tiergesundheit. 3-Länder-/ZAR-Seminar, (S. 34-42). Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter. Wien

Eicher, R., Bouchrad, E. & Bigras-Poulin, M. (1999). Factors effecting milk urea nitrogen and protein concentration in Quebec dairy cows. Preventive Veterinary Medicine 39, 53-63

Emanuelson, M., Ahlin, K. & Wiktorsson, H. (1993). Long-term feeding of rapeseed meal and full-fat rapeseed of double low cultivars to dairy cow. Livestock Production Science, 199-214

Engel, M. (2007). Statistische Analyse der Beziehungen zwischen Milchharnstoffgehalt und Fruchtbarkeitsmerkmalen bei Milchrindern. Diplomarbeit. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Falbe, J. & Regitz, M. (1993). Römpp-Chemie-Lexikon, Band 9. Stuttgart: Georg Thieme Verlag

Farries, E. (1983). Die Milchzusammensetzung als Hinweis auf Stoffwechselbelastungen und Fortpflanzungsstörungen. Welt der Milch 37, 1207-1213

Feuker, W. (2003). Fruchtbarkeit/Controlling Bewertung von Kennziffern der Besamung, Fruchtbarkeit und Reproduktion beim Rind. abgerufen am 03. 06 2013 von portal-rind: http://www.portal-rind.de/portal/

Flachkowsky, G. & Lebzien, P. (2007). Lebensmittel liefernde Tiere und Treibhausgase - Möglichkeiten der Tierernährung zur Emissionsminderung. Übersicht Tierernährung 35, 191-231

Fölsche, C. (2012). Milchleistung als ein Faktor der Tiergesundheit und Fruchtbarkeit. Dissertation. Freien Universität Berlin

Fürll, M. (2005). Stoffwechsel- und Mangelkrankheiten. In: Hofmann W. (Hrsg.) Rinderkrankheiten. Innere und chirurgische Erkrankungen des Rindes. (Bd. 2.). Stuttgart: Eugen Ulmer

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie e.V.) (2001). Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere Nr. 8. Frankfurt am Main: DLG-Verlag

Giger, R., Faissler, D., Busato, A., Blum, J. & Kupfer, U. (1997). Blood parameters during early lactation and their relationship to ovarian function in dairy cows. Reproduction in Domestic Animals 32, 313-319

Godden, S., Lissemore, K., Kelton, D., Leslie, K., Walton, J. & Lumsden, J. (1984). Factors associated with milk urea concentration in Ontario dairy cows. Journal of Dairy Science 84, 107-114

Godden, S., Lissemore, K., Kelton, D., Lumsden, J., Leslie, K. & Walton, J. (2000). Analytical validation of an infrared milk urea assay and effects of sample acquisition factors on milk urea results. Journal of Dairy Science 83, 435-442

Godden, S., Lissemore, K., Kelton, D., Leslie, K., Walton, J. & Lumsden, J. (2001). Relationships between milk urea concentration and nutritional management, production and economic variables in Ontario dairy herds. Journal of Dairy Science 84, 1128-1139

Gourley, C., Aarons, S. & Powell, J. (2012). Nitrogen use efficiency and manure management practises in contrasting dairy production systems. Agriculture, Ecosystems and Enviroment 147, 73-81

Grabowski, N. Th. (2000). Körpergewichtsentwicklung, Milchinhaltsstoffe und Milchmengenleistung als Kriterien zur laktationsbegleitenden Beurteilung des Gesundheitszustandes hochleistender DSB Kühe in Laufstallhaltung. Dissertation der Tiermedizin, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

Groeneveld, E., Kovač, M. & Mielenz, N. (2008). VCE User's Guide and Reference Manu-

al Version 6.0. abgerufen am 11.10.2013 von ftp://ftp.tcv.fal.de/pub/vce6/doc/vce6-manual-3.1- A4.pdf

Gustafsson, A. & Carlson, J. (1993). Effects of silage quality, protein evaluation system and milk urea conent on milk yield and reproduction in dairy cows . Livestock Production Science 37, 91-105

Gutjahr, S., Schulz, S., Muniem, A. & Beck, K. (1997). Zur Beeinflussung des Hamstoffgehaltes in Rindermilchproben durch den Gesundheitszustand des Euters. Praktischer Tierarzt 78, 573-580

Härle, C. (2010). Ökonomische Analyse des Betriebszweiges Milchproduktion unter besonderer Berücksichtigung der Tiergesundheit. Dissertation. Universität Kassel

Hamann J. (1999). Elektrische Leitfähigkeit als Mastitisindikator. In: Tagung des Arbeitskreises „Eutergesundheit“ über Trends in der Milchproduktion – Wandel in der Mastitisbekämpfung. Deutsche-Veterinärmedizinische-Gesellschaft, Hannover. 67-75

Hinrichs, D., Bennewitz, J., Tetens, J. & Thaller, G. (2008). Simulationen über die Konsequenzen der genomischen Selektion in einem Rinderzuchtprogramm. Züchtungskunde 80, 443–451

Hof, G., Vervoorn, M., Lenaers, P. & Tamminga, S. (1997). Milk urea nitrogen as a tool to monitor the protein nutrition of dairy cows. Journal of Dairy Science, 3333-3340

Hoffmann, M. (2012). Sächsischer Futtertag. Die praktische Anwendung der Proteinbewertung für Wiederkäuer in der Rationsgestaltung für Milchrinder. Groitzsch, Sachsen. persönliche Mitteilung

Hoffmann, V. & Steinhöfel, O. (1990). Possibilities and limitations for appraisal of enegy and protein supply through monitoring of milk urea level. Monatshefte für Veterinärmedizin 45, 223-227

Hojmann, D., Kroll, O., Adin, G., Gips, M., Hanochi, B. & Ezra, E. (2004). Relationships Between Milk Urea and Production, Nutrition, and Fertility Traits in Israeli Dairy Herds. Journal of Dairy Science 87, 1001-1011

Huhtanen, P., Nousiainen, J., Rinne, M., Kytölä, H. & Khalili, H. (2008). Utilization and partition of dietary nitrogen in dairy cows fed grass silage-based diet. Journal of Dairy Science 91, 3589-3599

Hüttmann, H. (2007). Analyse der Futteraufnahme und der Ernergiebilanzmerkmale bei hochleistenden, erstlaktierenden Milchkühen. Dissertaion. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Jilg, T., Steingaß, H. & Diebold, G. (1999). Eiweißfütterung - Vorhalten ja oder nein? Landinfo 2, 32-36

Johnson, R. & Young, A. (2003). The association between milk urea nitrogen and DHI production variables in western commercial dairy herds. Journal of Dairy Science 86, 3008-3015

Jonker , J., Kohn, R. & Erdmann, R. (1998). Using milk urea nitrogen to predict excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 81, 2681-2692

Jonker, J., Kohn, R. & High, J. (1999). Milk urea nitrogen target concentrations for lactating dairy cows fed according to National Research Council recommendations. Journal of Dairy Science 82, 1261-1273

Kauffmann, A. & St.-Pierre, N. (2001). The relationship of milk urea nitrogen to urin nitrogen excretion in Holstein and Jersey cows. Journal of Dairy Science 84, 2284-2294

Kaufmann, W. (1982). Variationen in der Zusammensetzung des Rohstoffes Milch unter besonderer Berücksichtigung des Harnstoffgehalts. Milchwissenschaft 37, 6-9

Kebreab, E., France, J., Beever, D. & Castillo, A. (2001). Nitrogen pollution by dairy cows and its mitigation by dietary manipulation. Nutrient Cycling in Agroecosystems 60, 275-285

Kgole, M. (2013). Factors affecting milk urea nitrogen and its relationships with production traits in South African Holstein cattle. Dissertation. University of Pretoria

Kielwein, G. (1994). Leitfaden der Milchkunde und Milchhygiene (3. neu bearbearbeitete Auflage). Berlin: Blackwell-Wissenschaftlicher Verlag

Kirchgessner, M., Müller, H.L. & Röhrmoser, G. (1984). Nährstoffverdaulichkeit und Stickstoffverwertung laktierender Kühe bei Unterversorgung an Protein und anschließender Realimentation. Archiv für Tierernährung 34, 519-530

Kirchgessner, M., Roth-Maier, D.-A. & Röhrmoser, G. (1985). Harnstoffgehalte in Milch von Kühen mit Energie- bzw. Proteinmangel und anschließender Realimentation. Zeitschrift für Tierphysiologie Tierernährung und Futtermittelkunde 53, 264-270

Kirchgessner, M., Kreuzer, M. & Roth-Maier, D. (1986). Milk urea and protein content to diagnose energy and protein nutrition of dairy cows. Archiv Tierernährung 36, 192-197

Kirchgessner, M., Paulicks, B. & Schwarz, F. (1988). Veränderungen im Harnstoffgehalt der Kuhmilch bei unzureichender und überhöhter Proteinversorgung. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 59, 79-84

Kirchgessner, M. (2008). Tierernährung. Frankfurt am Main: DLG-Verlags-GmbH

Köhler, W., Schachtel, G. & Voleske, P. (2002). Charakteristische Maßzahlen monovariabler Verteilungen. In: Biostatistik (29-44). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag

Kolbe, H., Rikabi, F. & Grauwinkel, U. (2003). Stickstoffgehalte pflanzlicher Produkte aus dem ökologischen Landbau SÖL-Berater-Rundbrief. 2/2003, 25-27

Kolbe, D. (2012). Messung von Harnstoff in Milchproben. RBB GmbH. Groß-Kreutz. Blickpunkt Rind 2012/4, 50-51

Kolbe, D. (2013). Informationen zur Harnstoffanalytik, persönliche Mitteilung. LKV Brandenburg e.V.

König, S., Chang, Y., v. Borstel, U., Gianola, D. & Simianer, H. (2008). Genetic and phenotypic relationships among milk urea nitrogen, fertility and milk yield in Holstein cows. Journal of Dairy Science 91, 4372-4382

Korhonen, M., Vanhatalo, A.& Huhtanen, P. (2002). Effect of protein source on amino acid supply, milk production and metabolism of plasma nutrients in dairy cows fed grass silage. Journal of Dairy Science 85, 3336-3351

Larson, S., Butler, W. & Currie, W. (1997). Reduced Fertility Associated with Low Progesterone Postbreeding and Increased Milk Urea Nitrogen in Lactating Cows. Journal of Dairy Science 80, 1288-1295

Lee, J.-Y. & Kim, I.-H. (2006). Advancing parity is associated with high milk production at the cost of body condition and increased perparturient disorders in dairy herds. Journal of Veterinary Science 7, 161-166

Leisen, E. & Heimberg, P. (2003). Milchleistung, Tiergesundheit und Fruchtbarkeit, Protein- und Energieversorgung auf Öko-Betrieben in Nordwestdeutschland. 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau - Ökologischer Landbau der Zukunft, Wien, 629-630

Lepzien, P., Riemeier, A. & Flachowsky, G. (2006). Investigations on the effect of the rumi nal N-balance on rumen metabolism, urea content in blood serum and milk as well as some liver parameters of lactating cows. Archives of Animal Nutrition 60, 99-109

LKV (Landeskontrollverband Brandenburg e.V.) (2010). Jahresbericht. Waldsieversdorf

LKV (Landeskontrollverband Brandenburg e.V.) (2011). Jahresbericht. Waldsieversdorf

LKV (Landeskontrollverband Brandenburg e.V.) (2012). Jahresbericht. Waldsieversdorf

Lüpping, W. (2006). Einzelbetriebliche Perspektiven – Norddeutschland. Tagungsbericht 4. Rinder-Workshop, Uelzen, 23-28

Mahlkow-Nerge, K., (2003). Analyse zur Fütterung von Milchkuhherden in ökologisch produzierenden Betrieben. In: Mitteilungen der Landwirtschaftskammer - Rinderreport 2002. Betriebswirtschaftliche Mitteilungen, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein 568, 32-51

Mansfeld, R., de Kruif, A., Hoedemaker, M. & Heuwieser, W. (1999). Fruchtbarkeitsüberwachung auf Herdenbasis. In: Grunert, E. & de Kruif, A. Fertilitätsstörung beim weiblichen Rind (337-350). Berlin: Parey Verlag

Melendez, P., Donovan, A. & Hernandes, J. (2000). Milk Urea Nitrogen and Infertility in Florida Holstein Cows. Journal of Dairy Science 83, 459-463

Michailowskaja, A., Mielenz, N., Schüler, L., Bergfeld, U. & Müller, U. (2001). Schätzung genetischer Parameter an einem Datenmaterial der Sächsischen Rinderpopulation. Archiv Tierzucht, Dummerstorf 44 (2001) 6, 589-597

Miglior, F., Sewalem, A., Jamrozik, J., Bohmanova, J., Lefebvre, D. & Moore, R. (2007). Genetic Analysis of Milk Urea and Lactose and Their Relationships with Other Produktion Traits in Canadian Holstein Cattle. Journal Dairy Science 90, 2468-2479

MIV (Milchindustrieverband e.V.) (2017). Milch und mehr – die deutsche Milchwirtschaft auf einen Blick. abgerufen am 18.01.2013 von http://www.milchindustrie.de

Mitchel, R., Rogers, G., Dechow, C., Vaillimont, J., Cooper, J. & Sander-Nielsen, U. (2005). Milk Urea Nitrogen Concentration: Heritability and Genetic Correlations with Reproductive Performance and Disease. Journal of Dairy Science 88, 4434-4440

MLUL (Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft Brandenburg) (2015). Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Förderung von Maßnahmen zur Verbesserung von Gesundheit und Robustheit landwirtschaftlicher Nutztiere. Anlage 1

Mohrenstecher-Strie, J. (1989). Milchharnstoffuntersuchungen bei frisch laktierenden Kühen zur Beurteilung der Energie- und Proteinversorgung unter Berücksichtigung des Einsatzes in einem Herdenkontrollprogramm. Dissertation. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Mucha, S. & Strandberg, E. (2011). Genetic analysis of milk urea nitrogen and relationships with yield and fertility across lactation. Journal of Dairy Science 94, 5665-5672

Müller, U. & Sauerwein, H. (2005). Gegenüberstellung der Milchqualität und des Gesundheitsstatus von Milchkühen von ökologisch bewirtschafteten Betrieben im Vergleich zu konventionell wirtschaftenden Betrieben im Rheinland. Vol. Nr. 134. Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL - Abschlussbericht Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Ng-Kwai-Hang, K., Hayes, J., Moxley, J. & Mornades, H. (1985). Percentages of protein nonprotein nitrogen with varying fat and somatic cells in bovine milk. Journal of Dairy Science 68, 1257-1262

Peterson, A., French, K., Russek-Cohen, E. & Kohn, R. (2004). Comparison of Analytical Methods and the Influence of Milk Components on Milk Urea Nitrogen Recovery. Journal of Dairy Science 87, 1747-1750

Piatkowski, B., Voigt, J. & Grischewski, H. (1981). Einfluss des Rohproteinniveaus auf die Fruchtbarkeit und den Harnstoffgehalt in Körperflüssigkeiten bei Hochleistungskühen. Archiv Tierernährung 31, 497-504

Pieper, L. (2010). Einfluss von Fütterung und Genetik auf die Tiergesundheit und klinische Laborparameter in einem ökologisch wirtschaftenden Milchviehbetrieb. Dissertation. Freie Universität zu Berlin

Powell, J., Wattiaux, M. & Broderick, G. (2011). Evaluation of milk urea nitrogen as a management tool to reduce ammonia emissions from dairy farms. Journal of Dairy Science 94, 4690-4694

Püschner, A. & Simon, O. (1988). Grundlagen der Tierernährung. Jena: Gustav Fischer Verlag

Raggio, G., Lobley, G.E, Berthiaume, R., Pellerin, D., Allard, G., Dubreuil, P. & Lapierre, H. (2007). Effect of protein supply on hepatic synthesis of plasma and constitutive proteins in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 90, 352-359

Rajala-Schultz, P. & Saville, W. (2003). Sources of variation in milk urea nitrogen in ohio dairy herds. Journal of Dairy Science 86, 1653-1661

Rajala-Schultz, P., Sville, W., Frazer, G. & Wittum, T. (2001). Association Between Milk Urea Nitrogen and Fertility in Ohio Dairy Cows. Journal of Dairy Science 84, 482-489

Rasch, D., Bock, J., Dörfel, H., Herrendörfer, G., Thomas, E. & Willer, H. (1983). Biometrie - Einführung in die Biostatistik (1. Ausg.). Berlin: Deutscher Landwirtschaftsverlag

Refsdal, A., Beavre, L. & Bruflot, R. (1985). Urea in bulk milk as compared to the herd mean of urea in blood. Acta Veterinaria Scandinavica 26, 153-163

Reinhardt, F., Liu, Z., Seefried, F., Rensing, S. & Reents, R. (2011). Genomische Selektion: Stand der Implementierung bei Deutschen Holstein. Züchtungskunde 83, 28-256

Rensing, S., Jaitner, J. & Brade, W. (2005). Erste Ergebnisse zu Beziehungen zwischen Milchharnstoffgehalt und Besamungserfolg. Vortragstagung der DGfZ und GfT. Heft 42. Berlin

Richardt, W., Jeroch, H. & Spilke, J. (2001a). Fütterungs- und nicht fütterungsbedingte Einflüsse auf den Milchharnstoffgehalt von Milchkühen, 1. Mitteilung: Fütterungsbedingte Einflussfaktoren auf den Milchharnstoffgehalt von Milchkühen. Archiv Tierzucht. Dummerstorf 44, 251-262

Richardt, W., Jeroch, H. & Spilke, J. (2001b). Fütterungs- und nicht fütterungsbedingte Einflüsse auf den Milchharnstoffgehalt von Milchkühen, 2. Mitteilung: Nicht fütterungsbedingte Einflussfaktoren auf den Milchharnstoffgehalt von Milchkühen. Archiv Tierzucht. Dummerstorf 44, 505-519

Richardt, W., Jeroch, H. & Spilke, J. (2002). Fütterungs- und nicht fütterungsbedingte Einflüsse auf den Milchharnstoffgehalt von Milchkühen 3. Mitteilung: Vorschlag für ein dynamisches Modell zur Einschätzung der Rohproteinversorgung an Hand des Milchharnstoffgehaltes. Archiv für Tierzucht. Dummerstorf 45, 151-157

Richardt, W. (2004). Milchinhaltsstoffe als Indikatoren für die Fütterung und Gesundheit von Milchkühen. Fachtagung Deutsche Vilomix 8

Rodriguez, L., Stallings, C., Herbein, J. & Gilliard, M. (1997). Diurnal variation in milk and plasma urea nitrogen in Holstein and Jersey cows in response to degradable dietary protein and added fat. Journal of Dairy Science 80, 3368-3376

Roever, G. (1983). Untersuchungen über die Zusammenhänge zwischen Stoffwechselbelastungen und Fruchtbarkeit am Schwarzbunten Rind. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität Kiel

Roffeis, M. (2013). Hohe Milchleistung und gesunde Euter - Ergebnisse aus den RBB-Testherden. RBB GmbH. Groß-Kreutz. Blickpunkt Rind 3/2013, 18-20

Rossow N., Bolduan, G. & Staufenbiel, R. (1994). Kapitel 1: Störungen der Energiezufuhr in: Stoffwechselstörungen bei Haustieren, Herausgeber: Rossow und Bolduan, Gustav Fischer Verlag, 13-36

Rossow, N. & Richardt, W. (2003). Nutzung der Ergebnisse der Milchleistungsprüfung für die Fütterungs- und Stoffwechselkontrolle. abgerufen am 15.10.2012 von hppt://www.portal-rind.de/portal/

Sanftleben, P., Rudolphi, B. & Harms, J., (2005). Milcherzeugung im ökologischen Landbau in Mecklenburg- Vorpommern. FO-Nummer: 23/03. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg- Vorpommern. Institut für Tierproduktion Dummerstorf. von http://www.landwirtschaft-mv.de/content/lfa/oeko/tier/milcherzeugung_oekologischer_lb.pdf

Schepers, A. & Meijer, R. (1998). Evalutation of the utilization of dietary nitrogen by dairy cows based on urea concentration in milk. Journal of Dairy Science 81, 579-584

Schönmuth, G., Flade, D. & Seeland, G. (1986). Genetische und phylogenetische Grundlagen. Berlin: Deutscher Landwirtschaftsverlag

Schulz, G. & Sieck, G. (1996). Untersuchungen zur Höhe des Milchharnstoffgehaltes und seine Beeinflussung durch verschiedene Leistungsparameter. Rinderreport '96, Betriebswirtschaftliche Mitteilungen der Landwirtschaftskammer Schleswig Holstein, 62-74

Schwarzenbacher, H. (2012). Genomische Selektion 2.0: Von SNPs zur DNA-Sequenz. In: Z. A. Rinderzüchter (Hrsg.), 3-Länder-/ZAR-Seminar, 27-33

Schwerdt, M. (2015). Untersuchungen zur Assoziation von SNPs in Kandidatengenen auf SSC13 mit QTL für Actinobacillus pleuropneumoniae-Resistenz beim Schwein. Dissertation. Justus-Liebig-Universität Giessen

Seeland, G. & Henze, C. (2003). Beziehungen zwischen Milchleistung und Fruchtbarkeit in einer Schwarzbuntpopulation nach intensiver Steigerung der Milchleistung. Archives Animal Breeding 46, 103-112

Seggewiß, S. (2004). Überprüfung der Bedeutung von Milchinhaltsstoffen für die Beurteilung der Energie-, Protein- und Strukturversorgung von HF-Kühen. Dissertation. Tierärztliche Hochschule Hannover

Siebert, F. & Pallauf, J. (2010). Analyse von Ergebnissen der Milchleistungsprüfung in Hessen im Hinblick auf ein Ketoserisiko. Züchtungskunde 81, 112-122

Simianer H., Augsten, F.; Bapst, B.; Franke, E.; Maschka, R.; Reinhardt, F.; Schmidtko, J. & Stricker, C. (2007). Ökologische Milchviehzucht: Entwicklung und Bewertung züchterischer Ansätze unter Berücksichtigung der Genotyp x Umwelt-Interaktion und Schaffung eines Informationssystems für nachhaltige Zuchtstrategien, Abschlussbericht im Rahmen der Richtlinie zur Durchführung des „Programms des BMELV zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie von Maßnahmen zum Technologie- und Wissenstransfer im ökologischen Landbau“, Georg-August-Universität Göttingen

Spann, B. (2007). Futterqualität, Milchleistung und Tiergesundheit nach der Umstellung von konventioneller zur ökologischen Milchproduktion im Grünlandgebiet, Umstellung zur ökologischen Milchviehhaltung - Auswirkungen auf Pflanzenbestand, Bodenqualität, Futterkonservierung, Fütterung, Leistungsentwicklung, Tiergesundheit, Tierhaltung und Wirtschaftlichkeit, Grub, 9-22

Spann, B. ,Diepolder, M., Schmidtlein, E.V., Tutsch, S., Hermüheim, A. & Sprengel, D. (2007). Umstellung zur ökologischen Milchviehhaltung - Vergleich verschiedener Leistungsparameter. Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern. Öko-Landbau-Tag 2007, Tagungsband - Schriftenreihe der LfL 3, Bayern: 65-77

Spiekers, H. (2005). Fütterung besser kontrollieren. DLG Mitteilungen, Futtermittel-Magazin, 8-11

Spiekers, H., Nußbaum, H. & Potthast, V. (2009). Erfolgreiche Milchviehfütterung. Frankfurt am Main: DLG-Verlags-GmbH

Spohr, M. & Wiesner, H.-U. (1991). Kontrolle der Herdengesundheit und Milchproduktion mit Hilfe der erweiterten Milchleistungsprüfung. Milchpraxis 29, 231-236

Stamer, E., Brade, W., Junge, W. & Thaller, G. (2009). Modellentwicklung und Schätzung genetischer Parameter für der Harnstoffgehalt in der Milch erstlaktierender Holstein-Kühe. Züchtungskunde 81, 361-374

Stamer, E., Brade, W., Junge, W. & Thaller, G. (2010). Erste Ergebnisse einer Zuchtwertschätzung für Milchharnstoff bei erstlaktierenden Holstein-Kühen und mögliche Selektionsalternativen (Kurzmitteilung). Züchtungskunde 82, 123-130

Stamer, E., Brade, W. & Thaller, G. (2011). Modellentwicklung und Schätzung genetischer Parameter für den Harnstoffgehalt in der Milch erst- und zweitlaktierender Holstein-Kühe. Züchtungskunde 83, 104-117

Steinwidder, A. & Gruber, L. (2000). Fütterungs- und tierbedingte Einflussfaktoren auf den Harnstoffgehalt der Milch von Kühen. Die Bodenkultur 51, 49-57

Steinwidder, A., Schweigel, P., Gruber, L., Lettner, F. & Schmid, W. (1998). Einfluß des Fütterungszeitpunktes sowie der Protein- und Energieversorgung auf den Milchharnstoffgehalt. Agrarbiological Research 51, 341-355

Stertenbrink, W. (2009). Dislocatio abomasi bei Schwarzbunten Kühen: Untersuchungen während der Trockenstehperiode sowie bis 14 Tage post partum. Dissertation. Universität Leipzig

Stoop, W., Bovenhuis, H. & van Arendonk, J. (2007). Genetic Parameters for Milk Urea Nitrogen in Relation to Milk Production Traits. Journal of Dairy Science 90, 1981–1986

Strang, B. D., Bertics, S. J., Grummer, R. R. & Armentano, E. (1998). Effect of long-

chain fatty acids on triglyceride accumulation, gluconeogenesis and ureagenesis in bovine hepatocytes. Journal of Dairy Science 81, 728-739

Swalve, H. (2013). Züchterische Möglichkeiten zur Verbesserung von Lebensleistung und Nutzungsdauer. Testherdentagung des RBB. RBB GmbH. Groß-Kreutz. Blickpunkt Rind 3/2013, 18-20

Tischer, M. (2005). Bewertung der Fruchtbarkeit. In: K. M. Mahlkow-Nerge, Modernes Fruchtbarkeitsmanagement beim Rind. Bonn: AgroConceptGmbH, 80-83

Van Duinkerken, G., Smits, M., Sebek, L. & Dijkstra, J. (2011). Milk nitrogen as an indicator of ammonia emission from dairy cow barn under restricted grazing. Journal of Dairy Science 94, 321-335

Wattiaux, M., Nordheim, E. & Crump, P. (2005). Statistical evaluation of factors and interactions affecting dairy herd improvement milk urea nitrogen in commercial midwest dairy herds. Journal of Dairy Science 88, 3020-3035

Wenninger, A. & Distl, O. (1993). Analysis of environmental and genetic influence on urea and acetone content of milk from German Simmental and German Brown. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 100, 405-410

Wiczek, C. & Merl, K. (2012). Praxis-Leitfaden Tiermedizin (7. Auflage). Stuttgart: Schattauer

Wolfschoon-Pombo, A. (1981). Untersuchungen über die Menge und Zusammensetzung der sogenannten NPN in Milch. Dissertation, Technische Universität-München

Wood, G., Boettcher, P., Jamrozik, J., Jansen, G. & Kelton, D. (2003). Estimation of Genetic Parameters for Concentrations of Milk Urea Nitrogen. Journal of Dairy Science 86, 2462-2469

Zepperitz H. (1992). Untersuchungen zur Diagnostik, Prophylaxe und Therapie der Gebärparese des Rindes unter besonderer Berücksichtigung des Verhaltens des ionisierten Kalziums im Blut und des Einsatzes von Vitamin D3 und 25- bzw. 1α-Hydroxycholecalciferol. Habilitationsschrift medicinae veterinariae. Leipzig: Universität Leipzig

# 11. Anhang

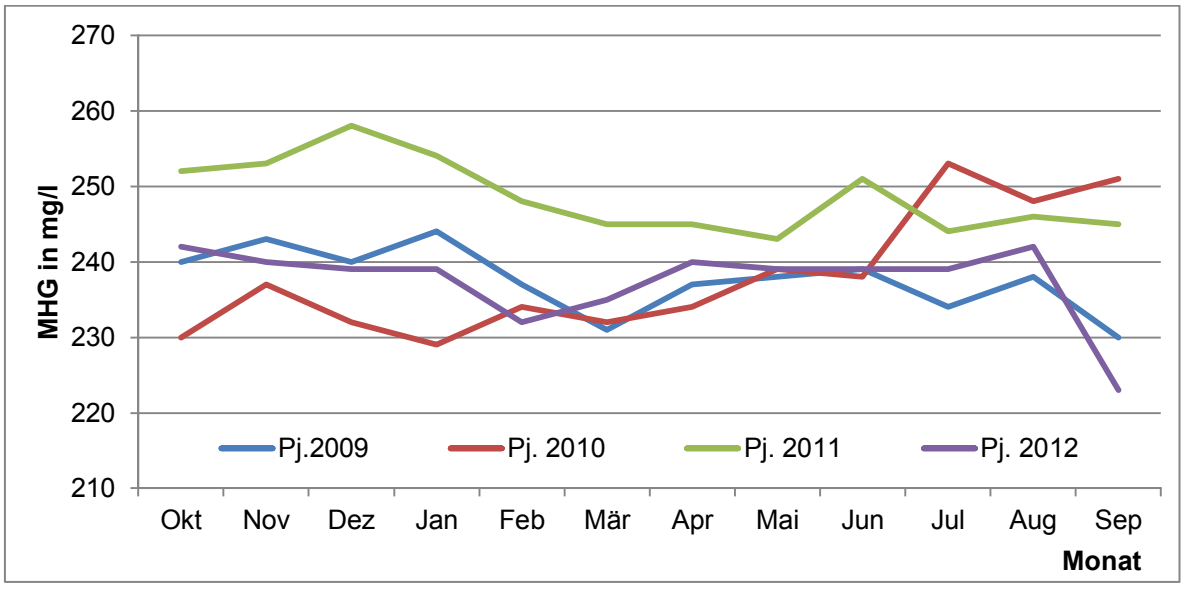


Abbildung 14: Harnstoffgehalt der Milch (MHG) im Jahresverlauf von Prüfjahr 2008/2009 bis Prüfjahr 2011/2012 (konventionell produzierende Betriebe)

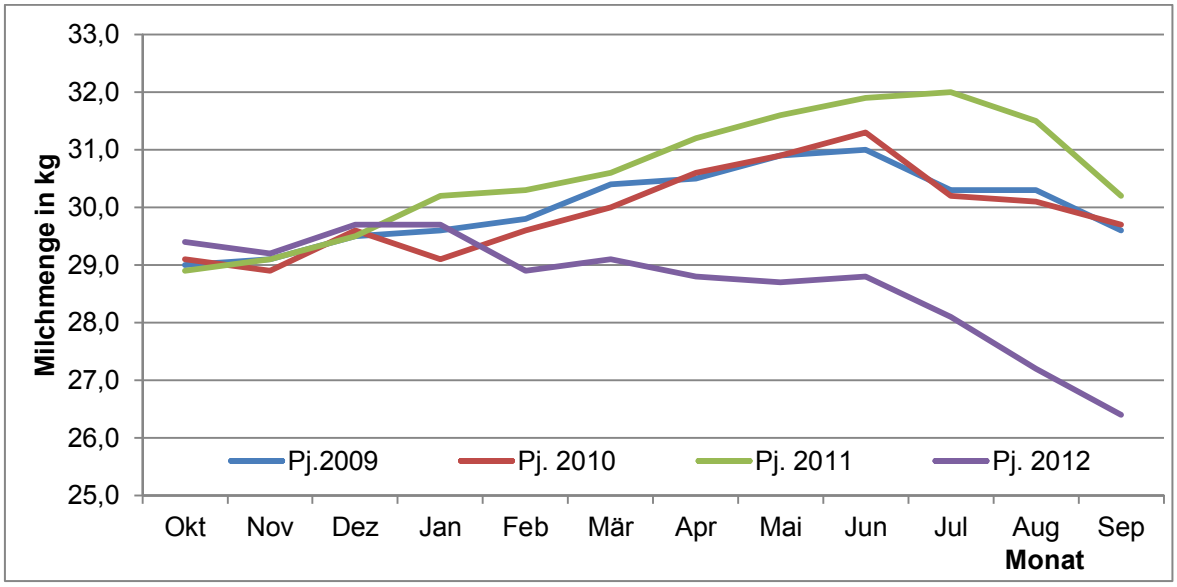


Abbildung 15: Milchmenge im Jahresverlauf von Prüfjahr 2008/2009 bis Prüfjahr 2011/2012 (konventionell produzierende Betriebe)

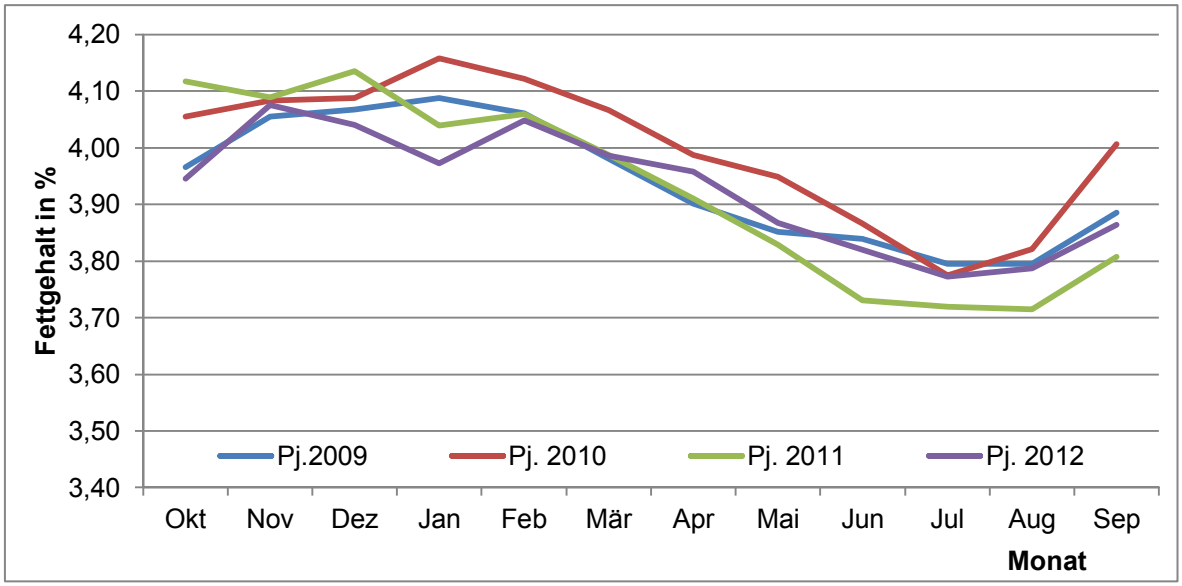


Abbildung 16: Fettgehalt im Jahresverlauf von Prüfjahr 2008/2009 bis Prüfjahr 2011/2012 (konventionell produzierende Betriebe)

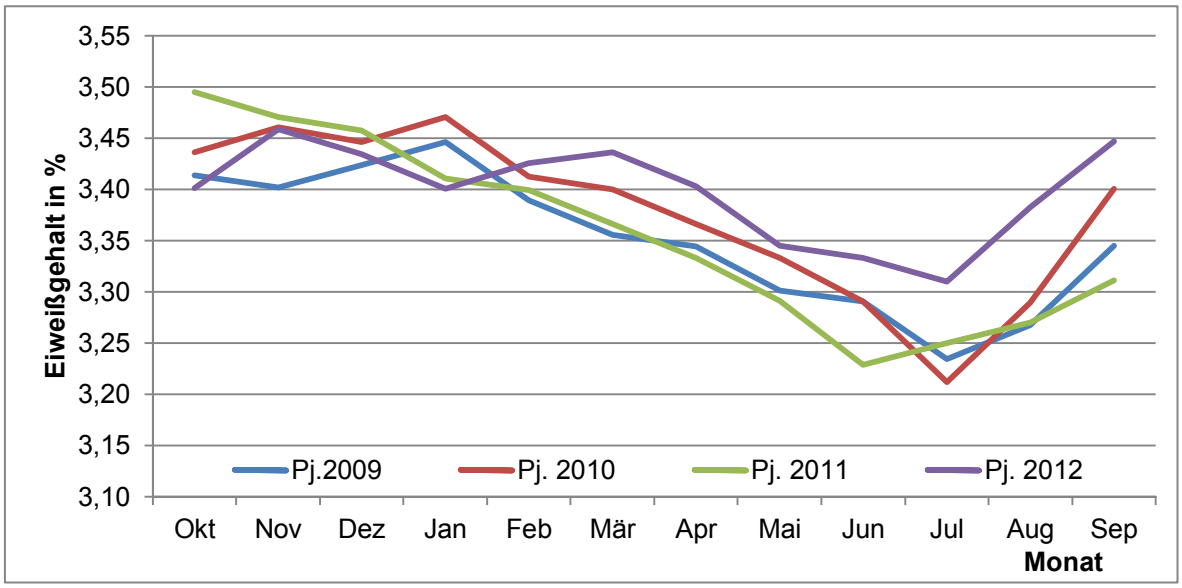


Abbildung 17: Eiweißgehalt im Jahresverlauf von Prüfjahr 2008/2009 bis Prüfjahr 2011/2012 (konventionell produzierende Betriebe)

Tabelle 28: Mittelwerte ($\overline{x}$) und Standardabweichungen (s) der Milchleistungsmerkmale der Kühe am Prüftag (n=1.081.735 Datensätze) der ersten bis dritten Laktation (konventionell produzierende Betriebe)

| **Merkmal** | **1.-3. Laktation** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $\overline{x}$ | s | Min. | Max. |
| Milchmenge (kg) | 29,9 | 8,6 | 4,0 | 65,0 |
| Energiekorrigierte Milch (kg) | 29,7 | 7,6 | 3,3 | 74,8 |
| Fettgehalt (%) | 3,95 | 0,76 | 1,60 | 9,88 |
| Fettmenge (kg) | 1,18 | 0,32 | 0,09 | 3,93 |
| Eiweißgehalt (%) | 3,35 | 0,36 | 2,10 | 7,76 |
| Eiweißmenge (kg) | 1,00 | 0,25 | 0,10 | 2,46 |
| Laktosegehalt (%) | 4,80 | 0,19 | 0,35 | 6,10 |
| Fett-Eiweiß-Quotient | 1,18 | 0,20 | 0,37 | 3,20 |
| log. Zellgehalt (SCS) | 3,40 | 1,68 | 1,0 | 10 |
| Harnstoffgehalt (mg/l) | 240,6 | 63,5 | 1,0 | 999,0 |
| Harnstoffmenge (g) | 7,28 | 3,07 | 0,02 | 38,46 |

Tabelle 29: Mittelwerte ($\overline{x}$) und Standardabweichungen (s) der Milchleistungsmerkmale der Kühe am Prüftag (n=30.964 Datensätze) der ersten bis dritten Laktation (nach ökologischen Richtlinien produzierende Betriebe)

| **Merkmal** | **1.-3. Laktation** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $\overline{x}$ | s | Min. | Max. |
| Milchmenge (kg) | 25,1 | 8,2 | 2,0 | 60,8 |
| Energiekorrigierte Milch (kg) | 24,8 | 7,4 | 2,1 | 62,1 |
| Fettgehalt (%) | 3,98 | 0,71 | 1,60 | 9,72 |
| Fettmenge (kg) | 1,00 | 0,31 | 0,06 | 3,09 |
| Eiweißgehalt (%) | 3,23 | 0,38 | 2,15 | 6,65 |
| Eiweißmenge (kg) | 0,81 | 0,23 | 0,08 | 1,80 |
| Laktosegehalt (%) | 4,76 | 0,21 | 1,22 | 5,48 |
| Fett-Eiweiß-Quotient | 1,23 | 0,18 | 0,37 | 2,69 |
| log. Zellgehalt (SCS) | 3,99 | 1,72 | 1,0 | 10,0 |
| Harnstoffgehalt (mg/l) | 209,2 | 64,6 | 8,0 | 999,0 |
| Harnstoffmenge (g) | 5,27 | 2,43 | 0,19 | 21,4 |

Tabelle 30: Mittelwerte und Standardabweichungen der täglichen Milchleistungsmerkmale, der Fett-Eiweiß-Quotienten und den Milchharnstoffgehalt für Kühe der ersten Laktation in acht Laktationstageklassen (konventionell produzierende Betriebe)

| Laktations-tageklasse | Kühe | Milch-kg | | Fett- % | | Fett- kg | | Eiweiß- % | | Eiweiß- kg | | FEQ | | MHG mg/l | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | n | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s |
| 5.-45. Tag | 68.798 | 29,2 | 6,4 | 4,14 | 0,81 | 1,21 | 0,29 | 3,15 | 0,31 | 0,92 | 0,18 | 1,32 | 0,25 | 197 | 57 |
| 46.-85. Tag | 68.939 | 31,7 | 5,9 | 3,69 | 0,57 | 1,17 | 0,23 | 3,12 | 0,24 | 0,99 | 0,17 | 1,18 | 0,18 | 232 | 59 |
| 86.-125. Tag | 69.917 | 30,6 | 5,9 | 3,69 | 0,61 | 1,13 | 0,22 | 3,27 | 0,25 | 1,00 | 0,18 | 1,13 | 0,17 | 245 | 60 |
| 126.-165. Tag | 72.447 | 29,3 | 6,0 | 3,75 | 0,65 | 1,10 | 0,22 | 3,38 | 0,26 | 0,99 | 0,19 | 1,11 | 0,17 | 248 | 61 |
| 166.-205. Tag | 71.463 | 28,0 | 6,0 | 3,89 | 0,68 | 1,09 | 0,22 | 3,46 | 0,27 | 0,97 | 0,19 | 1,12 | 0,17 | 248 | 61 |
| 205.-245. Tag | 68.487 | 26,6 | 6,0 | 3,98 | 0,70 | 1,06 | 0,21 | 3,50 | 0,29 | 0,93 | 0,19 | 1,14 | 0,16 | 245 | 61 |
| 246.-285. Tag | 63.355 | 24,8 | 6,1 | 4,15 | 0,71 | 1,03 | 0,22 | 3,59 | 0,30 | 0,89 | 0,20 | 1,16 | 0,16 | 242 | 62 |
| 286.-320. Tag | 42.458 | 23,4 | 6,1 | 4,27 | 0,72 | 1,00 | 0,22 | 3,68 | 0,32 | 0,86 | 0,20 | 1,16 | 0,16 | 239 | 62 |

Tabelle 31: Mittelwerte und Standardabweichungen der täglichen Milchleistungsmerkmale, der Fett-Eiweiß-Quotienten und den Milchharnstoffgehalt für Kühe der zweiten Laktation in acht Laktationstageklassen (konventionell produzierende Betriebe)

| Laktations-tageklasse | Kühe | Milch-kg | | Fett- % | | Fett- kg | | Eiweiß- % | | Eiweiß- kg | | FEQ | | MHG mg/l | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | n | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s |
| 5.-45. Tag | 26.625 | 39,6 | 8,1 | 4,12 | 0,85 | 1,63 | 0,38 | 3,16 | 0,31 | 1,25 | 0,24 | 1,30 | 0,25 | 225 | 65 |
| 46.-85. Tag | 40.545 | 39,6 | 7,6 | 3,66 | 0,66 | 1,45 | 0,31 | 3,16 | 0,26 | 1,25 | 0,22 | 1,16 | 0,20 | 252 | 63 |
| 86.-125. Tag | 46.656 | 36,4 | 7,5 | 3,71 | 0,71 | 1,35 | 0,29 | 3,30 | 0,28 | 1,20 | 0,22 | 1,13 | 0,19 | 258 | 62 |
| 126.-165. Tag | 48.252 | 33,5 | 7,4 | 3,82 | 0,73 | 1,28 | 0,27 | 3,40 | 0,29 | 1,14 | 0,22 | 1,12 | 0,18 | 259 | 61 |
| 166.-205. Tag | 48.425 | 30,6 | 7,3 | 3,99 | 0,74 | 1,22 | 0,27 | 3,50 | 0,30 | 1,07 | 0,23 | 1,14 | 0,17 | 256 | 61 |
| 205.-245. Tag | 47.153 | 27,8 | 7,2 | 4,10 | 0,74 | 1,14 | 0,27 | 3,56 | 0,31 | 0,99 | 0,23 | 1,15 | 0,17 | 251 | 62 |
| 246.-285. Tag | 44.430 | 24,6 | 7,1 | 4,27 | 0,74 | 1,05 | 0,27 | 3,66 | 0,33 | 0,90 | 0,24 | 1,17 | 0,16 | 235 | 61 |
| 286.-320. Tag | 29.966 | 22,1 | 6,9 | 4,39 | 0,74 | 0,97 | 0,27 | 3,76 | 0,34 | 0,83 | 0,23 | 1,17 | 0,16 | 239 | 61 |

Tabelle 32: Mittelwerte und Standardabweichungen der täglichen Milchleistungsmerkmale, der Fett-Eiweiß-Quotienten und den Milchharnstoffgehalt für Kühe der dritten Laktation in acht Laktationstageklassen (konventionell produzierende Betriebe)

| Laktations-tageklasse | Kühe | Milch- kg | | Fett- % | | Fett- kg | | Eiweiß- % | | Eiweiß- kg | | FEQ | | MHG mg/l | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | n | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s |
| 5.-45. Tag | 18.434 | 40,7 | 8,7 | 4,25 | 0,90 | 1,73 | 0,41 | 3,10 | 0,32 | 1,26 | 0,26 | 1,37 | 0,28 | 214 | 64 |
| 46.-85. Tag | 27.753 | 41,3 | 8,0 | 3,73 | 0,67 | 1,54 | 0,33 | 3,12 | 0,27 | 1,29 | 0,23 | 1,19 | 0,21 | 244 | 63 |
| 86.-125. Tag | 31.868 | 37,7 | 7,8 | 3,79 | 0,71 | 1,43 | 0,31 | 3,29 | 0,28 | 1,24 | 0,23 | 1,15 | 0,19 | 253 | 61 |
| 126.-165. Tag | 32.948 | 34,3 | 7,7 | 3,91 | 0,73 | 1,34 | 0,29 | 3,41 | 0,30 | 1,17 | 0,23 | 1,15 | 0,18 | 256 | 61 |
| 166.-205. Tag | 32.574 | 31,2 | 7,6 | 4,04 | 0,74 | 1,26 | 0,29 | 3,46 | 0,30 | 1,08 | 0,24 | 1,17 | 0,17 | 254 | 61 |
| 205.-245. Tag | 31.541 | 28,0 | 7,4 | 4,14 | 0,73 | 1,16 | 0,28 | 3,54 | 0,31 | 0,99 | 0,24 | 1,17 | 0,16 | 248 | 61 |
| 246.-285. Tag | 29.095 | 24,4 | 7,2 | 4,30 | 0,73 | 1,05 | 0,28 | 3,65 | 0,33 | 0,89 | 0,24 | 1,18 | 0,16 | 241 | 59 |
| 286.-320. Tag | 19.606 | 21,7 | 7,0 | 4,42 | 0,72 | 0,96 | 0,28 | 3,73 | 0,34 | 0,81 | 0,24 | 1,19 | 0,15 | 237 | 59 |

Tabelle 33: Mittelwerte und Standardabweichungen der täglichen Milchleistungsmerkmale, der Fett-Eiweiß-Quotienten und den Milchharnstoffgehalt für Kühe der ersten Laktation in acht Laktationstageklassen (nach ökologischen Richtlinien produzierende Betriebe)

| Laktations-tageklasse | Kühe | Milch- kg | | Fett- % | | Fett- kg | | Eiweiß- % | | Eiweiß- kg | | FEQ | | MHG mg/l | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | n | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s |
| 5.-45. Tag | 2.269 | 25,3 | 5,8 | 3,99 | 0,80 | 1,01 | 0,27 | 3,00 | 0,34 | 0,76 | 0,16 | 1,33 | 0,25 | 131 | 101 |
| 46.-85. Tag | 1.946 | 26,3 | 5,3 | 3,65 | 0,51 | 0,96 | 0,21 | 2,97 | 0,24 | 0,78 | 0,15 | 1,23 | 0,17 | 141 | 108 |
| 86.-125. Tag | 1.956 | 25,1 | 5,0 | 3,71 | 0,51 | 0,93 | 0,19 | 3,11 | 0,24 | 0,78 | 0,15 | 1,19 | 0,15 | 140 | 110 |
| 126.-165. Tag | 1.934 | 23,7 | 5,1 | 3,84 | 0,56 | 0,91 | 0,19 | 3,21 | 0,25 | 0,76 | 0,16 | 1,20 | 0,16 | 148 | 110 |
| 166.-205. Tag | 1.841 | 22,7 | 4,8 | 4,01 | 0,60 | 0,91 | 0,19 | 3,26 | 0,25 | 0,74 | 0,15 | 1,23 | 0,17 | 155 | 111 |
| 205.-245. Tag | 1.786 | 21,4 | 4,5 | 4,11 | 0,61 | 0,88 | 0,17 | 3,32 | 0,25 | 0,71 | 0,14 | 1,24 | 0,16 | 154 | 112 |
| 246.-285. Tag | 1.631 | 19,9 | 4,6 | 4,27 | 0,65 | 0,85 | 0,18 | 3,42 | 0,28 | 0,68 | 0,15 | 1,25 | 0,16 | 153 | 113 |
| 286.-320. Tag | 1.007 | 19,1 | 5,0 | 4,35 | 0,64 | 0,83 | 0,20 | 3,46 | 0,32 | 0,66 | 0,16 | 1,26 | 0,16 | 147 | 111 |

Tabelle 34: Mittelwerte und Standardabweichungen der täglichen Milchleistungsmerkmale, der Fett-Eiweiß-Quotienten und den Milchharnstoffgehalt für Kühe der zweiten Laktation in acht Laktationstageklassen (nach ökologischen Richtlinien produzierende Betriebe)

| Laktationstageklasse | Kühe | Milch- kg | | Fett- % | | Fett- kg | | Eiweiß- % | | Eiweiß- kg | | FEQ | | MHG mg/l | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | n | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s |
| 5.-45. Tag | 1.438 | 32,1 | 7,2 | 3,99 | 0,72 | 1,28 | 0,33 | 3,05 | 0,35 | 0,98 | 0,21 | 1,31 | 0,22 | 142 | 105 |
| 46.-85. Tag | 1.299 | 31,6 | 7,1 | 3,77 | 0,59 | 1,19 | 0,28 | 3,04 | 0,28 | 0,96 | 0,20 | 1,24 | 0,20 | 151 | 113 |
| 86.-125. Tag | 1.289 | 29,4 | 6,3 | 3,81 | 0,61 | 1,12 | 0,24 | 3,16 | 0,26 | 0,93 | 0,18 | 1,20 | 0,17 | 143 | 116 |
| 126.-165. Tag | 1.274 | 27,3 | 6,3 | 3,92 | 0,63 | 1,07 | 0,23 | 3,22 | 0,26 | 0,88 | 0,18 | 1,22 | 0,17 | 150 | 115 |
| 166.-205. Tag | 1.260 | 25,1 | 5,8 | 4,10 | 0,63 | 1,03 | 0,22 | 3,31 | 0,27 | 0,83 | 0,17 | 1,24 | 0,17 | 157 | 114 |
| 205.-245. Tag | 1.232 | 23,1 | 5,8 | 4,20 | 0,41 | 0,97 | 0,23 | 3,38 | 0,28 | 0,78 | 0,18 | 1,24 | 0,17 | 148 | 113 |
| 246.-285. Tag | 1.193 | 20,7 | 5,6 | 4,35 | 0,65 | 0,90 | 0,25 | 3,48 | 0,31 | 0,72 | 0,18 | 1,25 | 0,16 | 149 | 109 |
| 286.-320. Tag | 774 | 19,3 | 5,8 | 4,40 | 0,71 | 0,85 | 0,24 | 3,58 | 0,35 | 0,69 | 0,19 | 1,23 | 0,16 | 150 | 109 |

Tabelle 35: Mittelwerte und Standardabweichungen der täglichen Milchleistungsmerkmale, der Fett-Eiweiß-Quotienten und den Milchharnstoffgehalt für Kühe der dritten Laktation in acht Laktationstageklassen (nach ökologischen Richtlinien produzierende Betriebe)

| Laktationstageklasse | Kühe | Milch- kg | | Fett- % | | Fett- kg | | Eiweiß- % | | Eiweiß- kg | | FEQ | | MHG mg/l | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | n | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s | $\bar{x}$ | s |
| 5.-45. Tag | 1.035 | 34,6 | 7,7 | 4,10 | 0,90 | 1,42 | 0,36 | 3,01 | 0,33 | 1,04 | 0,22 | 1,37 | 0,26 | 141 | 107 |
| 46.-85. Tag | 880 | 34,6 | 7,3 | 3,79 | 0,61 | 1,31 | 0,31 | 3,01 | 0,26 | 1,04 | 0,21 | 1,26 | 0,19 | 146 | 110 |
| 86.-125. Tag | 917 | 31,8 | 6,5 | 3,87 | 0,63 | 1,23 | 0,26 | 3,14 | 0,25 | 1,00 | 0,19 | 1,23 | 0,18 | 144 | 112 |
| 126.-165. Tag | 919 | 29,1 | 6,4 | 3,99 | 0,63 | 1,16 | 0,25 | 3,23 | 0,26 | 0,94 | 0,19 | 1,23 | 0,17 | 148 | 115 |
| 166.-205. Tag | 870 | 26,4 | 6,1 | 4,17 | 0,68 | 1,10 | 0,25 | 3,33 | 0,26 | 0,88 | 0,19 | 1,25 | 0,18 | 154 | 114 |
| 205.-245. Tag | 884 | 24,0 | 5,8 | 4,25 | 0,65 | 1,02 | 0,24 | 3,42 | 0,26 | 0,82 | 0,18 | 1,24 | 0,17 | 148 | 118 |
| 246.-285. Tag | 825 | 21,0 | 5,4 | 4,38 | 0,65 | 0,92 | 0,23 | 3,52 | 0,30 | 0,74 | 0,147 | 1,24 | 0,16 | 143 | 113 |
| 286.-320. Tag | 505 | 19,1 | 5,6 | 4,50 | 0,64 | 0,86 | 0,25 | 3,56 | 0,33 | 0,68 | 0,19 | 1,26 | 0,15 | 143 | 110 |

Tabelle 36: Wiederholbarkeiten (w) für den Harnstoffgehalt in acht Laktationstagegruppen (konventionell produzierende Betriebe)

| | Laktationstagegruppe | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1. Laktation | 0,66 | 0,81 | 0,85 | 0,86 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,88 |
| SE | 0,005 | 0,008 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,008 | 0,008 | 0,012 |
| 2. Laktation | 0,64 | 0,82 | 0,86 | 0,85 | 0,86 | 0,87 | 0,87 | 0,86 |
| SE | 0,014 | 0,011 | 0,01 | 0,009 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,014 |
| 3. Laktation | 0,72 | 0,83 | 0,85 | 0,86 | 0,84 | 0,84 | 0,85 | 0,84 |
| SE | 0,019 | 0,014 | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,013 | 0,014 | 0,019 |

Tabelle 37: Standardfehler für die Schätzung der Heritabilitäten des Milchharnstoffgehaltes, der Milchleistungsmerkmale, des Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ), des log. Zellgehaltes und der Harnstoffmenge von Kühen der ersten bis dritten Laktation in acht Laktationstageklassen (konventionell produzierende Betriebe)

| | Lak- | Laktationstagegruppe | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | tation | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | 1 | 0,007 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,010 |
| (mg/l) | 2 | 0,012 | 0,011 | 0,010 | 0,010 | 0,009 | 0,010 | 0,010 | 0,012 |
| | 3 | 0,011 | 0,013 | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,013 |
| Milchmenge (kg) | 1 | 0,007 | 0,008 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,010 |
| | 2 | 0,013 | 0,011 | 0,011 | 0,011 | 0,010 | 0,011 | 0,011 | 0,011 |
| | 3 | 0,014 | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,013 | 0,013 |
| ECM (kg) | 1 | 0,008 | 0,008 | 0,009 | 0,008 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,010 |
| | 2 | 0,013 | 0,011 | 0,010 | 0,010 | 0,011 | 0,010 | 0,011 | 0,012 |
| | 3 | 0,014 | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,013 | 0,014 |
| Fettgehalt (%) | 1 | 0,004 | 0,008 | 0,009 | 0,008 | 0,008 | 0,009 | 0,008 | 0,010 |
| | 2 | 0,008 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,011 | 0,011 | 0,011 |
| | 3 | 0,008 | 0,011 | 0,011 | 0,011 | 0,012 | 0,012 | 0,011 | 0,013 |
| Fettmenge (kg) | 1 | 0,008 | 0,008 | 0,009 | 0,008 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,010 |
| | 2 | 0,013 | 0,011 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,011 |
| | 3 | 0,014 | 0,011 | 0,012 | 0,011 | 0,012 | 0,012 | 0,013 | 0,013 |
| Eiweißgehalt (%) | 1 | 0,005 | 0,009 | 0,008 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,010 |
| | 2 | 0,006 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,011 | 0,010 | 0,010 | 0,011 |
| | 3 | 0,011 | 0,012 | 0,013 | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,013 |
| Eiweißmenge (kg) | 1 | 0,008 | 0,008 | 0,009 | 0,008 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,010 |
| | 2 | 0,013 | 0,011 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,011 |
| | 3 | 0,015 | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,013 | 0,012 | 0,014 |
| Fett-Eiweiß-Quotient | 1 | 0,007 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,010 |
| | 2 | 0,012 | 0,011 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,011 | 0,011 | 0,012 |
| | 3 | 0,015 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,011 | 0,011 | 0,011 | 0,012 |
| log. Zellgehalt (SCS) | 1 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,009 | 0,009 | 0,009 |
| | 2 | 0,012 | 0,010 | 0,011 | 0,009 | 0,009 | 0,010 | 0,010 | 0,012 |
| | 3 | 0,014 | 0,011 | 0,011 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,011 | 0,013 |
| Harnstoffmenge (g) | 1 | 0,006 | 0,009 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,010 | 0,009 | 0,010 |
| | 2 | 0,012 | 0,011 | 0,010 | 0,009 | 0,010 | 0,010 | 0,011 | 0,013 |
| | 3 | 0,015 | 0,013 | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,013 | 0,012 | 0,013 |

Tabelle 38: Standardfehler für die Schätzung der genetische Korrelationen zwischen dem Milchharnstoffgehalt und den Milchleistungsmerkmalen, dem Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ), dem log. Zellgehalt und der Harnstoffmenge von Kühen der ersten bis dritten Laktation in acht Laktationstageklassen (konventionell produzierende Betriebe)

| | Lak-tation | Laktationstagegruppe | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Milchmenge (kg) | 1 | 0,022 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,021 | 0,020 | 0,023 | 0,027 |
| | 2 | 0,040 | 0,029 | 0,027 | 0,028 | 0,033 | 0,034 | 0,035 | 0,052 |
| | 3 | 0,065 | 0,039 | 0,034 | 0,035 | 0,034 | 0,039 | 0,046 | 0,073 |
| ECM (kg) | 1 | 0,026 | 0,020 | 0,019 | 0,019 | 0,020 | 0,021 | 0,021 | 0,027 |
| | 2 | 0,041 | 0,029 | 0,026 | 0,029 | 0,032 | 0,032 | 0,035 | 0,047 |
| | 3 | 0,058 | 0,042 | 0,035 | 0,036 | 0,034 | 0,042 | 0,051 | 0,073 |
| Fettgehalt (%) | 1 | 0,037* | 0,031 | 0,032 | 0,030 | 0,030 | 0,030 | 0,035 | 0,039 |
| | 2 | 0,055* | 0,044 | 0,036 | 0,079 | 0,044 | 0,055 | 0,054 | 0,071 |
| | 3 | 0,107* | 0,056 | 0,054 | 0,048 | 0,055 | 0,057 | 0,059 | 0,075 |
| Fettmenge (kg) | 1 | 0,025 | 0,023 | 0,021 | 0,020 | 0,022 | 0,024 | 0,021 | 0,032 |
| | 2 | 0,046 | 0,036 | 0,030 | 0,031 | 0,037 | 0,035 | 0,040 | 0,056 |
| | 3 | 0,067 | 0,048 | 0,040 | 0,042 | 0,041 | 0,047 | 0,054 | 0,070 |
| Eiweißgehalt (%) | 1 | 0,031* | 0,024 | 0,024 | 0,024 | 0,024 | 0,026 | 0,027 | 0,035 |
| | 2 | 0,071* | 0,040 | 0,034 | 0,035 | 0,040 | 0,041 | 0,040 | 0,062 |
| | 3 | 1,125* | 0,063 | 0,050 | 0,041 | 0,044 | 0,049 | 0,060 | 0,078 |
| Eiweißmenge (kg) | 1 | 0,021 | 0,021 | 0,018 | 0,020 | 0,019 | 0,022 | 0,022 | 0,027 |
| | 2 | 0,034 | 0,029 | 0,025 | 0,028 | 0,031 | 0,033 | 0,024 | 0,050 |
| | 3 | 0,063 | 0,038 | 0,032 | 0,033 | 0,035 | 0,041 | 0,049 | 0,069 |
| Fett-Eiweiß-Quotient | 1 | 0,025 | 0,026 | 0,032 | 0,029 | 0,028 | 0,029 | 0,032 | 0,044 |
| | 2 | 0,049 | 0,033 | 0,017 | 0,038 | 0,048 | 0,052 | 0,067 | 0,084 |
| | 3 | 0,091 | 0,059 | 0,048 | 0,051 | 0,053 | 0,059 | 0,063 | 0,083 |
| log. Zellgehalt (SCS) | 1 | 0,037 | 0,044 | 0,043 | 0,035 | 0,022 | 0,047 | 0,044 | 0,065 |
| | 2 | 0,104 | 0,061 | 0,053 | 0,055 | 0,060 | 0,059 | 0,051 | 0,073 |
| | 3 | 0,102 | 0,069 | 0,072 | 0,078 | 0,085 | 0,075 | 0,076 | 0,112 |
| Harnstoffmenge (g) | 1 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,006 | 0,006 | 0,008 |
| | 2 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,009 | 0,010 | 0,012 | 0,012 | 0,020 |
| | 3 | 0,013 | 0,012 | 0,011 | 0,013 | 0,016 | 0,016 | 0,020 | 0,033 |

*nicht konvergiert

## Danksagung

Nach Abschluss meiner Dissertation möchte ich allen herzlich danken, die mich bei der Planung, Durchführung und Fertigstellung dieser Arbeit unterstützt haben:

Herrn Prof. Dr. Erhardt für die Überlassung des Themas und die Betreuung der Arbeit, für seine kritischen Hinweise und Anregungen und sein Verständnis.

Herrn Prof. Dr. Eder für seine Bereitschaft als Gutachter zu fungieren.

Herrn Prof. Dr. Brandt für die freundliche Betreuung, Unterstützung und Motivation zu allen Fragen der Statistik und Datenverarbeitung sowie für die große Hilfe und die unzähligen Erklärungen möchte ich mich recht herzlich bedanken.

Herrn Dr. Manfred Hammel für die Förderung und Unterstützung sowie für das aufgebrachte Verständnis und Vertrauen in der Zeit der Bearbeitung des Themas sowie für die moralische Unterstützung.

Dem vit Verden w.V. für die Hilfe zur Bereitstellung des Datenmaterials.

Allen MLP-Betrieben, die ihre Daten zur Verfügung gestellt haben.

Nicht zuletzt gebührt mein außerordentlicher Dank meiner lieben Frau Martina und unseren Töchtern Julia und Anne, die sehr viel Verständnis und Rücksicht während dieser langen Zeit aufgebracht haben.

## Versicherung

Ich erkläre: Ich habe die vorliegende Dissertation selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe.

Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichen Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündliche Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht.

Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.

Rehfelde, 25.07.2018 Jörg Höfener