

# TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Lehrstuhl für Tierernährung

Langfristiger Einsatz von gentechnisch verändertem Mais (MON810) in der  
Milchviehfütterung im Hinblick auf Leistungs- und Stoffwechselfparameter,  
Fruchtbarkeit und Tiergesundheit

Kerstin Steinke

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für  
Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München zur Erlangung  
des akademischen Grades eines

Doktors der Agrarwissenschaften

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender:

Univ.-Prof. Dr. Dr. h. c. J. Bauer

Prüfer der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. F. J. Schwarz (i.R.)

2. Univ.-Prof. Dr. H. H. D. Meyer

3. Univ.-Prof. Dr. K. J. Eder

(Justus-Liebig-Universität Gießen)

Die Dissertation wurde am 12.08.2009 bei der Technischen Universität München eingereicht  
und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung  
und Umwelt am 09.12.2009 angenommen.



Meiner Familie  
und  
in Gedenken an meinen Großvater Roland Bruhs



## **Danksagung**

Eine Arbeit in diesem Umfang wäre ohne die Hilfe zahlreicher Personen nicht realisierbar gewesen. Es soll sowohl denen gedankt werden, die durch Ihren Einsatz direkt zur Anfertigung der Arbeit beigetragen haben, als auch denen, die indirekt beteiligt waren, indem Sie mich durch zahllose Hilfestellungen unterstützten. Mein Dank gilt vor allem:

Herrn Prof. Dr. F. J. Schwarz, Herrn Prof. Dr. H. H. D. Meyer und Herrn Dr. H. Spiekers für die Überlassung des Themas, die Bereitstellung der Arbeitsmöglichkeiten und den Anregungen zur Bearbeitung der Problematik.

Meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. F. J. Schwarz für die unendliche Geduld, unermüdliche Betreuung und der stets gewährten Unterstützung bei der Abfassung der Arbeit.

Den Mitarbeitern der Versuchstation Grub für jegliche Unterstützung bei der Versuchsdurchführung und Probennahme, ohne die diese Arbeit in dem vorliegenden Umfang nicht möglich gewesen wäre. Besonderer Dank geht an die beiden Melker R. Thieme und J. Prantler, den Versuchstechnikern G. Hiepp und D. Mergner und dem Herdenmanagement (C. Fuhrmann und W. Obermeier).

Den Mitarbeitern des Institutes für Tierernährung und Futterwirtschaft, die mir stets mit Rat und Tat zur Seite standen. Mein besonderer Dank gilt hierbei A. Obermaier, L. Hitzelsberger, P. Edelmann und dem Team der Stoffwechselanlage (A. Lange und D. Nöbel).

Für die Durchführung der zahlreichen Analytiken den Beschäftigten des Zentrallabors Grub und des Lehrstuhls für Physiologie.

Herrn Dr. J. Helminger für die unverzichtbare Unterstützung bei der statistischen Auswertung der Studie und der endlosen Geduld bei der Beantwortung der zahlreichen Fragen.

Herrn Dr. H. Kurtz für die stete Gesprächsbereitschaft, unzählbaren Anregungen und Hilfestellungen in allen Phasen der Arbeit.



**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Material und Methoden .....</b>	<b>3</b>
2.1	Versuchsplanung und Versuchsaufbau .....	3
2.2	Maisanbau, Ernte und Futterherstellung .....	3
2.3	Tiermaterial und Tierhaltung .....	4
2.4	Rationsgestaltung und Fütterung.....	6
2.5	Ermittlung der Messgrößen .....	11
2.5.1	Futtermittelaufnahme.....	11
2.5.2	Futtermittelparameter .....	11
2.5.2.1	<i>Probennahme und Probenvorbereitung .....</i>	<i>11</i>
2.5.2.2	<i>Ermittlung von Verdaulichkeiten .....</i>	<i>11</i>
2.5.2.3	<i>Berechnung der Energie- und Rohrnährstoffversorgung .....</i>	<i>12</i>
2.5.2.4	<i>Berechnung der Energiebilanz.....</i>	<i>14</i>
2.5.3	Milch .....	14
2.5.3.1	<i>Erfassung der Milchleistung .....</i>	<i>14</i>
2.5.3.2	<i>Bestimmung der Milchinhaltstoffe und des Milchprogesterongehaltes.....</i>	<i>14</i>
2.5.3.3	<i>Berechnung der energiekorrigierten Milch (ECM) und des Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ).....</i>	<i>15</i>
2.5.4	Blut .....	15
2.5.4.1	<i>Probennahme und Probenvorbereitung .....</i>	<i>16</i>
2.5.4.2	<i>Blutparameter.....</i>	<i>16</i>
2.5.5	Harnproben.....	16
2.5.6	Körperkondition .....	17
2.5.6.1	<i>Lebendmasse .....</i>	<i>17</i>
2.5.6.2	<i>Body Condition Score.....</i>	<i>17</i>
2.5.6.3	<i>Rückenfettdicke.....</i>	<i>17</i>
2.5.7	Tiergesundheit .....	18
2.5.8	Fruchtbarkeit .....	19

2.5.9	Cry1Ab-Protein und <i>cry1Ab</i> -DNA.....	19
2.6	Chemische Analysemethoden .....	20
2.6.1	Analytik der Futtermittelproben.....	20
2.6.2	Analytik der Milchproben .....	20
2.6.3	Analytik der Blutproben.....	21
2.6.4	Analytik der Harnproben.....	21
2.7	Statistische Auswertung .....	21
<b>3</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>23</b>
3.1	Beschreibung der Futtermittel und Mischungen .....	23
3.1.1	Maissilagen.....	23
3.1.2	Grassilagen .....	27
3.1.3	Körnermais .....	29
3.1.4	Maiskobs .....	32
3.1.5	Ausgleichskraftfutter (AKF) .....	36
3.1.6	PMR .....	39
3.1.7	Altmelkerration .....	42
3.1.8	Trockensteherration.....	45
3.1.9	Leistungskraftfutter (LKF).....	48
3.2	Gehalte an Cry1Ab-Protein der Maiskomponenten und der PMR .....	51
3.3	Leistungsparameter .....	54
3.3.1	Futteraufnahme.....	54
3.3.1.1	<i>Grundfutter- und Kraftfutteraufnahme</i> .....	54
3.3.1.2	<i>Gesamtfutteraufnahme</i> .....	55
3.3.2	Cry1Ab-Protein-Aufnahme .....	58
3.3.3	Milchleistung.....	61
3.3.4	Milchinhaltsstoffe.....	63
3.3.4.1	<i>Milchfettgehalt</i> .....	63
3.3.4.2	<i>Milcheiweißgehalt</i> .....	66
3.3.4.3	<i>Milchharnstoffgehalt</i> .....	68
3.3.4.4	<i>Lactosegehalt</i> .....	70

---

3.3.4.5	<i>Zellgehalt</i> .....	73
3.3.5	Energiekorrigierte Milchmenge (ECM).....	73
3.3.6	Fett-Eiweiß-Quotient.....	76
3.3.7	Energieversorgung .....	78
3.3.7.1	<i>Energieaufnahme</i> .....	78
3.3.7.2	<i>Energiebilanz</i> .....	80
3.4	Körperkonditionsparameter.....	83
3.4.1	Lebendmasse .....	83
3.4.2	Body Condition Score .....	85
3.4.3	Rückenfettdicke.....	88
3.5	Stoffwechselfparameter .....	90
3.5.1	Glucosekonzentration im Blutplasma .....	91
3.5.2	Freie Fettsäuren (NEFA) im Blutplasma .....	93
3.5.3	Beta-Hydroxybutyrat (BHB) im Blutplasma .....	96
3.5.4	Aspartat-Amino-Transferase (AST).....	98
3.5.5	Glutamat-Dehydrogenase (GLDH).....	101
3.5.6	Gamma-Glutamyl-Transferase ( $\gamma$ -GT).....	104
3.5.7	Gesamt-Bilirubin.....	106
3.5.8	Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA).....	108
3.6	Tiergesundheit.....	110
3.6.1	Differenzialblutbilder .....	110
3.6.2	Erkrankungen im Versuchszeitraum .....	114
3.7	Fruchtbarkeitskennzahlen/-parameter .....	116
<b>4</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>118</b>
4.1	Gentechnisch veränderte Organismen.....	118
4.2	Gentechnisch veränderte Pflanzen .....	118
4.3	Bt-Mais.....	121
4.3.1	Maiszünsler .....	121
4.3.2	Maßnahmen zur Bekämpfung des Maiszünslers.....	122

---

4.3.3	MON810.....	125
4.4	Ernährungsphysiologische Bewertung von Futtermitteln aus GVP.....	125
4.5	Auswirkungen des Einsatzes von GVP in der Milchviehfütterung auf Futterwert bestimmende Inhaltsstoffe und den Energiegehalt der Futtermittel.....	129
4.6	Konzentrationen an Cry1Ab-Protein der eingesetzten Maiskomponenten und der PMR .....	133
4.7	Auswirkung der langfristigen Fütterung von GVP auf Leistungsparameter und Energieversorgung von Milchkühen .....	134
4.8	Auswirkung der langfristigen Fütterung von GVP auf die Stoffwechselfparameter von Milchkühen.....	148
4.9	Auswirkung der langfristigen Fütterung von GVP auf die Tiergesundheit und Fruchtbarkeit von Milchkühen .....	157
<b>5</b>	<b>Schlussfolgerungen.....</b>	<b>165</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>170</b>
<b>7</b>	<b>Summary .....</b>	<b>173</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>176</b>
<b>9</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>189</b>

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1:	Anbauflächen und Frischmasseerträge von isogenem und transgenem Mais in den einzelnen Anbaujahren.....	4
Tabelle 2:	Allgemeine Kenndaten der Milchviehherde der Versuchsstation Grub nach LKV .....	5
Tabelle 3:	Kenndaten der Versuchsgruppen zu Versuchsbeginn.....	5
Tabelle 4:	Zusammensetzung der kalkulierten partiellen Mischration (PMR)* .....	7
Tabelle 5:	Zusammensetzung des kalkulierten Ausgleichskraftfutters (AKF)* .....	8
Tabelle 6:	Zusammensetzung des kalkulierten Leistungskraftfutters (LKF)*.....	8
Tabelle 7:	Zusammensetzung der kalkulierten Altmelkerration (R18)*.....	9
Tabelle 8:	Zusammensetzung der kalkulierten Trockensteherration * .....	10
Tabelle 9:	Erfasste Erkrankungen der Versuchstiere .....	18
Tabelle 10:	Erfasste Fruchtbarkeitskennzahlen .....	19
Tabelle 11:	Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen Maissilage Ernte 2004.....	23
Tabelle 12:	Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen Maissilage Ernte 2005.....	24
Tabelle 13:	Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen Maissilage Ernte 2006.....	24
Tabelle 14:	Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der transgenen Maissilage Ernte 2004.....	25
Tabelle 15:	Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der transgenen Maissilage Ernte 2005.....	26
Tabelle 16:	Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der transgenen Maissilage Ernte 2006.....	26
Tabelle 17:	Mittlere T-, Rohrnährstoff- und Nettoenergiegehalte der eingesetzten Roggenwickensilage und Grassilagen .....	28
Tabelle 18:	Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte des isogenen Körnermaises Ernte 2004.....	29
Tabelle 19:	Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte des isogenen Körnermaises Ernte 2005.....	30
Tabelle 20:	Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte des transgenen Körnermaises Ernte 2004 .....	31
Tabelle 21:	Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte des transgenen Körnermaises Ernte 2005 .....	32
Tabelle 22:	Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen Maiskobs Ernte 2004 .....	33

Tabelle 23:	Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen Maiskobs Zukauf Ernte 2004.....	34
Tabelle 24:	Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen Maiskobs Ernte 2006 .....	34
Tabelle 25:	Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der transgenen Maiskobs Ernte 2004 .....	35
Tabelle 26:	Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der transgenen Maiskobs Ernte 2006 .....	36
Tabelle 27:	Mittlere T-, Rohrnährstoff- und Nettoenergiegehalte des isogenen Ausgleichskraftfutters (AKF) .....	37
Tabelle 28:	Mittlere T-, Rohrnährstoff- und Nettoenergiegehalte des transgenen Ausgleichskraftfutters (AKF) .....	38
Tabelle 29:	Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen PMR .....	40
Tabelle 30:	Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der transgenen PMR .....	41
Tabelle 31:	Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen Altmelkerration (R18).....	43
Tabelle 32:	Mittlere Gehalte an Rohrnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ/kg T) der transgenen Altmelkerration (R18) .....	44
Tabelle 33:	Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen Trockensteherration .....	46
Tabelle 34:	Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der transgenen Trockensteherration .....	47
Tabelle 35:	Mittlere T-, Rohrnährstoff- und Nettoenergiegehalte des isogenen Leistungskraftfutters(LKF) .....	49
Tabelle 36:	Mittlere T-, Rohrnährstoff- und Nettoenergiegehalte des transgenen Leistungskraftfutters (LKF) .....	50
Tabelle 37:	Mittlere Aufnahme an Grundration- (PMR, R18) und Kraftfutter (LKF) in der 1. Laktation im Versuch (kg T/d) .....	54
Tabelle 38:	Mittlere Aufnahme an Grundration- (PMR) und Kraftfutter (LKF) in der 2. Laktation im Versuch (kg T/d).....	55
Tabelle 39:	Mittlere Gesamtfuttermittelaufnahme (kg T/d) der 1. Laktation im Versuch.....	56
Tabelle 40:	Mittlere Gesamtfuttermittelaufnahme (kg T/d) der 2. Laktation im Versuch.....	57
Tabelle 41:	Mittlere Cry1Ab-Protein Aufnahmen (mg T/d) der 1. Laktation im Versuch .....	59
Tabelle 42:	Mittlere Cry1Ab-Protein Aufnahmen (mg T/d) der 2. Laktation im Versuch .....	60
Tabelle 43:	Mittlere Milchleistungen (kg/d) in der 1. Laktation des Versuches .....	61
Tabelle 44:	Mittlere Milchleistungen (kg /d) in der 2. Laktation des Versuches .....	62

Tabelle 45: Mittlere Milchfettgehalte (%) der 1. Laktation im Versuch .....	64
Tabelle 46: Mittlere Milchfettgehalte (%) der 2. Laktation im Versuch .....	65
Tabelle 47: Mittlere Milcheiweißgehalte (%) der 1. Laktation im Versuch .....	66
Tabelle 48: Mittlere Milcheiweißgehalte (%) der 2. Laktation im Versuch .....	67
Tabelle 49: Mittlere Milchharnstoffgehalte (mg/l) der 1. Laktation im Versuch .....	68
Tabelle 50: Mittlere Milchharnstoffgehalte (mg/l) der 2. Laktation im Versuch .....	69
Tabelle 51: Mittlere Lactosegehalte in der Milch (%) der 1. Laktation im Versuch .....	71
Tabelle 52: Mittlere Lactosegehalte in der Milch (%) der 2. Laktation im Versuch .....	72
Tabelle 53: Mittlere Zellgehalte in der Milch (1000/ml) der 1. Laktation im Versuch .....	73
Tabelle 54: Mittlere Zellgehalte in der Milch (1000/ml) der 2. Laktation im Versuch .....	73
Tabelle 55: Mittlere energiekorrigierte Milchmenge (kg/d) der 1. Laktation im Versuch .....	74
Tabelle 56: Mittlere energiekorrigierte Milchmenge (kg/d) der 2. Laktation im Versuch .....	75
Tabelle 57: Mittlerer Fett-Eiweiß-Quotient der 1. Laktation im Versuch .....	76
Tabelle 58: Mittlerer Fett-Eiweiß-Quotient der 2. Laktation im Versuch .....	77
Tabelle 59: Mittlere Energieaufnahme (MJ NEL/d) der 1. Laktation im Versuch .....	78
Tabelle 60: Mittlere Energieaufnahme (MJ NEL/d) der 2. Laktation im Versuch .....	79
Tabelle 61: Mittlere Energiebilanz (MJ NEL/d) der 1. Laktation im Versuch .....	80
Tabelle 62: Mittlere Energiebilanz (MJ NEL/d) der 2. Laktation im Versuch .....	82
Tabelle 63: Mittlere Lebendmasse (kg) der 1. Laktation im Versuch .....	83
Tabelle 64: Mittlere Lebendmasse (kg) der 2. Laktation im Versuch .....	84
Tabelle 65: Mittlere Körperkonditionsnoten (BCS) der 1. Laktation im Versuch .....	86
Tabelle 66: Mittlere Körperkonditionsnoten (BCS) der 2. Laktation im Versuch .....	87
Tabelle 67: Mittlere Rückenfettdicken (mm) der 1. Laktation im Versuch .....	88
Tabelle 68: Mittlere Rückenfettdicken (mm) der 2. Laktation im Versuch .....	89
Tabelle 69: Mittlere Glucosekonzentration im Blutplasma (mmol/l) der 1. Laktation im Versuch .....	91
Tabelle 70: Mittlere Glucosekonzentration im Blutplasma (mmol/l) der 2. Laktation im Versuch .....	92
Tabelle 71: Mittlere Gehalte an freien Fettsäuren im Blutplasma ( $\mu\text{mol/l}$ ) der 1. Laktation im Versuch .....	93
Tabelle 72: Mittlere Gehalte an freien Fettsäuren im Blutplasma ( $\mu\text{mol/l}$ ) der 2. Laktation im Versuch .....	95
Tabelle 73: Mittlere Gehalte an Beta-Hydroxybutyrat im Blutplasma (mmol/l) der 1. Laktation im Versuch .....	96

Tabelle 74:	Mittlere Gehalte an Beta-Hydroxybutyrat im Blutplasma (mmol/l) der 2. Laktation im Versuch.....	97
Tabelle 75:	Mittlere Gehalte an Aspartat-Amino-Transferase (AST) im Blutplasma (U/l) der 1. Laktation im Versuch.....	98
Tabelle 76:	Mittlere Gehalte an Aspartat-Amino-Transferase (AST) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch.....	100
Tabelle 77:	Mittlere Gehalte an Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) im Blutplasma (U/l) der 1. Laktation im Versuch.....	101
Tabelle 78:	Mittlere Gehalte an Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch.....	102
Tabelle 79:	Mittlere Gehalte an Gamma-Glutamyl-Transferase ( $\gamma$ -GT) im Blutplasma (U/l) der 1. Laktation im Versuch.....	104
Tabelle 80:	Mittlere Gehalte an Gamma-Glutamyl-Transferase ( $\gamma$ -GT) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch.....	105
Tabelle 81:	Mittlere Gehalte an Gesamt-Bilirubin im Blutplasma (mg/dl) der 1. Laktation im Versuch.....	106
Tabelle 82:	Mittlere Gehalte an Gesamt-Bilirubin im Blutplasma (mg/dl) der 2. Laktation im Versuch.....	107
Tabelle 83:	Mittlere NSBA-Gehalte im Harn (mmol/l) der 1. Laktation im Versuch.....	109
Tabelle 84:	Mittlere NSBA-Gehalte im Harn (mmol/l) der 2. Laktation im Versuch.....	109
Tabelle 85:	Mittlere Konzentrationen der erfassten Blutparameter im Rahmen des Differenzialblutbildes zu Versuchsbeginn.....	111
Tabelle 86:	Mittlere Konzentrationen der erfassten Blutparameter im Rahmen des Differenzialblutbildes zu Versuchende.....	113
Tabelle 87:	Auftreten von Erkrankungen im Versuchszeitraum.....	115
Tabelle 88:	Mittlere Fruchtbarkeitskennzahlen und -parameter im Versuchszeitraum.....	117
Tabelle 89:	Versuchsdauer publizierter Fütterungsstudien mit gentechnisch veränderten Pflanzen an Milchkühen.....	128
Tabelle 90:	Mittlere T-, Rohnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der eingesetzten isogenen und transgenen Maiskomponenten .....	131
Tabelle 91:	Mittlere T-, Rohnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der eingesetzten isogenen und transgenen Mischrationen .....	132
Tabelle 92:	Literaturübersicht der Referenzbereiche der Glucosekonzentration im Blutserum/Blutplasma von Rindern.....	149
Tabelle 93:	Literaturübersicht der Referenzbereiche der Konzentration an freien Fettsäuren im Blutserum/Blutplasma von Rindern.....	151
Tabelle 94:	Literaturübersicht der Referenzbereiche der Konzentration an $\beta$ -Hydroxybutyrat im Blutserum/Blutplasma von Rindern.....	152
Tabelle 95:	Referenzbereiche der NSBA im Harn für Milchkühe aus der Literatur .....	156

**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1:	Vereinfachte Darstellung des Stallgrundrisses des Anbindestalles.....	6
Abbildung 2:	Gegenüberstellung der Gehalte an Cry1Ab-Protein (ng/g T) der isogenen und transgenen Maissilagen im Versuchszeitraum.....	51
Abbildung 3:	Gegenüberstellung der Gehalte an Cry1Ab-Protein(ng/g T) des isogenen und transgenen Körnermaises im Versuchszeitraum.....	52
Abbildung 4:	Gegenüberstellung der Gehalte an Cry1Ab-Protein (ng/g T) der isogenen und transgenen Maiskobs im Versuchszeitraum.....	52
Abbildung 5:	Gegenüberstellung der Gehalte an Cry1Ab-Protein der isogenen und transgenen PMR in Abhängigkeit von der Versuchswoche.....	53
Abbildung 6:	Mittlere Gesamtfutteraufnahme (kg T/d) der 1. Laktation im Versuch von der zweiten Woche a.p. bis zur 45. Woche p.p. ....	56
Abbildung 7:	Mittlere Gesamtfutteraufnahme (kg T/d) der 2. Laktation im Versuch von der zweiten Woche a.p. bis zur 29. Woche p.p. ....	58
Abbildung 8:	Mittlere Cry1Ab-Protein-Aufnahme (mg T/d) der 1. Laktation im Versuch von der zweiten Woche a.p. bis zur 45. Woche p.p.....	59
Abbildung 9:	Mittlere Cry1Ab-Protein-Aufnahme (mg T/d) der 2. Laktation im Versuch von der zweiten Woche a.p. bis zur 29. Woche p.p.....	60
Abbildung 10:	Mittlere Milchleistungen (kg /d) in der 1. Laktation des Versuches.....	62
Abbildung 11:	Mittlere Milchleistungen (kg /d) in der 2. Laktation des Versuches.....	63
Abbildung 12:	Mittlere Milchfettgehalte (%) der 1. Laktation im Versuch.....	64
Abbildung 13:	Mittlere Milchfettgehalte (%) der 2. Laktation im Versuch.....	65
Abbildung 14:	Mittlere Milcheiweißgehalte (%) der 1. Laktation im Versuch .....	67
Abbildung 15:	Mittlere Milcheiweißgehalte (%) der 2. Laktation im Versuch .....	68
Abbildung 16:	Mittlere Milchharnstoffgehalte (mg/l) der 1. Laktation im Versuch .....	69
Abbildung 17:	Mittlere Milchharnstoffgehalte (mg/l) der 2. Laktation im Versuch .....	70
Abbildung 18:	Mittlere Lactosegehalte in der Milch (%) der 1. Laktation im Versuch .....	71
Abbildung 19:	Mittlere Lactosegehalte in der Milch (%) der 2. Laktation im Versuch .....	72
Abbildung 20:	Mittlere energiekorrigierte Milchmenge (kg/d) der 1. Laktation im Versuch.....	74
Abbildung 21:	Mittlere energiekorrigierte Milchmenge (kg/d) der 2. Laktation im Versuch.....	75
Abbildung 22:	Mittlerer Fett-Eiweiß-Quotient (kg/d) der 1. Laktation im Versuch.....	76
Abbildung 23:	Mittlerer Fett-Eiweiß-Quotient (kg/d) der 2. Laktation im Versuch.....	77
Abbildung 24:	Mittlere Energieaufnahme (MJ NEL/d) der 1. Laktation im Versuch .....	79
Abbildung 25:	Mittlere Energieaufnahme (MJ NEL/d) der 2. Laktation im Versuch .....	80
Abbildung 26:	Mittlere Energiebilanz (MJ NEL/d) der 1. Laktation im Versuch .....	81

Abbildung 27: Mittlere Energiebilanz (MJ NEL/d) der 2. Laktation im Versuch.....	82
Abbildung 28: Mittlere Lebendmasse (kg) der 1. Laktation im Versuch.....	84
Abbildung 29: Mittlere Lebendmasse (kg) der 2. Laktation im Versuch.....	85
Abbildung 30: Mittlere BCS - Noten der 1. Laktation im Versuch .....	86
Abbildung 31: Mittlere BCS - Noten der 2. Laktation im Versuch .....	87
Abbildung 32: Mittlere Rückenfettdicken (mm) der 1. Laktation im Versuch.....	89
Abbildung 33: Mittlere Rückenfettdicken (mm) der 2. Laktation im Versuch.....	90
Abbildung 34: Mittlere Glucosekonzentration im Blutplasma (mmol/l) der 1. Laktation im Versuch .....	92
Abbildung 35: Mittlere Glucosekonzentration im Blutplasma (mmol/l) der 2. Laktation im Versuch .....	93
Abbildung 36: Mittlere Konzentration an freien Fettsäuren im Blutplasma ( $\mu\text{mol/l}$ ) der 1. Laktation im Versuch .....	94
Abbildung 37: Mittlere Konzentration an freien Fettsäuren im Blutplasma ( $\mu\text{mol/l}$ ) der 2. Laktation im Versuch .....	95
Abbildung 38: Mittlere Konzentration an Beta-Hydroxybutyrat im Blutplasma (mmol/l) der 1. Laktation im Versuch.....	97
Abbildung 39: Mittlere Konzentration an Beta-Hydroxybutyrat im Blutplasma (mmol/l) der 2. Laktation im Versuch.....	98
Abbildung 40: Mittlere Konzentration an Aspartat-Amino-Transferase (AST) im Blutplasma (U/l) der 1. Laktation im Versuch.....	99
Abbildung 41: Mittlere Konzentration an Aspartat-Amino-Transferase (AST) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch.....	101
Abbildung 42: Mittlere Konzentration an Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) im Blutplasma (U/l) der 1. Laktation im Versuch.....	102
Abbildung 43: Mittlere Konzentration an Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch.....	103
Abbildung 44: Mittlere Konzentration an Gamma-Glutamyl-Transferase ( $\gamma\text{-GT}$ ) im Blutplasma (U/l) der 1. Laktation im Versuch.....	105
Abbildung 45: Mittlere Konzentration an Gamma-Glutamyl-Transferase ( $\gamma\text{-GT}$ ) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch.....	106
Abbildung 46: Mittlere Konzentration an Gesamt- Bilirubin im Blutplasma (mg/dl) der 1. Laktation im Versuch .....	107
Abbildung 47: Mittlere Konzentration an Gesamt-Bilirubin im Blutplasma (mg/dl) der 2. Laktation im Versuch .....	108
Abbildung 48: Zunahme der Anbauflächen gentechnisch veränderter Pflanzen weltweit 1996-2008 in Mio. Hektar (nach JAMES, 1998-2008).....	119

**Verzeichnis der Abkürzungen und Symbole**

a.p.	ante partum
ADF	acid detergent fiber (Säure-Detergenzien-Faser)
AKF	Ausgleichskraftfutter
AST	Aspartat-Amino-Transferase
BA	Besamungsaufwand
BCS	Body Condition Score
Beh.	Anzahl der Behandlungen
BHB	$\beta$ -Hydroxybutyrat
BI	Besamungsindex
Bt	Bacillus thuringiensis
Bt/Gt	stacked genes
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CRW	corn rootworm protected (Rezistenz gegen den Maiswurzelbohrer)
Cry1	crystal-protein spezifisch für Lepidoptera
Cry1Ab	crystal-protein (Bt-Protein) / -Toxin (Bt-Toxin)
Cry2	crystal-protein spezifisch für Lepidoptera und Diptera
Cry3	crystal-protein spezifisch für Coleoptera
Cry4	crystal-protein spezifisch für Diptera
d	Tag
d.h.	das heißt
dl	Deziliter
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.
DNA	Deoxyribonucleic Acid (Desoxyribonukleinsäure)
DON	Deoxynivalenol
DOS	verdauliche organische Substanz
dt	Dezitonne
DXF	verdauliche Rohfaser
DXL	verdauliches Rohfett
e.V.	eingetragender Verein
ECM	energiekorrigierte Milchmenge
EDTA	Etylendiamintetraacetat
EG	Europäische Gemeinschaft
ELISA	Enzyme-linked Immunosorbent Assay
et al.	et alii
etc.	et cetera
EU	Europäische Union
Fa.	Firma
FCM	fettkorrigierte Milchmenge
FEQ	Fett-Eiweiß-Quotient
fl	Femtoliter
FM	Frischmasse
g	Gramm
g	Zentrifugalbeschleunigung
g/dl	Gramm pro Deziliter
G/l	Gigapartikel pro Liter (= 10 <sup>9</sup> /l)
GE	Bruttoenergie

GfE	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
GI	Gesamtindex
GLDH	Glutamat-Dehydrogenase
Gt	Glyphosat-Toleranz (Herbizidresistenz)
GVO	gentechnisch veränderte Organismen
GVP	gentechnisch veränderte Pflanzen
GZ	Güstzeit
ha	Hektar
HbE	MCH
ISAAA	International Service for the acquisition of Agribiotech Applications
kg	Kilogramm
l	Liter
LfL	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
LKF	Leistungskraftfutter
LKV	Landeskuratorium der Erzeugerringe für die tierische Veredelung in Bayern e.V.
LM	Lebendmasse
LM <sup>0,75</sup>	metabolische Lebendmasse
LW	Laktationswoche
MCH	mean corpuscular haemoglobin
MCHC	mean corpuscular haemoglobin concentration
MCV	mean corpuscular volume
ME	umsetzbare Energie
mg	Milligramm
mg/dl	Milligramm pro hundert Milliliter
Mio	Million(en)
MJ	Megajoule
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mmol	Millimol
n	Anzahl / Stichprobenumfang
NADPH	Nicotinamid- Adenin – Dinukleotid- Phosphat
NDF	neutral detergent fiber (Neutral-Detergenzien-Faser)
NEFA	unveresterte (freie) Fettsäuren
NEL	Nettoenergie-Laktation
NfE	N-freie Extraktstoffe
Nr.	Nummer
NSBA	Netto-Säure-Basen-Ausscheidung
nxP	nutzbares Rohprotein
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development
P	Signifikanzniveau (Irrtumswahrscheinlichkeit)
p.p.	post partum
pg	Pikogramm
pH	pondus Hydrogenii
PMR	partielle Mischration (teilaufgewertete Mischration)
q	Umsetzbarkeit (ME/GE *100)
R18	Altmelkerration
RDW	red cell distribution width
RFD	Rückenfettdicke
RNB	Ruminale Stickstoffbilanz

---

RZ	Rastzeit
SAS	Statistical Analyse System
T	Trockenmasse
T/l	Terapartikel pro Liter (= 10 <sup>12</sup> /l)
TGD	Tiergesundheitsdienst Bayern
TI	Trächtigkeitsindex
TUM	Technische Universität München
u.a.	unter anderem
U/l	International units per litre (Internationale Einheiten pro Liter)
UDP	unabbaubares Rohprotein
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
vs	versus
VZ	Verzögerungszeit
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XL	Rohfett
XP	Rohprotein
XS	Stärke
z.B.	zum Beispiel
ZIFO	Zielwert-Futter-Optimierung (Futteroptimierungsprogramm der LfL)
ZKZ	Zwischenkalbezeit
ZTZ	Zwischentragezeit
γ-GT	Gamma-Glutamyl-Transferase
μg	Mikrogramm
μl	Mikroliter
μmol	Mikromol
%	Prozent
<	kleiner als
>	größer als
±	Standardabweichung
°C	Grad Celsius



## 1 Einleitung

Die Menschen begannen vor ca. 10.000 Jahren Nutzpflanzen zu züchten, um Nahrungsmittel in ausreichender Menge und hoher Qualität zu produzieren. Aus Wildformen wurden mit traditionellen Züchtungsmethoden im Laufe der Zeit Kulturpflanzen, die heute das Potential zur Lieferung hoher Erträge aufweisen und gleichzeitig qualitativ hochwertige Nährstoffe enthalten. Die traditionelle oder auch klassische Züchtung von Pflanzen beruht auf Kreuzung mit anschließender Selektion. Hierbei werden die Gene der gekreuzten Pflanzen zufällig auf die Nachkommen verteilt. Um entsprechende Merkmalskombinationen zu erhalten, sind in den meisten Fällen mehrere Generationen mit anschließender Selektion notwendig. Damit stellt die klassische Pflanzenzüchtung einen relativ ungerichteten, zeitaufwendigen und damit teuren Prozess dar, bei dem zudem nur Pflanzen kombiniert werden können, die nah miteinander verwandt sind.

Durch die ständig wachsende Weltbevölkerung, die begrenzten landwirtschaftlichen Nutzflächen und zusätzlich verstärkt durch den Klimawandel steigen die Ansprüche an die Nahrungsmittelproduktion und damit auch an die Pflanzenzüchtung stetig an.

Im 20. Jahrhundert wurden daher die traditionellen Züchtungsmethoden durch biotechnologische Methoden ergänzt. Mittels der Gentechnik als Methode der Biotechnologie ist es möglich, gezielt einzelne Gene von einem Organismus auf einen anderen zu übertragen. Der Austausch von genetischen Informationen kann dabei im Unterschied zur klassischen Pflanzenzüchtung nicht nur innerhalb einer Art, sondern auch zwischen verschiedenen Organismen unterschiedlicher Arten durchgeführt werden. Diese artübergreifende Methode ermöglicht es, gewünschte Veränderungen pflanzlicher Eigenschaften schneller und effizienter herbeizuführen. Die Gentechnik stellt damit eine Weiterentwicklung der traditionellen Pflanzenzüchtung dar und wird im Bereich der Landwirtschaft als „grüne Gentechnik“ bezeichnet. Mit Hilfe der Gentechnik wurden Pflanzen entwickelt, die veränderte agronomische Eigenschaften wie z.B. eine Resistenz gegen Insektizide, Herbizide oder eine Kombination beider Resistenzen aufweisen. Diese werden auch als gentechnisch veränderte Pflanzen (GVP) der 1. Generation bezeichnet. Des Weiteren werden zunehmend auch GVP der so genannten 2. Generation entwickelt, bei denen eine substanzielle Änderung der Nährstoffgehalte zur Verbesserung der Produktqualität angestrebt wird. Bei den bisher am häufigsten angebauten gentechnisch veränderten Pflanzen handelt es sich dabei vorwiegend um Pflanzen der 1. Generation. Die Anbauflächen dieser GVP nehmen seit dem ersten kommerziellen Anbau 1996 in den USA weltweit kontinuierlich zu. In den letzten Jahren

(1996-2008) stieg die globale Anbaufläche von gentechnisch veränderten Pflanzen von 1,7 Millionen Hektar auf 125 Millionen Hektar an. Mit dem steigenden Anbau nimmt auch die Bedeutung der Nutzung dieser Pflanzen in der Tierernährung und Lebensmittelproduktion zu. Die „grüne Gentechnik“ wird aber in der Öffentlichkeit als auch von Wissenschaftlern vielfach kontrovers diskutiert. Insbesondere ergeben sich Fragen bezüglich der ernährungsphysiologischen Bewertung von Futtermitteln aus gentechnisch veränderten Pflanzen und deren Bewertung für die Sicherheit von Mensch, Tier und Umwelt durch den Anbau und die Nutzung von gentechnisch veränderten Pflanzen. Um die ernährungsphysiologische Bedeutung der Verfütterung von Futtermitteln aus GVP und deren Einfluss auf die Leistung und Gesundheit der Tiere sowie die Qualität der daraus resultierenden Lebensmittel tierischer Herkunft besser bewerten zu können, wurden weltweit über 100 Fütterungsstudien publiziert. Bei den entsprechenden Studien wurden ausschließlich Futtermittel aus gentechnisch veränderten Pflanzen der 1. Generation an zahlreiche Tierarten verfüttert. Dabei wurden neben Futtermittelanalysen zur Nährstoffzusammensetzung und dem Gehalt an unerwünschten Substanzen, die Verdaulichkeiten der Futtermittel, verschiedene zootechnische Leistungsparameter und die Tiergesundheit erfasst. Die Versuchsdauer der Studien erstreckte sich in Abhängigkeit der Versuchsfrage über unterschiedlich lange Zeiträume. Während Bilanzversuche in einem Zeitraum von 10-30 Tagen stattfanden, erstreckten sich Mastversuche in der Regel über einen längeren Zeitraum von bis zu 250 Tagen bei Mastrindern bzw. etwa 100 Tage bei Mastschweinen. Im Milchviehbereich wurden dagegen bisher nur Kurzzeitstudien (21-91 Tage) durchgeführt. Die fehlenden Langzeitstudien zum Einsatz von Futtermitteln aus gentechnisch veränderten Pflanzen in der Milchviehfütterung waren der Anlass, den vorliegenden 25monatigen Fütterungsversuch mit Bt-Mais durchzuführen.

Ziel der hier dargestellten Arbeit war es folglich, die Auswirkungen eines langfristigen Einsatzes von Ernteprodukten (Maissilage, Körnermais, Maiskobs) aus dem Anbau von gentechnisch verändertem Mais (MON810) in der Milchviehfütterung im Hinblick auf verschiedene Leistungs- und Stoffwechsellparameter, Fruchtbarkeit und Tiergesundheit zu untersuchen.

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Versuchsplanung und Versuchsaufbau**

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung der Auswirkungen eines langfristigen Einsatzes von Ernteprodukten (Maissilage, Körnermais, Maiskobs) aus dem Anbau von gentechnisch veränderten Maispflanzen (MON810) in der Milchviehfütterung im Hinblick auf Leistungsparameter, Tiergesundheit und Fruchtbarkeit.

Im Rahmen des gemeinschaftlichen Forschungsprojektes der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) und den Lehrstühlen für Physiologie und Tierernährung der Technischen Universität München (TUM) zum Thema: „Einsatz von transgenem Mais (MON810) bei Milchkühen: Abbau, Transfer sowie potentielle Interaktionen von DNA und Bt-Protein im Rind“ wurde ein 25monatiger Fütterungsversuch im Zeitraum von Mai 2005 bis Juni 2007 an der LfL, Versuchsstation Grub, durchgeführt.

Für den Versuch wurden 36 Milchkühe der Rasse Fleckvieh ausgewählt und auf zwei Gruppen (isogen und transgen) aufgeteilt. Auswahlkriterium war eine mindestens dreimonatige Trächtigkeit der Tiere, um ein zweimaliges Abkalben während des Versuchszeitraums und damit die Erfassung einer vollständigen Laktation zu ermöglichen. Die Zuteilung der Tiere auf die Gruppen erfolgte nach Leistungsparametern und der Anzahl der Laktationen. Während des gesamten Untersuchungszeitraumes wurden die Futteraufnahme, die Milchmenge und Milchinhaltsstoffe, verschiedene Parameter des Blutes und des Harns, die Körperkondition sowie Daten zur Tiergesundheit und Fruchtbarkeit erfasst. Die Auswertung erstreckte sich über die erbrachten Laktationen von der zweiten Woche ante partum (a.p.) bis zur 45. Woche post partum (p.p.) bzw. bis zum Trockenstellen der Tiere.

### **2.2 Maisanbau, Ernte und Futterherstellung**

Um die Auswirkung von gentechnisch veränderter (transgener) Maissilage, Körnermais und Maiskobs zu untersuchen, wurde in den Jahren 2004, 2005 und 2006 Bt-Mais der Linie MON810 (Fa. Monsanto) und deren isogene Ausgangslinie auf verschiedenen Versuchsstationen (Grub, Baumannshof, Puch, Neuhof und Schwarzenau) der LfL angebaut. Der Anbau der isogenen und transgen Maispflanzen erfolgte dabei auf der jeweiligen Versuchsstation unter vergleichbaren agronomischen Bedingungen (Saatzeit, Saattiefe, Düngung u.a.). Die Ernte der isogenen und transgenen Maisbestände erfolgte in Abhängigkeit der Ernteprodukte (Maissilage, Körnermais, Maiskobs) jeweils zum gleichen Erntetermin und mit der gleichen Erntetechnik. Detaillierte Angaben bezüglich des Anbaus an den einzelnen

Standorten sind dem Versuchsbericht von EDER (2006) zu entnehmen. Um eine Kontamination mit den transgenen Pflanzen zu vermeiden, wurden die isogenen Pflanzenbestände zuerst geerntet. Aufgrund der spezifischen Witterungs- und Bodenbedingungen an den Anbaustandorten (Grub, Baumannshof, Puch, Neuhof und Schwarzenau), ergaben sich bezüglich der Ernteerträge Unterschiede zwischen den isogenen und transgenen Pflanzenbeständen. Die Erträge innerhalb eines Standortes unterschieden sich dagegen nur geringfügig. Die Anbauflächen und Erträge von isogenem und transgenem Mais sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

**Tabelle 1: Anbauflächen und Frischmasseerträge von isogenem und transgenem Mais in den einzelnen Anbaujahren**

Anbaujahr	Isogen		Transgen	
	Anbau (ha)	Erträge (dt)	Anbau (ha)	Erträge (dt)
<b>2004</b>	10,5	2710	10,9	3341
<b>2005</b>	2,6	1182	4,7	1307
<b>2006</b>	3,4	1899	3,3	1517
<b>Gesamt</b>	16,5	5791	19,0	6166

Aufgrund der unterschiedlichen Abbaubarkeit des Bt-Proteins (Cry1Ab-Protein) und der rekombinanten DNA (*cry1Ab*-DNA) in Abhängigkeit der Futterprozessierung (AULRICH et al., 2004; LUTZ, 2005 und LUTZ et al., 2005, 2006) und der Zielstellung, eine möglichst hohe Aufnahme der Tiere an Bt-Protein über den gesamten Versuchszeitraum sicherzustellen, wurden unterschiedliche Maisfuttermittel (Maissilage, Maiskobs und Körnermais) aus dem Erntegut hergestellt.

### 2.3 Tiermaterial und Tierhaltung

Die für den Versuch ausgewählten 36 Tiere stammten aus der Milchviehherde des Offenfrontstalles der Versuchsstation Grub. In der Tabelle 2 sind die Kenndaten der Herde der letzten Jahre dargestellt.

**Tabelle 2: Allgemeine Kenndaten der Milchviehherde der Versuchsstation Grub nach LKV**

Kenndaten	Prüfungsjahr				
	2003	2004	2005	2006	2007
<b>Herdengröße (Kühe/Jahr)</b>	120	137	134	153	151
<b>Milchleistung (kg/ Kuh und Jahr)</b>	7523	7523	7964	7664	8321
<b>Fettgehalt (%)</b>	4,02	3,92	3,91	3,90	3,95
<b>Eiweißgehalt (%)</b>	3,55	3,49	3,48	3,53	3,51

Die Tiere wurden nach Leistungsparametern und der Anzahl der Laktation den beiden Gruppen (isogen und transgen) zugeteilt. Bei den ausgewählten Tieren handelte es sich um einkalbige und mehrkalbige Kühe. Die Kenndaten der Versuchsgruppen zu Versuchsbeginn sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

**Tabelle 3: Kenndaten der Versuchsgruppen zu Versuchsbeginn**

Kenndaten	Isogen	Transgen
<b>Tieranzahl</b>	18	18
<b>Anzahl Erstlingskühe</b>	9	9
<b>Laktation Nr.</b>	2,1 ± 1,3	1,8 ± 1,3
<b>Vorleistungen</b>		
<b>Milch (kg/Kuh und Jahr) <sup>1,2</sup></b>	6937 ± 1132	6697 ± 1434
<b>Fett (%) <sup>1,2</sup></b>	3,85 ± 0,3	3,97 ± 0,3
<b>Eiweiß (%) <sup>1,2</sup></b>	3,48 ± 0,2	3,56 ± 0,1
<b>Harnstoff (mg/l) <sup>1,2</sup></b>	252,6 ± 2,1	251,6 ± 3,5
<b>Lebendmasse (kg) <sup>3</sup></b>	725 ± 83	735 ± 71
<b>BCS (Noten) <sup>3</sup></b>	3,72 ± 0,42	3,58 ± 0,32
<b>RFD (in mm) <sup>3</sup></b>	20,0 ± 7,7	17,7 ± 6,7

<sup>1</sup> Mittelwerte von 14 Versuchstieren je Versuchsgruppe (n=14)

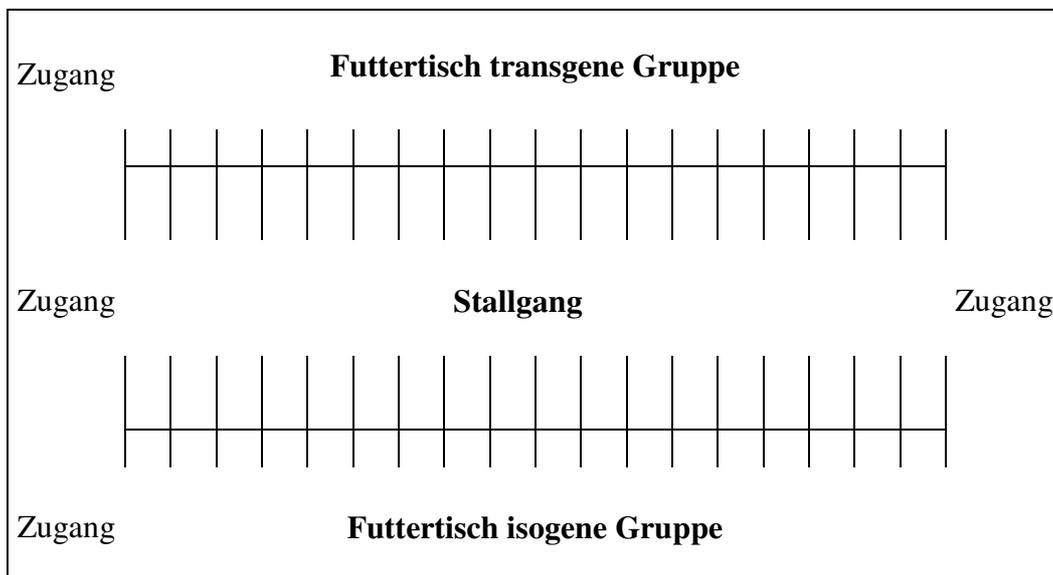
<sup>2</sup> Angaben nach LKV

<sup>3</sup> Mittelwerte aller Versuchstiere je Versuchsgruppe (n=18)

Tiere, die aus gesundheitlichen Gründen (Klauen- und Gelenkerkrankungen, Stoffwechselerkrankungen oder Unfruchtbarkeit) aus dem Versuch ausschieden, wurden durch kurz vor der Kalbung stehende Färsen ersetzt. Insgesamt wurden während des Versuches in beiden Versuchsgruppen neun Kühe gegen Färsen ausgetauscht. Eine genaue Aufstellung der aus-

getauschten Tiere, deren Austauschgrund und Versuchsdauer ist der Anhangstabelle A1 zu entnehmen. Die abgehenden Tiere wurden im Versuchsschlachthaus der LfL in Grub geschlachtet und auf gesundheitliche Veränderungen untersucht und beprobt. Die Probenahmen erfolgten seitens des Lehrstuhles für Physiologie der Technischen Universität München in Weihenstephan.

Die Tiere wurden während des Versuches in einem Anbindestall der Versuchsstation Grub gehalten (siehe Abbildung 1). Die Aufstallung der beiden Gruppen erfolgte in zwei Reihen mit getrennten Futtertischen, um eine Verschleppung zwischen isogen und transgen gefütterten Tieren zu vermeiden. Die Rations- und Kraftfutterzuteilung erfolgte über den für jedes Tier abgetrennten Fressplatz, dies ermöglichte eine einzeltierbezogene Erfassung der Futteraufnahme. Wasser und Salzlecksteine standen den Tieren ad libitum zur Verfügung.



**Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung des Stallgrundrisses des Anbindestalles**

#### 2.4 Rationsgestaltung und Fütterung

Aufgrund des unterschiedlichen Energie- und Nährstoffbedarfes der Tiere während Laktation und Trockenstehzeit, wurden drei verschiedene Mischrationen je Versuchsgruppe eingesetzt. Zum einen eine partielle Mischration (PMR) mit einem Milchlieferungsvermögen von 22 kg Milch bei einer unterstellten Futteraufnahme von 17 kg T/Tag, daneben eine Altmelkerration für Tiere unter 18 kg Milch/Tag (R18) und eine Trockensteherration. Oberhalb einer Leistung von 22 kg Milch/Tag erfolgte eine tierindividuelle Zuteilung von Leistungskraftfutter (LKF). Alle eingesetzten Mischrationen standen den Tieren ad libitum zur Verfügung.

Um die möglichen Auswirkungen der Fütterung von transgenem Mais im Vergleich zur isogenen Ausgangslinie untersuchen zu können, wurde eine möglichst hohe Aufnahme der Tiere an Bt-Protein über den gesamten Versuchszeitraum angestrebt. Aus diesem Grund wurden stark maisbetonte Mischrationen bzw. Kraftfutter eingesetzt. Die PMR bestand neben der Maissilage und den Maiskobs aus Grassilage, Stroh, Melasse und einem Ausgleichskraftfutter (AKF). Die Zusammensetzung der PMR sowie der unterstellte Futterwert der Einzelkomponenten bei der Rationsberechnung sind in der Tabelle 4 dargestellt. Die Berechnung der einzelnen Rationen erfolgte mittels des Fütterungsprogramms ZIFO (Stand 2004) der LfL.

**Tabelle 4: Zusammensetzung der kalkulierten partiellen Mischration (PMR)\***

<b>Komponente</b>	<b>Anteil (% i. d. T)</b>	<b>Energiegehalt (MJ NEL/kg T)</b>	<b>XP (g/kg T)</b>	<b>nXP (g/kg T)</b>	<b>RNB (g/kg T)</b>
Maissilage	41,9	6,7	81	133	-8,4
Maiskobs	21,2	6,2	90	130	-6,3
Grassilage	11,0	6,2	187	142	7,2
Stroh	5,9	3,7	38	76	-6,2
Melasse	1,4	7,9	129	157	-4,4
AKF	18,6	7,3	320	194	20,3
<b>PMR</b>	<b>100</b>	<b>6,5</b>	<b>137</b>	<b>142</b>	<b>-0,7</b>

\* nach ZIFO

Um den Rohproteingehalt der stark maisbetonten Grundmischung auszugleichen, wurde ein rohproteinreiches Ausgleichskraftfutter (320 g XP/kg T) eingesetzt. Als Proteinkomponente wurde Rapsextraktionsschrot verwendet, welches nachweislich keine gentechnisch veränderten Bestandteile enthält. Die Zusammensetzung des Ausgleichskraftfutters und der unterstellte Futterwert der Einzelkomponenten sind der Tabelle 5 zu entnehmen.

**Tabelle 5: Zusammensetzung des kalkulierten Ausgleichskraftfutters (AKF)\***

<b>Komponente</b>	<b>Anteil (% i. d. T)</b>	<b>Energiegehalt (MJ NEL/kg T)</b>	<b>XP (g/kg T)</b>	<b>nXP (g/kg T)</b>	<b>RNB (g/kg T)</b>
Rapsextraktionsschrot	51,1	7,3	406	245	25,8
Körnermais	41,2	8,4	103	167	-10,2
Mineralfutter	5,3	-	-	-	-
Futterharnstoff	2,4	(3,3)	(2915)	(0,09)	(466,4)
<b>AKF</b>	<b>100</b>	<b>7,3</b>	<b>320</b>	<b>194</b>	<b>20,3</b>

\* nach ZIFO

Die PMR wies einen errechneten Energiegehalt von 6,5 MJ NEL/kg T bei einem nXP Gehalt von 137 g/kg T auf. Der Milcherzeugungswert nach MJ NEL und nXP lag bei einer unterstellten Futteraufnahme von 17 kg T/Tag bei 22 kg bzw. 22,5 kg Milch pro Tag. Um dem hohen Energie- und Nährstoffbedarf der Tiere nach der Kalbung gerecht zu werden, wurden die Tiere neben der PMR mit Leistungskraftfutter (LKF) leistungsunabhängig angefüttert. In dieser Anfütterungsphase wurde das LKF wöchentlich um 0,5 kg bei Kühen von 3 kg ausgehend auf 7 kg/Tag und bei Färsen von 2 kg ausgehend auf 6 kg LKF/Tag gesteigert. Anschließend erfolgte der Übergang in eine leistungsabhängige Kraftfutterzuteilung. Ab einer Milchleistung über 22 kg/Tag wurden je kg Milch 0,5 kg LKF ergänzt. Die tägliche Menge an LKF war bei Kühen auf 9 kg und bei Färsen auf 7 kg begrenzt. Die Zusammensetzung und der unterstellte Futterwert des LKF sind in der Tabelle 6 aufgeführt.

**Tabelle 6: Zusammensetzung des kalkulierten Leistungskraftfutters (LKF)\***

<b>Komponente</b>	<b>Anteil (% i. d. T)</b>	<b>Energiegehalt (MJ NEL/kg T)</b>	<b>XP (g/kg T)</b>	<b>nXP (g/kg T)</b>	<b>RNB (g/kg T)</b>
Körnermais	40,4	8,4	103	167	-10,2
Rapsextraktionsschrot	34,4	7,3	406	245	25,8
Melasseschnitzel	19,9	7,6	125	158	-5,3
Mineralfutter	3,2	-	-	-	-
Rapsöl	2,2	19,3	-	-	-
<b>LKF</b>	<b>100</b>	<b>7,9</b>	<b>207</b>	<b>183</b>	<b>3,8</b>

\* nach ZIFO

Um Tiere im zweiten und speziell im dritten Laktationsdrittel bedarfsgerecht zu versorgen, wurde eine Mischration für Tiere unter 18 kg Milch/Tag aufgestellt. Hierfür wurde die PMR

(80 %) durch zusätzliches Einmischen von Stroh (20 %) energetisch auf 5,90 MJ NEL/kg T reduziert, um eine Überversorgung mit Energie- und Nährstoffen und damit einer Verfettung der Tiere entgegenzuwirken. Die Altmelkerration wies somit einen Gesamtstrohanteil von 24,7 % auf. In der Tabelle 7 sind die Zusammensetzung und der unterstellte Futterwert der Altmelkerration dargestellt.

**Tabelle 7: Zusammensetzung der kalkulierten Altmelkerration (R18)\***

<b>Komponente</b>	<b>Anteil (% i. d. T)</b>	<b>Energiegehalt (MJ NEL/kg T)</b>	<b>XP (g/kg T)</b>	<b>nXP (g/kg T)</b>	<b>RNB (g/kg T)</b>
Maissilage	33,5	6,7	81	133	-8,4
Maiskobs	17,0	6,1	90	130	-6,3
Grassilage	8,8	6,2	187	142	7,2
Stroh	24,7	3,7	38	76	-6,2
Melasse	1,1	7,9	129	157	-4,4
AKF	14,9	7,3	320	194	20,3
<b>R18</b>	<b>100</b>	<b>5,9</b>	<b>117</b>	<b>129</b>	<b>-1,8</b>

\* nach ZIFO

Die Rationsgestaltung und Fütterung der trockenstehenden Kühe erfolgte in zwei Phasen. In der ersten Phase (8-3 Woche a.p.) erhielten die Tiere eine energiearme Trockensteherration bestehend aus der Altmelkerration (R18; 85,4 %), die durch einem Strohanteil von 14,6 % in der Trockenmasse auf 5,6 MJ NEL/kg T verringert wurde (siehe Tabelle 8). Durch das weitere Einmischen von Stroh erhöhte sich der Gesamtstrohanteil der Ration auf 35,7 %. In den letzten zwei Wochen vor der Kalbung bzw. der zweiten Phase der Trockenstehzeit erfolgte die Vorbereitungsfütterung auf die folgende Laktation durch ad libitum Vorlage der teilaufgewerteten Mischration (PMR), welche auch während der Laktation gefüttert wurde.

**Tabelle 8: Zusammensetzung der kalkulierten Trockensteherration \***

<b>Komponente</b>	<b>Anteil (% i. d. T)</b>	<b>Energiegehalt (MJ NEL/kg T)</b>	<b>XP (g/kg T)</b>	<b>nXP (g/kg T)</b>	<b>RNB (g/kg T)</b>
Maissilage	28,6	6,7	81	133	-8,4
Maiskobs	14,5	6,1	90	130	-6,3
Grassilage	7,5	6,2	187	142	7,2
Stroh	35,7	3,7	38	76	-6,2
Melasse	1,0	7,9	129	157	-4,4
AKF	12,7	7,3	320	194	20,3
<b>Trockensteherration</b>	<b>100</b>	<b>5,6</b>	<b>106</b>	<b>121</b>	<b>-2,4</b>

\* nach ZIFO

Zur Herstellung der Mischrationen wurde ein Selbstfahrer-Futtermischwagen (Fa. Seko) mit vertikaler Mischeinrichtung und elektronischer Waage (Messgenauigkeit  $\pm 1$  kg) verwendet. Die Kraftfuttermischungen wurden in der Mahl- und Mischanlage der Versuchsstation Grub hergestellt. Um eine Kontamination bei der Herstellung von den isogenen und transgenen Mischungen zu vermeiden, wurden erst die isogenen und anschließend die transgenen Mischungen hergestellt. Nach diesem Schema wurden auch alle anderen Arbeitsabläufe (Fütterung, Rückwaage und Einwaage etc.) durchgeführt.

Um hohe Restfuttermengen bei der ad libitum Vorlage zu vermeiden, erfolgte vor der Morgenfütterung eine einzeltierbezogene Einteilung der Tagesfuttermenge auf Basis der geschätzten Futterreste des Vortages. Anschließend wurde die Tagesfuttermenge auf zwei Mahlzeiten verteilt und in Kisten eingewogen. Daraufhin erfolgten die quantitative Futterrückwaage und die Einwaage des zugeteilten Leistungskraftfutters.

Die Tiere wurden zweimal täglich ab 5:00 Uhr morgens sowie ab 15:00 Uhr nachmittags per Hand mit den Mischrationen gefüttert. Die Leistungskraftfutterzuteilung erfolgte je Einzeltier in Abhängigkeit der Zuteilungsmenge mehrmals täglich per Hand direkt auf die zugeteilte Mischration (maximal 2,5 kg /Kraftfuttergabe). Die tierspezifische Zuteilung der jeweiligen Mischration und des Leistungskraftfutters wurde zu Beginn jeder Versuchswoche anhand der Milchleistungsdaten der Vorwoche und mit Hilfe des geplanten Kalbedatums durchgeführt.

## 2.5 Ermittlung der Messgrößen

### 2.5.1 Futteraufnahme

Die Frischmasseaufnahme wurde täglich durch Ein- und Rückwaage je Einzeltier erfasst. Für die Berechnung der Trockenmasseaufnahme der einzelnen Mischrationen sowie des LKF wurde die tägliche FM-Aufnahme wöchentlich zu einem Mittelwert zusammengefasst und mit dem entsprechenden T-Gehalt multipliziert. Die Trockenmasseaufnahme der Mischrationen und des LKF wurden zur Bestimmung der Gesamttrockenmasseaufnahme addiert.

### 2.5.2 Futtermittelparameter

#### 2.5.2.1 *Probennahme und Probenvorbereitung*

Von allen eingesetzten isogenen und transgenen Futtermitteln, Mischrationen (PMR, R18, Trockensteherration) und Kraftfuttermischungen (AKF und LKF) wurden in regelmäßigen Abständen repräsentative Proben gezogen. Die einzelnen Rationen wurden zweimal wöchentlich, die Maiskomponenten (Maissilage, Körnermais, Maiskobs), die Grassilage, das Stroh und die Kraftfuttermischungen einmal wöchentlich beprobt. Die Melasseschnitzel sowie die Melasse und das Rapsextraktionsschrot wurden Chargenweise beprobt. Von jeder Einzelprobe wurde der Trockenmassegehalt bestimmt. Hierfür wurden die Proben im Umluft-trockenschrank zunächst bei 65°C circa 24 h bis zur Gewichtskonstanz vorgetrocknet und anschließend bei 105°C 4 h nachgetrocknet. Aus dem Verhältnis von Einwaage und Rückwaage konnte dann der T-Gehalt berechnet werden. Die beiden wöchentlich erfassten T-Gehalte der Rationen wurden zu einem Wochen-Mittelwert zusammengefasst. Für die spätere chemische Analytik wurden die Proben lediglich bei 65°C getrocknet, anschließend vermahlen und in Abhängigkeit vom Futterwechsel zu vierwöchigen Mischproben zusammengefasst. Bis zur Analytik wurden diese in Gläsern kühl und trocken gelagert.

#### 2.5.2.2 *Ermittlung von Verdaulichkeiten*

Zur Bestimmung der Verdaulichkeiten der eingesetzten isogenen und transgenen Maiskomponenten (Körnermais, Maiskobs, Maissilage) aus den verschiedenen Erntejahren wurden an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) in Grub Verdauungsversuche nach den Vorgaben der GfE (1991) durchgeführt. Für die einzelnen Versuche wurden vier bis sechs Hammel der Rasse Merinofleischschaf verwendet. Bei der Verdaulichkeitsmessung von Maiskobs und Maissilage wurde Sojaextraktionsschrot als Beifutter eingesetzt, um dem Rohproteinbedarf der Tiere gerecht zu werden.

Die Bestimmung der Verdaulichkeit des Körnermais erfolgte im Differenzversuch mit Heu und Sojaextraktionsschrot. Jede Versuchsreihe begann mit einer vierzehntägigen Adaptationsperiode. In der darauf folgenden siebentägigen Hauptperiode erfolgte die quantitative Kotsammlung. Die Ergebnisse der einzelnen Verdauungsversuche wurden für die Berechnung der Energieversorgung der Tiere herangezogen und können den Tabellen A2 und A3 im Anhang entnommen werden.

### 2.5.2.3 Berechnung der Energie- und Rohnährstoffversorgung

#### **Einzelkomponenten**

Der Gehalt an Nettoenergie-Laktation (NEL) der Einzelkomponenten der eingesetzten Mischrationen und Kraftfuttermischungen errechnete sich aus den analysierten Rohnährstoffgehalten unter Verwendung folgender Gleichung nach GfE (2001):

$$\text{NEL (MJ)} = 0,6 * [1 + 0,004 * (q - 57)] * \text{ME (MJ)}$$

wobei

$$q = \text{ME/GE} * 100$$

$$\begin{aligned} \text{ME (MJ)} = & 0,0312 * \text{gDXL} + 0,0136 * \text{gDXF} + 0,0147 * \text{g(DOS-DXL-DXF)} \\ & + 0,00234 * \text{gXP} \end{aligned}$$

$$\text{GE (MJ)} = 0,0239 * \text{gXP} + 0,0398 * \text{gXL} + 0,0201 * \text{gXF} + 0,0175 * \text{gXX}$$

Die für die Berechnung benötigten Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe wurden für die eingesetzten isogenen und transgenen Maiskobs, Maissilagen und Körnermais durch Verdauungsversuche an Hammeln bestimmt. Die Verdaulichkeiten der weiteren Einzelkomponenten wurden den DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer (1997) entsprechend den analysierten Rohnährstoffgehalten entnommen (Anhangstabelle A4).

Auf Grundlage der analysierten Rohproteingehalte der Einzelkomponenten der Mischrationen und der Kraftfuttermischungen wurde der Gehalt an nutzbarem Rohprotein (nXP), die ruminale Stickstoffbilanz (RNB) und das unabbaubare Rohprotein (UDP) nach den folgenden Gleichungen der GfE (2001) berechnet.

$$\text{nXP (g)} = [11,93 - (6,82 * (\text{UDP}/\text{XP}))] * \text{ME} + (1,03 * \text{UDP})$$

$$\text{UDP (g/kg T)} = [\text{unabbaubares Rohprotein (\%)} * \text{XP (g/kg T)}] / 100$$

$$\text{RNB (g)} = (\text{g XP} - \text{g nXP}) / 6,25$$

Die benötigte umsetzbare Energie (ME) wurde mit der genannten Formel berechnet. Die Werte für den Anteil an unabgebautem Rohprotein (UDP) in % des Gesamt-Rohproteins wurden für das Rapsextraktionsschrot aus „Kleiner Helfer für die Berechnung von Futterrationen für Wiederkäuer und Schweine“ der DLG (2005) und für alle anderen Einzelkomponenten aus den DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer (1997) entnommen.

### **Mischrationen und Kraftfuttermischungen**

Für die Bewertung der Rohnährstoffversorgung der Tiere wurden die Untersuchungsergebnisse der Weender Analyse der eingesetzten Mischrationen (PMR, R18, Trockensteherration) und Kraftfuttermischungen (AKF und LKF) herangezogen. Die Energiegehalte und der nXP-Gehalt der eingesetzten Mischrationen und Kraftfuttermischungen errechneten sich aus den analysierten Rohnährstoffgehalten der Einzelkomponenten und den jeweiligen Anteilen an der Gesamtmischung bzw. der Gesamtkraftfuttermischung. Diese Ergebnisse wurden dann für die Beurteilung der Energieversorgung der Tiere verwendet. Auf Grundlage der Ergebnisse der Rohproteinanalytik der Mischrationen und Kraftfuttermischungen wurde die RNB nach der schon dargestellten Formel berechnet.

#### 2.5.2.4 Berechnung der Energiebilanz

Für die Berechnung der Energiebilanz wurde die Energieaufnahme dem Energiebedarf gegenübergestellt. Der Energiebedarf jedes Einzeltieres wurde für jede Versuchswoche aus der Summe von Erhaltungs- und Leistungsbedarf auf Basis der angegebenen Formeln der GfE (2001) berechnet.

$$\text{Erhaltungsbedarf (MJ NEL/Tag)} = 0,293 \text{ MJ} * \text{LM}^{0,75}$$

$$\text{Leistungsbedarf (MJ NEL/kg Milch)} = 0,38 * \% \text{ Fett} + 0,21 * \% \text{ Protein} + 0,95$$

Die Parameter Lebendmasse (LM) und Milchinhaltsstoffe wurden während des Versuches wie in Punkt 2.5.6.1 bzw. 2.5.3.2 beschrieben vierwöchig bzw. zweimal wöchentlich erfasst. Für die wöchentlichen Berechnungen des Erhaltungs- und Leistungsbedarfs wurde im Fall der Lebendmasse bis zur nächsten Messung auf den Wert der letzten Messung zurückgegriffen. Für die Milchinhaltsstoffe wurde der Wochenmittelwert verwendet.

Die Energieaufnahme errechnete sich aus dem für jede Versuchswoche gebildeten Mittelwert der T-Aufnahme der einzelnen Mischrationen und des Leistungskraftfutters und den dazugehörigen Energiegehalten.

### 2.5.3 Milch

#### 2.5.3.1 Erfassung der Milchleistung

Die Milchleistung wurde zweimal wöchentlich (Montagabend und Dienstagmorgen sowie Donnerstagabend und Freitagmorgen) mittels LactoCorder® erfasst und mit einem speziellen Programm (LactoPro®) ausgelesen. Für die Auswertung wurde aus den Morgen- und Abendgemelken jeweils die Tagesmilchmenge berechnet und zu einem Mittelwert pro Versuchswoche zusammengefasst. Während der Kolostralmilchperiode erfolgte keine Erfassung der Milchleistung. Die Tiere wurden zweimal täglich jeweils um 6:00 Uhr und 16:00 Uhr gemolken.

#### 2.5.3.2 Bestimmung der Milchinhaltsstoffe und des Milchprogesterongehaltes

Für die Bestimmung der Milchinhaltsstoffe wurden von laktierenden Versuchstieren zweimal wöchentlich Einzelgemelksproben (Morgen- und Abendgemelk) gezogen. Die Probennahme erfolgte jeweils Montagabend und Dienstagmorgen sowie Donnerstagabend und Freitagmorgen mittels LactoCorder®. Diese Geräte ermöglichten die Abgabe einer repräsentativen

Milchprobe während des gesamten Melkvorganges direkt in die vom LKV zur Verfügung gestellten Probenflaschen (mit Natriumazid-haltigem Konservierungsmittel) sowie eine Dokumentation dieser durch das Einlesen des Barcodes. Die Proben wurden bis zur Analytik bei 4°C gelagert.

Weiterhin wurden zur Beobachtung und Beurteilung des Fruchtbarkeits- und Zyklusgeschehens Proben für die Bestimmung des Milchprogesterongehaltes gewonnen. Die Probennahme erfolgte ab der vierten Laktationswoche zweimal wöchentlich (Montag- und Donnerstagsmorgen) aus dem Nachgemelk bis zur erfolgreichen Wiederbelegung. Es wurden ca. 12 ml Milch in Röhrchen abgefüllt und bis zur Analyse bei -20°C asserviert.

### *2.5.3.3 Berechnung der energiekorrigierten Milch (ECM) und des Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ)*

Die energiekorrigierte Milchmenge standardisiert auf 4 % Fett und 3,4 % Eiweiß wurde auf Grundlage der erfassten Milchmenge und des analysierten Milcheiweiß- und Milchfettgehaltes nach folgender Formel berechnet (SPIEKERS und POTTHAST, 2004):

kg ECM je Tag =  $((1,05 + 0,38 \% \text{ Fett} + 0,21 \% \text{ Eiweiß}) / 3,28) * \text{Milch kg}$ .

Neben der ECM wurde aus den analysierten Milchinhaltsstoffen als zusätzlicher Parameter der Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ) ermittelt. Die Berechnung erfolgte mittels Division:

$$\text{FEQ} = \frac{\text{Milchfettgehalt (\%)}}{\text{Milcheiweißgehalt (\%)}}$$

### **2.5.4 Blut**

Zur Beurteilung des Gesundheitsstatus wurde zu Versuchsbeginn und am letzten Versuchstag von jedem Einzeltier ein Blutbild angefertigt. Um die Stoffwechsel- und Versorgungssituation der Tiere während des Versuches zu bewerten, wurden in Abhängigkeit von der Kalbung und des Laktationsstandes weitere Blutproben wie folgt gezogen: ab der zweiten Woche a.p. (-2, -1, 0) bis zur neunten Woche p.p. wöchentlich (1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9. Laktationswoche), dann vierwöchig (13., 17., 21. Laktationswoche) und anschließend sechswöchig (27., 33., 39., 45. Laktationswoche). Zusätzlich wurde noch eine Blutprobe vor dem Trockenstellen der Tiere genommen.

#### 2.5.4.1 *Probennahme und Probenvorbereitung*

Die Blutentnahme erfolgte einmal wöchentlich jeweils Dienstagmorgen ab 8.00 Uhr nach der Fütterung und Melkung der Tiere. Mittels Vacuette®-System (Fa. Greiner Bio-One GmbH) wurde das Blut aus der Vena jugularis externa durch einen Tierarzt des Tiergesundheitsdienstes Bayern e.V. (TGD) entnommen. Für die Bestimmung der unterschiedlichen Blutparameter wurden pro Tier drei EDTA-Röhrchen á 9 ml (Ethylendiamintetraacetat) und ein Glucose-Röhrchen á 4 ml (Natrium-Fluorid) gewonnen. Nach der Entnahme wurden diese unmittelbar auf Crash-Eis gekühlt und im Labor des Lehrstuhls für Tierernährung der Technischen Universität München in Weihenstephan bearbeitet. Um das für die Blutanalytik benötigte Blutplasma zu gewinnen, wurden die Proben mittels einer Tischzentrifuge (Fa. Hermle, Z323) bei 3000g für 15 min zentrifugiert. Anschließend wurde das Plasma abpipettiert und in die vorbereiteten Eppendorf Cups (1,5 ml) gefüllt. Die Lagerung der Cups erfolgte bis zur Analytik bei -20°C.

#### 2.5.4.2 *Blutparameter*

Die in Abhängigkeit des Laktationsstandes gewonnenen Blutplasmaproben wurden auf Parameter des Energiestoffwechsels wie Glucose, freie Fettsäuren (NEFA),  $\beta$ -Hydroxybutyrat (BHB) und auf Parameter des Leberstoffwechsels (Leberenzyme) wie Aspartat-Aminotransferase (AST), Glutamat-Dehydrogenase (GLDH), Gamma-Glutamyl-Transferase ( $\gamma$ -GT) sowie Gesamt-Bilirubin untersucht. Im Rahmen des großen Blutbildes zu Beginn und Ende des Versuches wurden korpuskuläre Blutparameter (Leukozyten, Thrombozyten, Erythrozyten) und nicht-korpuskuläre Blutparameter (Hämoglobin, Hämatokrit, MCV, MCH, MCHC) bestimmt. Des Weiteren umfasste das große Blutbild ein Differenzialblutbild, in dem die zelluläre Zusammensetzung der Leukozyten in ihren Untergruppen (basophile-, eosinophile-, stabkernige neutrophile-, segmentkernige neutrophile Granulozyten, Lymphozyten, Monozyten) in Prozent und absolut angegeben wurde. Neben dem Blutbild wurden zu Beginn und Ende des Versuches auch die Leberenzyme (AST, GLDH,  $\gamma$ -GT, Gesamt-Bilirubin) bestimmt.

#### **2.5.5 Harnproben**

Um den Säure-Basen-Haushalt der Tiere zu beurteilen, wurde die einfache NSBA (Netto-Säure-Basen-Ausscheidung) im Harn bestimmt. In Abhängigkeit von der Laktationswoche (3, 5, 9 und 13) wurden durch das Auffangen von Spontanharn Proben gewonnen (10 ml-Probengefäße, Fa. Sarstedt). Die Lagerung dieser erfolgte bis zur Analytik bei -20°C.

## **2.5.6 Körperkondition**

### *2.5.6.1 Lebendmasse*

Für die Erfassung der Lebendmasse wurde jedes Einzeltier aus dem Anbindestall in einem angrenzenden Stall über die dort installierte Großviehwaage getrieben und die Lebendmasse notiert. Im Rahmen der Wiegung erfolgte zeitgleich eine Beobachtung der Gliedmaßen- und Klauenfunktion. Falls Tiere Auffälligkeiten zeigten, wurden diese untersucht und anschließend entsprechend behandelt. Die Wiegung der Tiere erfolgte vierwöchig jeweils mittwochmorgens nach der Fütterung und dem Melken ab 8.00 Uhr.

### *2.5.6.2 Body Condition Score*

Anhand der "Konditionskarte für Fleckvieh" (TOP AGRAR, 1998) wurde monatlich der Body Condition Score bestimmt. Die Körperkonditionsbeurteilung erfolgte visuell und palpatorisch durch zwei Personen.

### *2.5.6.3 Rückenfettdicke*

Die Erfassung der Rückenfettdicke (RFD) erfolgte im Anschluss an die BCS-Bestimmung mit Hilfe eines Ultraschallgerätes (Tringa Linear, Fa. Esaote) des Institutes für Tierernährung und Futterwirtschaft der LfL Grub. Der Messpunkt zur Erfassung der Rückenfettdicke wurde nach Staufenbiel (1992) gewählt. Dieser lag auf der gedachten Verbindungslinie zwischen Sitzbeinhöcker und Hüfthöcker, ungefähr eine Handbreite vom Sitzbeinhöcker entfernt.

### 2.5.7 Tiergesundheit

Um Aussagen über die Tiergesundheit treffen zu können, wurden neben den Blut-, Milch- und Harnparametern sämtliche Erkrankungen der Tiere ausgewertet. Es wurden alle Erkrankungen und Störungen erfasst, die Seitens des Tierarztes, des Klauenpflegers oder im Rahmen der Bestandsbetreuung behandelt worden sind (siehe Tabelle 9). Hierzu wurden Unterlagen der Bestandsbetreuung, Tierkarten, tierärztliche Arzneimittel-Anwendungs- und Abgabebelege sowie eigene Aufzeichnungen herangezogen.

**Tabelle 9: Erfasste Erkrankungen der Versuchstiere**

<b>Krankheitskategorie</b>	<b>Differenzierung</b>
<b>Klauen- und Gliedmaßenerkrankungen</b>	Klauen Gliedmaßen
<b>Eutererkrankungen</b>	Mastitis Zitzen-/Euterverletzungen
<b>Stoffwechselstörungen</b>	Gebärparese, Hypocalcämie, Ketose sonstige
<b>Verdauungsstörungen</b>	Acidose sonstige
<b>Fortpflanzungsstörungen</b>	Nachgeburtverhalten Gebärmutterentzündung Gebärmuttervorfall/ Scheidenvorfall Zyklusstörung sonstige
<b>Atemwegserkrankungen</b>	Lungenentzündung

### 2.5.8 Fruchtbarkeit

Zur Beurteilung der Fruchtbarkeit der beiden Versuchsgruppen wurden die in Tabelle 10 aufgeführten Fruchtbarkeitskennzahlen berechnet.

**Tabelle 10: Erfasste Fruchtbarkeitskennzahlen**

Fruchtbarkeitskennzahl	Berechnung
<b>Besamungsindex (BI)</b> oder Gesamtindex (GI)	$BI = (\text{Anzahl der auswertbaren Besamungen der tragenden} + \text{nichttragenden Tiere}) / \text{Anzahl tragender Tiere}$
<b>Trächtigkeitsindex (TI)</b> oder Besamungsaufwand (BA)	$TI = \text{Anzahl der Besamungen der tragenden Tiere} / \text{Anzahl tragender Tiere}$
<b>Güstzeit (GZ)</b> auch Zwischentragezeit (ZTZ)	GZ = berechnet sich aus dem Zeitraum zwischen der Kalbung und der erfolgreichen Besamung
<b>Rastzeit (RZ)</b>	RZ = Zeitspanne zwischen der letzten Kalbung und der folgenden Erstbesamung
<b>Verzögerungszeit (VZ)</b>	VZ = Zeitraum (Tage) zwischen der Erstbesamung und der Besamung, die zur Trächtigkeit führte
<b>Zwischenkalbezeit (ZKZ)</b>	ZKZ = Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgende Kalbungen

Auf Grundlage der analysierten Milchprogesterongehalte erfolgte die Berechnung der Anzahl der Tage bis zur ersten Ovulation für jedes Einzeltier. Diese Ergebnisse wurden dann für beide Versuchsgruppen gemittelt und in die Beurteilung der Fertilität mit einbezogen.

### 2.5.9 Cry1Ab-Protein und *cry1Ab*-DNA

Um potentielle Rückstände von Cry1Ab-Protein und *cry1Ab*-DNA in Milch, Blut und Ausscheidungsprodukten der Tiere nach der Fütterung von gentechnisch verändertem Mais (MON810) nachzuweisen, wurden monatlich Milch-, Blut- und Kotproben sowie alle zwei Monate Harnproben von den isogen und transgen gefütterten Tieren gezogen. Für die quantitative Bilanzierung der Aufnahme vom Cry1Ab-Protein (Bt-Protein) und *cry1Ab*-DNA der Tiere wurden zusätzlich wöchentlich Futterproben von den eingesetzten isogenen und transgenen Maiskomponenten (Maissilage, Körnermais, Maiskobs) sowie von der PMR gezogen.

Die Analytik der Proben erfolgte seitens des Institutes für Physiologie der Technischen Universität München in Weihenstephan im Rahmen der Dissertation von GÜRTLER (2009). Auf Grundlage der analysierten Cry1Ab-Protein Gehalte der eingesetzten Maiskomponenten, der PMR und den Ergebnissen der Futteraufnahme erfolgte die quantitative Bilanzierung der Aufnahme an Cry1Ab-Protein der Tiere durch Multiplikation.

## 2.6 Chemische Analysemethoden

### 2.6.1 Analytik der Futtermittelproben

Die Rohnährstoffanalytik der vorbereiteten Futterproben erfolgte an der LfL im Zentrallabor Grub mittels der Weender Futtermittelanalyse [METHODENBUCH III der VDLUFA (NAUMANN et al.1976)]. Bestimmt wurde der Rohprotein- (XP), der Rohfett- (XL), der Rohfaser- (XF) und der Rohaschegehalt (XA). Der Gehalt an N-freien Extraktstoffen (NfE) wurde als Differenz errechnet. Darüber hinaus wurden im Zentrallabor der Stärkegehalt der Maisprodukte und der Rationen sowie der Zuckergehalt der Melasse und der Melasseschnitzel nach dem METHODENBUCH III der VDLUFA 7.2.1 bzw. 7.1.1 (NAUMANN et al., 1976) bestimmt.

### 2.6.2 Analytik der Milchproben

Die Analyse der Milchinhaltstoffe wurde vom Milchprüfing Bayern e.V. im Zentrallabor Wolnzach durchgeführt. Die Messung von Milchfett, -eiweiß, -lactose und -harnstoff erfolgte mittels Infrarotspektroskopie (Milcoscan, Foss A/S, Dänemark) und die Bestimmung des somatischen Zellgehaltes durch fluoreszenzoptische Zählung (Fossomatic, Foss A/S, Dänemark).

Um den Gehalt der einzelnen Milchinhaltstoffe im Gesamtgemelk zu bestimmen, wurden die analysierten Gehalte aus den Einzelgemelken (Morgen- und Abendgemelk) prozentual zur Milchmenge wie folgt berechnet:

$$\text{Inhaltsstoffgehalt}_{\text{Tag}} = \frac{(\text{Gehalt}_{\text{morgens}} * \text{Milchmenge}_{\text{morgens}}) + (\text{Gehalt}_{\text{abends}} * \text{Milchmenge}_{\text{abends}})}{\text{Milchmenge}_{\text{Tag}}}$$

Der Progesterongehalt in der Milch wurde mittels eines Enzymimmuntests nach den Methoden von MEYER et. al. (1986) im Labor des Institutes für Physiologie der Technischen Universität München in Weihenstephan bestimmt.

### **2.6.3 Analytik der Blutproben**

Die Analytik der stoffwechselrelevanten Parameter (Glucose, NEFA, BHB) erfolgte in den Labors des Lehrstuhls für Tierernährung der Technischen Universität München in Weihenstephan. Für die Bestimmung der einzelnen Parameter wurden die Plasmaproben bei Raumtemperatur aufgetaut, homogenisiert und quantitativ mit Hilfe von enzymatischen Test-Kits durch photometrische Messung (Photometer Rosys Anthos 2010) ausgewertet. Die Glucoseanalytik erfolgte im Natrium-Fluorid-Plasma mittels GOD/PAP Methode (Glucose-test, Fa. Randox Laboratories, Krefeld), der Gehalt an NEFA im EDTA-Plasma mittels der ACS-ACOD-Methode (NEFA C, Wako Chemicals, Darmstadt) und der Gehalt an BHB im EDTA-Plasma durch Einsatz eines enzymatischen Methodentests (D-3-Hydroxybuttersäure, R-Biopharm AG, Darmstadt). Für die Anfertigung der Blutbilder wurde EDTA-Vollblut sowie EDTA-Plasma an das Vet Med Labor Ludwigsburg versandt. Die Gehalte an Leberenzymen im Blutplasma wurden ebenfalls vom Vet Med Labor Ludwigsburg analysiert.

### **2.6.4 Analytik der Harnproben**

Die Bestimmung der einfachen NSBA im Harn erfolgte mittels Titration im Vet Med Labor Ludwigsburg.

## **2.7 Statistische Auswertung**

Für die weitere Bearbeitung wurden die Daten der jeweiligen Parameter zu entsprechenden wöchentlichen Mittelwerten zusammengefasst. Die statistische Auswertung erfolgte unter Anwendung des Softwarepaketes SAS für Windows (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, Version 9.1., 2002-2003).

Die Auswertung der Leistungs- und Stoffwechselfparameter wurde anhand der Prozedur MIXED durchgeführt. Für die Berücksichtigung der wiederholten Messungen wurden die in der Prozedur MIXED verfügbaren Möglichkeiten verwendet.

Es wurden sowohl die Kurvenverläufe der gesamten 1. und 2. Laktation im Versuch, als auch die einzelnen Laktationsabschnitte (Laktationsdrittel) der jeweiligen Laktation ausgewertet (Modell 1).

Modell 1:  $Y_{ijk} = G_i + LW_j + (G * LW)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$

wobei

$Y_{ijk}$  = Beobachtungswert von Fütterungsgruppe i, Laktationswoche j, bei Tier k

$G_i$  = Effekt der Fütterungsgruppe i (i = 1, 2)

$LW_j$  = Effekt der Laktationswoche j (j = 1, ..., max. 45)<sup>1</sup>

$(G * LW)_{ij}$  = Interaktion Fütterungsgruppe und Laktationswoche

$\varepsilon_{ijk}$  = Restfehler von Fütterungsgruppe i, Laktationswoche j, bei Tier k

<sup>1</sup> in Abhängigkeit der Laktationsdauer maximal 45 Laktationswochen

Es wurde bei der Auswertung von einer Normalverteilung ausgegangen. Des Weiteren wurde die Korrelation der Fehler innerhalb der Beobachtungen desselben Tieres berücksichtigt.

Die Auswertung der ermittelten Differenzialblutbilder erfolgte mittels einer multivariaten Varianzanalyse mit der Prozedur GLM (Modell 2).

Modell 2:  $Y_{ij} = G_i + B * D_j + E_{ij}$

wobei

$Y_{ij}$  = Vektor der Parameter<sup>2</sup> von Fütterungsgruppe i, Tier j

$G_i$  = Vektor der Effekte der Fütterungsgruppe i,

$B$  = Vektor der Regressionskoeffizienten

$D_j$  = Versuchsdauer des Tieres j

$E_{ij}$  = Restfehler der Fütterungsgruppe i und des Tieres j

<sup>2</sup> Parameter: Ausgangsbild, Endbild oder die Differenz aus beiden für die Prüfung der Veränderung.

Für die Darstellung der Ergebnisse wurden die ausgegebenen LSMEANS und deren Standardfehler sowie die P-Werte von SAS genutzt. Unterschiede mit einem Signifikanzniveau von  $P < 0,05$  werden als signifikant und solche mit einem Level von  $P < 0,01$  als hoch signifikant bezeichnet.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Beschreibung der Futtermittel und Mischungen

##### 3.1.1 Maissilagen

Im gesamten Versuchszeitraum wurden isogene und transgene Maissilagen aus verschiedenen Erntejahren (2004, 2005 und 2006) eingesetzt. Der Erntezeitpunkt der isogenen und transgenen Maissilagen erfolgte jeweils gegen Ende der Teigreife. Die Trockenmassegehalte, Rohnährstoffgehalte sowie die errechneten Gehalte an nXP, RNB und Nettoenergie sind für die isogene Maissilage in den Tabellen 11-13 und für die transgene Maissilage in den Tabellen 14-16 in Abhängigkeit des Erntejahres dargestellt.

**Tabelle 11: Mittlere T-, Rohnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen Maissilage Ernte 2004**

Woche	T (%)	XA	XP	XL	XF	NfE	XS	nXP	RNB	NEL (MJ/kg T)
1 - 3	38,5	34	76	24	172	694	312	128	-8,3	6,40
4 - 7	41,7	26	78	25	173	698	311	130	-8,4	6,46
8 - 12	39,2	28	81	28	162	701	315	131	-8,0	6,48
13 - 16	40,0	28	81	29	163	698	314	131	-8,0	6,49
17 - 20	39,4	31	84	26	175	684	312	131	-7,5	6,44
21 - 24	38,4	28	79	29	168	646	319	131	-8,3	6,56
25 - 28	38,5	26	75	27	181	718	313	129	-8,7	6,43
29 - 32	33,6	22	75	29	167	735	320	130	-8,8	6,48
33 - 36	37,6	27	76	27	166	703	343	130	-8,5	6,47
37 - 40	37,2	27	76	29	173	694	362	130	-8,6	6,49
41 - 43	36,8	27	76	30	155	713	299	130	-8,7	6,50
44 - 47	37,5	28	82	25	176	688	307	131	-7,8	6,45
48 - 51	35,5	29	86	34	184	667	277	133	-7,6	6,52
52 - 54	37,6	29	69	33	191	678	279	128	-9,4	6,49
<b>Mittelwerte</b>	38,0	28	78	28	172	694	314	130	-8,3	6,48
	±1,9	±2,6	±4,1	±2,7	±8,7	±21,4	±20,8	±1,2	±0,5	±0,04

**Tabelle 12: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen Maissilage Ernte 2005**

Woche	T	XA	XP	XL	XF	NfE	XS	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
55 - 58	36,3	27	73	26	190	684	322	133	-9,6	6,77
59 - 62	36,6	29	73	27	195	676	315	133	-9,6	6,76
63 - 67	37,7	27	74	29	188	683	313	134	-9,5	6,79
68 - 71	36,2	28	75	29	186	664	333	134	-9,3	6,82
72 - 75	35,9	31	78	29	184	664	346	134	-9,1	6,80
76 - 79	36,1	29	74	31	182	685	316	134	-9,6	6,80
80 - 83	35,2	29	70	28	195	679	329	132	-10,0	6,76
84 - 86	33,6	34	74	29	195	668	312	133	-9,3	6,74
<b>Mittelwerte</b>	36,1	29	74	28	189	676	323	133	-9,5	6,78
	±1,1	±2,1	±2,1	±1,4	±4,9	±8,4	±11,4	±0,7	±0,2	±0,02

**Tabelle 13: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen Maissilage Ernte 2006**

Woche	T	XA	XP	XL	XF	NfE	XS	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
87 - 90	29,5	29	88	42	164	673	332	147	-8,7	7,39
91 - 94	29,1	31	95	40	160	671	333	148	-7,8	7,36
95 - 98	31,8	30	90	43	166	668	352	147	-8,5	7,39
99 - 102	32,5	29	93	40	170	663	342	148	-8,0	7,37
103 - 107	33,1	28	91	39	169	667	343	147	-8,2	7,37
<b>Mittelwerte</b>	31,3	29	96	41	166	668	341	147	-8,2	7,38
	±1,7	±1,0	±2,4	±1,3	±3,8	±3,5	±7,3	±0,4	±0,3	±0,01

Bezüglich der Rohrnährstoff- und Nettoenergiegehalte der isogenen und transgenen Maissilagen ergaben sich innerhalb der Erntejahre nur geringfügige Schwankungen, während zwischen den Erntejahren Unterschiede bestanden. Dies war auf die unterschiedlichen Witterungs- und Anbaubedingungen der genutzten Standorte im jeweiligen Erntejahr zurückzuführen.

Die isogene Maissilage wies im Versuchsdurchschnitt eine Nettoenergiekonzentration von 6,74 MJ NEL/kg T und einen Rohfasergehalt von 176 g/kg T auf. Der Rohproteingehalt lag im Mittel bei 80 g/kg T und der nXP-Gehalt bei 134 g/kg T, woraus sich eine RNB von -8,6 g/kg T errechnete.

**Tabelle 14: Mittlere T-, Rohnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der transgenen Maissilage Ernte 2004**

Woche	T	XA	XP	XL	XF	NfE	XS	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
1 - 3	37,8	26	83	24	189	678	281	134	-8,1	6,66
4 - 7	38,5	27	87	27	176	684	302	135	-7,8	6,69
8 - 12	36,5	26	87	26	173	687	325	135	-7,7	6,70
13 - 16	37,2	34	86	30	194	687	331	136	-8,0	6,73
17 - 20	37,8	24	74	28	162	713	306	132	-9,4	6,72
21 - 24	38,3	29	85	28	170	687	315	135	-7,9	6,69
25 - 28	36,1	28	86	27	177	682	289	135	-7,8	6,69
29 - 32	34,9	26	83	29	167	695	308	135	-8,4	6,72
33 - 36	36,4	29	86	28	173	684	322	135	-7,8	6,69
37 - 39	37,1	27	84	27	179	683	302	135	-8,1	6,69
40 - 43	34,0	24	83	27	177	688	319	135	-8,2	6,71
44 - 47	35,2	22	75	26	200	678	286	132	-9,2	6,69
48 - 51	37,1	24	79	27	199	670	291	133	-8,6	6,69
52 - 54	40,1	29	85	26	186	674	284	134	-7,9	6,66
<b>Mittelwerte</b>	36,9	27	83	27	180	685	305	134	-8,2	6,70
	±1,6	±3,0	±4,3	±1,4	±11,6	±10,0	±15,8	±1,1	±0,5	±0,02

Im Versuchsmittel wies die transgene Maissilage einen Rohfasergehalt von 190 g/kg T bei einem Energiegehalt von 6,67 MJ NEL/kg T auf. Der Rohproteingehalt lag bei 84 g/kg T und der nXP-Gehalt bei 134 g/kg T. Daraus ergab sich eine mittlere RNB von -8,0 g/kg T.

**Tabelle 15: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der transgenen Maissilage Ernte 2005**

Woche	T	XA	XP	XL	XF	NfE	XS	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
55 - 58	35,9	27	81	26	198	668	282	135	-8,6	6,77
59 - 62	35,9	28	84	27	191	670	289	136	-8,4	6,78
63 - 67	34,5	27	80	26	202	665	273	135	-8,7	6,76
68 - 71	34,6	29	84	26	197	664	279	136	-8,3	6,76
72 - 75	34,4	30	81	28	195	666	308	135	-8,6	6,77
76 - 79	34,4	31	84	28	188	670	283	136	-8,3	6,77
80 - 83	34,7	29	81	28	194	669	312	135	-8,7	6,78
84 - 86	34,9	32	82	27	194	665	312	135	-8,5	6,76
<b>Mittelwerte</b>	34,9	29	82	27	195	667	291	135	-8,5	6,77
	±0,6	±1,6	±1,5	±0,9	±4,4	±2,3	±15,1	±0,4	±0,2	±0,01

**Tabelle 16: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der transgenen Maissilage Ernte 2006**

Woche	T	XA	XP	XL	XF	NfE	XS	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
87 - 90	30,5	41	91	29	204	635	219	118	-4,3	5,38
91 - 94	31,4	38	93	29	224	616	184	129	-5,7	6,09
95 - 98	29,6	35	90	32	216	626	231	131	-6,6	6,13
99 - 102	31,7	33	89	38	200	641	300	143	-8,6	7,19
103 - 107	31,2	29	95	38	193	645	308	145	-8,0	7,22
<b>Mittelwerte</b>	30,9	35	92	34	207	633	251	134	-6,7	6,44
	±0,7	±4,5	±2,2	±4,2	±11,8	±10,8	±49,9	±10,3	±1,6	±0,73

Energetisch waren die isogenen und transgenen Maissilagen als sehr gut einzustufen und erreichten den in der Rationsplanung angestrebten Energiegehalt von 6,67 MJ NEL/kg T.

### 3.1.2 Grassilagen

Die im Versuchszeitraum eingesetzten Grassilagen stammten aus unterschiedlichen Schnitten und Erntejahren. Insgesamt wurden vier verschiedene Schnitte der Ernte 2004, 2005 und 2006 eingesetzt. Die mittleren Gehalte an Rohnährstoffen und Nettoenergie können der Tabelle 17 entnommen werden.

Zu Beginn des Versuches wurde von der ersten bis zur neunten Versuchswoche statt einer Grassilage eine Roggenwickensilage mit einem Energiegehalt von 6,25 MJ NEL/kg T und einen Rohproteingehalt von 111 g/kg T eingesetzt. Ab der neunten Versuchswoche wurden Grassilagen unterschiedlicher Qualität eingesetzt. Diese unterlagen während des Versuches aufgrund der unterschiedlichen Schnitte und Erntejahren größeren Schwankungen, insbesondere im T-Gehalt, Rohprotein-, NfE - und Rohfasergehalt. Im Versuchsdurchschnitt wiesen die Grassilagen einen T-Gehalt von 38,5 %, einen Nettoenergiegehalt von 6,05 MJ NEL und einen relativ hohen Rohfasergehalt von 269 g/kg T auf. Der Rohproteingehalt lag bei 153 g/kg T und der nXP-Gehalt bei 135 g/kg T. Daraus ergab sich im Mittel eine RNB von 2,9 g/kg T. Der Futterwert der Grassilagen war damit noch ausreichend, lag aber unter dem angestrebten Niveau der kalkulierten Rationsberechnung.

**Tabelle 17: Mittlere T-, Rohnährstoff- und Nettoenergiegehalte der eingesetzten Roggenwickensilage und Grassilagen**

Woche	Schnitt	T	XA	XP	XL	XF	NfE	nXP	RNB	NEL
		(%)	(g/kg T)							(MJ/kg T)
1 - 9	*	24,3	71	111	27	303	477	131	-3,1	6,25
10 - 13	1	30,4	102	191	45	255	406	150	6,5	6,70
14 - 17	1	32,6	94	225	32	225	424	156	11,0	6,76
18 - 20	1	30,7	97	229	47	226	400	158	11,4	6,82
21 - 24	2	32,8	70	128	33	313	457	131	-0,5	6,07
25 - 28	2	34,6	60	132	28	320	488	132	-0,1	6,07
29 - 32	2	43,4	83	162	34	311	411	136	4,2	6,04
33 - 37	3	40,8	93	155	37	289	431	129	4,1	5,76
38 - 41	4	48,5	109	156	36	232	468	130	4,2	5,74
42 - 43	4	41,8	122	158	39	220	462	129	4,6	5,69
44 - 47	4	64,1	85	128	28	249	511	124	0,7	5,61
48 - 51	4	70,0	76	131	27	255	512	125	0,9	5,86
52 - 54	4	66,1	79	131	28	271	490	125	1,1	5,64
55 - 58	1	36,1	85	193	44	241	436	157	5,7	7,15
59 - 60	1	37,8	76	216	48	211	449	159	9,1	6,97
61 - 64	2	29,9	92	172	41	250	446	135	5,9	5,88
65 - 67	2	30,4	78	164	40	267	451	135	4,7	5,94
68 - 69	3	32,1	67	161	43	262	465	136	4,1	6,03
70 - 74	2	41,8	65	134	32	261	509	130	0,6	5,97
75 - 77	3	40,1	90	179	42	261	428	140	6,3	6,13
78 - 79	3	40,8	101	178	35	246	441	138	6,4	6,02
80 - 83	3	27,6	96	110	34	294	467	123	-2,0	5,74
84 - 88	3	27,6	96	130	33	275	466	126	0,6	5,77
89 - 92	3	25,3	102	143	39	270	446	143	0,0	5,75
93 - 96	3	32,5	93	140	40	287	440	129	1,9	5,80
97 - 100	3	34,3	90	140	44	290	436	129	1,7	5,84
101 - 102	3	28,9	115	145	45	273	422	128	2,8	5,71
103 - 107	3	62,7	89	173	32	249	457	138	5,6	6,08
<b>Mittelwerte</b>		38,5	87	153	36	269	456	135	2,9	6,05
		±12,9	±14,0	±31,5	±6,3	±28,3	±30,3	±10,2	±3,7	±0,40

\* Roggenwickensilage

### 3.1.3 Körnermais

Der für die Kraftfuttermischungen eingesetzte isogene und transgene Körnermais stammte aus den Erntejahren 2004 und 2005. In den Tabellen 18-19 bzw. 20-21 sind die mittleren Roh-nährstoff-, Stärke- und die Nettoenergiegehalte für den isogenen bzw. transgenen Körnermais für das jeweilige Erntejahr dargestellt.

**Tabelle 18: Mittlere T-, Rohnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte des isogenen Körnermaises Ernte 2004**

Woche	T	XA	XP	XL	XF	NfE	XS	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
1 - 9	88,0	12	113	44	23	808	537	176	-10,1	8,81
10 - 13	89,1	12	113	44	23	808	537	176	-10,1	8,81
14 - 17	89,1	19	119	63	27	773	476	181	-10,0	8,93
18 - 21	88,0	19	116	70	30	764	556	180	-10,2	8,99
22 - 25	88,7	15	114	53	19	798	586	177	-10,1	8,88
26 - 29	87,8	15	106	41	20	818	672	172	-10,5	8,76
30 - 33	85,5	15	106	38	22	820	639	171	-10,5	8,72
34 - 37	87,2	16	102	39	32	811	722	169	-10,7	8,71
38 - 41	87,2	14	102	24	19	841	692	167	-10,4	8,60
42 - 45	87,5	14	101	39	20	825	669	169	-10,8	8,70
46 - 49	86,9	15	102	36	22	825	704	169	-10,6	8,73
50 - 53	87,9	15	104	39	21	821	623	170	-10,6	8,73
54 - 57	89,1	15	97	38	19	831	666	166	-11,0	8,72
<b>Mittelwerte</b>	87,9	15	108	44	23	811	614	173	-10,4	8,78
	±1,0	±2,1	±6,4	±11,1	±3,9	±20,3	±74,6	±4,6	±0,3	±0,10

**Tabelle 19: Mittlere T-, Rohnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte des isogenen Körnermaises Ernte 2005**

<b>Woche</b>	<b>T</b>	<b>XA</b>	<b>XP</b>	<b>XL</b>	<b>XF</b>	<b>NfE</b>	<b>XS</b>	<b>nXP</b>	<b>RNB</b>	<b>NEL</b>
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
58 - 61	91,0	8	90	39	23	835	699	166	-11,4	8,78
62 - 65	88,8	16	87	39	23	828	631	165	-11,3	8,71
66 - 69	89,2	15	85	37	21	833	702	165	-11,3	8,70
70 - 73	88,7	13	87	35	22	821	665	165	-11,3	8,74
74 - 77	89,3	14	87	38	23	830	688	166	-11,3	8,72
78 - 81	88,5	14	84	37	22	834	641	164	-11,4	8,71
82 - 85	88,6	14	87	38	23	832	746	164	-11,4	8,72
86 - 89	89,2	15	88	37	25	827	667	165	-11,2	8,70
90 - 93	89,5	15	96	39	23	819	640	170	-10,6	8,73
94 - 97	88,4	15	89	39	23	827	676	167	-11,6	8,72
98 - 101	89,8	15	87	38	23	831	683	165	-11,3	8,71
102 - 105	89,8	16	89	37	23	826	688	167	-11,0	8,71
106 - 107	89,4	15	87	37	25	827	681	166	-11,2	8,70
<b>Mittelwerte</b>	89,2	14	95	38	23	829	677	166	-11,2	8,72
	±0,7	±2,0	±3,0	±1,1	±1,0	±4,7	±30,0	±1,7	±0,2	±0,02

Der Futterwert des isogenen Körnermaises unterschied sich innerhalb und zwischen den beiden Erntejahren nur geringfügig. Im Mittel errechnete sich ein Energiegehalt von 8,75 MJ NEL/kg T bei einem mittleren Stärkegehalt von 644 g/kg T. Der Energiegehalt lag damit deutlich über den kalkulierten Wert von 8,42 MJ NEL/kg T aus der Rationsplanung.

**Tabelle 20: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte des transgenen Körnermaises Ernte 2004**

<b>Woche</b>	<b>T</b>	<b>XA</b>	<b>XP</b>	<b>XL</b>	<b>XF</b>	<b>NfE</b>	<b>XS</b>	<b>nXP</b>	<b>RNB</b>	<b>NEL</b>
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
1 - 9	88,0	18	105	48	24	804	597	174	-11,0	9,05
10 - 13	87,8	18	105	48	24	804	597	174	-11,0	9,05
14 - 17	87,8	16	102	50	20	813	549	173	-11,3	9,08
18 - 21	87,9	17	103	42	20	818	584	172	-11,1	9,00
22 - 25	88,1	15	99	38	19	829	648	170	-11,3	8,97
26 - 29	91,2	15	98	34	19	834	579	169	-11,4	8,93
30 - 33	89,7	15	101	39	17	828	648	171	-11,2	8,99
34 - 37	89,7	15	99	37	20	799	711	167	-10,7	8,70
38 - 41	89,4	15	102	36	18	829	677	172	-11,2	8,99
42 - 45	89,2	15	99	41	18	827	685	170	-11,4	8,99
46 - 49	88,7	15	100	37	19	829	695	171	-11,3	8,96
50 - 53	89,4	14	97	38	17	834	662	169	-11,5	8,98
54 - 57	89,7	14	93	36	20	836	660	165	-11,5	8,96
<b>Mittelwerte</b>	88,9	16	101	41	20	820	634	171	-11,2	8,98
	±1,0	±1,4	±3,4	±5,3	±2,4	±12,9	±48,9	±2,7	±0,2	±0,09

Die Rohrnährstoff- und Nettoenergiegehalte des transgenen Körnermaises unterschieden sich innerhalb der beiden Erntejahre nur geringfügig, während zwischen den Erntejahren Abweichungen bei der Nettoenergiekonzentration erkennbar waren. Im Versuchsdurchschnitt wies der transgene Körnermais, ähnlich wie der isogene Körnermais, einen relativ hohen Energiehalt von 8,81 MJ NEL/kg T und einen Stärkegehalt von 657 g/kg T auf.

Die Energiegehalte des isogenen und transgenen Körnermaises errechneten sich neben den analysierten Rohrnährstoffen aus den ermittelten Verdaulichkeiten der Verdauungsversuche. Die Verdaulichkeiten der organischen Masse, des Rohfettes und der Rohfaser des isogenen und transgenen Körnermaises für das jeweilige Erntejahr können der Anhangstabelle A2 entnommen werden.

**Tabelle 21: Mittlere T-, Rohnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte des transgenen Körnermaises Ernte 2005**

<b>Woche</b>	<b>T</b>	<b>XA</b>	<b>XP</b>	<b>XL</b>	<b>XF</b>	<b>NfE</b>	<b>XS</b>	<b>nXP</b>	<b>RNB</b>	<b>NEL</b>
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
58 - 61	90,1	12	85	38	21	840	702	162	-11,6	8,63
62 - 65	89,6	16	83	38	22	834	679	162	-11,4	8,60
66 - 69	89,8	15	81	37	21	838	699	161	-11,5	8,60
70 - 73	91,3	15	83	38	23	835	689	162	-11,6	8,60
74 - 77	90,0	15	85	38	23	830	713	163	-11,2	8,61
78 - 81	89,8	16	81	39	21	835	578	161	-11,5	8,61
82 - 85	88,7	15	83	38	22	835	704	162	-11,5	8,61
86 - 89	89,6	15	88	38	21	832	681	164	-11,1	8,61
90 - 93	89,8	15	95	39	21	822	650	169	-1,4	8,63
94 - 97	91,1	15	94	38	20	827	701	167	-10,6	8,62
98 - 101	91,1	15	91	39	19	830	702	166	-10,9	8,62
102 - 105	91,0	16	89	40	20	827	698	166	-10,9	8,62
106 - 107	91,6	16	94	42	21	818	699	169	-10,5	8,66
<b>Mittelwerte</b>	90,2	15	94	38	21	832	684	164	-11,2	8,62
	±0,8	±0,9	±5,3	±1,0	±1,2	±5,6	±35,2	±2,8	±0,4	±0,01

### 3.1.4 Maiskobs

Neben den beiden Maissilagen wurden in der teilaufgewerteten Mischration (PMR) isogene und transgene Maiskobs eingesetzt. Diese stammten aus den Erntejahren 2004 und 2006. Die Ergebnisse der Rohnährstoffanalyse und der daraus errechneten Gehalte an nXP, RNB und Nettoenergie sind für das jeweilige Erntejahr für die isogenen Maiskobs in den Tabellen 22-24 und für die transgenen Maiskobs in den Tabellen 25-26 dargestellt.

**Tabelle 22: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen Maiskobs Ernte 2004**

<b>Woche</b>	<b>T</b>	<b>XA</b>	<b>XP</b>	<b>XL</b>	<b>XF</b>	<b>NfE</b>	<b>XS</b>	<b>nXP</b>	<b>RNB</b>	<b>NEL</b>
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
1 - 9	90,0	29	76	26	165	703	304	136	-9,7	7,00
10 - 13	90,0	29	76	26	165	703	304	136	-9,6	6,99
14 - 17	89,1	30	78	26	166	701	314	137	-9,4	6,98
18 - 21	89,5	28	79	26	157	710	412	137	-9,4	7,00
22 - 25	89,7	28	74	23	171	704	325	135	-9,8	6,96
26 - 29	93,0	30	78	21	166	704	293	136	-9,2	6,94
30 - 33	89,1	28	78	23	177	693	290	137	-9,3	6,96
34 - 37	91,2	31	74	22	172	700	329	135	-9,7	6,93
38 - 41	89,9	31	72	23	178	696	310	134	-9,9	6,93
42 - 45	92,6	30	72	24	167	708	339	135	-10,1	6,95
46 - 49	89,7	30	78	24	163	705	330	137	-9,4	6,96
50 - 53	90,5	38	95	43	156	639	212	143	-7,7	7,15
54 - 57	90,5	31	69	23	182	695	304	134	-10,3	6,92
58 - 61	89,3	27	83	27	187	676	323	139	-8,9	7,00
<b>Mittelwerte</b>	90,3	30	77	26	169	696	313	137	-9,5	6,98
	±1,1	±2,5	±5,7	±5,0	±8,5	±17,1	±39,0	±2,2	±0,6	±0,05

Die aus der Ernte 2004 hergestellten Maiskobs waren für den geplanten Einsatzzeitraum nicht ausreichend. Aus diesem Grund wurden Maiskobs aus dem gleichen Anbaujahr mit ähnlichen Rohrnährstoff- und Energiegehalten zugekauft. Ein Vergleich zwischen diesen zeigt (Tabelle 22 und 23), dass ähnliche Gehalte vorlagen.

Innerhalb und zwischen den beiden Erntejahren differierten die Rohrnährstoff- und Energiegehalte der isogenen nur geringfügig. Im Versuchsdurchschnitt wiesen die isogenen Maiskobs eine Nettoenergiekonzentration von 6,99 MJ NEL/kg T und einen Stärkegehalt von 305 g/kg T auf.

**Tabelle 23: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen Maiskobs Zukauf Ernte 2004**

Woche	T	XA	XP	XL	XF	NfE	XS	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
62 - 65	90,3	30	87	26	188	669	257	139	-8,4	6,97
66 - 69	90,1	35	91	28	182	664	275	140	-7,8	6,97
70 - 73	89,3	33	90	28	190	659	270	140	-8,0	6,97
74 - 77	91,4	45	85	26	178	666	300	137	-8,3	6,87
<b>Mittelwerte</b>	94,4	36	88	27	185	665	276	139	-8,1	6,95
	±1,2	±6,0	±2,6	±1,0	±4,9	±3,8	±15,8	±1,3	±0,2	±0,04

**Tabelle 24: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen Maiskobs Ernte 2006**

Woche	T	XA	XP	XL	XF	NfE	XS	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
78 - 81	91,8	38	87	31	165	680	328	139	-8,4	6,98
82 - 85	90,9	33	89	36	154	688	336	141	-8,4	7,07
86 - 89	90,1	36	90	32	159	683	286	140	-8,0	7,01
90 - 93	91,3	38	91	36	164	672	308	141	-8,0	7,04
94 - 97	91,0	36	92	38	158	678	304	142	-8,0	7,07
98 - 101	92,7	42	78	36	178	666	257	137	-9,4	6,97
102 - 105	90,8	36	90	37	163	674	316	141	-8,1	7,05
106 - 107	90,6	36	96	36	160	672	324	143	-7,5	7,06
<b>Mittelwerte</b>	91,2	37	89	35	163	677	306	140	-8,3	7,03
	±0,8	±2,5	±4,8	±2,5	±7,0	±6,8	±24,9	±17	±0,5	±0,04

**Tabelle 25: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der transgenen Maiskobs Ernte 2004**

Woche	T	XA	XP	XL	XF	NfE	XS	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
1 - 9	90,5	29	80	30	153	703	326	140	-8,7	7,04
10 - 13	89,6	29	75	28	173	690	264	138	-9,3	7,00
14 - 17	88,2	26	74	27	152	716	319	138	-9,4	7,03
18 - 21	89,8	26	81	29	149	713	325	140	-8,8	7,05
22 - 25	90,0	26	76	24	159	170	301	138	-9,1	7,00
26 - 29	93,4	28	78	24	156	709	280	138	-8,9	6,99
30 - 33	89,0	30	78	24	163	702	306	137	-9,0	6,97
34 - 37	91,3	33	80	27	158	698	380	138	-8,7	6,98
38 - 41	90,6	33	77	39	158	689	309	139	-9,4	7,08
42 - 45	90,6	34	77	23	163	698	300	137	-8,9	6,93
46 - 49	90,0	27	78	26	167	696	323	139	-8,8	7,01
50 - 53	91,3	35	84	34	157	684	280	141	-8,2	7,04
54 - 57	90,6	30	76	27	162	699	338	138	-9,0	7,00
58 - 61	90,5	31	83	27	161	694	358	139	-8,3	7,00
62 - 65	90,5	29	75	26	157	710	301	137	-9,4	6,99
66 - 69	89,8	31	73	24	165	700	284	137	-9,2	6,96
70 - 73	89,8	33	76	39	174	674	322	139	-9,4	7,07
74 - 77	89,8	36	89	31	173	665	299	141	-7,6	7,00
<b>Mittelwerte</b>	90,3	30	83	28	161	698	313	139	-8,9	7,01
	±1,0	±3,0	±3,8	±4,6	±7,1	±12,6	±27,2	±1,2	±0,5	±0,04

Die Rohrnährstoff- und Nettoenergiegehalte der transgenen Maiskobs unterschieden sich zwischen den beiden Erntejahren 2004 und 2006 sowie innerhalb des jeweiligen Erntejahres nur geringfügig. Im Versuchsmittel zeigten die transgenen Maiskobs einen Energiegehalt von 7,01 MJ NEL/kg T und einen Stärkegehalt von 307 g/kg T auf.

Energetisch sind die isogenen und transgenen Maiskobs als hoch einzustufen und liegen mit 6,99 bzw. 7,01 MJ NEL/kg T deutlich über den bei der Rationsplanung angegebenen Wert von 6,16 MJ NEL/kg T.

**Tabelle 26: Mittlere T-, Rohnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der transgenen Maiskobs Ernte 2006**

Woche	T	XA	XP	XL	XF	NfE	XS	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
78 - 81	92,0	40	76	32	175	673	320	137	-9,1	6,96
82 - 85	91,9	36	77	36	170	678	318	138	-9,3	7,03
86 - 69	91,1	36	80	32	169	679	300	139	-8,7	7,00
90 - 93	92,3	41	78	38	179	660	260	138	-9,0	7,00
94 - 97	91,8	44	71	34	176	672	296	135	-9,8	6,94
98 - 101	92,3	33	85	35	155	687	295	139	-8,1	7,06
102 - 105	92,0	39	73	32	176	675	274	139	-9,6	6,96
106 - 107	91,2	34	75	32	174	679	271	138	-9,2	7,01
<b>Mittelwerte</b>	91,9	38	81	34	172	675	293	138	-9,1	6,99
	±0,4	±3,5	±4,1	±2,1	±7,3	±7,6	±20,8	±1,3	±0,5	±0,04

### 3.1.5 Ausgleichskraftfutter (AKF)

In der Tabelle 27 und 28 sind die mittleren Trockenmasse- und Rohnährstoffgehalte sowie die Gehalte an Nettoenergie des eingesetzten isogenen und transgenen Kraftfutters in der PMR dargestellt. Das isogene und transgene Ausgleichskraftfutter wies einen Energiegehalt von 7,30 bzw. 7,34 MJ NEL/kg T auf und lag damit auf dem bei der Rationsplanung angestrebten Niveau. Der Rohproteingehalt des isogenen und transgenen AKF betrug 297 bzw. 296 g/kg T und der mittlere nXP-Gehalt 198 g/kg T, woraus sich eine positive RNB von 15,9 bzw. 15,6 g/kg T errechnete. Der Rohproteingehalt lag unter dem angestrebten 406 g/kg T aus der Rationsgestaltung, begründet durch den niedrigeren Gehalt des eingesetzten Rapsextraktionschrotes von durchschnittlich 375 g/kg T. Das isogene und transgene AKF trug mit einer positiven RNB von 15,9 bzw. 15,6 g/kg T neben der Grassilage hauptsächlich zum Ausgleich der Stickstoffbilanz der PMR bei. Über den gesamten Untersuchungszeitraum waren die Ausgleichskraftfutter nur geringen Schwankungen in der Zusammensetzung unterlegen.

**Tabelle 27: Mittlere T-, Rohnährstoff- und Nettoenergiegehalte des isogenen Ausgleichskraftfutters (AKF)**

<b>Woche</b>	<b>T</b> (%)	<b>XA</b>	<b>XP</b>	<b>XL</b>	<b>XF</b>	<b>NfE</b>	<b>nXP</b>	<b>RNB</b>	<b>NEL</b>
			(g/kg T)					(MJ/kg T)	
1 - 3	89,4	86	291	43	68	513	199	14,8	7,30
4 - 7	89,3	84	302	44	78	492	199	16,5	7,30
8 - 9	89,1	83	297	50	94	477	199	15,7	7,30
10 - 13	88,7	76	296	42	84	501	200	15,3	7,31
14 - 17	88,4	82	301	39	83	495	203	15,7	7,39
18 - 21	88,5	80	296	42	84	499	202	15,1	7,39
22 - 25	88,9	87	293	39	82	498	201	14,8	7,34
26 - 29	88,8	83	283	30	86	518	198	13,7	7,27
30 - 33	88,8	83	291	35	86	505	198	14,9	7,26
34 - 37	89,1	85	307	34	84	490	198	17,4	7,25
38 - 41	89,3	83	298	36	81	503	197	16,2	7,21
42 - 45	88,3	78	276	37	87	522	196	12,7	7,34
46 - 49	89,4	85	270	44	79	521	196	11,9	7,33
50 - 53	88,5	80	305	37	80	498	199	16,9	7,34
54 - 57	88,6	84	294	42	82	498	197	15,4	7,33
58 - 61	89,1	74	286	42	79	520	197	14,3	7,36
62 - 65	88,9	84	295	37	83	500	195	16,0	7,33
66 - 69	89,2	85	308	35	82	491	196	17,9	7,33
70 - 73	88,9	82	301	39	79	498	197	16,6	7,28
74 - 77	89,8	86	313	40	83	479	197	18,6	7,28
78 - 81	89,4	86	304	42	88	480	197	17,1	7,27
82 - 85	89,5	91	303	41	84	481	197	17,0	7,28
86 - 89	89,0	104	308	44	85	458	198	17,6	7,27
90 - 93	89,0	94	300	41	83	481	199	16,2	7,28
94 - 97	89,5	95	293	38	86	489	197	15,3	7,28
98 - 101	89,5	96	298	41	83	482	197	16,2	7,27
102 - 105	89,8	91	310	38	80	482	198	17,8	7,27
106.- 107	89,7	96	306	38	82	478	198	17,3	7,27
<b>Mittelwerte</b>	89,1	86	297	39	83	495	198	15,9	7,30
	±0,4	±6,6	±9,9	±3,7	±3,9	±15,1	±1,8	±1,6	±0,04

**Tabelle 28: Mittlere T-, Rohnährstoff- und Nettoenergiegehalte des transgenen Ausgleichskraftfutters (AKF)**

<b>Woche</b>	<b>T</b>	<b>XA</b>	<b>XP</b>	<b>XL</b>	<b>XF</b>	<b>NfE</b>	<b>nXP</b>	<b>RNB</b>	<b>NEL</b>
	(%)			(g/kg T)				(MJ/kg T)	
1 - 3	89,5	81	311	46	86	477	201	17,6	7,36
4 - 7	89,2	82	310	43	80	485	201	17,5	7,36
8 - 9	89,3	72	299	47	90	493	200	15,8	7,36
10 - 13	88,7	77	299	39	85	500	200	15,8	7,36
14 - 17	88,5	83	302	38	83	495	200	16,3	7,38
18 - 21	88,5	86	252	40	82	542	195	9,0	7,34
22 - 25	88,8	81	292	40	79	507	198	15,1	7,33
26 - 29	89,4	80	309	35	90	486	198	17,7	7,30
30 - 33	90,4	81	908	35	83	493	199	17,5	7,32
34 - 37	90,5	76	292	35	82	513	196	15,5	7,20
38 - 41	90,6	78	295	39	77	511	198	15,5	7,31
42 - 45	90,4	79	280	38	82	521	197	13,2	7,40
46 - 49	88,2	87	306	44	76	487	199	17,2	7,39
50 - 53	89,3	79	288	38	79	516	197	14,5	7,39
54 - 57	89,8	84	298	44	81	492	197	16,2	7,39
58 - 61	89,5	81	270	27	78	544	195	12,0	7,38
62 - 65	89,5	89	274	37	78	523	195	12,6	7,38
66 - 69	89,8	84	284	35	85	512	195	14,3	7,39
70 - 73	89,4	81	308	32	116	463	197	17,8	7,35
74 - 77	89,6	85	299	41	88	487	198	16,3	7,33
78 - 81	87,7	91	302	37	90	480	197	16,8	7,33
82 - 85	90,4	89	297	42	80	492	197	16,1	7,33
86 - 89	90,4	91	302	55	75	477	198	16,6	7,33
90 - 93	89,8	96	297	42	82	483	199	15,6	7,34
94 - 97	90,1	97	299	39	83	482	199	16,0	7,33
98 - 101	89,9	92	296	42	87	483	198	15,7	7,33
102 - 105	90,1	96	311	40	80	473	199	17,9	7,33
106.- 107	90,1	99	308	34	80	481	199	17,4	7,35
<b>Mittelwerte</b>	89,5	85	296	39	83	497	198	15,6	7,34
	±0,8	±6,4	±13,8	±5,2	±7,6	±20,0	±1,7	±2,0	±0,04

### 3.1.6 PMR

In der Tabelle 29 und 30 sind die analysierten Trockenmassegehalte, Rohnährstoffgehalte sowie die errechneten Gehalte an nXP, RNB und Nettoenergie der eingesetzten isogenen und transgenen teilaufgewerteten Mischration (PMR) dargestellt.

Im Versuchsdurchschnitt wies die isogene PMR einen Energiegehalt von 6,67 MJ NEL/kg T, einen Rohproteingehalt von 131 g/kg T und einen nXP-Gehalt von 143 g/kg T auf. Daraus errechnete sich eine negative RNB von durchschnittlich -1,8 g/kg T. Der Rohfaser- und Stärkegehalt lag im Mittel bei 191 bzw. 212 g/kg T. Die transgene PMR enthielt im Mittel eine Nettoenergiekonzentration von 6,68 MJ NEL/kg T bei einem durchschnittlichen Rohfaser- und Stärkegehalt von 196 g/kg T bzw. 208 g/kg T. Der Rohprotein- und nXP-Gehalt lag im Mittel bei 132 bzw. 143 g/kg T, woraus sich eine negative RNB von -1,8 g/kg T errechnete.

Im Vergleich mit den kalkulierten Gehalten der Rationsplanung erreichte die isogene und die transgene PMR den angestrebten Futterwert bei der Rationsplanung, trotz der unterschiedlichen Qualitäten der Grassilage und den damit einhergehenden niedrigen Rohproteingehalten und hohen Rohfasergehalten.

**Tabelle 29: Mittlere T-, Rohnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen PMR**

<b>Woche</b>	<b>T</b>	<b>XA</b>	<b>XP</b>	<b>XL</b>	<b>XF</b>	<b>NfE</b>	<b>XS</b>	<b>nXP</b>	<b>RNB</b>	<b>NEL</b>
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
1 - 9	46,5	46	133	29	166	626	247	143	-1,6	6,64
10	48,6	51	139	30	186	594	203	144	-0,4	6,63
11 - 14	50,6	46	136	30	173	614	224	144	-1,2	6,64
15 - 18	51,0	49	141	30	160	623	238	144	-0,5	6,54
19 - 22	50,7	42	122	25	200	609	243	141	-3,0	6,61
23 - 26	49,2	46	121	27	199	607	210	140	-3,0	6,54
27 - 30	50,6	48	124	26	188	614	221	140	-2,6	6,54
31 - 34	50,1	54	132	28	194	592	230	140	-1,1	6,51
35 - 38	51,7	51	128	28	188	605	223	140	-1,9	6,50
39 - 42	51,8	51	125	31	186	607	202	139	-2,4	6,50
43 - 46	53,7	48	127	25	189	611	217	139	-1,9	6,47
47 - 50	54,3	48	128	26	204	600	193	140	-1,9	6,53
51 - 54	54,7	51	126	29	217	577	175	141	-2,4	6,55
55 - 58	50,7	48	131	28	199	594	188	143	-2,0	6,79
59 - 62	49,5	48	132	28	202	591	208	144	-2,0	6,78
63 - 67	48,5	49	133	28	195	594	198	142	-1,4	6,67
68 - 69	48,8	47	123	26	208	597	203	142	-3,1	6,68
70 - 74	49,8	46	119	25	211	600	204	140	-3,4	6,67
75 - 77	50,6	51	130	29	206	585	185	140	-1,7	6,67
78 - 79	49,9	61	142	30	187	580	188	141	0,2	6,66
80 - 83	47,8	51	121	27	211	589	144	139	-2,8	6,63
84 - 86	47,6	52	130	29	199	590	234	139	-1,5	6,63
87 - 88	44,6	57	138	34	178	594	153	147	-1,5	6,89
89 - 92	42,7	57	133	32	200	578	195	150	-2,7	6,93
93- 96	45,4	56	143	37	190	574	216	148	-0,8	6,95
97 - 100	46,3	58	142	37	180	584	246	147	-0,8	6,93
101 - 102	45,0	52	140	36	183	590	235	148	-1,3	6,94
103 - 107	50,6	55	147	34	177	587	229	149	-0,3	6,97
<b>Mittelwerte</b>	49,4	50	131	29	191	599	212	143	-1,8	6,67
	±2,8	±4,2	±7,6	±3,4	±14,8	±14,9	±25,8	±3,3	±0,9	±0,15

**Tabelle 30: Mittlere T-, Rohnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der transgenen PMR**

<b>Woche</b>	<b>T</b>	<b>XA</b>	<b>XP</b>	<b>XL</b>	<b>XF</b>	<b>NfE</b>	<b>XS</b>	<b>nXP</b>	<b>RNB</b>	<b>NEL</b>
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
1 - 9	45,4	47	140	29	169	616	248	145	-0,8	6,71
10	47,0	51	138	29	186	595	242	145	-1,1	6,74
11 - 14	48,8	49	144	30	181	595	224	146	-0,2	6,76
15 - 18	49,6	47	149	30	173	599	225	145	0,6	6,78
19 - 22	50,6	45	115	25	205	613	226	142	-4,4	6,67
23 - 26	49,0	42	120	25	190	623	218	143	-3,6	6,66
27 - 30	50,1	49	133	27	195	597	196	143	-1,6	6,66
31 - 34	49,3	56	138	34	197	575	228	142	-0,8	6,61
35 - 38	52,2	53	133	27	198	588	202	142	-1,3	6,59
39 - 42	51,1	56	133	28	195	589	197	143	-1,6	6,63
43 - 46	53,0	46	125	24	200	605	224	140	-2,5	6,60
47 - 50	54,9	43	115	25	205	611	191	141	-4,1	6,62
51 - 54	55,7	47	129	28	211	585	199	143	-2,2	6,61
55 - 58	51,0	45	128	26	197	604	203	145	-2,8	6,83
59 - 62	49,5	44	126	26	197	607	230	146	-3,2	6,80
63 - 67	48,1	47	128	26	195	603	193	142	-2,3	6,86
68 - 69	48,4	47	128	25	206	594	216	142	-2,4	6,67
70 - 74	49,6	47	120	24	216	594	196	142	-3,5	6,69
75 - 77	49,1	56	140	29	188	587	184	144	-0,7	6,69
78 - 79	49,7	55	127	28	208	582	176	143	-2,5	6,66
80 - 83	48,3	53	128	29	195	595	206	141	-2,0	6,63
84 - 86	46,3	51	127	31	198	593	197	142	-2,4	6,64
87 - 88	43,9	60	135	29	183	596	217	135	0,0	6,06
89 - 92	42,2	64	125	29	246	536	135	142	-2,7	6,46
93- 96	45,5	61	138	33	205	564	184	142	-0,6	6,48
97 - 100	45,7	55	133	32	198	583	204	147	-2,3	6,96
101 - 102	46,3	55	137	34	194	581	215	147	-1,7	6,95
103 - 107	50,3	55	154	32	181	577	220	148	1,0	6,89
<b>Mittelwerte</b>	49,0	50	132	28	196	594	208	143	-1,8	6,68
	±3,1	±5,7	±9,7	±2,9	±15,7	±18,2	±23,5	±2,4	±1,4	±0,14

### 3.1.7 Altmelkerration

Den Tabellen 31 und 32 können die Gehalte an Trockenmasse, Rohnährstoffen und Nettoenergie der verfütterten isogenen und transgenen Altmelkerration entnommen werden. Die isogenen Altmelkerration wies im Versuchsmittel einen Nettoenergiegehalt von 6,10 MJ NEL/kg T bei einem Rohfasergehalt von 245 g/kg T auf. Der Rohprotein- und nXP-Gehalt lag im Mittel bei 111 bzw. 129 g/kg T, woraus sich eine negative RNB von -2,9 errechnete. Der mittlere Nettoenergiegehalt der transgenen Altmelkerration betrug im Versuchsdurchschnitt 6,09 MJ NEL/kg T bei einem mittleren Rohfasergehalt von 252 g/kg T. Der Rohprotein und nXP-Gehalt der transgenen Altmelkerration betrug im Versuchsmittel 111 bzw. 130 g/kg T, woraus sich eine negative RNB von -3,1 ableiten ließ. Die Gehalte der isogenen sowie auch der transgenen Altmelkerration unterschieden sich während des Untersuchungszeitraumes nur geringfügig und lagen auf dem bei der Rationsplanung angestrebten Niveau von 5,90 MJ NEL/kg T.

**Tabelle 31: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen Altmelkerration (R18)**

<b>Woche</b>	<b>T</b>	<b>XA</b>	<b>XP</b>	<b>XL</b>	<b>XF</b>	<b>NfE</b>	<b>XS</b>	<b>nXP</b>	<b>RNB</b>	<b>NEL</b>
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
10	53,3	46	110	27	251	567	180	128	-3,0	6,15
11 - 14	55,2	46	113	27	238	576	184	130	-2,6	6,06
15 - 18	55,1	46	116	26	228	584	203	130	-2,3	6,10
19 - 22	55,7	43	102	24	256	575	171	128	-4,3	6,07
23 - 26	53,7	43	105	23	244	584	179	127	-3,6	6,02
27 - 30	54,5	42	103	22	244	589	170	127	-3,9	6,00
31 - 34	54,2	47	107	25	261	560	168	127	-3,2	5,98
35 - 38	55,3	51	117	25	230	578	189	127	-1,6	5,97
39 - 42	55,6	49	109	28	243	571	171	128	-3,0	5,97
43 - 46	57,6	46	111	23	241	578	178	127	-2,5	5,95
47 - 50	58,4	45	104	21	274	560	132	127	-3,6	6,00
51 - 54	59,0	52	116	28	235	569	154	130	-2,3	6,00
55 - 58	56,4	49	113	26	243	569	169	130	-2,7	6,22
59 - 62	55,0	48	113	24	244	569	168	131	-2,8	6,19
63 - 67	54,4	46	110	24	253	568	157	130	-3,3	6,10
68 - 69	53,5	46	109	25	248	572	169	129	-3,3	6,11
70 - 74	54,5	47	109	25	251	568	160	128	-3,0	6,10
75 - 77	55,3	49	108	24	272	548	133	128	-3,2	6,09
78 - 79	54,5	56	114	26	238	566	135	128	-2,2	6,10
80 - 83	52,9	51	109	26	248	566	155	126	-2,7	6,07
84 - 86	25,7	52	112	28	241	567	173	127	-2,3	6,07
87 - 88	49,1	53	119	31	202	595	211	133	-2,3	6,28
89 - 92	47,7	49	110	28	245	567	170	136	-4,1	6,31
93- 96	50,7	53	122	31	234	560	183	134	-2,0	6,33
97 - 98	50,4	51	122	31	234	562	199	133	-1,7	6,31
106 - 107	53,5	51	127	30	235	557	169	135	-1,3	6,29
<b>Mittelwerte</b>	54,4	48	111	26	245	571	169	129	-2,9	6,10
	±2,5	±3,3	±5,7	±2,6	±13,0	±9,6	±17,8	±2,7	±0,7	±0,11

**Tabelle 32: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ/kg T) der transgenen Altmelkerration (R18)**

<b>Woche</b>	<b>T</b>	<b>XA</b>	<b>XP</b>	<b>XL</b>	<b>XF</b>	<b>NfE</b>	<b>XS</b>	<b>nXP</b>	<b>RNB</b>	<b>NEL</b>
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
10	53,2	48	116	28	250	558	165	131	-2,4	6,15
11 - 14	54,8	46	118	27	248	561	188	132	-2,2	6,16
15 - 18	55,4	44	125	26	238	568	179	131	-0,9	6,21
19 - 22	55,9	44	100	24	256	576	164	129	-4,6	6,12
23 - 26	54,7	41	105	22	248	584	167	129	-3,9	6,11
27 - 30	55,6	45	112	24	242	577	163	129	-2,7	6,09
31 - 32	55,0	48	114	22	252	564	173	129	-2,4	6,06
45 - 46	56,0	46	111	23	250	570	207	127	-2,6	6,05
47 - 50	59,6	45	96	21	270	569	150	128	-5,2	6,07
51 - 54	60,8	48	112	26	249	564	151	132	-3,1	6,05
55 - 58	55,6	47	117	24	241	570	170	132	-2,3	6,25
59 - 62	54,3	49	122	26	242	561	169	132	-1,7	6,20
63 - 67	53,7	47	108	23	258	564	147	130	-3,6	6,09
68 - 69	53,2	46	113	23	242	577	177	129	-2,7	6,10
70 - 74	54,4	46	103	22	257	573	168	129	-4,3	6,11
75 - 77	56,1	49	110	23	263	556	134	131	-3,4	6,11
78 - 79	54,4	56	118	27	239	559	127	130	-1,9	6,09
80 - 83	53,3	50	108	25	255	562	175	128	-3,2	6,07
84 - 86	52,4	52	110	28	256	553	160	129	-3,0	6,07
87 - 88	48,9	54	118	26	238	568	181	123	-0,8	5,62
89 - 92	49,4	53	104	25	285	533	125	129	-4,0	5,90
<b>Mittelwerte</b>	54,8	47	111	24	252	565	163	130	-3,1	6,09
	±2,6	±3,4	±7,6	±2,0	±11,7	±11,0	±18,2	±1,7	±1,1	±0,11

### **3.1.8 Trockensteherration**

Bei der isogenen und transgenen Trockensteherration konnte der angestrebte Futterwert bei der Rationsplanung realisiert werden (siehe Tabelle 33 und 34). Die Energiekonzentration der isogenen und transgenen Trockensteherration lag im Versuchsmittel bei 5,79 MJ NEL/kg T bzw. 5,80 MJ NEL/kg T und der Rohfasergehalt bei 273 bzw. 291 g/kg T. Es wurden im Mittel für isogen und transgen ein Rohproteingehalt von 100 bzw. 97 g/kg T und nXP-Gehalt von 122 g/kg T erreicht.

**Tabelle 33: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen Trockensteherration**

<b>Woche</b>	<b>T</b>	<b>XA</b>	<b>XP</b>	<b>XL</b>	<b>XF</b>	<b>NfE</b>	<b>XS</b>	<b>nXP</b>	<b>RNB</b>	<b>NEL</b>
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
1 - 3	56,3	44	97	26	240	586	184	124	-3,3	5,87
4 - 7	52,6	40	108	25	205	615	227	125	-1,6	5,88
8 - 9	52,7	43	103	26	241	581	191	125	-2,6	5,88
12	60,8	41	91	21	300	548	142	120	-4,7	5,66
13 - 16	57,7	47	108	26	245	573	142	122	-2,2	5,76
17 - 20	58,3	43	100	22	264	570	147	123	-3,6	5,78
21 - 24	56,9	43	91	23	295	548	148	120	-4,6	5,76
25 - 26	57,2	42	94	23	287	553	128	119	-4,0	5,71
37 - 40	56,4	54	110	25	235	575	186	119	-1,4	5,66
41 - 44	60,3	44	101	24	281	551	153	121	-3,2	5,67
45 - 48	60,3	42	86	19	307	546	114	119	-5,3	5,64
49 - 52	62,7	48	94	22	278	557	135	121	-4,3	5,68
53 - 54	63,0	53	106	28	258	555	140	124	-2,9	5,68
55 - 58	60,1	48	103	23	279	547	140	123	-3,2	5,88
59 - 62	58,4	44	101	23	289	543	136	123	-3,5	5,84
63 - 67	58,3	48	93	21	289	548	133	123	-4,8	5,76
68 - 69	56,5	45	99	22	275	559	145	122	-3,6	5,77
70 - 74	57,9	45	91	20	287	557	127	120	-4,6	5,76
75 - 77	58,6	50	101	23	289	538	128	120	-3,1	5,76
78 - 79	55,7	55	113	26	261	544	133	121	-1,1	5,77
80 - 83	56,7	51	94	23	296	535	133	119	-4,0	5,74
84 - 86	56,1	52	101	26	274	547	145	119	-3,0	5,74
78 - 88	52,9	52	101	28	271	548	153	125	-3,9	5,92
89 - 92	50,8	50	102	28	275	546	144	128	-4,2	5,95
93 - 96	54,7	50	105	27	285	534	145	126	-3,4	5,97
97 - 98	54,7	50	106	27	272	545	154	125	-3,0	5,95
106 - 107	58,9	47	106	25	292	530	118	127	-3,4	5,94
<b>Mittelwerte</b>	57,3	47	100	24	273	555	147	122	-3,5	5,79
	±2,9	±4,0	±7,2	±2,4	±23,9	±18,8	±24,8	±2,6	±1,1	±0,10

**Tabelle 34: Mittlere T-, Rohnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der transgenen Trockensteherration**

<b>Woche</b>	<b>T</b>	<b>XA</b>	<b>XP</b>	<b>XL</b>	<b>XF</b>	<b>NfE</b>	<b>XS</b>	<b>nXP</b>	<b>RNB</b>	<b>NEL</b>
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
1 - 3	54,3	48	99	24	260	569	162	126	-4,27	5,92
4 - 7	51,0	42	115	23	242	577	189	126	-1,75	5,92
8 - 9	53,6	43	109	26	256	566	173	126	-2,71	5,92
10	59,2	46	88	22	333	511	125	118	-4,8	5,62
11 - 12	58,3	43	99	24	296	539	142	121	-3,7	5,74
13 - 16	59,3	42	106	22	310	519	100	123	-2,7	5,84
17 - 20	60,1	42	93	21	293	551	113	123	-4,8	5,88
21 - 24	57,2	40	93	21	292	553	135	121	-4,6	5,80
25 - 28	58,8	40	89	20	299	552	129	121	-5,1	5,78
29 - 32	59,5	42	91	20	307	540	134	122	-4,9	5,77
33 - 36	59,3	47	102	23	282	547	158	121	-3,0	5,74
37 - 40	61,2	43	86	19	325	527	128	121	-5,6	5,74
46 - 48	60,9	42	83	20	303	550	157	119	-5,8	5,73
49 - 51	64,6	45	94	21	284	557	143	120	-4,3	5,75
54	64,7	54	100	27	288	532	124	124	-3,9	5,74
55 - 58	58,1	46	101	24	280	549	147	124	-3,7	5,91
59 - 62	56,1	45	107	24	274	550	149	124	-2,7	5,86
63 - 67	57,3	46	97	22	284	550	147	123	-4,1	5,76
68 - 69	56,9	45	98	22	273	562	158	122	-3,8	5,76
70 - 74	58,0	46	91	20	308	536	143	122	-5,0	5,78
75 - 76	61,1	47	83	19	338	513	102	123	-6,4	5,77
81 - 83	55,8	51	100	24	277	549	149	121	-3,4	5,74
84 - 85	57,0	48	87	23	317	526	130	121	-5,4	5,75
<b>Mittelwerte</b>	58,2	44	97	22	291	546	141	122	-4,1	5,80
	±2,9	±3,0	±8,3	±1,9	±22,0	±15,4	±20,6	±1,8	±1,1	±0,07

### 3.1.9 Leistungskraftfutter (LKF)

In den folgenden Tabellen 35 und 36 sind die mittleren Gehalte an Trockenmasse, Rohnährstoffen und Nettoenergie des eingesetzten isogenen und transgenen Leistungskraftfutters dargestellt. Die angestrebten Gehalte bei der kalkulierten Rationsberechnung konnten nahezu realisiert werden. Die mittleren Energiegehalte des isogenen und transgenen LKF von 8,02 MJ NEL/kg T bzw. 8,01 MJ NEL/kg T lagen über dem angestrebten Gehalt. Während der durchschnittliche Rohproteingehalt des isogenen und transgenen LKF von 206 bzw. 199 g/kg T und der nXP-Gehalt von 192 bzw. 191 g/kg T dem der Rationsberechnung fast entsprachen. Die errechnete RNB war mit 2,2 g/kg T für isogen und mit 1,4 g/kg T für transgen positiv. Ähnlich wie beim Ausgleichskraftfutter unterlagen die Rohnährstoff- und Energiegehalte des isogenen und transgenen Leistungskraftfutters während des Untersuchungszeitraumes nur geringen Schwankungen.

**Tabelle 35: Mittlere T-, Rohnährstoff- und Nettoenergiegehalte des isogenen Leistungskraftfutters (LKF)**

<b>Woche</b>	<b>T</b>	<b>XA</b>	<b>XP</b>	<b>XL</b>	<b>XF</b>	<b>NfE</b>	<b>nXP</b>	<b>RNB</b>	<b>NEL</b>
	(%)			(g/kg T)				(MJ/kg T)	
1 - 3	89,1	66	213	47	91	583	194	3,1	8,01
4 - 7	89,3	71	212	46	85	587	194	2,9	8,01
8 - 9	89,1	72	207	40	100	581	193	2,2	8,01
10 - 13	88,7	77	207	41	92	583	194	2,1	8,03
14 - 17	88,2	69	194	36	93	607	194	0,0	8,10
18 - 21	88,5	72	210	40	86	591	196	2,3	8,10
22 - 25	89,0	66	199	34	92	608	193	0,9	8,05
26 - 29	89,4	70	191	26	93	620	190	0,1	7,99
30 - 33	88,9	77	216	33	90	584	194	3,6	7,98
34 - 37	89,0	73	216	31	91	618	194	3,6	8,00
38 - 41	89,3	67	204	26	91	612	191	2,0	7,95
42 - 45	88,7	71	206	31	93	599	193	2,2	8,06
46 - 49	88,4	73	216	40	86	584	194	3,6	8,04
50 - 53	88,8	68	199	32	93	608	192	1,2	8,05
54 - 57	89,1	72	202	38	91	598	191	1,7	8,05
58 - 61	89,6	66	200	37	90	607	191	1,4	8,07
62 - 65	89,3	70	203	37	90	600	190	2,1	8,05
66 - 69	89,3	70	205	31	88	605	190	2,3	8,05
70 - 73	89,0	68	188	32	96	616	189	-0,2	8,02
74 - 77	89,8	81	210	33	93	583	192	2,8	8,01
78 - 81	89,6	70	225	34	97	574	193	5,1	7,98
82 - 85	89,6	72	211	35	96	586	192	3,1	7,99
86 - 89	88,8	75	221	36	94	575	193	4,5	7,98
90 - 93	88,7	78	198	33	99	593	191	1,0	7,99
94 - 97	89,6	70	200	33	100	597	191	1,5	7,99
98 - 101	89,2	72	200	37	95	596	190	1,5	7,99
102 - 105	89,4	73	210	35	88	595	192	2,9	7,99
106.- 107	89,6	67	204	34	91	604	193	1,9	7,99
<b>Mittelwerte</b>	89,1	71	206	35	92	596	192	2,2	8,02
	±0,4	±3,7	±8,8	±4,7	±3,9	±12,9	±1,6	±1,3	±0,04

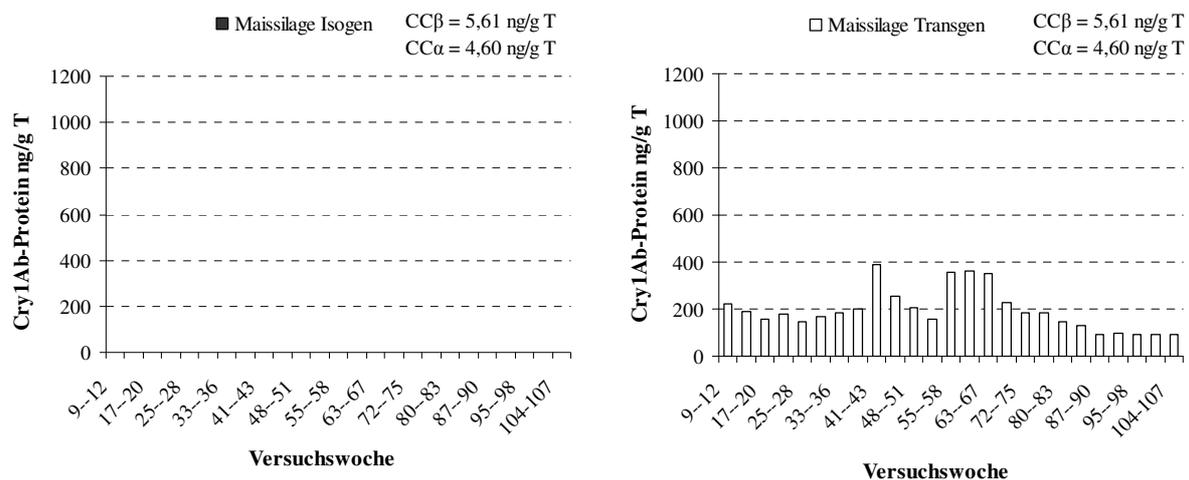
**Tabelle 36: Mittlere T-, Rohnährstoff- und Nettoenergiegehalte des transgenen Leistungskraftfutters (LKF)**

<b>Woche</b>	<b>T</b> (%)	<b>XA</b>	<b>XP</b>	<b>XL</b>	<b>XF</b>	<b>NfE</b>	<b>nXP</b>	<b>RNB</b>	<b>NEL</b>
			(g/kg T)					(MJ/kg T)	
1 - 3	89,1	79	263	37	85	536	194	10,9	8,02
4 - 7	89,2	72	203	44	88	594	189	2,3	8,02
8 - 9	89,0	68	190	46	98	598	187	0,5	8,02
10 - 13	88,9	73	206	39	98	583	189	2,8	8,03
14 - 17	88,3	61	203	31	94	611	188	2,3	8,00
18 - 21	88,8	71	207	37	87	598	189	3,0	7,99
22 - 25	88,9	66	192	31	95	617	186	1,0	7,98
26 - 29	90,0	69	196	25	95	615	186	1,6	7,89
30 - 33	90,7	68	201	33	90	609	187	2,1	7,99
34 - 37	90,6	69	211	29	89	602	187	3,9	8,01
38 - 41	90,6	64	195	36	89	616	187	1,3	8,05
42 - 45	90,3	67	202	32	87	611	188	2,3	8,05
46 - 49	89,2	69	194	37	91	610	187	1,1	8,05
50 - 53	89,4	71	197	32	91	610	187	1,5	8,04
54 - 57	89,9	66	190	31	91	621	185	0,8	8,05
58 - 61	89,3	56	186	33	96	630	185	0,2	8,04
62 - 65	89,5	66	195	33	89	616	186	1,5	8,04
66 - 69	90,0	68	196	31	87	618	185	1,8	8,05
70 - 73	89,6	67	181	30	95	627	183	-0,4	8,02
74 - 77	89,7	64	189	33	99	615	185	0,6	8,01
78 - 81	88,3	73	196	35	97	599	186	1,7	8,01
82 - 85	90,2	70	197	32	93	608	186	1,8	8,01
86 - 89	89,9	71	212	37	99	580	188	3,8	8,01
90 - 93	89,7	70	187	36	92	616	186	0,1	8,02
94 - 97	89,8	69	196	32	103	600	187	1,4	8,01
98 - 101	89,5	70	199	37	91	603	187	1,9	7,99
102 - 105	89,9	73	213	36	87	592	188	3,9	7,99
106.- 107	89,4	72	199	33	93	604	187	2,0	8,01
<b>Mittelwerte</b>	89,6	68	199	34	92	606	191	1,4	8,01
	±0,6	±4,1	±13,3	±4,0	±4,5	±16,7	±2,1	±1,8	±0,03

### 3.2 Gehalte an Cry1Ab-Protein der Maiskomponenten und der PMR

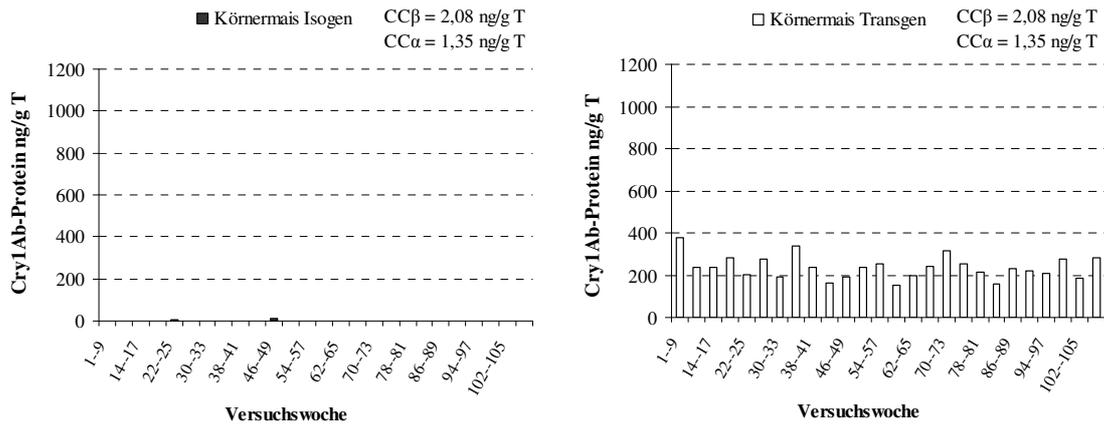
Die Datengrundlage der nachfolgenden Abbildungen 2-4 zum Gehalt des Cry1Ab-Proteins der eingesetzten Maiskomponenten (Maissilage, Körnermais, Maiskobs) und der Grundration (PMR) wurden im Rahmen der Dissertation von GÜRTLER (2009) erarbeitet.

In der Abbildung 2 ist der Gehalt des Cry1Ab-Proteins der isogenen und transgenen Maissilagen über den Versuchszeitraum dargestellt. Bei der Betrachtung dieser ist ersichtlich, dass das Cry1Ab-Protein in keiner der isogenen Maissilagen detektiert werden konnte. Die Gehalte lagen mit 1,0-1,9 ng/g T unter der angegebenen Entscheidungsgrenze ( $CC\alpha$ , decision limit) von 4,60 ng/g T und unter dem Nachweisvermögen ( $CC\beta$ , detection capability) von 5,61 ng/g T. Im Gegensatz dazu konnte das Cry1Ab-Protein in allen Proben der transgenen Maissilagen detektiert werden. Die Konzentrationen variierten zwischen 91-390 ng/g T und lagen damit oberhalb des  $CC\beta$ .



**Abbildung 2: Gegenüberstellung der Gehalte an Cry1Ab-Protein (ng/g T) der isogenen und transgenen Maissilagen im Versuchszeitraum**

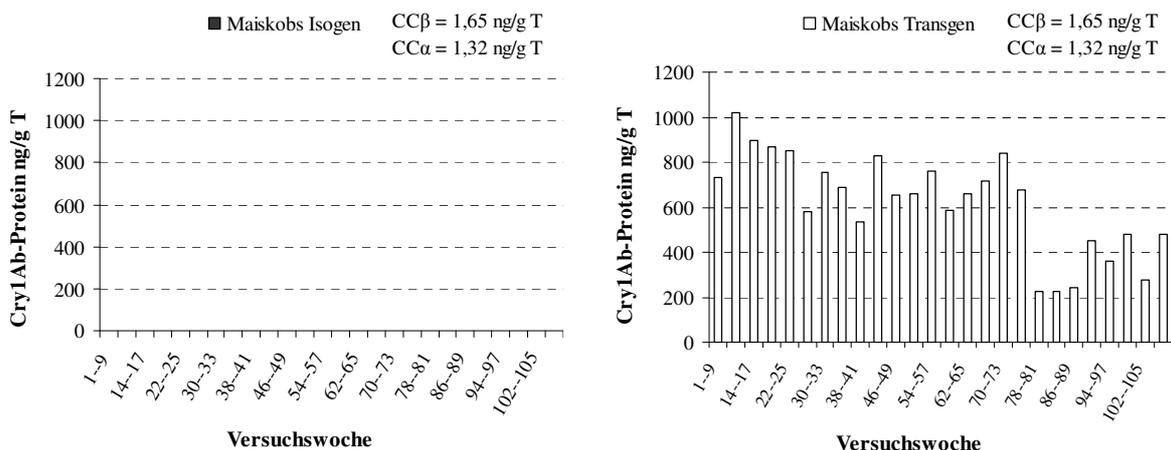
Aus der Gegenüberstellung der Gehalte an Cry1Ab-Protein der isogenen und transgenen Körnermaisproben ist erkennbar, dass wiederum die transgenen Proben hohe Konzentrationen des Proteins enthielten (siehe Abbildung 3). Die Gehalte lagen mit 155-379 ng/g T über dem angegebenen  $CC\beta$  von 2,08 ng/g T. Im Vergleich dazu konnten bei einem Großteil der isogenen Körnermaisproben nur Signale unterhalb des  $CC\beta$  detektiert werden. Eine Ausnahme stellten die Proben der Versuchswochen 22-25 sowie 46-49 mit 5,68 ng/g T bzw. 9,7 ng/g T dar.



CC $\alpha$  = decision limit (Entscheidungsgrenze); CC $\beta$  = detection capability (Nachweisvermögen)

**Abbildung 3: Gegenüberstellung der Gehalte an Cry1Ab-Protein (ng/g T) des isogenen und transgenen Körnermaises im Versuchszeitraum**

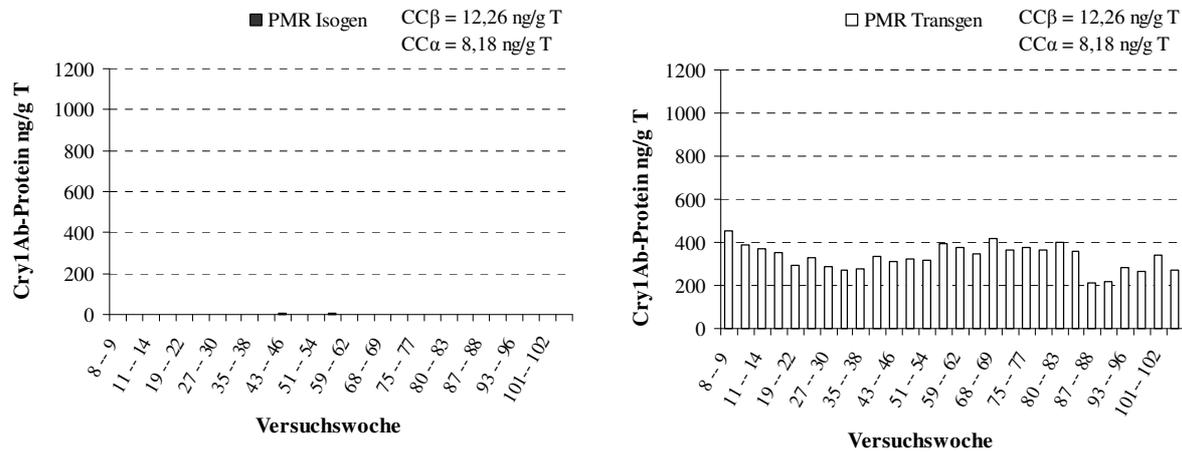
Die Gehalte des Cry1Ab-Proteins der eingesetzten isogenen und transgenen Maiskobs sind in der nachfolgenden Abbildung 4 dargestellt. Von den eingesetzten Maiskomponenten wiesen die transgenen Maiskobs mit Konzentrationen des Cry1Ab-Proteins im Bereich von 226-1021 ng/g T mit Abstand die höchsten Gehalte auf. In den isogenen Maiskobs konnten dagegen keine immunoaktiven Fragmente des Cry1Ab-Proteins detektiert werden. Die Proben zeigten Signale zwischen 0,43 und 0,45 ng/g T, was unter dem CC $\alpha$  des ELISA lag.



CC $\alpha$  = decision limit (Entscheidungsgrenze); CC $\beta$  = detection capability (Nachweisvermögen)

**Abbildung 4: Gegenüberstellung der Gehalte an Cry1Ab-Protein (ng/g T) der isogenen und transgenen Maiskobs im Versuchszeitraum**

Entsprechend den Maiskomponenten, die mit 71 % i. d. T. Bestandteil der Grundration (PMR) waren, ergaben sich analoge Ergebnisse zum Gehalt an Cry1Ab-Protein in der PMR. In den Proben der transgenen PMR wurden Cry1Ab-Protein-Konzentrationen im Bereich von 210-452 ng/g T detektiert, während bei den isogenen Proben mit 0,8-5,4 ng/g T kein Cry1Ab-Protein oberhalb des  $CC\alpha$  nachweisbar war.



$CC\alpha$  = decision limit (Entscheidungsgrenze);  $CC\beta$  = detection capability (Nachweisvermögen)

**Abbildung 5: Gegenüberstellung der Gehalte an Cry1Ab-Protein der isogenen und transgenen PMR in Abhängigkeit von der Versuchswoche**

### 3.3 Leistungsparameter

#### 3.3.1 Futteraufnahme

##### 3.3.1.1 Grundfutter- und Kraftfutteraufnahme

Den Tabellen 37 und 38 können die mittleren Futteraufnahmen an Grundration- und Kraftfutter der beiden Versuchsgruppen jeweils für die 1. und 2. Laktation im Versuch entnommen werden. Als Grundration standen die PMR und die Altmelkerration (R18) für Tiere unterhalb einer Leistungsgrenze von 18 kg Milch zur Verfügung. Die R18 wurde bei den isogen gefütterten Tieren im Mittel ab der 38. LW  $\pm$  6 LW und bei transgen gefütterten Tieren ab der 45. LW  $\pm$  6 LW eingesetzt.

**Tabelle 37: Mittlere Aufnahme an Grundration- (PMR, R18) und Kraftfutter (LKF) in der 1. Laktation im Versuch (kg T/d)**

	Isogen	Transgen	P-Wert
<b>Rationsaufnahme</b>			
1 - 14 LW <sup>1</sup>	15,2 $\pm$ 0,38	15,1 $\pm$ 0,38	0,2428
15 - 29 LW <sup>1</sup>	17,4 $\pm$ 0,39	17,6 $\pm$ 0,39	0,6599
30 - 45 LW <sup>2</sup>	17,0 $\pm$ 0,44	18,0 $\pm$ 0,43	0,0016
<i>Ø 1. Laktation im Versuch (1 - 45 LW)</i>	16,6 $\pm$ 0,41	16,9 $\pm$ 0,40	0,0985
<b>Leistungskraftfutteraufnahme</b>			
1 - 14 LW <sup>1</sup>	4,3 $\pm$ 0,22	4,3 $\pm$ 0,22	0,8882
15 - 29 LW <sup>1</sup>	2,6 $\pm$ 0,27	2,4 $\pm$ 0,27	0,3496
30 - 45 LW <sup>2</sup>	1,5 $\pm$ 0,47	1,1 $\pm$ 0,56	0,1647
<i>Ø 1. Laktation im Versuch (1 - 45 LW)</i>	2,7 $\pm$ 0,33	2,6 $\pm$ 0,35	0,1626

LW: Laktationswoche; <sup>1</sup>: PMR; <sup>2</sup>: PMR und R18

In der ersten Laktation des Versuches lag die Rationsaufnahme bei einkalbigen und mehrkalbigen Tieren im Mittel der isogenen Gruppe bei 16,6 kg T/d und bei der transgenen Gruppe bei 16,9 kg T/d. Zwischen den beiden Versuchsgruppen lagen bezüglich der Futteraufnahme keine signifikanten Unterschiede ( $P > 0,05$ ) im Laktationsverlauf vor. Ein ähnliches Bild zeigte sich auch bei der Leistungskraftfutteraufnahme in der ersten Laktation im Versuch, die zwischen den beiden Versuchsgruppen ebenfalls nicht signifikant war ( $P > 0,05$ ). Die isogen gefütterten Tiere nahmen im Mittel 2,7 kg T/d und die transgen gefütterten Tiere 2,6 kg T/d auf.

**Tabelle 38 : Mittlere Aufnahme an Grundration- (PMR) und Kraftfutter (LKF) in der 2. Laktation im Versuch (kg T/d)**

	Isogen	Transgen	P-Wert
<b>Rationsaufnahme</b>			
1 - 14 LW <sup>1</sup>	16,7 ± 0,53	16,1 ± 0,57	0,2532
15 - 29 LW <sup>1</sup>	18,9 ± 0,64	18,0 ± 0,62	0,0083
<i>Ø2. Laktation im Versuch ( 1- 29 LW)</i>	17,9 ± 0,59	17,1 ± 0,60	0,0187
<b>Leistungskraftfutteraufnahme</b>			
1 - 14 LW <sup>1</sup>	4,6 ± 0,25	4,6 ± 0,27	0,8869
15 - 29 LW <sup>1</sup>	2,2 ± 0,32	2,3 ± 0,31	0,6962
<i>Ø2. Laktation im Versuch( 1- 29 LW)</i>	3,3 ± 0,29	3,4 ± 0,29	0,6629

LW: Laktationswoche; <sup>1</sup>: PMR;

Im Vergleich zur 1. Laktation im Versuch wurden in der 2. Laktation im Mittel höhere PMR-Aufnahmen der mehrkalbigen Tiere von 17,9 kg T/d bei der isogenen Gruppe und 17,1 kg T/d bei der transgenen Gruppe erreicht. Die LKF- Aufnahme war im ersten Laktationsdrittel der 2. Laktation im Versuch mit 4,6 kg T/d bei isogen und transgen gefütterten Tieren höher als in der 1. Laktation. Der Grund hierfür war das unterschiedliche Anfütterungsschema bei einkalbigen und mehrkalbigen Tieren. Die durchschnittliche LKF-Aufnahme der 2. Laktation lag bei den zwei Versuchsgruppen jeweils bei 3,3 kg T/d bzw. 3,4 kg T/d. Bei der PMR-Aufnahme der 2. Laktation im Versuch wurden im Laktationsverlauf signifikante Unterschiede ( $P < 0,05$ ) zwischen der isogenen und transgenen Gruppe festgestellt, während bei der LKF-Aufnahme keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen vorlagen ( $P > 0,05$ ).

Die mittleren Rations- und Kraftfutteraufnahmen für die einzelnen Laktationswochen der jeweiligen Laktation können den Tabellen A5 bis A8 dem Anhang entnommen werden.

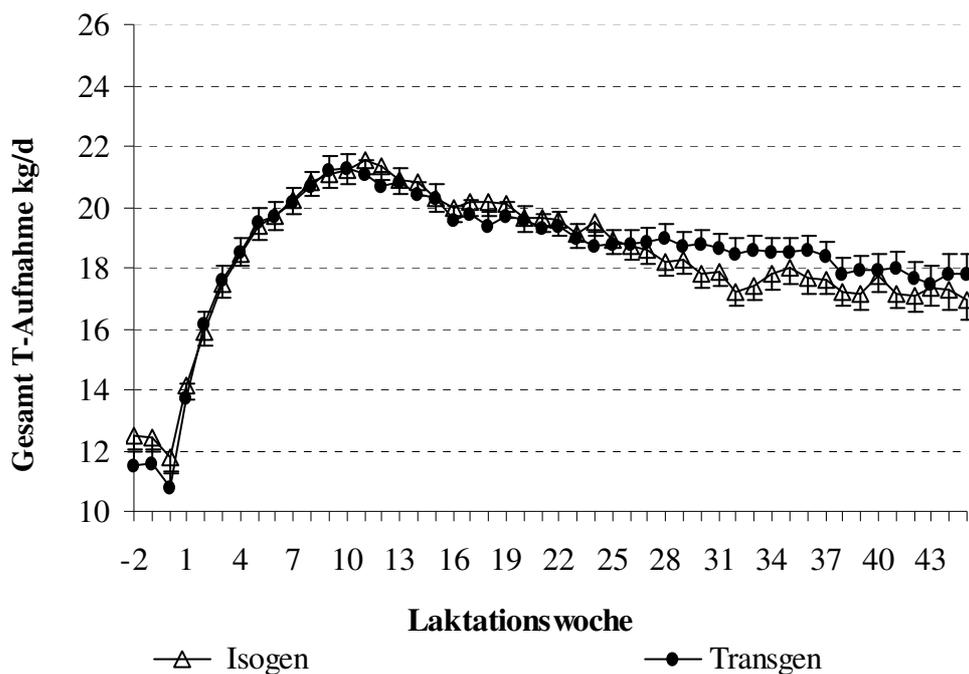
### 3.3.1.2 Gesamtfutteraufnahme

Die Gesamtfutteraufnahme der beiden Versuchsgruppen in den einzelnen Laktationsdritteln der 1. Laktation ist in der Tabelle 39 dargestellt. Im Mittel erreichten die isogen gefütterten einkalbigen und mehrkalbigen Tiere eine Gesamtfutteraufnahme von 18,7 kg T/d und die transgen gefütterten Tiere eine Gesamtfutteraufnahme von 18,9 kg T/d.

**Tabelle 39: Mittlere Gesamtfutteraufnahme (kg T/d) der 1. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	19,5 ± 0,46	19,4 ± 0,45	0,3854
15 - 29 LW	19,4 ± 0,46	19,2 ± 0,46	0,6296
30 - 45 LW	17,5 ± 0,52	18,2 ± 0,51	0,0251
<i>Ø 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)</i>	18,7 ± 0,48	18,9 ± 0,47	0,5322

In der Abbildung 6 ist die Gesamtfutteraufnahme der 1. Laktation im Versuch von der zweiten Woche ante partum (a.p.) bis zur 45. Woche post partum (p.p.) graphisch dargestellt. Die Futteraufnahmen stiegen von der 2. Woche a.p. von ca. 11,5-12,5 kg T/d bis zur 10.-11. LW auf etwa 21,5 kg T/d an und sanken dann tendenziell im Laufe der Laktation bei den isogen gefütterten Tieren bis auf 17 kg T/d bzw. 18 kg T/d bei den transgen gefütterten Tieren ab.

**Abbildung 6: Mittlere Gesamtfutteraufnahme (kg T/d) der 1. Laktation im Versuch von der zweiten Woche a.p. bis zur 45. Woche p.p.**

Eine Betrachtung der Gesamtfutteraufnahme der 1. Laktation im Versuch zeigte, dass beide Versuchsgruppen im Mittel ähnliche Futteraufnahmen aufwiesen. Signifikante Unterschiede konnten nur im letzten Laktationsdrittel festgestellt werden ( $P < 0,05$ ). Eine Prüfung des

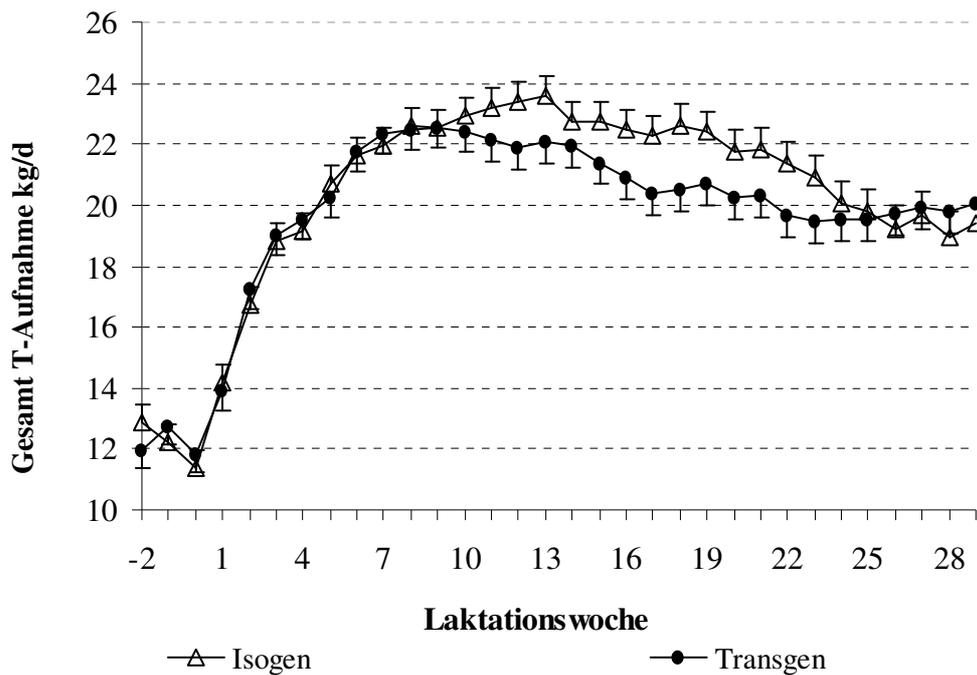
Kurvenverlaufes der gesamten Laktation zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen isogen und transgen gefütterten Tieren ( $P > 0,05$ ).

Die erreichten Gesamtfutteraufnahmen der isogenen und transgenen Gruppe in der 2. Laktation sind für die einzelnen Laktationsdrittel in der Tabelle 40 dargestellt. Im Mittel wurden im Vergleich zur 1. Laktation von den mehrkalbigen Tieren höhere Futteraufnahmen von 21,0 kg T/d bei der isogenen und 20,4 kg T/d bei der transgenen Gruppe erreicht.

**Tabelle 40: Mittlere Gesamtfutteraufnahme (kg T/d) der 2. Laktation im Versuch**

	<b>Isogen</b>	<b>Transgen</b>	<b>P-Wert</b>
1 - 14 LW	21,0 ± 0,60	20,7 ± 0,65	0,5149
15 - 29 LW	21,0 ± 0,73	20,1 ± 0,71	0,0365
<i>Ø 2. Laktation im Versuch ( 1- 29 LW)</i>	21,0 ± 0,67	20,4 ± 0,68	0,0796

Der nachfolgenden Abbildung 7 sind die mittleren Gesamtfutteraufnahmen der 2. Laktation im Versuch ab der 2. Woche a.p. bis zur 29. Woche p.p. zu entnehmen. In der zweiten Laktation im Versuch zeigte sich ein ähnlicher Verlauf der Gesamtfutteraufnahme wie in der 1. Laktation. Die Futteraufnahmen stiegen ab der 2. Woche a.p. von ca. 12-13 kg T/d bis zur 13. LW bei der isogen Gruppe auf ca. 23,5 kg T/d bzw. bei der transgen Gruppe bis zur 9. LW auf 22,5 kg T/d an und nahmen mit fortschreitender Laktation bei beiden Versuchsgruppen tendenziell ab. Bei den isogen gefütterten Tieren sank die Futteraufnahme bis zum Ende der 2. Laktation im Versuch (29. LW) bis auf ca. 19,0 kg T/d und bei den transgen gefütterten Tieren bis auf annähernd 20,0 kg T/d ab. Ein Vergleich zwischen den beiden Gruppen zeigt, dass zu Beginn der Laktation relativ gleiche Futteraufnahmen erreicht wurden. Im zweiten Laktationsdrittel (15-29 LW) erreichten die isogen gefütterten Tiere höhere Futteraufnahmen als die transgen gefütterten Tiere ( $P < 0,05$ ). Eine Auswertung der gesamten zweiten Laktation im Versuch zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen ( $P > 0,05$ ).



**Abbildung 7: Mittlere Gesamtfuttermenge (kg T/d) der 2. Laktation im Versuch von der zweiten Woche a.p. bis zur 29. Woche p.p.**

Die Gesamtfuttermengen der einzelnen Laktationswochen beider Laktationen des Versuches können den Anhangstabellen A9 und A10 entnommen werden

### 3.3.2 Cry1Ab-Protein-Aufnahme

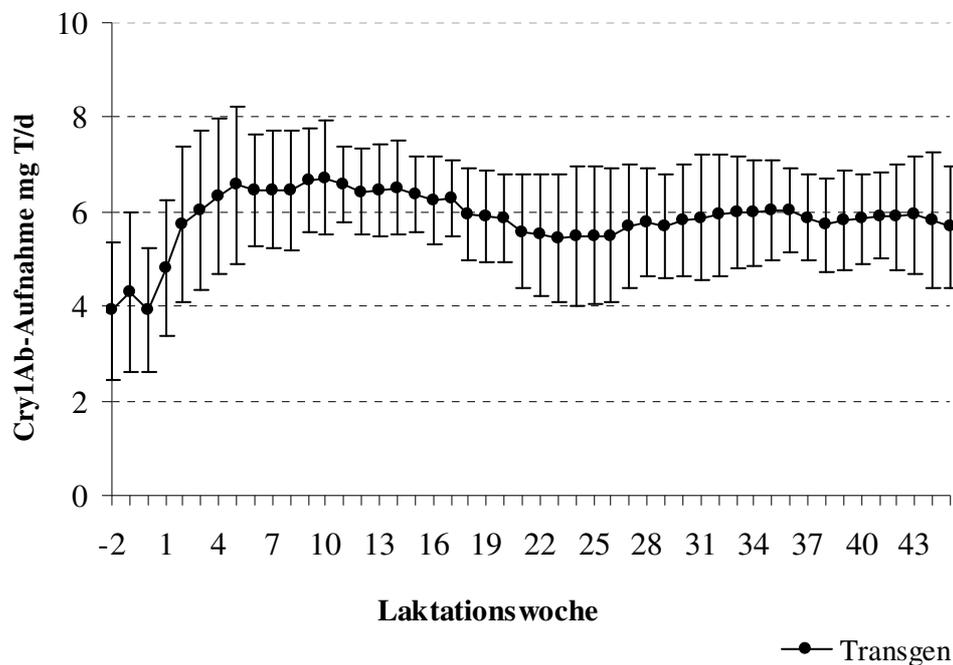
In den folgenden Ausführungen werden die Ergebnisse der Berechnung der Cry1Ab-Protein-Aufnahme der Tiere für die 1. und 2. Laktation im Versuch dargestellt.

Wie bereits gezeigt, konnten in den isogenen Futterproben keine Konzentrationen des Cry1Ab-Proteins oberhalb des CC $\beta$  detektiert werden. Entsprechend nahmen die isogen gefütterten Tiere kein Cry1Ab-Protein während der Studie auf. Im Gegensatz dazu konnten in den transgenen Futterproben Cry1Ab-Proteingehalte analysiert werden. Dementsprechend wurde die Aufnahme an Bt-Protein bilanziert. Im Mittel der 1. Laktation nahmen die ein- kalbigen und mehrkalbigen transgen gefütterten Tiere Cry1Ab-Protein-Konzentrationen von 6,0 mg T/d auf (siehe Tabelle 41).

**Tabelle 41: Mittlere Cry1Ab-Protein Aufnahmen (mg T/d) der 1. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	-	6,3 ± 1,27	-
15 - 29 LW	-	5,8 ± 1,14	-
30 - 45 LW	-	5,9 ± 1,12	-
<i>Ø 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)</i>	-	6,0 ± 1,17	-

Eine graphische Darstellung der Cry1Ab-Protein-Aufnahme der transgenen Versuchsgruppe während der 1. Laktation im Versuch ist in der nachfolgenden Abbildung 8 aufgezeigt. Daraus ist zu entnehmen, dass der Verlauf der Cry1Ab-Protein-Aufnahme dem der Gesamtfutteraufnahme entsprach. Im ersten Laktationsdrittel wurden die höchsten Konzentrationen an Cry1Ab-Protein im Mittel von 6,3 mg T/d aufgenommen. Im weiteren Verlauf der Laktation nahm die Cry1Ab-Proteinaufnahme bis auf 5,8 mg T/d ab und stieg im letzten Laktationsdrittel wieder leicht bis auf 5,9-6,0 mg T/d an.

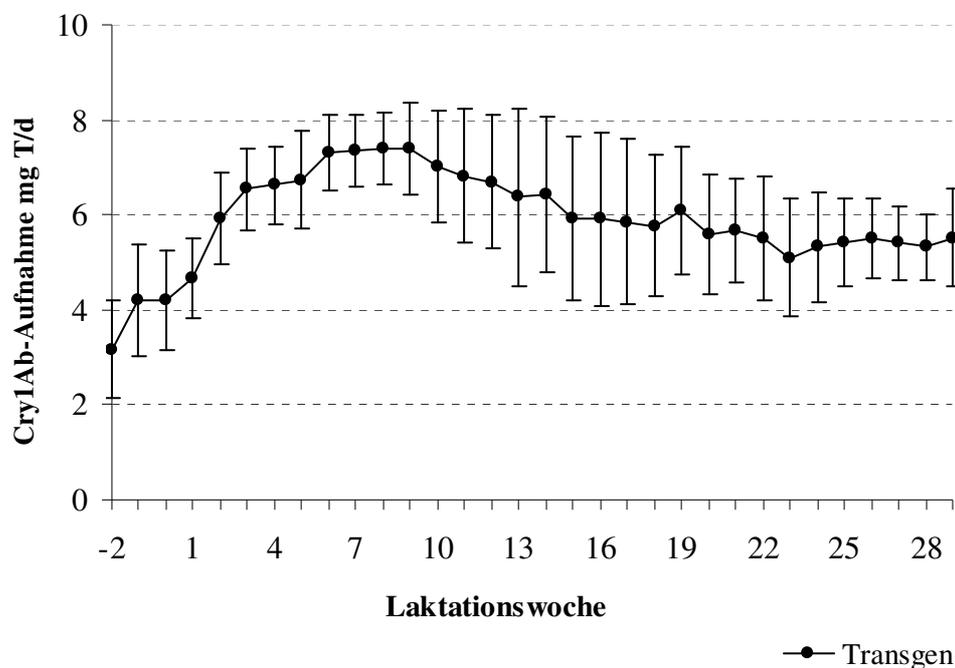
**Abbildung 8: Mittlere Cry1Ab-Protein-Aufnahme (mg T/d) der 1. Laktation im Versuch von der zweiten Woche a.p. bis zur 45. Woche p.p.**

Der Tabelle 42 können die mittleren Cry1Ab-Protein-Aufnahmen der transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch entnommen werden. Im Vergleich zur 1. Laktation wurden von den mehrkalbigen Tieren in der 2. Laktation höhere Aufnahmen an Cry1Ab-Protein im Mittel von 6,1 mg T/d erreicht.

**Tabelle 42: Mittlere Cry1Ab-Protein Aufnahmen (mg T/d) der 2. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	-	6,7 ± 1,09	-
15 - 29 LW	-	5,6 ± 1,23	-
<i>Ø 2. Laktation im Versuch ( 1- 29 LW)</i>	-	6,1 ± 1,16	-

Der Kurvenverlauf der Cry1Ab-Protein-Aufnahme während der 2. Laktation im Versuch ist in der Abbildung 9 dargestellt. Die transgen gefütterten Tiere wiesen zum Zeitpunkt des ersten Laktationsdrittels analog zur Gesamtfutteraufnahme die höchsten Aufnahmen an Cry1Ab-Protein im Mittel von 6,7 mg T/d auf, während im zweiten Laktationsabschnitt die Aufnahme an Cry1Ab-Protein bis auf 5,6 mg T/d abnahm.



**Abbildung 9: Mittlere Cry1Ab-Protein-Aufnahme (mg T/d) der 2. Laktation im Versuch von der zweiten Woche a.p. bis zur 29. Woche p.p.**

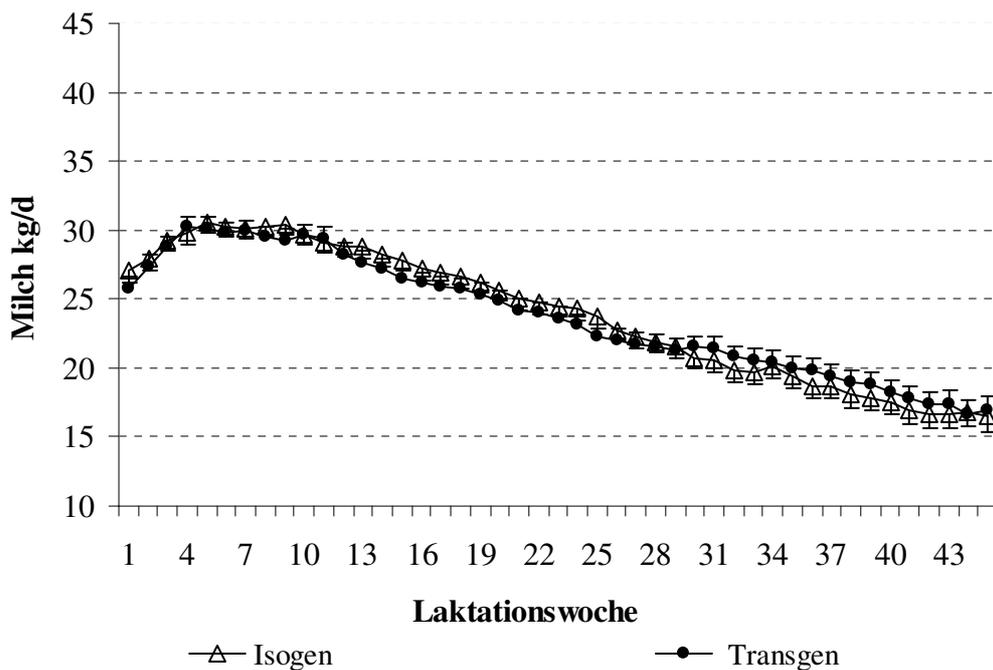
### 3.3.3 Milchleistung

Die mittleren täglichen Milchleistungen in der 1. Laktation im Versuch sind für die einzelnen Laktationsabschnitte in der Tabelle 43 dargestellt. Die Milchleistung lag im Durchschnitt bei den isogen gefütterten Tieren bei 23,9 kg/d und bei den transgen gefütterten Tieren bei 23,7 kg/d. In die Auswertung wurden einkalbige und mehrkalbige Tiere mit einbezogen.

**Tabelle 43: Mittlere Milchleistungen (kg/d) in der 1. Laktation des Versuches**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	29,3 ± 0,80	28,8 ± 0,78	0,4433
15 - 29 LW	24,7 ± 0,81	23,9 ± 0,80	0,1122
30 - 45 LW	18,4 ± 0,91	19,1 ± 0,88	0,1556
<i>Ø 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)</i>	23,9 ± 0,84	23,7 ± 0,82	0,5658

Eine graphische Darstellung der durchschnittlichen Milchleistungen während der 1. Laktation im Versuch kann der Abbildung 10 entnommen werden. Die Abbildung zeigt einen für die Milchleistung typischen Laktationsverlauf auf. Zu Beginn der Laktation stieg die Milchleistung der isogenen Gruppe von 27,0 kg/d auf 30,4 kg/d bis zur 9. Laktationswoche und bei der transgenen Gruppe von 25,8 kg/d bis 29,9 kg/d zur 7. LW an. Im weiteren Verlauf der Laktation fiel die Milchleistung bei beiden Versuchsgruppen bis auf ca. 17 kg/d ab. Ein Vergleich zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren zeigte, dass sich beide Gruppen im Laktationsverlauf auf einem relativ ähnlichen Niveau befanden. Bezüglich der mittleren Milchleistung in der 1. Laktation konnten keine signifikante Unterschiede festgestellt werden ( $P > 0,05$ ).



**Abbildung 10: Mittlere Milchleistungen (kg /d) in der 1. Laktation des Versuches**

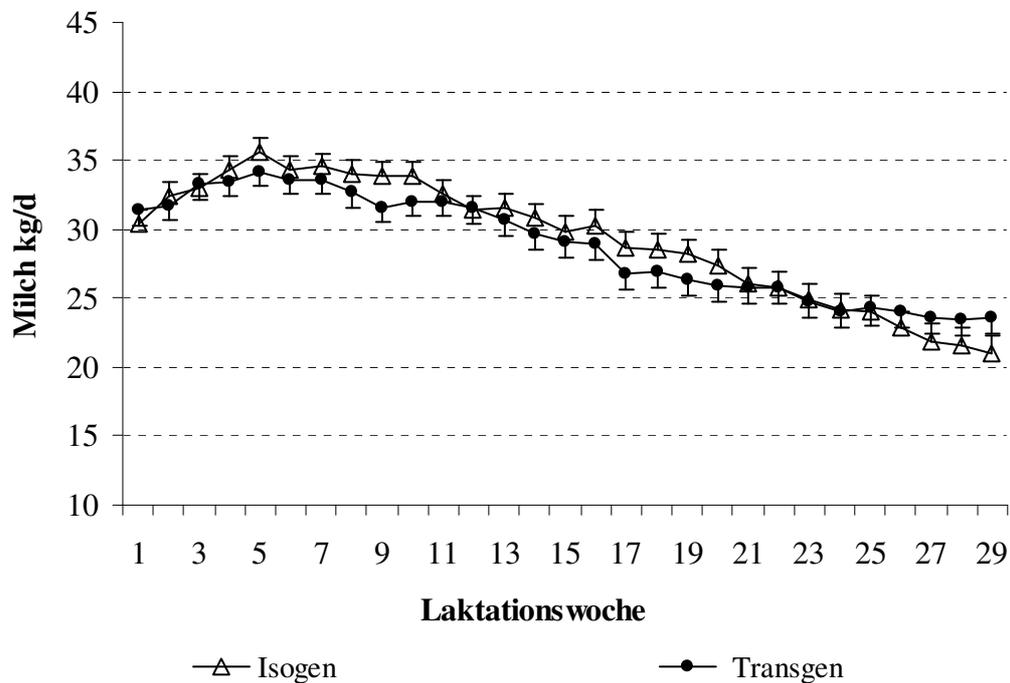
Die Milchleistung der 2. Laktation lag bei den isogen gefütterten Tieren bei durchschnittlich 29,2 kg/d bzw. bei 28,8 kg/d bei den transgen gefütterten Tieren. Im Vergleich zur 1. Laktation wurden durch die mehrkalbigen Tiere höhere Milchleistungen erreicht (siehe Tabelle 44). Die mittleren Milchleistungen der 2. Laktation sind bis zur 29. Laktationswoche in der Abbildung 11 dargestellt.

**Tabelle 44: Mittlere Milchleistungen (kg /d) in der 2. Laktation des Versuches**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	33,0 ± 1,01	32,2 ± 1,08	0,3387
15 - 29 LW	25,7 ± 1,19	25,6 ± 1,16	0,9420
<i>Ø</i> 2. Laktation im Versuch ( 1- 29 LW)	29,2 ± 1,10	28,8 ± 1,12	0,4192

Zum Beginn der 2. Laktation im Versuch wiesen die Tiere in der isogenen Gruppe eine Milchleistung von 30,4 kg/d auf, während die Tiere der transgenen Gruppe eine Leistung von 31,4 kg/d zeigten. Die Leistung stieg dann etwa bis zur 5. LW bis auf 35,6 kg/d bzw. 34,2 kg/d an und fiel anschließend im Laufe der Laktation bis zur 29. LW auf 21,0 kg/d bzw. 23,6 kg/d ab. Bei der Betrachtung der gesamten 2. Laktation im Versuch (1-29 LW) wurden

auch hier zwischen den beiden Versuchsgruppen keine signifikanten Unterschiede in der Milchleistung festgestellt ( $P > 0,05$ ).



**Abbildung 11: Mittlere Milchleistungen (kg /d) in der 2. Laktation des Versuches**

Die Milchleistung in den einzelnen Laktationswochen beider Laktationen des Versuches können dem Anhang (Tabelle A11 und A12) entnommen werden.

### 3.3.4 Milchinhaltsstoffe

In den nachfolgenden Ausführungen werden die Ergebnisse der analysierten Milchinhaltsstoffe jeweils für die beiden Laktationen im Versuch dargestellt. Die Datengrundlage der dargestellten Tabellen und Abbildungen kann dem Anhang (Tabellen A13 bis A 22) entnommen werden.

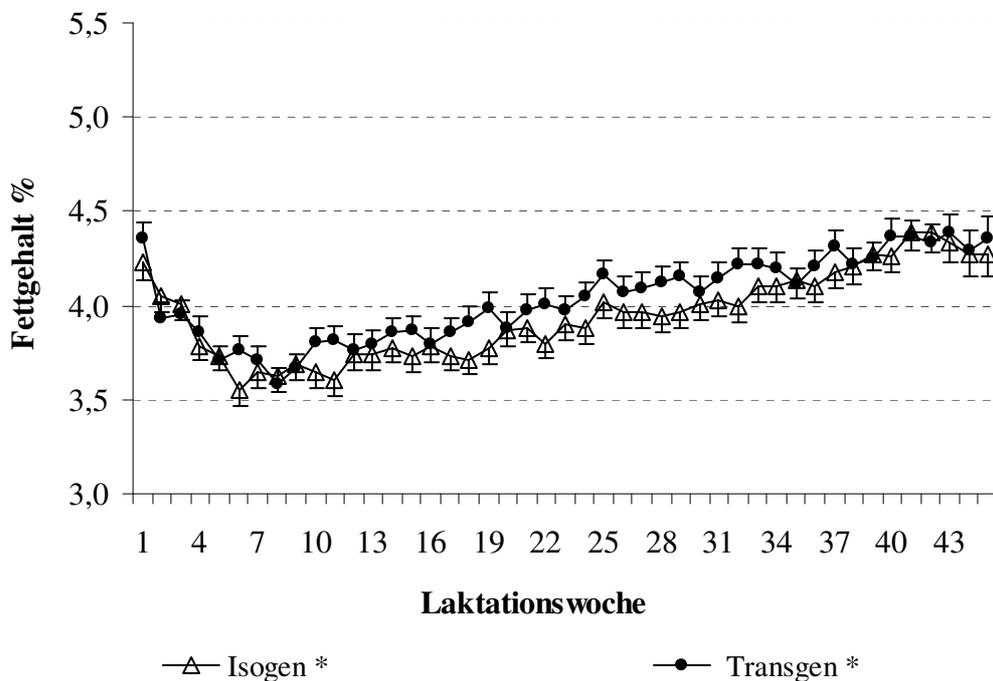
#### 3.3.4.1 Milchfettgehalt

Die mittleren Milchfettgehalte und der Laktationsverlauf der 1. Laktation im Versuch sind für die einzelnen Laktationsdrittel in der Tabelle 45 und in der Abbildung 12 dargestellt. Im Mittel der 1. Laktation im Versuch wiesen beide Versuchsgruppen ein Milchfettgehalt von ca. 4,0 % auf.

**Tabelle 45: Mittlere Milchfettgehalte (%) der 1. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	3,77 ± 0,08	3,83 ± 0,08	0,3482
15 - 29 LW	3,86 ± 0,08	3,99 ± 0,08	0,0084
30 - 45 LW	4,19 ± 0,09	4,25 ± 0,09	0,3390
<i>Ø 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)</i>	3,95 ± 0,09	4,03 ± 0,08	0,0146

Zu Beginn der 1. Laktation im Versuch wiesen die isogen gefütterten Tiere einen Milchfettgehalt von 4,2 % und die transgen gefütterten Tiere einen Gehalt von 4,4 % auf. Nach einem Absinken der Gehalte bis zur 5. bzw. 6. LW auf 3,6 % bzw. 3,7 %, stiegen die Milchfettgehalte im Laktationsverlauf bei beiden Versuchsgruppen wieder bis auf etwa 4,3 % bzw. 4,4 % an. Im Mittel der 1. Laktation im Versuch wurden bezüglich der Milchfettgehalte zwischen der isogenen und transgenen Gruppe im Kurvenverlauf signifikante Unterschiede festgestellt ( $P < 0,05$ ).



\* signifikante Unterschiede im Kurvenverlauf ( $P < 0,05$ )

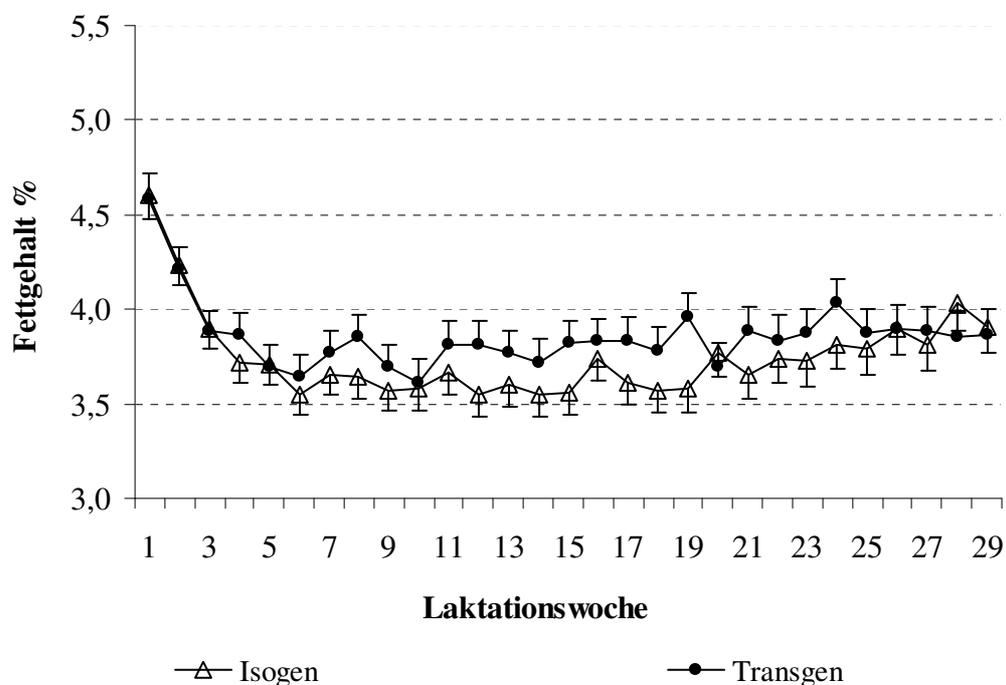
**Abbildung 12: Mittlere Milchfettgehalte (%) der 1. Laktation im Versuch**

Die Ergebnisse der Milchfettgehalte in der 2. Laktation im Versuch sind in der Tabelle 46 und in der Abbildung 13 aufgezeigt. Im Durchschnitt der 2. Laktation betrug der Milchfettgehalt bei der isogenen Gruppe 3,7 % und bei der transgenen Gruppe 3,9 %.

**Tabelle 46: Mittlere Milchfettgehalte (%) der 2. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	3,75 ± 0,11	3,85 ± 0,12	0,1517
15 - 29 LW	3,75 ± 0,13	3,86 ± 0,13	0,1628
$\bar{\varnothing}$ 2. Laktation im Versuch ( 1- 29 LW)	3,75 ± 0,12	3,86 ± 0,12	0,0554

Wie Abbildung 13 zeigt, sanken die Milchfettgehalte von anfänglichen 4,6 % ähnlich der 1. Laktation bis zur 6. Laktationswoche auf 3,5 % bzw. 3,6 % ab. Im weiteren Verlauf der 2. Laktation im Versuch stiegen die Milchfettgehalte wieder an und bewegten sich im Mittel auf einem Niveau von 3,7 % - 3,8 %. Im Laktationsverlauf konnten zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Milchfettgehaltes festgestellt werden ( $P > 0,05$ ).



**Abbildung 13: Mittlere Milchfettgehalte (%) der 2. Laktation im Versuch**

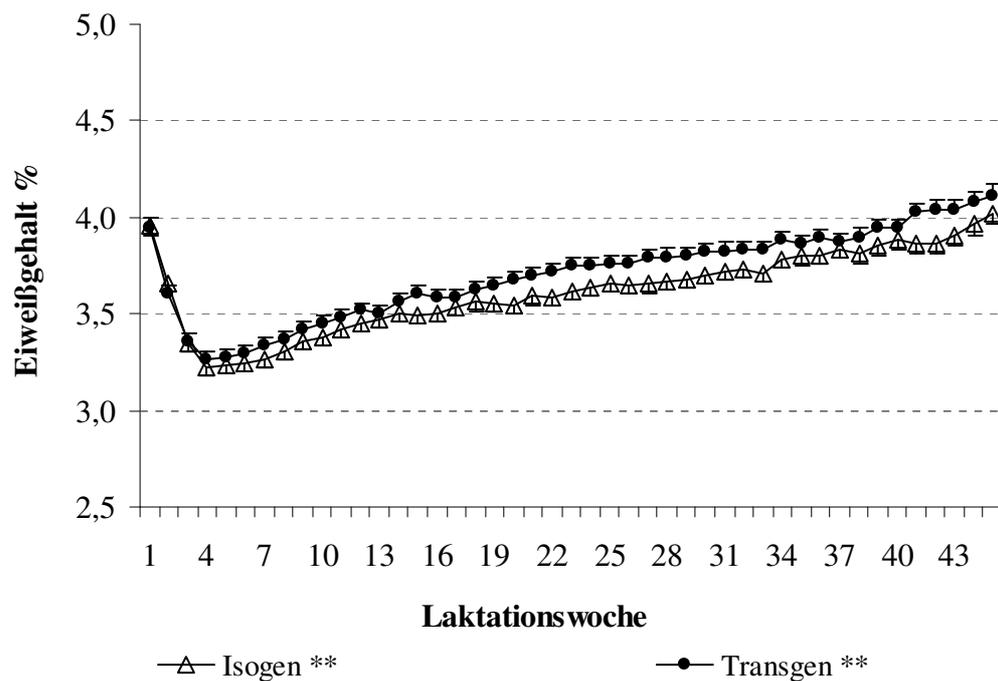
### 3.3.4.2 Milcheiweißgehalt

Der Milcheiweißgehalt der 1. Laktation im Versuch ist jeweils für die einzelnen Laktationsdrittel in der Tabelle 47 aufgezeigt. Im Durchschnitt der gesamten 1. Laktation wiesen die isogen gefütterten Tiere ein Milcheiweißgehalt von 3,6 % und die transgen gefütterten einen Gehalt von 3,7 % auf.

**Tabelle 47: Mittlere Milcheiweißgehalte (%) der 1. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	3,41 ± 0,04	3,46 ± 0,04	0,1713
15 - 29 LW	3,60 ± 0,04	3,70 ± 0,04	<0,0001
30 - 45 LW	3,83 ± 0,05	3,93 ± 0,05	0,0026
<i>Ø 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)</i>	3,62 ± 0,04	3,71 ± 0,04	<0,0001

Die analysierten Milcheiweißgehalte sind für die 1. Laktation im Versuch in der Abbildung 14 graphisch dargestellt. Dieser ist zu entnehmen das die Eiweißgehalte bei beiden Versuchsgruppen, ausgehend von der 1. LW mit 4,0 % bis zur 4. LW auf 3,2 % bzw. 3,3 %, absanken. Im Weiteren Laktationsverlauf stiegen diese wieder bis auf 4,0 % bzw. 4,1 % an. Ein Vergleich beider Versuchsgruppen zeigte, dass die transgen gefütterten Tiere im gesamten Laktationsverlauf signifikant höhere Milcheiweißgehalte aufwiesen (P < 0,01).



\*\* hoch signifikante Unterschiede im Kurvenverlauf ( $P < 0,01$ )

**Abbildung 14: Mittlere Milcheiweißgehalte (%) der 1. Laktation im Versuch**

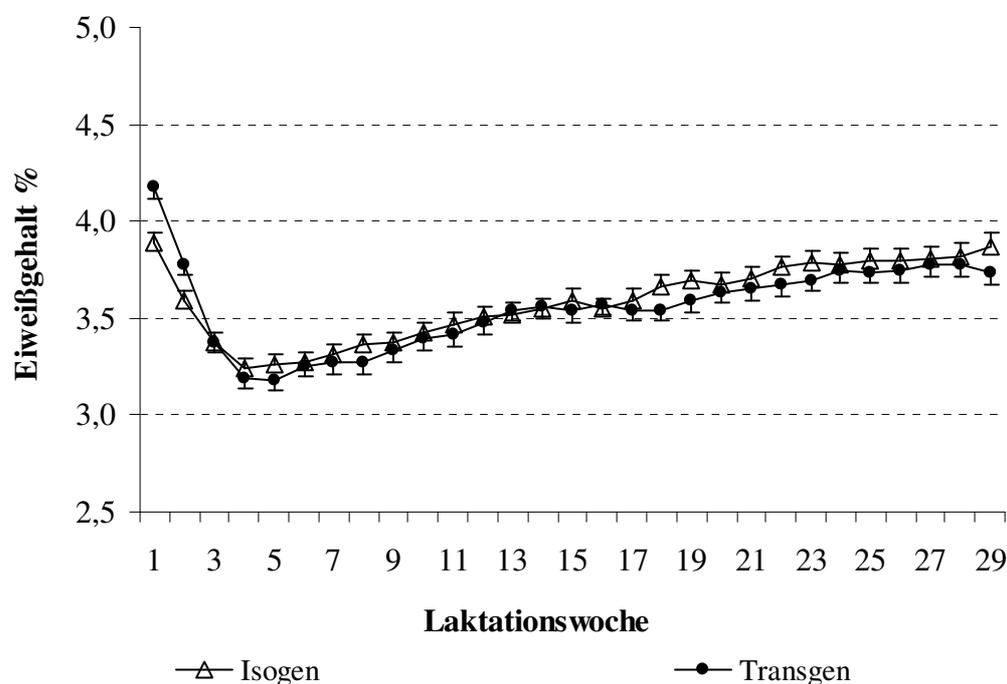
Hinsichtlich der 2. Laktation im Versuch ergaben sich bei beiden Versuchsgruppen durchschnittliche Milcheiweißgehalte von 3,6 %. Die mittleren Gehalte der beiden Laktationsdritteln können der Tabelle 48 entnommen werden.

**Tabelle 48: Mittlere Milcheiweißgehalte (%) der 2. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	3,44 ± 0,05	3,44 ± 0,06	0,9222
15 - 29 LW	3,72 ± 0,06	3,66 ± 0,06	0,1125
<i>Ø 2. Laktation im Versuch (1- 29 LW)</i>	3,59 ± 0,06	3,56 ± 0,06	0,2987

Der Verlauf der Milcheiweißgehalte während der 2. Laktation verlief ähnlich wie in der 1. Laktation (siehe Abbildung 15). Die Gehalte sanken von anfänglichen 3,9 % bei der isogenen Gruppe und 4,2 % bei der transgenen Gruppe bis zur 4. LW bei beiden Versuchsgruppen auf ca. 3,2 % ab. Anschließend stiegen die Gehalte bis zum Ende der 2. Laktation bei den isogen gefütterten Tieren wieder bis auf 3,9 % und bei den transgen gefütterten Tieren bis

auf 3,7 % an. Im Gegensatz zur 1. Laktation konnten hier keine signifikanten Unterschiede im Kurvenverlauf zwischen den beiden Versuchsgruppen festgestellt werden ( $P > 0,05$ ).



**Abbildung 15: Mittlere Milcheiweißgehalte (%) der 2. Laktation im Versuch**

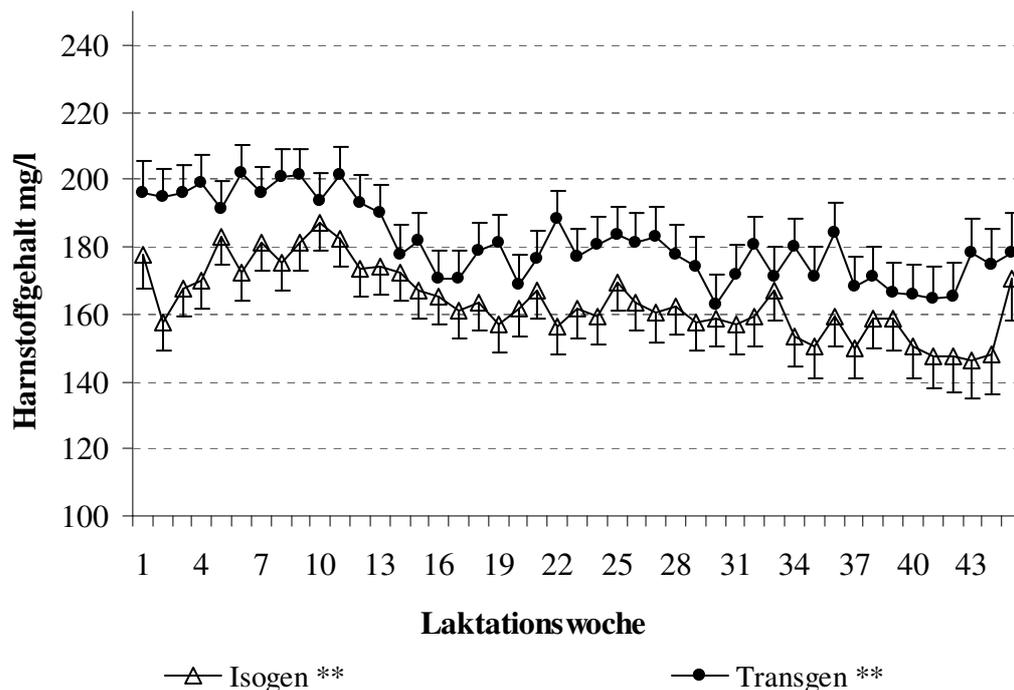
### 3.3.4.3 Milchharnstoffgehalt

Die mittleren Milchharnstoffgehalte der 1. Laktation im Versuch sind in der Tabelle 49 dargestellt. Die isogen gefütterten Tiere wiesen im Durchschnitt der 1. Laktation einen Milchharnstoffgehalt von 164 mg/l und die transgen gefütterten Tiere einen Gehalt von 181 mg/l auf. Der Verlauf der Milchharnstoffgehalte während der 1. Laktation ist in der Abbildung 16 dargestellt.

**Tabelle 49: Mittlere Milchharnstoffgehalte (mg/l) der 1. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	175,4 ± 8,5	195,3 ± 8,3	0,0013
15 - 29 LW	162,3 ± 8,5	178,3 ± 8,4	0,0033
30 - 45 LW	155,1 ± 9,7	172,2 ± 9,3	0,0038
Ø 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)	163,8 ± 8,9	181,4 ± 8,7	<0,0001

Bei der Betrachtung der Abbildung 16 ist zu erkennen, dass die Milchharnstoffgehalte im Laufe der 1. Laktation bei beiden Versuchsgruppen tendenziell mit Ausnahme eines geringen Anstieges gegen Ende der Laktation abnahmen. Während der Laktation bewegten sich die Milchharnstoffgehalte bei der isogenen Gruppe zwischen 150 mg/l und 180 mg/l und bei der transgenen Gruppe zwischen 160 mg/l und 200 mg/l. Die transgene Gruppe wies im Mittel der gesamten Laktation höhere Milchharnstoffgehalte als die isogene Gruppe auf ( $P < 0,01$ ).



\*\* hoch signifikante Unterschiede im Kurvenverlauf ( $P < 0,01$ )

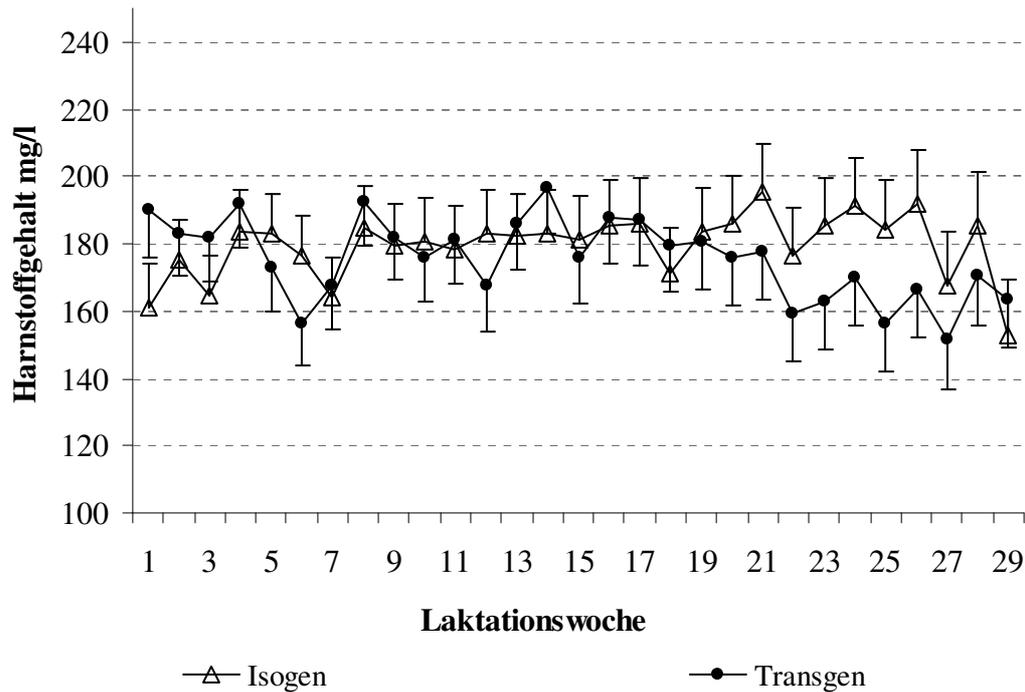
**Abbildung 16: Mittlere Milchharnstoffgehalte (mg/l) der 1. Laktation im Versuch**

In der 2. Laktation im Versuch erreichten die Tiere in der isogenen Gruppe durchschnittliche Milchharnstoffgehalte von 179 mg/l, die Tiere in der transgenen Gruppe erreichten Gehalte von 175 mg/l (siehe Tabelle 50).

**Tabelle 50: Mittlere Milchharnstoffgehalte (mg/l) der 2. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	177,2 ± 12,3	180,3 ± 13,1	0,7324
15 - 29 LW	181,6 ± 14,5	170,9 ± 14,1	0,1627
Ø 2. Laktation im Versuch ( 1- 29 LW)	179,5 ± 13,4	175,4 ± 13,6	0,5226

Wie aus der Abbildung 17 hervorgeht, unterlagen die Milchharnstoffgehalte in der 2. Laktation im Vergleich zur 1. Laktation größeren Schwankungen. Die Milchharnstoffgehalte bewegten sich zwischen 150 mg/l und 190 mg/l bei der isogenen Gruppe bzw. zwischen 150 mg/l und 200 mg/l bei der transgenen Gruppe. In der 2. Laktation konnten zwischen den beiden Versuchsgruppen keine signifikanten Unterschiede im Kurvenverlauf festgestellt werden ( $P > 0,05$ ).



**Abbildung 17: Mittlere Milchharnstoffgehalte (mg/l) der 2. Laktation im Versuch**

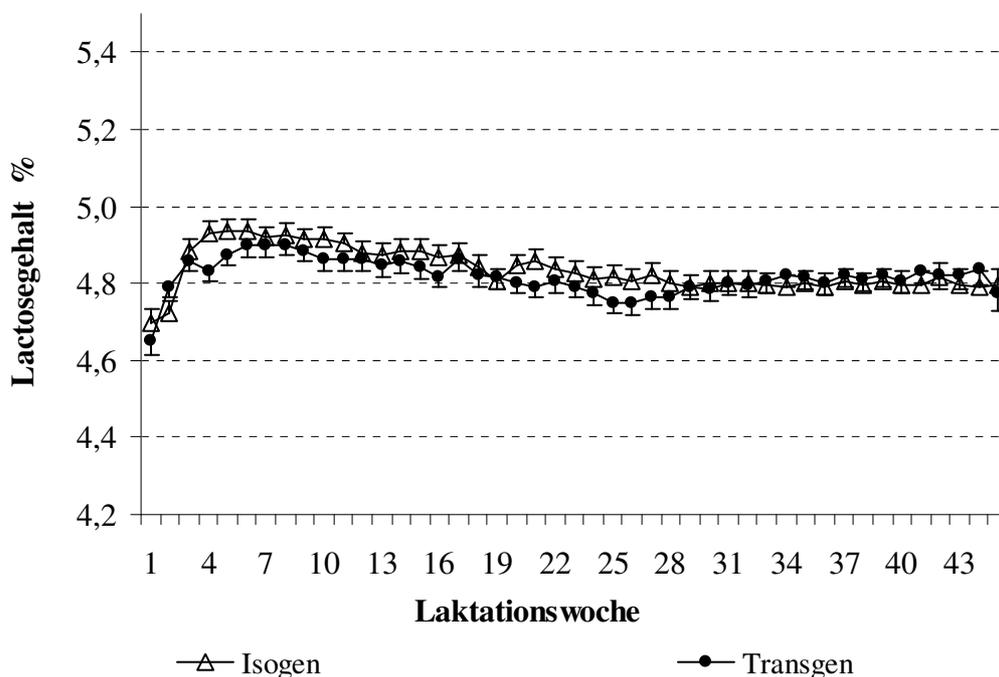
#### 3.3.4.4 Lactosegehalt

Die analysierten Lactosegehalte in der Milch können für die 1. Laktation im Versuch der Tabelle 51 entnommen werden. Im Mittel wiesen die isogen und transgen gefütterten Tiere Lactosegehalte von 4,8 % in der Milch auf.

**Tabelle 51: Mittlere Lactosegehalte in der Milch (%) der 1. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	4,88 ± 0,03	4,85 ± 0,03	0,1014
15 - 29 LW	4,83 ± 0,03	4,80 ± 0,03	0,0546
30 - 45 LW	4,80 ± 0,03	4,81 ± 0,03	0,4857
<i>Ø 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)</i>	4,83 ± 0,03	4,82 ± 0,03	0,1553

Eine graphische Darstellung des Lactosegehaltes der 1. Laktation im Versuch ist in der Abbildung 18 aufgezeigt. Dieser ist zu entnehmen, das die Lactosegehalte zu Beginn der Laktation von 4,7 % bei der isogenen Gruppe bzw. 4,6 % bei der transgenen Gruppe bis zur 3. LW auf 4,9 % bei beiden Versuchsgruppen anstiegen. Im weiteren Verlauf der Laktation nahmen die Gehalte leicht ab und blieben dann bis zum Ende der Laktation auf einem relativ konstanten Niveau von etwa 4,8 %. Signifikante Unterschiede konnten nach einer Gegenüberstellung der beiden Versuchsgruppen nicht festgestellt werden ( $P > 0,05$ ).

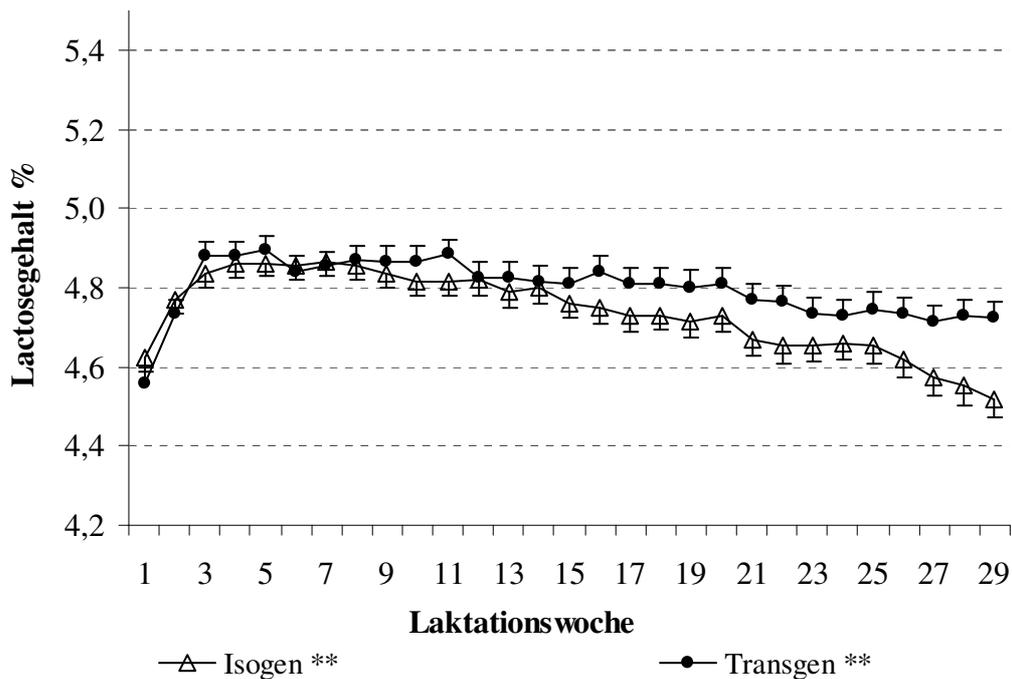
**Abbildung 18: Mittlere Lactosegehalte in der Milch (%) der 1. Laktation im Versuch**

In der 2. Laktation im Versuch erreichten die isogen gefütterten Tiere einen mittleren Lactosegehalt von 4,7 %, während die transgen gefütterten Tiere einen Gehalt von 4,8 % erreichten (siehe Tabelle 52).

**Tabelle 52: Mittlere Lactosegehalte in der Milch (%) der 2. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	4,81 ± 0,04	4,83 ± 0,04	0,5609
15 - 29 LW	4,66 ± 0,04	4,77 ± 0,04	0,0047
<i>Ø</i> 2. Laktation im Versuch ( 1- 29 LW)	4,74 ± 0,04	4,80 ± 0,04	0,0055

Der Verlauf der Lactosegehalte in der 2. Laktation verlief zu Beginn ähnlich wie der in der 1. Laktation. Die Gehalte stiegen in beiden Versuchsgruppen von anfänglich 4,6 % bis zur 4. LW auf in etwa 4,9 % an und nahmen dann im weiteren Laktationsverlauf tendenziell ab (siehe Abbildung 19). Die Abnahme der Lactosegehalte von 4,9 % auf etwa 4,5 % war bei der isogenen Gruppe stärker ausgeprägt als bei der transgenen Gruppe (von 4,9 % auf 4,7 %). Diese Unterschiede im Laktationsverlauf konnten signifikant abgesichert werden ( $P < 0,01$ ).



\*\* hoch signifikante Unterschiede im Kurvenverlauf ( $P < 0,01$ )

**Abbildung 19: Mittlere Lactosegehalte in der Milch (%) der 2. Laktation im Versuch**

### 3.3.4.5 Zellgehalt

Die erfassten somatischen Zellgehalte in der Milch der 1. und 2. Laktation im Versuch sind nach Laktationsdritteln in den Tabellen 53 und 54 dargestellt. Die isogen gefütterten Tiere wiesen in der 1. Laktation einen durchschnittlichen Zellgehalt von 157000 Zellen/ml und die transgen gefütterten Tiere einen Gehalt von 205000 Zellen/ml. Die isogene Gruppe zeigte im Durchschnitt niedrigere Zellgehalte als die transgene Gruppe. Der Unterschied konnte jedoch statistisch nicht abgesichert werden ( $P > 0,05$ ).

**Tabelle 53: Mittlere Zellgehalte in der Milch (1000/ml) der 1. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	145 ± 68	221 ± 67	0,1341
15 - 29 LW	175 ± 69	201 ± 68	0,5839
30 - 45 LW	152 ± 78	195 ± 75	0,2797
<i>Ø 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)</i>	157 ± 72	205 ± 70	0,0726

Im Gegensatz zur 1. Laktation im Versuch wiesen beide Versuchsgruppen im Mittel der 2. Laktation höhere Zellgehalte von 241000 bzw. 220000 Zellen/ml auf. Zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden ( $P > 0,05$ ).

**Tabelle 54: Mittlere Zellgehalte in der Milch (1000/ml) der 2. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	200 ± 136	218 ± 145	0,7996
15 - 29 LW	279 ± 160	222 ± 155	0,6062
<i>Ø 2. Laktation im Versuch ( 1- 29 LW)</i>	241 ± 148	220 ± 150	0,7540

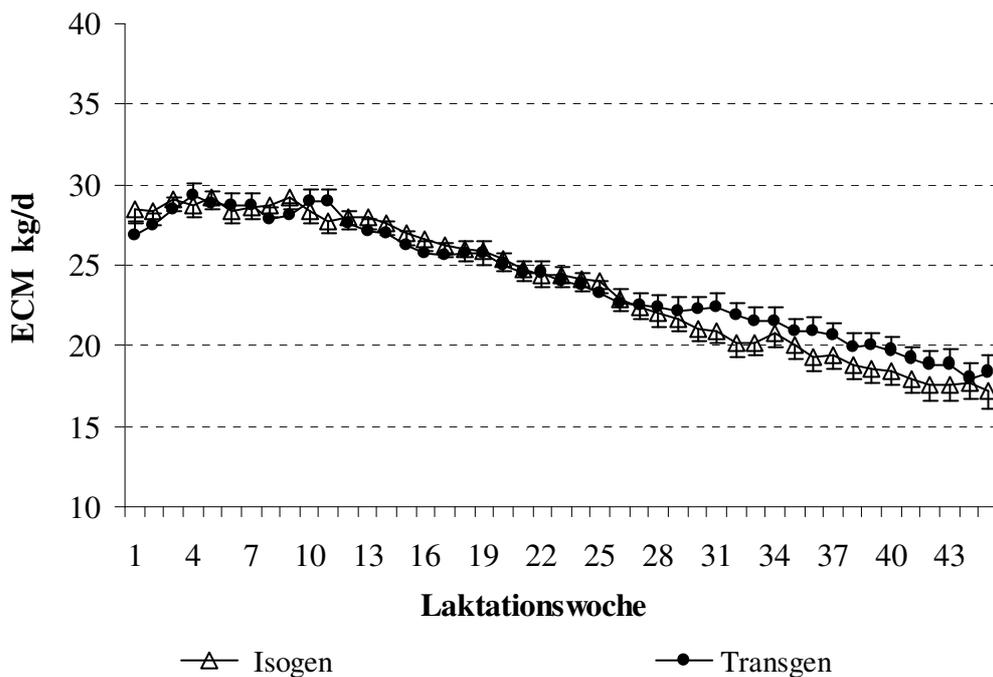
### 3.3.5 Energiekorrigierte Milchmenge (ECM)

Die berechnete energiekorrigierte Milchmenge der 1. Laktation im Versuch ist für beide Versuchsgruppen in der Tabelle 55 angegeben. Die isogene Gruppe wies im Mittel eine ECM von 23,8 kg/d und die transgene Gruppe eine ECM von 24,1 kg/d auf. Eine graphische Darstellung der energiekorrigierten Milchmenge der 1. Laktation ist in der Abbildung 20 dargestellt.

**Tabelle 55: Mittlere energiekorrigierte Milchmenge (kg/d) der 1. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	28,5 ± 0,8	28,2 ± 0,8	0,6367
15 - 29 LW	24,5 ± 0,8	24,3 ± 0,8	0,5974
30 - 45 LW	19,1 ± 0,9	20,3 ± 0,8	0,0164
<i>Ø 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)</i>	23,8 ± 0,8	24,1 ± 0,8	0,4379

Die ECM, standardisiert auf 4 % Fett und 3,4 % Eiweiß entsprach in den ersten beiden Laktationsabschnitten weitgehend dem Kurvenverlauf der erfassten Milchleistung. Im letzten Laktationsdrittel dagegen wurden aufgrund der Korrektur etwas höhere Milchmengen erreicht. Eine Prüfung des Kurvenverlaufes der gesamten 1. Laktation zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren ( $P > 0,05$ ).

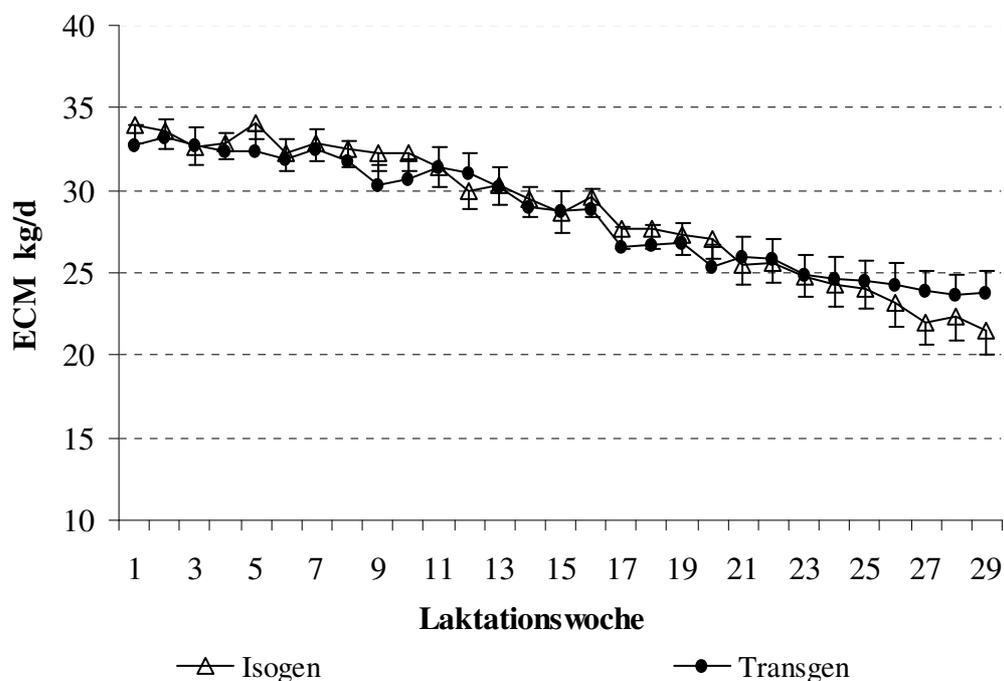
**Abbildung 20: Mittlere energiekorrigierte Milchmenge (kg/d) der 1. Laktation im Versuch**

Die Ergebnisse der Berechnung der ECM der 2. Laktation im Versuch sind in der nachfolgenden Tabelle 56 dargestellt. Die isogen und transgen gefütterten Tiere erreichten im Durchschnitt eine energiekorrigierte Milchmenge von 28,7 kg/d bzw. 28,5 kg/d.

**Tabelle 56: Mittlere energiekorrigierte Milchmenge (kg/d) der 2. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	32,2 ± 1,1	31,6 ± 1,2	0,5329
15 - 29 LW	25,4 ± 1,3	25,6 ± 1,2	0,6853
<i>Ø</i> 2. Laktation im Versuch ( 1- 29 LW)	28,7 ± 1,2	28,5 ± 1,2	0,7972

Im Gegensatz zur 1. Laktation traten in der 2. Laktation im Versuch durch die Korrektur der Milchmenge nur geringfügige Änderungen auf (siehe Abbildung 21). Zwischen den beiden Versuchgruppen konnten wie bei der Milchleistung keine signifikanten Unterschiede bezüglich der energiekorrigierten Milchmenge in der 2. Laktation im Versuch festgestellt werden ( $P > 0,05$ ).

**Abbildung 21: Mittlere energiekorrigierte Milchmenge (kg/d) der 2. Laktation im Versuch**

Die Datengrundlage der dargestellten Tabellen und Abbildung der ECM und dem in der Folge dargestellten Fett-Eiweiß-Quotienten können den Anhangstabellen A23 bis A26 entnommen werden.

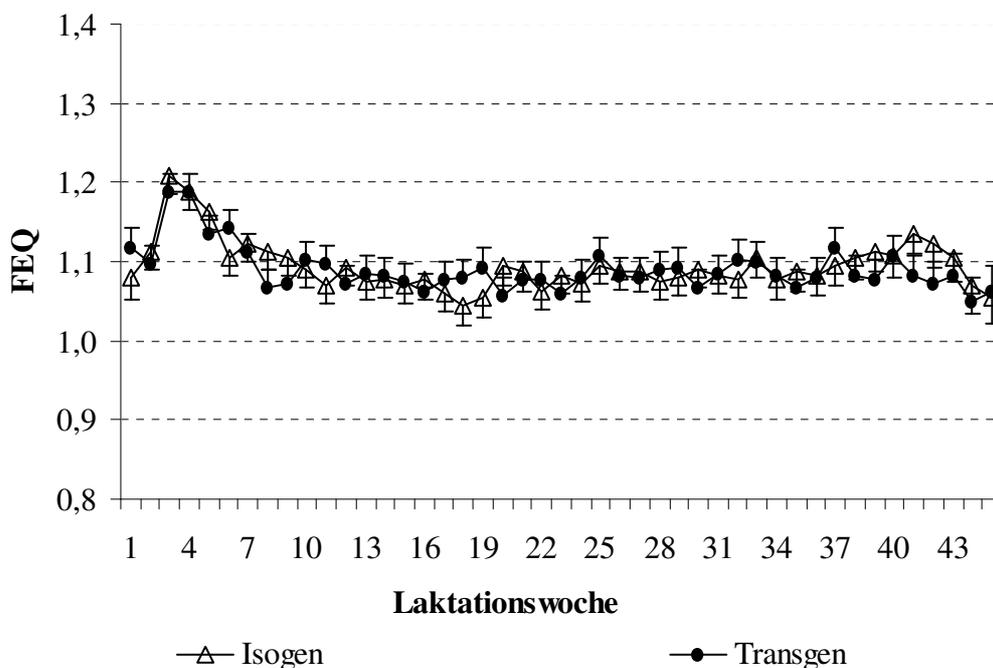
### 3.3.6 Fett-Eiweiß-Quotient

Der aus dem Milchfett- und Milcheiweißgehalt berechnete Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ) ist für die 1. Laktation im Versuch in der Tabelle 57 aufgezeigt. Im Mittel der 1. Laktation betrug der FEQ bei beiden Versuchsgruppen 1,09.

**Tabelle 57: Mittlerer Fett-Eiweiß-Quotient der 1. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	1,11 ± 0,02	1,11 ± 0,02	0,8437
15 - 29 LW	1,08 ± 0,02	1,08 ± 0,02	0,7900
30 - 45 LW	1,09 ± 0,03	1,08 ± 0,03	0,3787
<i>Ø 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)</i>	1,09 ± 0,02	1,09 ± 0,02	0,6508

Der Verlauf des Fett-Eiweiß-Quotienten während der 1. Laktation im Versuch kann der Abbildung 22 entnommen werden. Zu Beginn der 1. Laktation stieg der FEQ von anfänglich 1,1 bis zur 3.-4. Laktationswoche auf 1,2 an. Im weiteren Laktationsverlauf sank der FEQ wieder bis auf 1,1 ab und blieb bis zum Ende relativ konstant. Im Kurvenverlauf der 1. Laktation im Versuch konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen ermittelt werden ( $P > 0,05$ ).



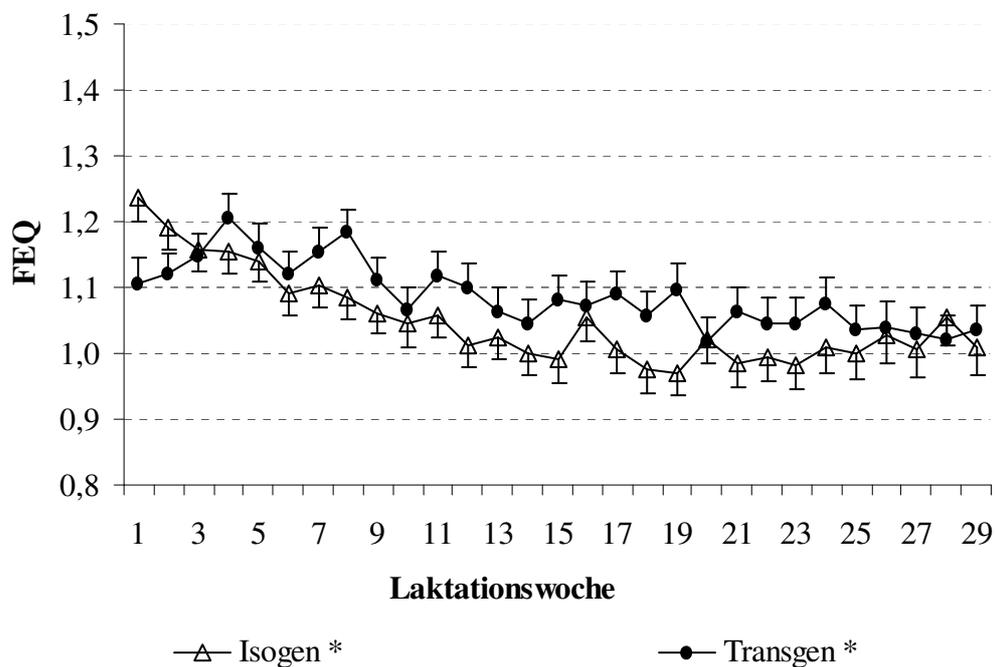
**Abbildung 22: Mittlerer Fett-Eiweiß-Quotient (kg/d) der 1. Laktation im Versuch**

Im Mittel der 2. Laktation wies die isogene Gruppe einen FEQ von 1,05 und die transgene Gruppe einen FEQ von 1,09 auf (siehe Tabelle 58). Eine graphische Darstellung des Fett-Eiweiß-Quotienten der 2. Laktation kann der folgenden Abbildung 23 entnommen werden.

**Tabelle 58: Mittlerer Fett-Eiweiß-Quotient der 2. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	1,10 ± 0,03	1,12 ± 0,04	0,2789
15 - 29 LW	1,01 ± 0,04	1,05 ± 0,04	0,0212
<i>Ø 2. Laktation im Versuch ( 1- 29 LW)</i>	1,05 ± 0,04	1,09 ± 0,04	0,0247

Wie in der Abbildung 23 dargestellt, unterlag der FEQ während der 2. Laktation größeren Schwankungen. Die transgene Gruppe wies im Mittel einen höheren Fett-Eiweiß-Quotienten als die isogene Gruppe auf. Diese Unterschiede konnten signifikant abgesichert werden ( $P < 0,05$ ).



\* signifikante Unterschiede im Kurvenverlauf ( $P < 0,05$ )

**Abbildung 23: Mittlerer Fett-Eiweiß-Quotient (kg/d) der 2. Laktation im Versuch**

### 3.3.7 Energieversorgung

In den nachfolgenden Ausführungen werden die Ergebnisse der Berechnung der Energieaufnahme und der Energiebilanz jeweils für die beiden Laktationen im Versuch dargestellt. Die für die Tabellen und Abbildung verwendeten Daten können dem Anhang (Tabellen A27 bis A30) entnommen werden.

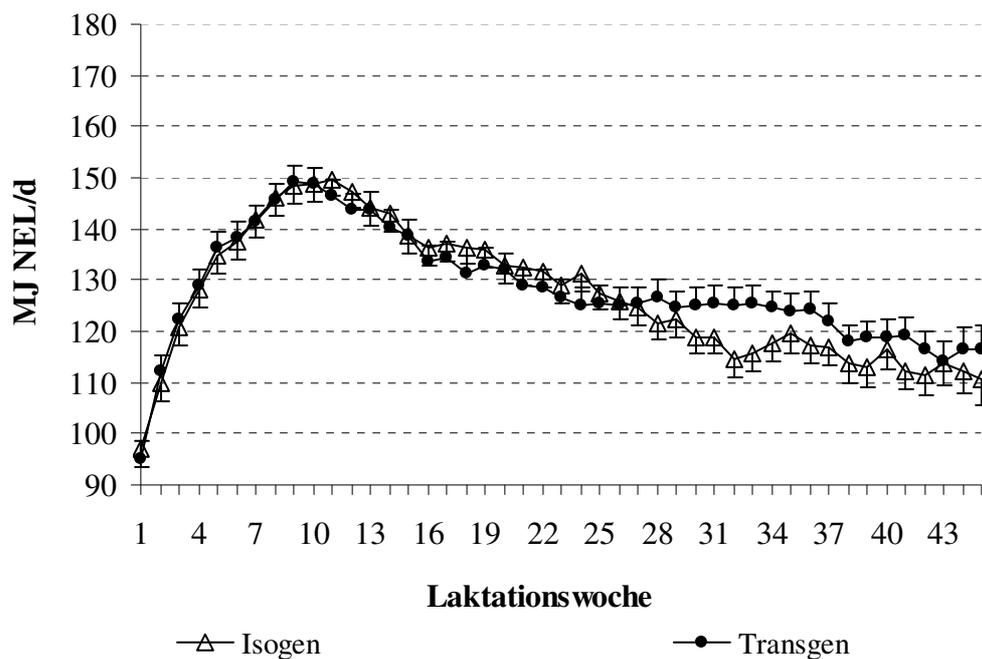
#### 3.3.7.1 Energieaufnahme

In der Tabelle 59 sind die mittleren Energieaufnahmen der 1. Laktation im Versuch für beide Versuchsgruppen dargestellt. Die isogen gefütterten Tiere wiesen eine durchschnittliche Energieaufnahme von 127 MJ NEL/d auf, die Energieaufnahme der transgen gefütterten Tiere lag im Mittel bei 128 MJ NEL/d.

**Tabelle 59: Mittlere Energieaufnahme (MJ NEL/d) der 1. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	135,5 ± 3,3	135,2 ± 3,2	0,5416
15 - 29 LW	130,8 ± 3,3	129,3 ± 3,3	0,4790
30 - 45 LW	115,2 ± 3,8	120,9 ± 3,6	0,0208
<i>Ø 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)</i>	126,7 ± 3,5	128,1 ± 3,4	0,4656

Der Verlauf der Energieaufnahme in der 1. Laktation im Versuch entsprach dem der Gesamtfutteraufnahme und kann der Abbildung 24 entnommen werden. Nach anfänglichen Energieaufnahmen von 97 MJ NEL/d bei der isogenen Gruppe, bzw. 95 MJ NEL/d bei der transgenen Gruppe, stiegen die Aufnahmen bis zur 10.-11. LW bei beiden Versuchsgruppen auf etwa 149 MJ NEL/d an. Im weiteren Verlauf der Laktation sanken die Energieaufnahmen bei den isogen gefütterten Tieren bis auf 111 MJ NEL/d bzw. 116 MJ NEL/d bei den transgen gefütterten Tieren ab. Zwischen den beiden Versuchsgruppen konnten keine signifikanten Unterschiede im Laktationsverlauf festgestellt werden ( $P > 0,05$ ).



**Abbildung 24: Mittlere Energieaufnahme (MJ NEL/d) der 1. Laktation im Versuch**

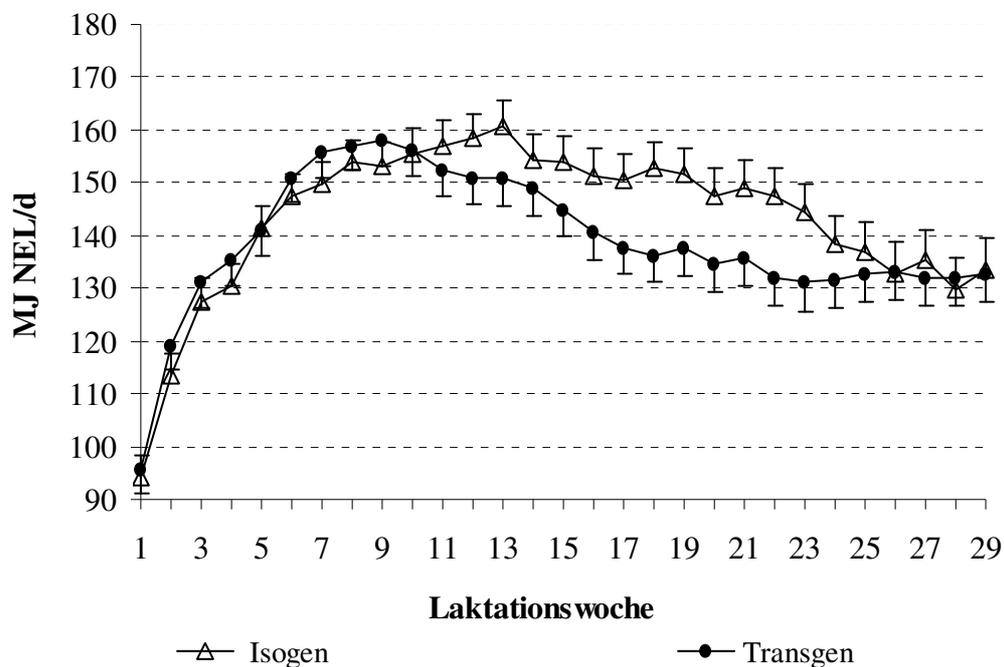
In der 2. Laktation im Versuch wurden von den mehrkalbigen Tieren im Vergleich zur 1. Laktation höhere Futteraufnahmen und damit auch entsprechend höhere Energieaufnahmen von durchschnittlich 143 MJ NEL/d bei der isogenen Gruppe bzw. 139 MJ NEL/d bei der transgenen Gruppe erreicht (siehe Tabelle 60).

**Tabelle 60: Mittlere Energieaufnahme (MJ NEL/d) der 2. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	142,6 ± 4,5	143,1 ± 4,8	0,9636
15 - 29 LW	143,7 ± 5,4	135,0 ± 5,3	0,0051
<i>Ø 2. Laktation im Versuch ( 1- 29 LW)</i>	143,2 ± 4,9	138,9 ± 5,1	0,0993

Der Verlauf der Energieaufnahmen der 2. Laktation im Versuch ist in der Abbildung 25 dargestellt. Ähnlich der Gesamtfutteraufnahme stieg die Energieaufnahme zu Beginn der Laktation von 94 MJ NEL/d bzw. 96 MJ NEL/d bis zur 8.-9. LW bis auf 154 MJ NEL/d bzw. 158 MJ NEL/d an und nahm mit fortschreitender Laktation bei beiden Versuchsgruppen bis auf etwa 133 MJ NEL/d ab. Im ersten Laktationsdrittel nahmen die beiden Versuchsgruppen annähernd gleiche Energiemengen auf, während die isogen gefütterten Tiere im zweiten Laktationsdrittel eine höhere Energieaufnahme als die transgen gefütterten Tiere aufwiesen

( $P < 0,01$ ). Bei der Betrachtung der gesamten 2. Laktation im Versuch wurden keine signifikanten Unterschiede im Kurvenverlauf festgestellt ( $P > 0,05$ ).



**Abbildung 25: Mittlere Energieaufnahme (MJ NEL/d) der 2. Laktation im Versuch**

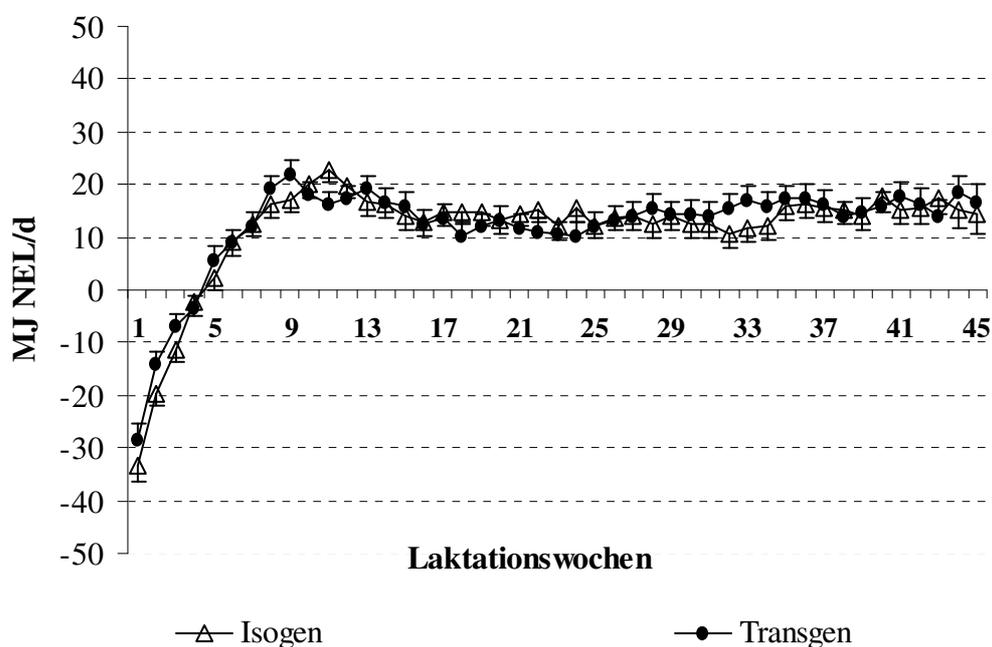
### 3.3.7.2 Energiebilanz

Die aus der Energieaufnahme und dem Energiebedarf berechnete Energiebilanz der 1. Laktation im Versuch kann für die einzelnen Laktationsabschnitte der Tabelle 61 entnommen werden. Im Mittel der 1. Laktation wies die isogene Gruppe eine positive Energiebilanz von 11,7 MJ NEL/d und die transgene Gruppe von 12,2 MJ NEL/d auf. Die Energiebilanz während der gesamten 1. Laktation ist in der Abbildung 26 dargestellt.

**Tabelle 61: Mittlere Energiebilanz (MJ NEL/d) der 1. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	6,1 ± 2,5	7,4 ± 2,4	0,5458
15 - 29 LW	13,9 ± 2,5	12,7 ± 2,5	0,3560
30 - 45 LW	14,5 ± 2,9	16,0 ± 2,8	0,3092
Ø 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)	11,7 ± 2,6	12,2 ± 2,6	0,5933

Der Abbildung 26 ist zu entnehmen, dass beide Versuchsgruppen zu Beginn der 1. Laktation eine negative Energiebilanz von -34 MJ NEL/d bzw. -28 MJ NEL/d aufwiesen. Mit zunehmender Futteraufnahme verringerte sich das Energiedefizit stetig, so dass bei den isogen und transgen gefütterten Tieren bereits in der 5. Laktationswoche eine ausgeglichene Energiebilanz vorlag. Im weiteren Laktationsverlauf entwickelte sich die Energiebilanz entsprechend der Futteraufnahme und bewegte sich ausschließlich im positiven Bereich. Zwischen den beiden Versuchsgruppen konnten bezüglich der Energiebilanz in der 1. Laktation keine signifikanten Unterschiede im Kurvenverlauf bestimmt werden ( $P > 0,05$ ).



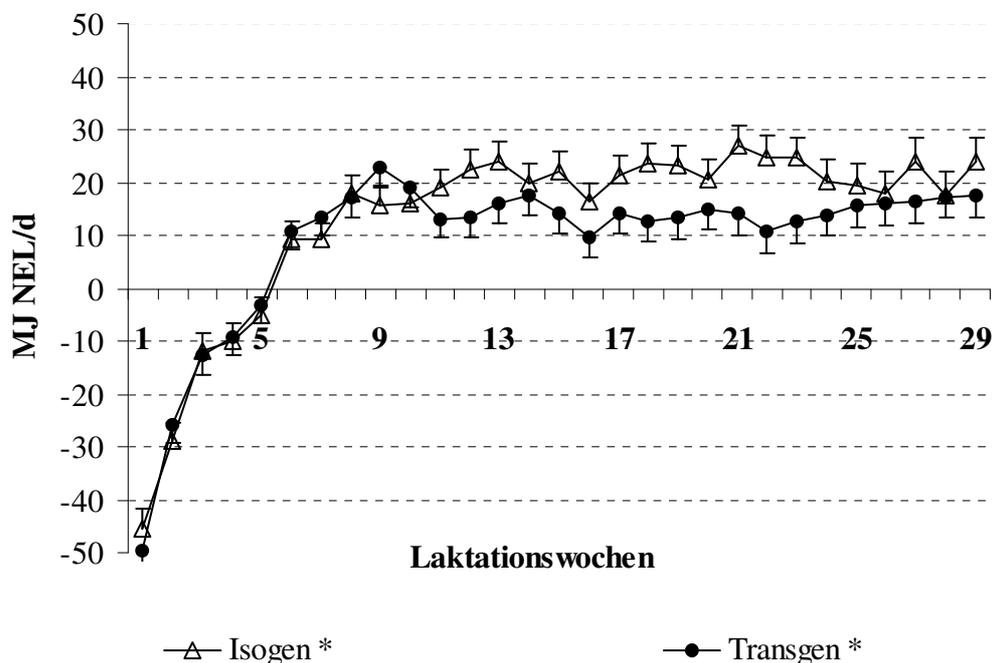
**Abbildung 26: Mittlere Energiebilanz (MJ NEL/d) der 1. Laktation im Versuch**

In der Tabelle 62 ist die berechnete Energiebilanz der 2. Laktation im Versuch für beide Versuchsgruppen dargestellt. Im Durchschnitt der 2. Laktation wiesen die isogen gefütterten Tiere eine positive Energiebilanz von 13,1 MJ NEL/d auf, während die transgen gefütterten Tiere eine Energiebilanz von 8,8 MJ NEL/d erreichten.

**Tabelle 62: Mittlere Energiebilanz (MJ NEL/d) der 2. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	3,8 ± 3,5	3,1 ± 3,7	0,8114
15 - 29 LW	21,7 ± 4,0	14,2 ± 3,9	0,0008
<i>Ø 2. Laktation im Versuch ( 1- 29 LW)</i>	13,1 ± 3,8	8,8 ± 3,8	0,0244

Im Gegensatz zur 1. Laktation befanden sich die beiden Versuchsgruppen zu Beginn der 2. Laktation in einem stärker ausgeprägten Energiedefizit von -46 MJ NEL/d bzw. -50 MJ NEL/d (siehe Abbildung 27). Eine ausgeglichene Energiebilanz wurde in der 2. Laktation zum Zeitpunkt der 6. Laktationswoche erreicht. Entsprechend der Futteraufnahme entwickelte sich die Energiebilanz im weiteren Laktationsverlauf positiv. Bei der Betrachtung der Abbildung 27 ist erkennbar, dass zwischen den beiden Versuchsgruppen Unterschiede im Kurvenverlauf bestehen, welche signifikant abgesichert werden konnten ( $P < 0,05$ ).



signifikante Unterschiede im Kurvenverlauf ( $P < 0,05$ )

**Abbildung 27: Mittlere Energiebilanz (MJ NEL/d) der 2. Laktation im Versuch**

### 3.4 Körperkonditionsparameter

Die Datengrundlage der folgenden Tabellen und Abbildungen der einzelnen Körperkonditionsparameter kann den Tabellen A31 bis A36 im Anhang entnommen werden.

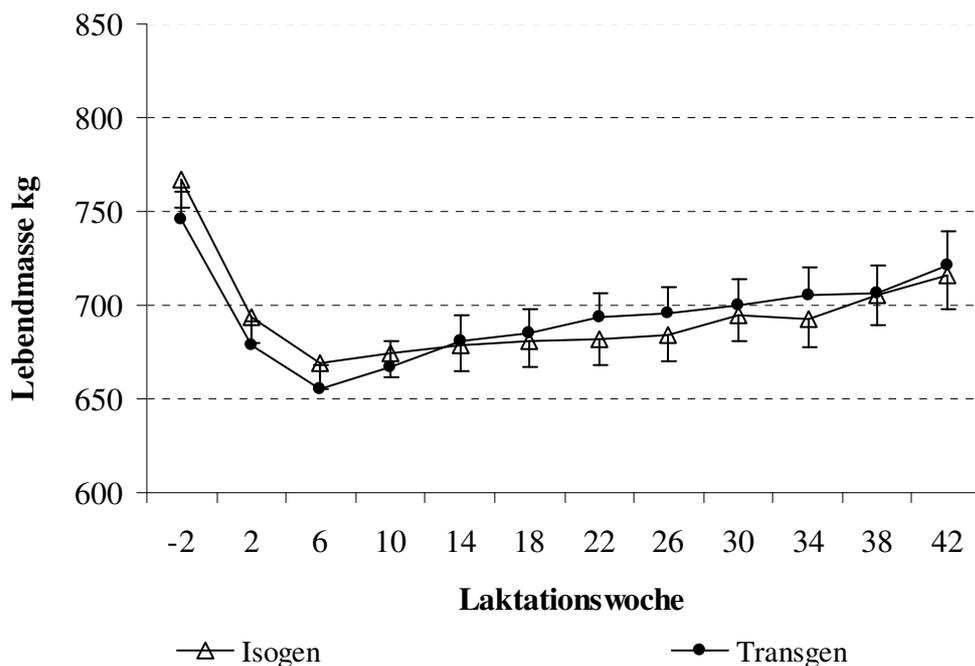
#### 3.4.1 Lebendmasse

Die durchschnittliche Lebendmasse der 1. Laktation im Versuch ist für die jeweiligen Laktationsabschnitte in der Tabelle 63 dargestellt. Im Mittel der 1. Laktation wiesen beide Versuchsgruppen eine nahezu gleiche Lebendmasse von 688 kg bzw. 690 kg auf. Eine graphische Darstellung der Lebendmasseentwicklung während der gesamten 1. Laktation im Versuch kann der Abbildung 28 entnommen werden.

**Tabelle 63: Mittlere Lebendmasse (kg) der 1. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	679,2 ± 13,7	670,6 ± 13,3	-
15 - 29 LW	682,3 ± 13,8	691,3 ± 13,6	-
30 - 45 LW	702,0 ± 15,5	708,4 ± 15,0	-
<i>Ø 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)</i>	688,3 ± 14,4	690,0 ± 14,0	0,9765

In der folgenden Abbildung 28 ist ein für die Laktation typischer Verlauf der Gewichtsentwicklung zu erkennen. Die Lebendmasse sank von der 2. Woche a.p. bei den isogenen Tieren von 767 kg bis auf 669 kg zur 6. LW ab, bei den transgen gefütterten Tieren reduzierte sich die Lebendmasse von 746 kg auf 665 kg. Im weiteren Laktationsverlauf stieg die Lebendmasse in der Tendenz bei beiden Versuchsgruppen bis zum Ende der Laktation wieder bis auf ca. 720 kg an. Im Mittel der 1. Laktation im Versuch wurden bezüglich der Lebendmasse zwischen der isogenen und transgenen Gruppe im Kurvenverlauf keine signifikante Unterschiede festgestellt ( $P > 0,05$ ).



**Abbildung 28: Mittlere Lebendmasse (kg) der 1. Laktation im Versuch**

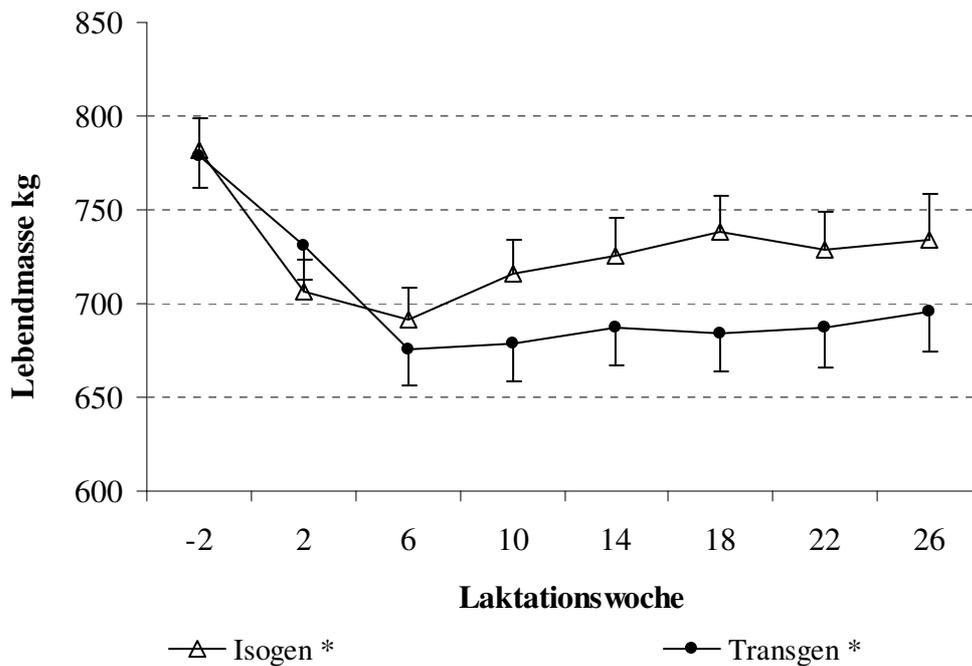
Die mittleren Lebendmassen der Tiere in der 2. Laktation im Versuch können der Tabelle 64 entnommen werden. Durchschnittlich wiesen die isogenen Tiere in der 2. Laktation eine Lebendmasse von 720 kg und die transgenen Tiere eine Lebendmasse von 691 kg auf.

**Tabelle 64: Mittlere Lebendmasse (kg) der 2. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	709,8 ± 18,1	692,7 ± 19,1	-
15 - 29 LW	733,6 ± 21,4	689,1 ± 20,8	-
Ø 2. Laktation im Versuch ( 1- 29 LW)	720,0 ± 19,5	691,2 ± 19,8	0,0144

Im Vergleich zur 1. Laktation im Versuch entwickelte sich die Lebendmasse in der 2. Laktation bei beiden Versuchsgruppen im Laktationsverlauf unterschiedlich (siehe Abbildung 29). Vor der Kalbung wiesen die isogen und transgen gefütterten Tiere vergleichbare Lebendmassen von 782 kg bzw. 779 kg auf. Aufgrund der vorliegenden negativen Energiebilanz zu Laktationsbeginn und der daraus folgenden Mobilisation von Körperfett sank die Lebendmasse bei beiden Versuchsgruppen bis zur 6. LW ab. Die transgene Gruppe wies zu Beginn der Laktation von der 2. bis zur 6. LW deutlich höhere Lebendmasseverluste von ca. 56 kg im Vergleich zur isogenen Gruppe mit Verlusten von

ca. 14 kg auf. Im weiteren Verlauf der Laktation stieg die Lebendmasse bis zur 26. LW tendenziell bei beiden Versuchsgruppen wieder bis auf 734 kg bzw. 696 kg an. Eine Betrachtung der Lebendmasseentwicklung in der 2. Laktation zeigte, dass sich die isogen gefütterten Tiere auf einem höheren Lebendmasseniveau befanden als die transgen gefütterten Tiere. Diese Unterschiede konnten beim Kurvenvergleich signifikant ( $P < 0,05$ ) abgesichert werden.



\* signifikante Unterschiede im Kurvenverlauf ( $P < 0,05$ )

**Abbildung 29: Mittlere Lebendmasse (kg) der 2. Laktation im Versuch**

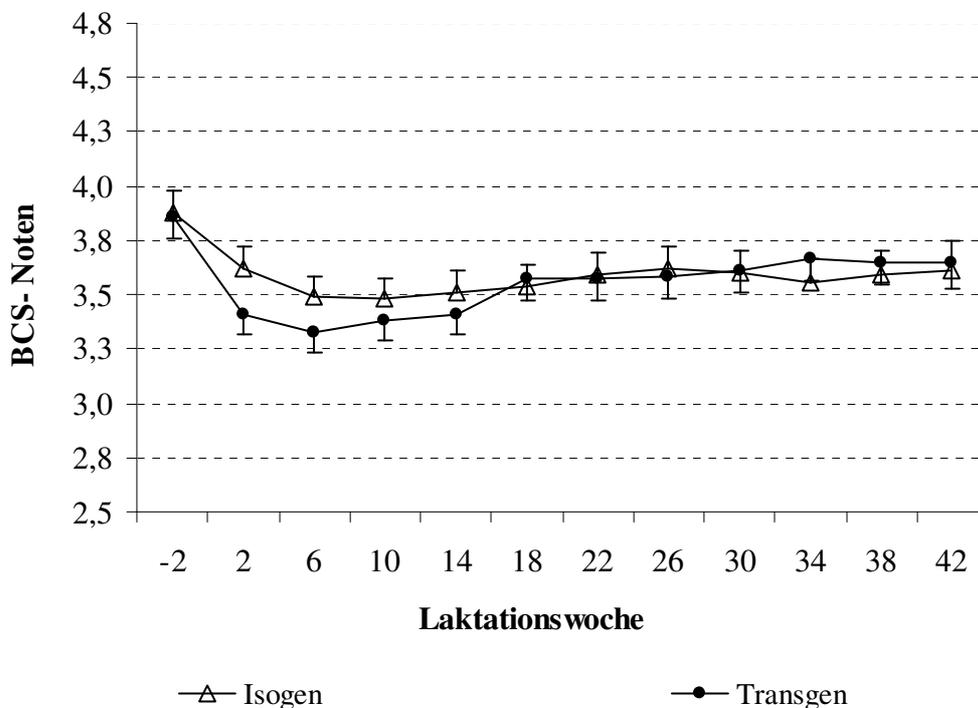
### 3.4.2 Body Condition Score

Die Ergebnisse der Beurteilung der Körperkondition mit Hilfe des Body Condition Score (BCS) sind für die 1. Laktation im Versuch in der Tabelle 65 und in der Abbildung 30 dargestellt. Im Mittel wiesen die isogen und transgen gefütterten Tiere ähnliche Körperkonditionsnoten von 3,6 bzw. 3,5 auf.

**Tabelle 65: Mittlere Körperkonditionsnoten (BCS) der 1. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	3,53 ± 0,10	3,38 ± 0,09	-
15 - 29 LW	3,59 ± 0,10	3,58 ± 0,10	-
30 - 45 LW	3,59 ± 0,11	3,64 ± 0,11	-
<i>Ø 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)</i>	3,57 ± 0,10	3,53 ± 0,10	0,3953

Wie aus der Abbildung 30 ersichtlich ist, wiesen beide Versuchsgruppen zum Zeitpunkt der 2. Woche a.p. in der 1. Laktation im Versuch identische Körperkonditionsnoten von 3,9 auf. Von der 2. LW bis zur 6. LW sanken die BCS-Noten entsprechend der Lebendmasseverluste zu Laktationsbeginn bei der isogenen Gruppe von 3,6 auf 3,5 und bei der transgenen Gruppe von 3,4 auf 3,3 ab. Anschließend stiegen die BCS-Noten bei den isogen gefütterten Tieren wieder bis auf 3,6 und bei den transgen gefütterten Tieren bis auf 3,7 an und blieben bis zum Ende der Laktation auf einem relativ konstanten Niveau. Bei der statistischen Prüfung der Kurvenverläufe der 1. Laktation wurden keine signifikante Unterschiede ( $P > 0,05$ ) zwischen den beiden Versuchsgruppen bezüglich der Körperkonditionsnoten ermittelt.

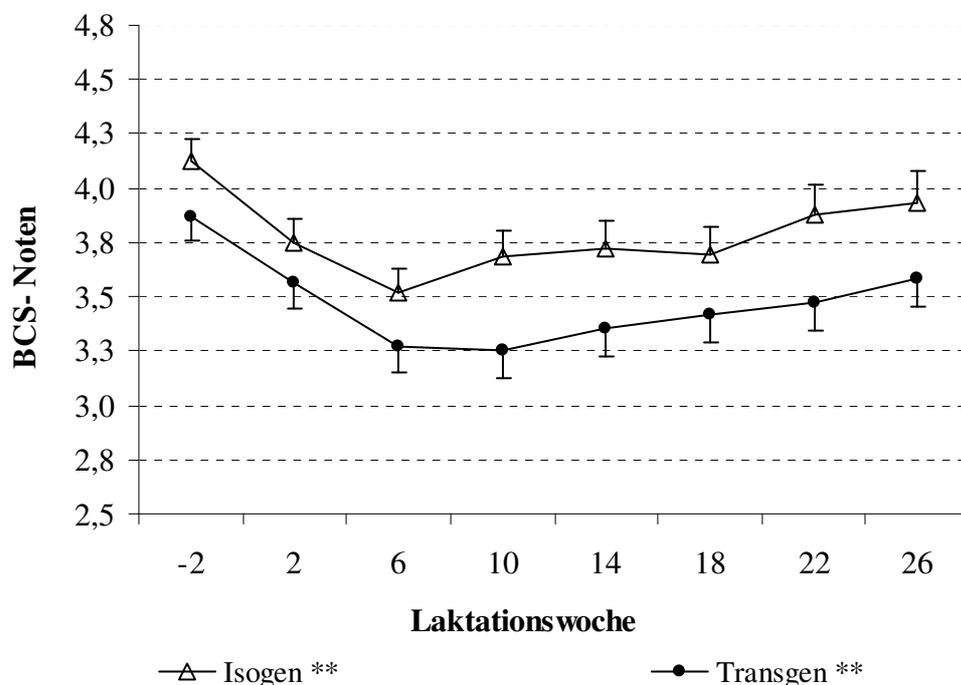
**Abbildung 30: Mittlere BCS - Noten der 1. Laktation im Versuch**

Die durchschnittlichen BCS- Noten der 2. Laktation im Versuch sind für die beiden Laktationsabschnitte in der Tabelle 66 dargestellt. Im Mittel der 2. Laktation (1.-29. LW) wies die isogene Gruppe eine Körperkonditionsnote von 3,7 und die transgene Gruppe eine Note von 3,4 auf. Eine graphische Darstellung des Verlaufes der BCS-Noten während der 2. Laktation kann der Abbildung 31 entnommen werden.

**Tabelle 66: Mittlere Körperkonditionsnoten (BCS) der 2. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	3,67 ± 0,11	3,36 ± 0,12	-
15 - 29 LW	3,83 ± 0,14	3,49 ± 0,13	-
<i>Ø2. Laktation im Versuch ( 1- 29 LW)</i>	3,74 ± 0,13	3,42 ± 0,13	<0,0001

Entsprechend der Lebendmasseentwicklung in der 2. Laktation im Versuch, bestanden auch in den Körperkonditionsnoten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen (Abbildung 31). Die isogen gefütterten Tiere bewegten sich bezüglich der BCS-Noten während der gesamten 2. Laktation (1-29 LW) auf einem relativ hohen Lebendmasseniveau.



\*\* hoch signifikante Unterschiede im Kurvenverlauf ( $P < 0,01$ )

**Abbildung 31: Mittlere BCS - Noten der 2. Laktation im Versuch**

Die isogen gefütterten Tiere wiesen vor der Kalbung eine Körperkonditionsnote von 4,1 und die transgen gefütterten Tiere eine BCS-Note von 3,9 auf. Diese sanken zu Laktationsbeginn (2. bis 6. LW) bei der isogenen Gruppe bis auf 3,5 und bei der transgenen Gruppe bis auf 3,3 Notenpunkte ab. Im weiteren Verlauf der Laktation stiegen sie wieder bis auf 3,9 bzw. 3,6 Notenpunkte an. Die aus der Abbildung 31 erkennbaren Unterschiede im Kurvenverlauf zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren konnten statistisch abgesichert werden ( $P < 0,01$ ).

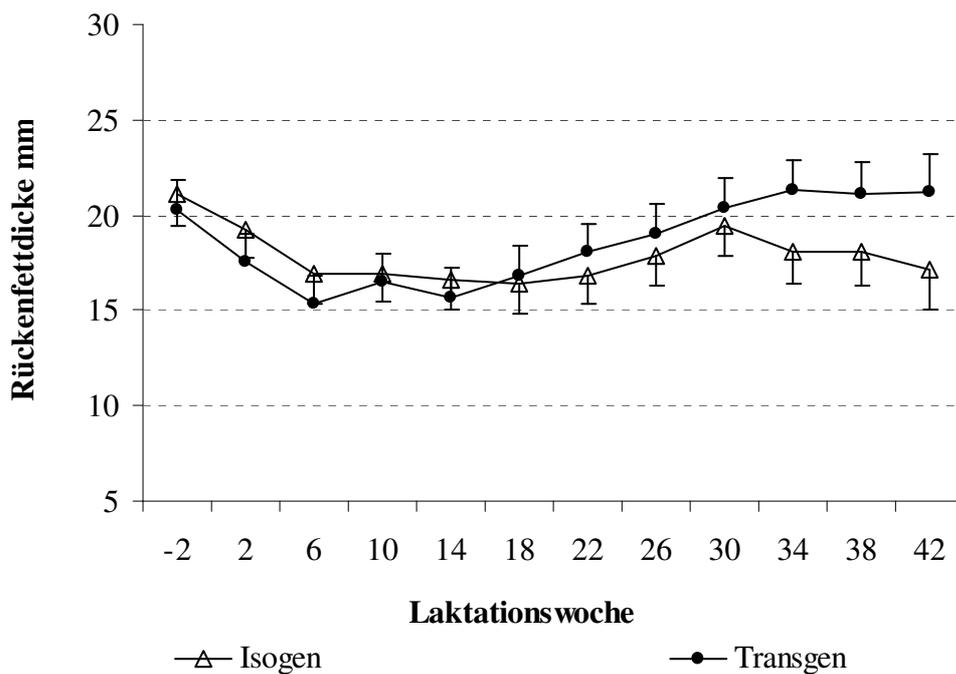
### 3.4.3 Rückenfettdicke

Die Ergebnisse der Messung der Rückenfettdicke (RFD) der 1. Laktation im Versuch sind in der Tabelle 67 sowie in der Abbildung 32 dargestellt. Die isogen gefütterten Tiere wiesen im Mittel eine RFD von 17,6 mm und die transgen gefütterten Tiere eine RFD von 18,5 mm auf.

**Tabelle 67: Mittlere Rückenfettdicken (mm) der 1. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	17,4 ± 1,5	16,3 ± 1,5	-
15 - 29 LW	17,1 ± 1,5	18,0 ± 1,5	-
30 - 45 LW	18,2 ± 1,8	21,0 ± 1,7	-
<i>Ø 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)</i>	17,6 ± 1,6	18,5 ± 1,6	0,2773

Der Abbildung 32 ist zu entnehmen, dass zwischen den beiden Versuchsgruppen bezüglich der Rückenfettdicke bis zur 30. LW nur geringfügige Unterschiede bestehen. In der 2. Woche a.p. wiesen beide Gruppen relativ ähnliche Rückenfettdicken von 21,1 mm bzw. 20,2 mm auf. Mit Beginn der Laktation nahm diese bis zur 6. LW bei den isogen gefütterten Tieren, aufgrund des Körperfettabbaus bis auf 16,9 mm und bei den transgen gefütterten Tieren bis auf 15,4 mm ab. Im weiteren Verlauf der Laktation stieg die RFD bei der isogenen Gruppe tendenziell bis zur 30. LW auf 19,4 mm und bei der transgenen Gruppe bis zur 34. LW auf 21,3 mm an. Gegen Ende der 2. Laktation sank die RFD bei den isogen gefütterten Tieren erneut um ca. 2 mm ab, während die transgen gefütterten Tiere das RFD-Niveau beibehielten. Im Laktationsverlauf der 2. Laktation im Versuch wurden bezüglich der Rückenfettdicke keine signifikanten Unterschiede ( $P > 0,05$ ) zwischen den beiden Versuchsgruppen festgestellt.



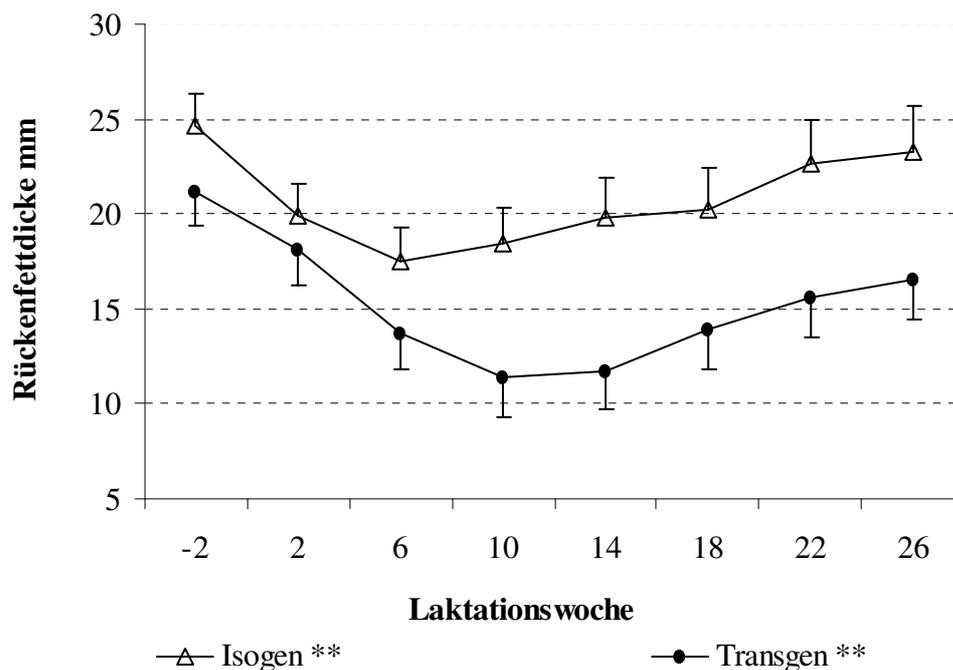
**Abbildung 32: Mittlere Rückenfettdicken (mm) der 1. Laktation im Versuch**

In der nachfolgenden Tabelle 68 sind die mittleren Rückenfettdicken für die jeweiligen Laktationsdrittel der 2. Laktation im Versuch dargestellt. Im Durchschnitt wies die isogene Gruppe eine RFD von 20,3 mm und die transgene Gruppe eine RFD von 14,4 mm auf. Eine graphische Darstellung des Laktationsverlaufes der Rückenfettdicke der 2. Laktation, kann der Abbildung 33 entnommen werden.

**Tabelle 68: Mittlere Rückenfettdicken (mm) der 2. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	18,9 ± 1,9	13,7 ± 2,0	-
15 - 29 LW	22,1 ± 2,3	15,4 ± 2,1	-
<i>Ø 2. Laktation im Versuch ( 1- 29 LW)</i>	20,3 ± 2,0	14,4 ± 2,1	<0,0001

Aus der Abbildung 33 wird deutlich, dass sich die Rückenfettdicke in der 2. Laktation im Laktationsverlauf ähnlich wie bei der Darstellung der Lebendmasse und des Body Condition Score zwischen den beiden Versuchsgruppen unterscheidet. Ein Vergleich mit den beiden anderen Körperkonditionsparametern zeigt, dass sich auch hier die isogen gefütterten Tiere auf einem höheren Körperkonditionsniveau befanden.



\*\* hoch signifikante Unterschiede im Kurvenverlauf ( $P < 0,01$ )

**Abbildung 33: Mittlere Rückenfettdicken (mm) der 2. Laktation im Versuch**

Vor der Kalbung (-2. Woche) wies die isogene Gruppe eine RFD von 24,6 mm und die transgene Gruppe eine RFD von 21,2 mm auf. Nach der Kalbung sank diese bis zur 6. LW bei den isogen gefütterten Tieren auf 17,5 mm und bei den transgen gefütterten Tieren bis zur 10. LW auf 11,4 mm ab. Im weiteren Verlauf der Laktation stieg die Rückenfettdicke bei beiden Versuchsgruppen wieder auf 23,3 mm bzw. 16,6 mm an. Die erkennbaren Unterschiede im Laktationsverlauf der 2. Laktation im Versuch bezüglich der Rückenfettdicke konnten statistisch signifikant abgesichert werden ( $P < 0,01$ ).

### 3.5 Stoffwechselfparameter

In den nachfolgenden Ausführungen werden die Ergebnisse der analysierten Stoffwechselfparameter jeweils für die 1. und 2. Laktation im Versuch dargestellt. Die Datengrundlage der entsprechenden Tabellen und Abbildungen können den Anhangstabellen A37 bis A50 entnommen werden.

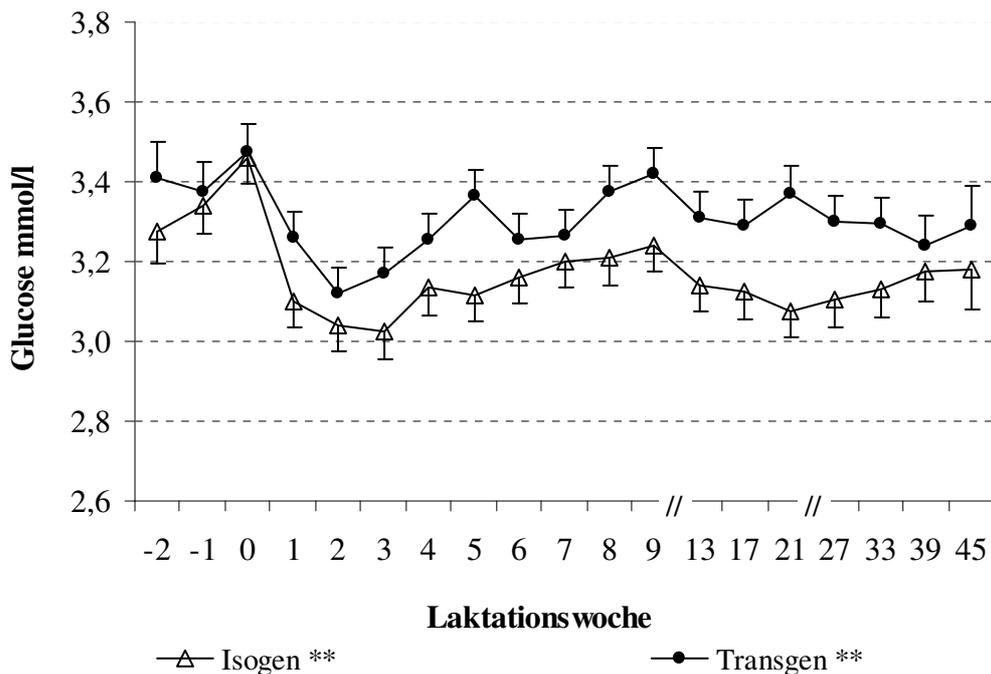
### 3.5.1 Glucosekonzentration im Blutplasma

Die mittleren Glucosekonzentrationen im Blutplasma der 1. Laktation im Versuch können für die jeweiligen Laktationsabschnitte der Tabelle 69 entnommen werden. Im Durchschnitt der gesamten 1. Laktation wiesen die isogen gefütterten Tiere eine Glucosekonzentration von 3,13 mmol/l und die transgen gefütterten Tiere eine Konzentration von 3,29 mmol/l auf.

**Tabelle 69: Mittlere Glucosekonzentration im Blutplasma (mmol/l) der 1. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	3,14 ± 0,07	3,28 ± 0,06	-
15 - 29 LW	3,10 ± 0,07	3,32 ± 0,07	-
30 - 45 LW	3,16 ± 0,08	3,28 ± 0,08	-
<i>Ø 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)</i>	3,13 ± 0,07	3,29 ± 0,07	<0,0001

Der Laktationsverlauf der analysierten Glucosekonzentrationen im Blutplasma während der 1. Laktation im Versuch ist in der Abbildung 34 dargestellt. In der 2. Woche a.p. wies die isogene Gruppe Glucosegehalte von 3,27 mmol/l und die transgene Gruppe etwas höhere Gehalte von 3,41 mmol/l auf. Zu Beginn der Laktation sanken die Glucosegehalte bis zur 3. LW bei den isogen gefütterten Tieren auf 3,02 mmol/l und bei den transgen gefütterten Tieren bis zur 2. LW auf 3,12 mmol/l ab. In den nachfolgenden Laktationswochen bewegten sich die Glucosekonzentrationen bei der isogenen Gruppe im Bereich von 3,1-3,2 mmol/l und bei der transgenen Gruppe zwischen 3,2-3,4 mmol/l. Bei der Betrachtung der gesamten 1. Laktation im Versuch wird deutlich, dass die transgene Versuchsgruppe im Laktationsverlauf höhere Glucosekonzentrationen im Blutplasma aufwies als die isogene Versuchsgruppe. Diese Unterschiede konnten statistisch abgesichert werden ( $P < 0,01$ ).



\*\* hoch signifikante Unterschiede im Kurvenverlauf ( $P < 0,01$ )

**Abbildung 34: Mittlere Glucosekonzentration im Blutplasma (mmol/l) der 1. Laktation im Versuch**

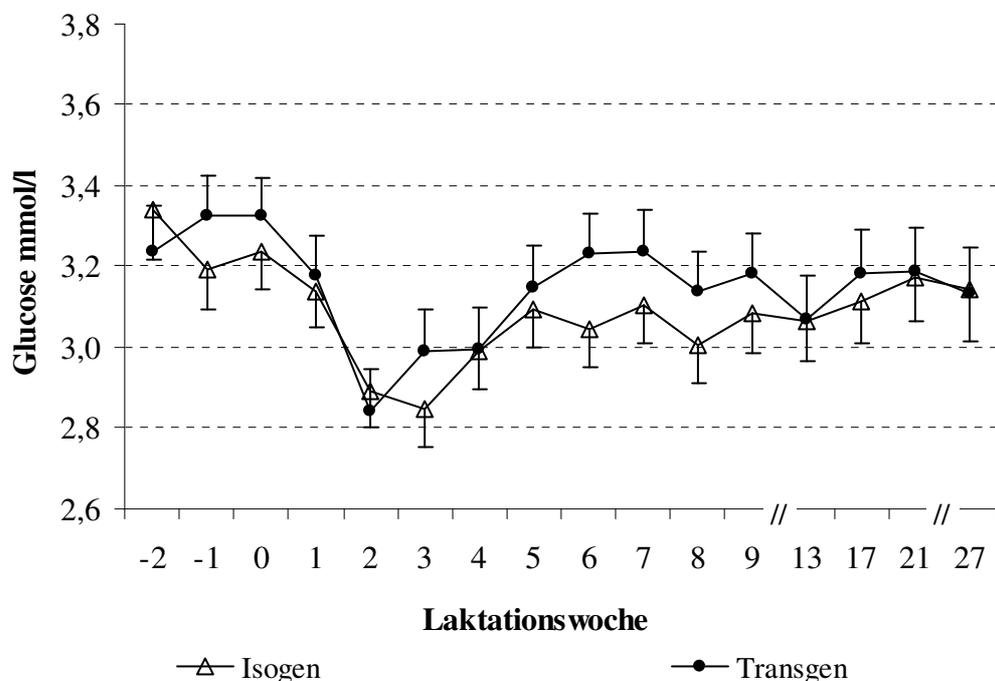
In der Tabelle 70 sind die analysierten Glucosekonzentrationen im Blutplasma für die jeweiligen Laktationsabschnitte der 2. Laktation im Versuch angegeben. Die isogen gefütterten Tiere wiesen im Mittel eine Glucosekonzentration von 3,05 mmol/l und die transgen gefütterten Tiere eine Konzentration von 3,12 mmol/l auf.

**Tabelle 70: Mittlere Glucosekonzentration im Blutplasma (mmol/l) der 2. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	3,03 ± 0,09	3,10 ± 0,10	-
15 - 29 LW	3,14 ± 0,12	3,17 ± 0,11	-
Ø 2. Laktation im Versuch ( 1- 29 LW)	3,05 ± 0,10	3,12 ± 0,10	0,2167

Der Laktationsverlauf der Glucosekonzentration im Blutplasma während der 2. Laktation im Versuch ist in der Abbildung 35 dargestellt. Zum Zeitpunkt der 2. Woche a.p. wiesen die Tiere beider Versuchsgruppen Glucosegehalte im Bereich von 3,2-3,3 mmol/l auf. Nach der Kalbung sanken die Glucosegehalte bei den isogen und transgen gefütterten Tieren bis zur

2-3. LW auf 2,8-2,9 mmol/l ab. Im weiteren Laktationsverlauf stiegen die Konzentration bei beiden Versuchsgruppen wieder an und bewegten sich im Bereich von 3,0 bis 3,2 mmol/l. Eine Auswertung der gesamten zweiten Laktation im Versuch zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen ( $P > 0,05$ ).



**Abbildung 35: Mittlere Glucosekonzentration im Blutplasma (mmol/l) der 2. Laktation im Versuch**

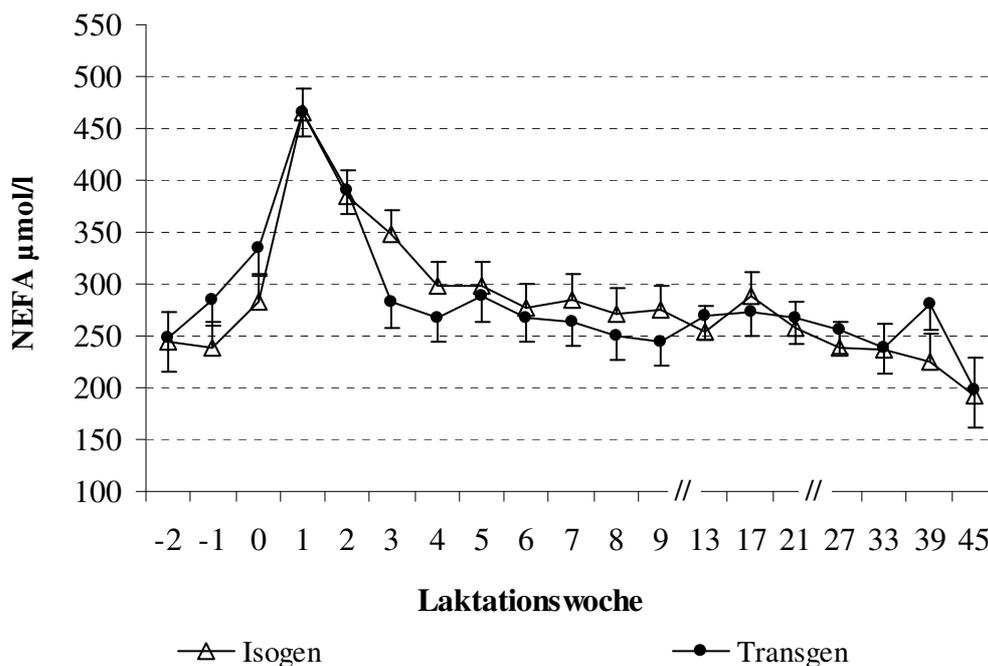
### 3.5.2 Freie Fettsäuren (NEFA) im Blutplasma

Die Ergebnisse der Analytik der freien Fettsäuren (NEFA) im Blutplasma der 1. Laktation im Versuch können für die einzelnen Laktationsdrittel der Tabelle 71 entnommen werden. Im Mittel der gesamten 1. Laktation wiesen die einkalbigen und mehrkalbigen Tiere beider Versuchsgruppen ähnliche NEFA Konzentrationen von 287  $\mu\text{mol/l}$  bzw. 281  $\mu\text{mol/l}$  auf.

**Tabelle 71: Mittlere Gehalte an freien Fettsäuren im Blutplasma ( $\mu\text{mol/l}$ ) der 1. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	315,7 $\pm$ 23,8	298,7 $\pm$ 23,3	-
15 - 29 LW	261,4 $\pm$ 24,2	265,3 $\pm$ 23,9	-
30 - 45 LW	218,1 $\pm$ 29,4	239,1 $\pm$ 28,7	-
$\emptyset$ 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)	287,2 $\pm$ 24,9	281,3 $\pm$ 24,4	0,9914

Ein Überblick über den Verlauf der NEFA Konzentrationen während der gesamten 1. Laktation im Versuch gewährt die Abbildung 36. In der zweiten Woche a.p. zeigten die Tiere beider Versuchsgruppen relativ niedrige NEFA Konzentrationen von ca. 245  $\mu\text{mol/l}$ . Im weiteren Verlauf stiegen die Gehalte der freien Fettsäuren aufgrund des auftretenden Energie-defizits und der damit verbundenen Körperfettmobilisation an. Die höchsten NEFA Konzentrationen wurden zum Zeitpunkt der 1. LW mit 465  $\mu\text{mol/l}$  von den isogen gefütterten Tieren bzw. 466  $\mu\text{mol/l}$  von den transgen gefütterten Tieren erreicht. Im weiteren Laktationsverlauf nahmen die Gehalte mit steigender Energieaufnahme bei beiden Versuchsgruppen wieder bis auf 300  $\mu\text{mol/l}$  bzw. 270  $\mu\text{mol/l}$  ab und bewegten sich bis zum Ende der Laktation bei beiden Versuchsgruppen zwischen 200-300  $\mu\text{mol/l}$ . Im Laktationsverlauf konnten zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden ( $P > 0,05$ ).



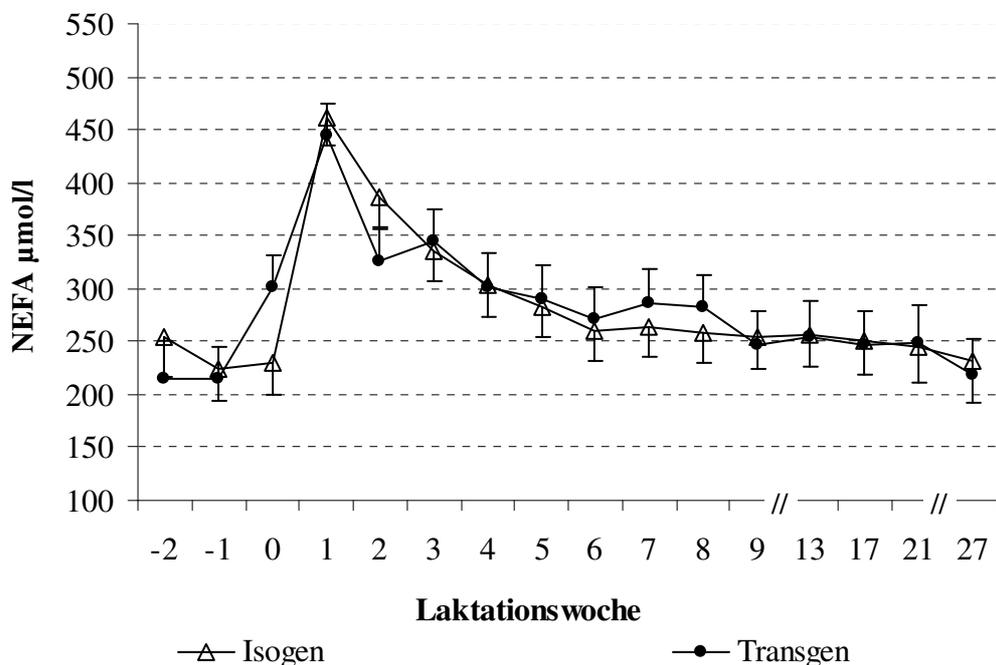
**Abbildung 36: Mittlere Konzentration an freien Fettsäuren im Blutplasma ( $\mu\text{mol/l}$ ) der 1. Laktation im Versuch**

Im Mittel der 2. Laktation im Versuch wurden von den mehrkalbigen Tieren beider Versuchsgruppen ähnlich wie in der 1. Laktation NEFA Konzentrationen von 292  $\mu\text{mol/l}$  bzw. 290  $\mu\text{mol/l}$  erreicht (siehe Tabelle 72).

**Tabelle 72: Mittlere Gehalte an freien Fettsäuren im Blutplasma ( $\mu\text{mol/l}$ ) der 2. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	$306,4 \pm 28,7$	$305,0 \pm 31,0$	-
15 - 29 LW	$242,4 \pm 35,2$	$238,0 \pm 33,7$	-
$\bar{\varnothing}$ 2. Laktation im Versuch (1-29 LW)	$291,7 \pm 30,2$	$289,5 \pm 31,6$	0,9881

Ähnlich wie in der 1. Laktation, zeigt sich auch in der 2. Laktation ein Anstieg der NEFA Konzentration zum Zeitpunkt der 1. LW (siehe Abbildung 37). Die Konzentration der freien Fettsäuren stieg bei den isogen gefütterten Tieren von  $255 \mu\text{mol/l}$  bis auf  $462 \mu\text{mol/l}$  und bei den transgen gefütterten Tieren von  $216 \mu\text{mol/l}$  auf  $445 \mu\text{mol/l}$ . Im weiteren Laktationsverlauf sanken die NEFA Konzentration relativ kontinuierlich bis auf  $220 \mu\text{mol/l}$  bzw.  $230 \mu\text{mol/l}$  ab. Bei der Betrachtung der gesamten 2. Laktation im Versuch (1-29 LW) wurden auch hier zwischen den beiden Versuchsgruppen keine signifikanten Unterschiede in der Konzentration der freien Fettsäuren im Blutplasma festgestellt ( $P > 0,05$ ).



**Abbildung 37: Mittlere Konzentration an freien Fettsäuren im Blutplasma ( $\mu\text{mol/l}$ ) der 2. Laktation im Versuch**

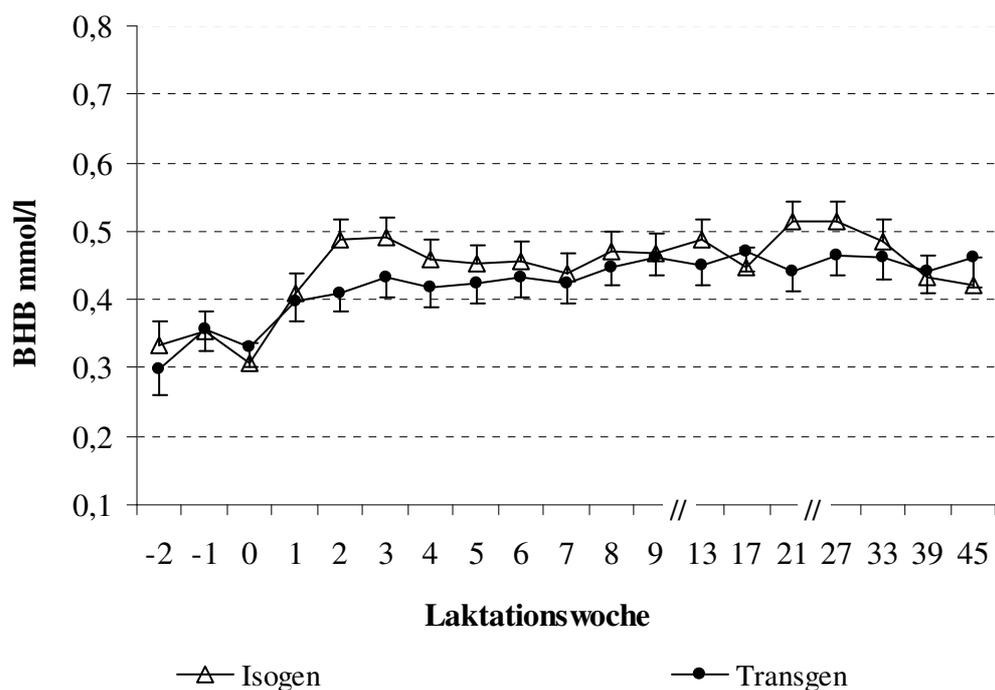
### 3.5.3 Beta-Hydroxybutyrat (BHB) im Blutplasma

In der Tabelle 73 sind die Ergebnisse der Analytik des Beta-Hydroxybutyrat (BHB) im Blutplasma der 1. Laktation im Versuch für die jeweiligen Laktationsabschnitte dargestellt. Im Mittel lagen die BHB Konzentrationen bei den isogen gefütterten Tieren bei 0,46 mmol/l und bei den transgen gefütterten Tieren bei 0,44 mmol/l. Eine graphische Darstellung der BHB Konzentration im Verlauf der gesamten 1. Laktation kann der Abbildung 38 entnommen werden.

**Tabelle 73: Mittlere Gehalte an Beta-Hydroxybutyrat im Blutplasma (mmol/l) der 1. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	0,46 ± 0,03	0,43 ± 0,03	-
15 - 29 LW	0,49 ± 0,03	0,46 ± 0,03	-
30 - 45 LW	0,45 ± 0,04	0,45 ± 0,03	-
<i>Ø 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)</i>	0,46 ± 0,03	0,44 ± 0,03	0,1068

In der 1. Laktation im Versuch stiegen die BHB Konzentration im Blutplasma von der 2. Woche a.p. bis zur 2. bzw. 3. LW bei beiden Versuchsgruppen an (siehe Abbildung 38). Bei der isogenen Gruppe von 0,33 mmol/l auf 0,49 mmol/l und bei der transgenen Gruppe von 0,30 mmol/l auf 0,46 mmol/l. Im weiteren Verlauf der Laktation bewegten sich die BHB Konzentration bis zum Ende der Laktation bei beiden Versuchsgruppen auf einem Niveau von 0,4-0,5 mmol/l. Ein Prüfung des Kurvenverlaufes zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren auf ( $P > 0,05$ ).



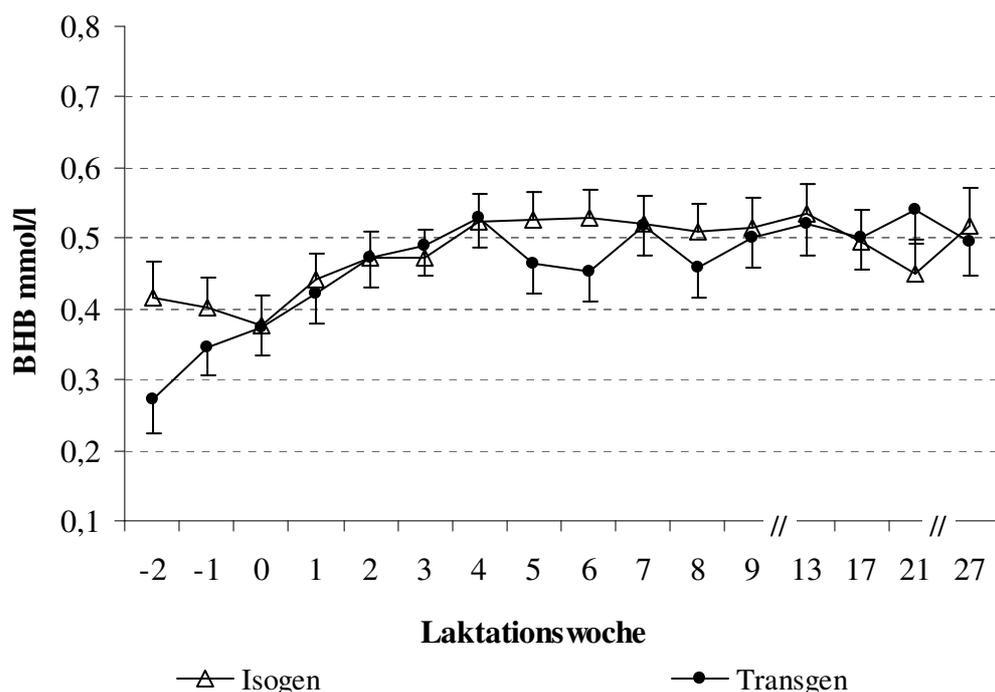
**Abbildung 38: Mittlere Konzentration an Beta-Hydroxybutyrat im Blutplasma (mmol/l) der 1. Laktation im Versuch**

Die mittleren Gehalte an BHB im Blutplasma für die 2. Laktation im Versuch sind in der Tabelle 74 dargestellt. Die beiden Versuchsgruppen wiesen über die gesamte 2. Laktation (1.-29. LW) nahezu identische BHB Konzentration von 0,50 mmol/ bzw. 0,49 mmol/l auf.

**Tabelle 74: Mittlere Gehalte an Beta-Hydroxybutyrat im Blutplasma (mmol/l) der 2. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	0,50 ± 0,04	0,48 ± 0,04	-
15 - 29 LW	0,49 ± 0,05	0,51 ± 0,05	-
<i>Ø</i> 2. Laktation im Versuch ( 1- 29 LW)	0,50 ± 0,04	0,49 ± 0,04	0,3043

In der Abbildung 39 ist der Verlauf der BHB Konzentration im Blutplasma während der 2. Laktation im Versuch aufgezeigt. Der Abbildung ist zu entnehmen, dass die BHB Gehalte von der zweiten Woche a.p. bis zur 4. LW bei beiden Versuchsgruppen von 0,41 mmol/l bzw. 0,29 mmol/l bis auf 0,53 mmol/l bzw. 0,52 mmol/ anstiegen. In den nachfolgenden Laktationswochen blieben die BHB Konzentrationen auf einem Niveau von 0,45-0,54 mmol/l. Eine Auswertung der gesamten 2. Laktation im Versuch zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen ( $P > 0,05$ ).



**Abbildung 39: Mittlere Konzentration an Beta-Hydroxybutyrat im Blutplasma (mmol/l) der 2. Laktation im Versuch**

### 3.5.4 Aspartat-Amino-Transferase (AST)

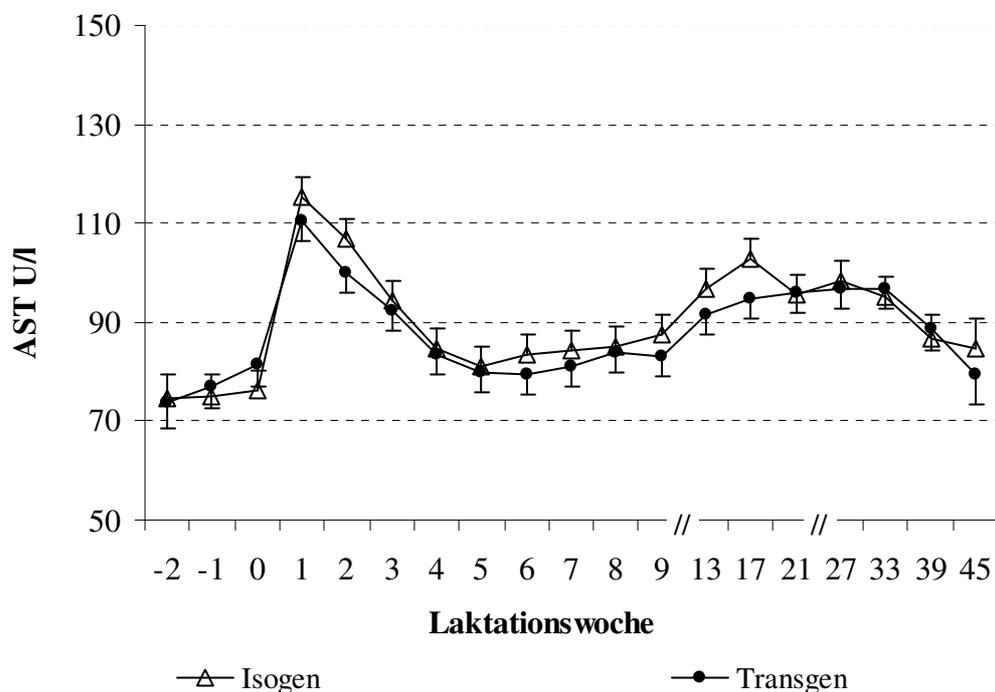
In der nachstehenden Tabelle 75 sind die mittleren Gehalte des Enzyms Aspartat-Amino-Transferase (AST) im Blutplasma der 1. Laktation im Versuch für die jeweiligen Laktationsabschnitte dargestellt. Die isogen und transgen gefütterten Tiere wiesen im Mittel der gesamten 1. Laktation AST Gehalte von 92,6 U/l und 89,8 U/l auf.

**Tabelle 75: Mittlere Gehalte an Aspartat-Amino-Transferase (AST) im Blutplasma (U/l) der 1. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	91,9 ± 4,1	88,5 ± 4,0	-
15 - 29 LW	98,8 ± 4,1	95,9 ± 4,1	-
30 - 45 LW	88,8 ± 5,0	88,3 ± 4,9	-
Ø 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)	92,6 ± 4,2	89,8 ± 4,2	0,2626

Eine graphische Darstellung der AST Gehalte von der 2. Woche a.p. bis zur 45. Woche p.p. (1. Laktation im Versuch) kann der Abbildung 40 entnommen werden. Die beiden Versuchsgruppen unterschieden sich nur geringfügig voneinander. Nach anfänglichen AST Gehalten

von 74 U/l bei beiden Versuchsgruppen stieg die Konzentration des Enzyms bis zur 1. LW bei der isogenen Gruppe auf 115 U/l und bei der transgenen Gruppe auf 110 U/l an. Im weiteren Laktationsverlauf sank die Konzentration der AST bei beiden Versuchsgruppen wieder bis auf 85 bzw. 84 U/l ab. Ab der 9. LW erfolgte ein erneuter Anstieg der AST Werte bei den isogen gefütterten Tieren bis zur 17. LW und bei den transgen gefütterten Tieren bis zur 27. LW auf 103 U/l bzw. 97 U/l. Anschließend sanken die AST Gehalte bis Ende der Laktation wiederum bei beiden Versuchsgruppen auf unter 90 U/l ab. Im Mittel der gesamten 1. Laktation können zwischen der isogenen und transgenen Gruppe keine signifikanten Unterschiede errechnet werden ( $P > 0,05$ ).



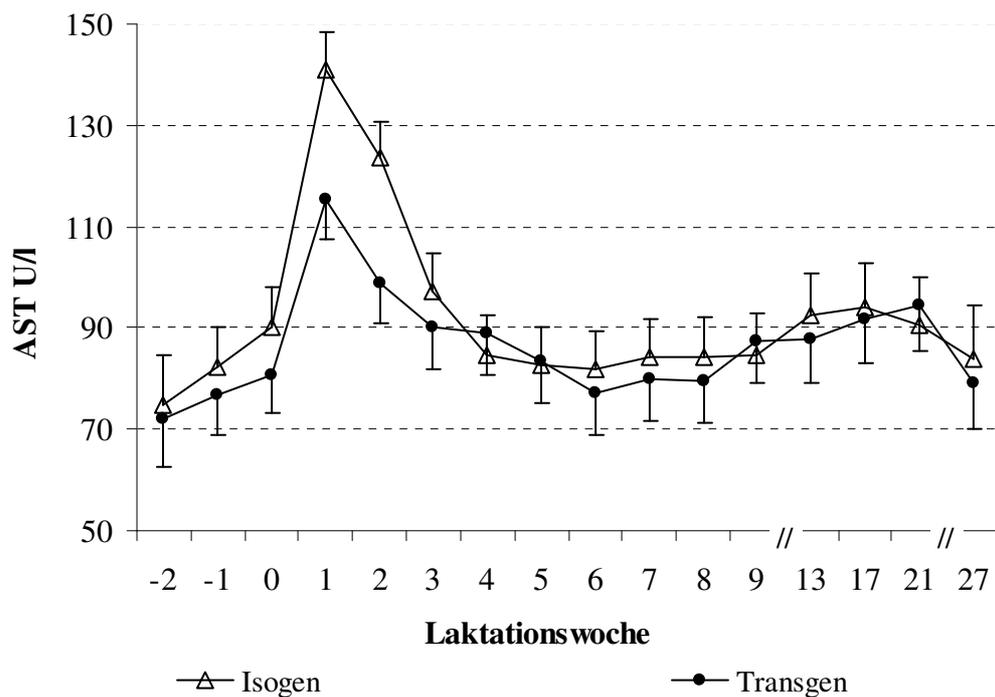
**Abbildung 40: Mittlere Konzentration an Aspartat-Amino-Transferase (AST) im Blutplasma (U/l) der 1. Laktation im Versuch**

In der Tabelle 76 sind die durchschnittlichen AST Gehalte im Blutplasma der 2. Laktation im Versuch aufgezeigt. Im Mittel der gesamten 2. Laktation wiesen die isogen gefütterten Tiere AST Gehalte von 94,3 U/l und die transgen gefütterten Tiere Gehalte von 88,8 U/l auf. Der Verlauf der AST Gehalte der 2. Laktation im Versuch kann der Abbildung 41 entnommen werden.

**Tabelle 76: Mittlere Gehalte an Aspartat-Amino-Transferase (AST) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch**

	<b>Isogen</b>	<b>Transgen</b>	<b>P-Wert</b>
1 - 14 LW	95,7 ± 7,7	88,9 ± 8,3	-
15 - 29 LW	89,6 ± 9,4	88,6 ± 9,0	-
<i>Ø 2. Laktation im Versuch ( 1- 29 LW)</i>	94,3 ± 8,1	88,8 ± 8,4	0,1769

Aus der Abbildung 41 ist ersichtlich, dass die AST Gehalte der 2. Laktation im Versuch einen ähnlichen Verlauf wie in der 1. Laktation aufwiesen. Vor der Kalbung zeigten die isogen gefütterten Tiere AST Werte von 75 U/l und die transgen gefütterten Tiere Werte von 72 U/l. Ab diesem Zeitraum stieg die Konzentration bei der isogenen Gruppe stetig bis auf 141 U/l zur 1. LW bzw. bis auf 115 U/l bei der transgenen Gruppe an. In den nachfolgenden Laktationswochen fielen die AST Gehalte bei beiden Versuchsgruppen auf 82 U/l bzw. 77 U/l ab. Ähnlich wie in der 1. Laktation im Versuch erfolgte ein erneuter Anstieg der Enzymkonzentration ab der 7. LW auf 94 U/l bzw. 95 U/l mit einem anschließendem absinken der AST Werte gegen Ende der Laktation auf 84 U/l bzw. 79 U/l. Eine Prüfung des Kurvenverlaufes zeigte auch hier keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen ( $P > 0,05$ ).



**Abbildung 41: Mittlere Konzentration an Aspartat-Amino-Transferase (AST) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch**

### 3.5.5 Glutamat-Dehydrogenase (GLDH)

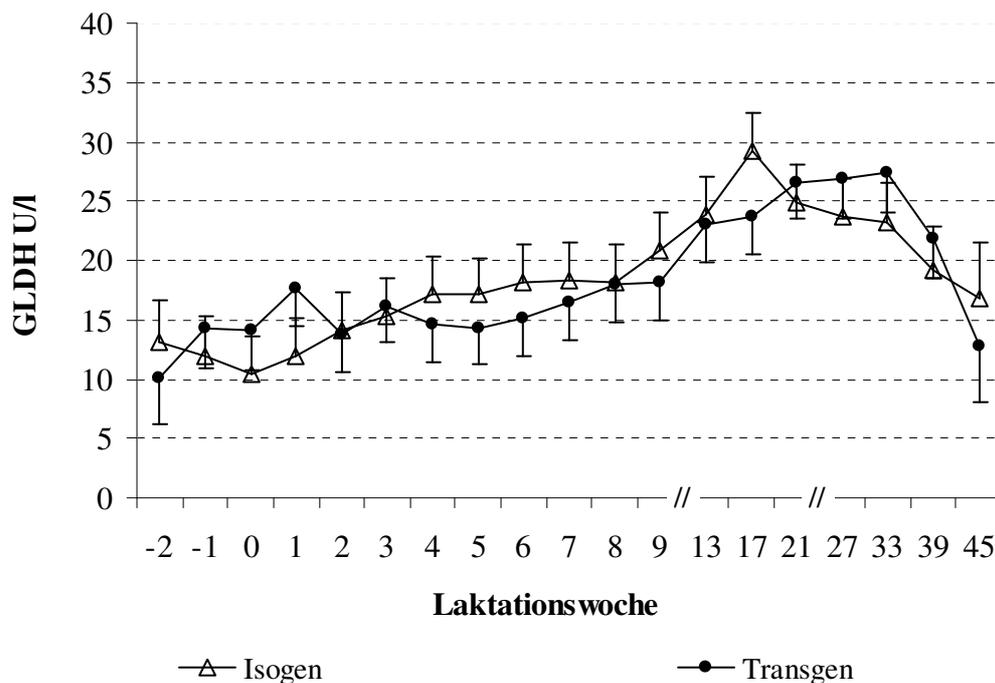
Die mittleren Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) Gehalte im Blutplasma der 1. Laktation im Versuch sind für die jeweiligen Laktationsdrittel in der Tabelle 77 dargestellt. Im Durchschnitt der gesamten Laktation wies die isogene Gruppe Gehalte von 19,5 U/l und die transgene Gruppe Gehalte von 19,1 U/l auf. Eine Übersicht der Konzentration des Leberenzym GLDH während der 1. Laktation im Versuch kann der Abbildung 42 entnommen werden.

**Tabelle 77: Mittlere Gehalte an Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) im Blutplasma (U/l) der 1. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	17,5 ± 3,2	16,7 ± 3,1	-
15 - 29 LW	25,9 ± 3,2	25,7 ± 3,2	-
30 - 45 LW	19,7 ± 3,9	20,7 ± 3,9	-
Ø 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)	19,5 ± 3,3	19,1 ± 3,3	0,9217

Die geringste Konzentration an GLDH wiesen die Tiere beider Versuchsgruppen vor der Kalbung mit Werten unter 14 U/l auf (siehe Abbildung 42). Nach der Kalbung stiegen die

GDLH Gehalte im Blutplasma tendenziell bei den isogen gefütterten Tieren bis zur 17. LW auf 29,2 U/l und bei den transgen gefütterten Tieren bis zur 33. LW auf 27,3 U/l an. Nachfolgend sanken die GDLH Gehalte bei beiden Versuchsgruppen auf 16,7 U/l bzw. 12,9 U/l ab. Im Kurvenverlauf konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen abgesichert werden ( $P > 0,05$ ).



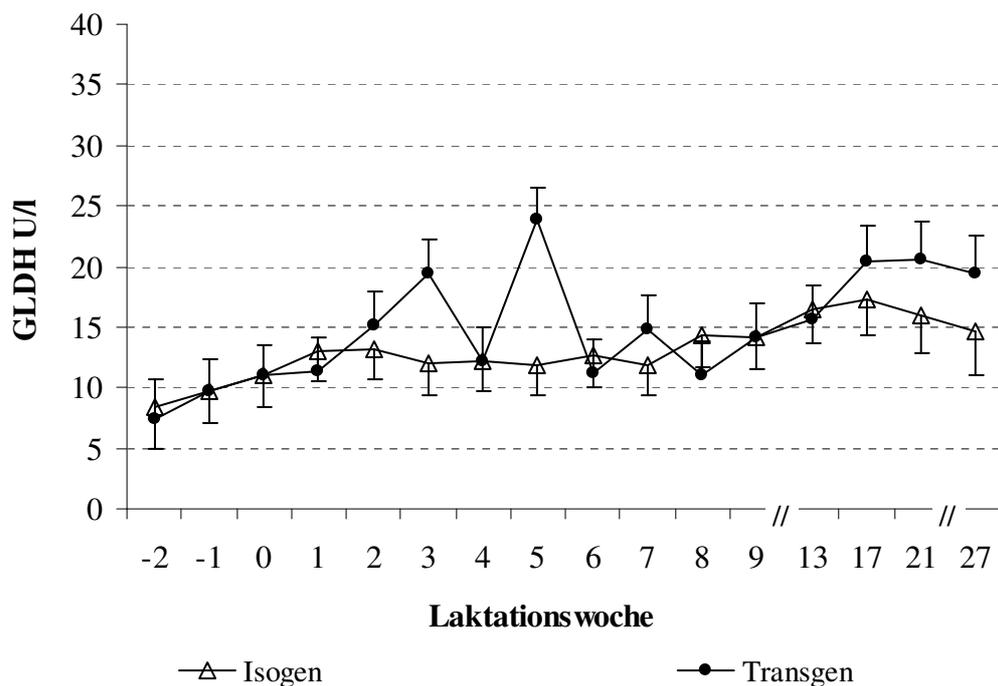
**Abbildung 42: Mittlere Konzentration an Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) im Blutplasma (U/l) der 1. Laktation im Versuch**

In der Tabelle 78 sind die Ergebnisse der GLDH Analytik im Blutplasma der 2. Laktation im Versuch dargestellt. Im Mittel lagen die GLDH Gehalte bei der isogenen Gruppe bei 13,8 U/l bzw. bei der transgenen Gruppe bei 16,1 U/l.

**Tabelle 78: Mittlere Gehalte an Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	13,2 ± 2,6	14,9 ± 2,8	-
15 - 29 LW	15,9 ± 3,2	20,2 ± 3,0	-
Ø 2. Laktation im Versuch ( 1- 29 LW)	13,8 ± 2,7	16,1 ± 2,8	0,1779

In der nachfolgenden Abbildung 43 ist zu erkennen, dass die GLDH Gehalte im Laktationsverlauf der transgenen Gruppe im Vergleich zur isogenen Gruppe größeren Schwankungen unterlag. Zum Zeitpunkt der 2. Woche a.p. wiesen beide Versuchsgruppen niedrige GLDH Konzentrationen von 8,4 U/l bzw. 7,5 U/l auf. Diese stiegen dann stetig bei der isogenen Gruppe bis zur 2. LW auf 13,1 U/l und bei der transgenen Gruppe bis zur 3. LW auf 19,5 U/l an. Im weiteren Laktationsverlauf blieben die GLDH Gehalte bei den isogen gefütterten Tieren in etwa auf dem gleichen Niveau mit steigender Tendenz und sanken gegen Ende der Laktation leicht ab. Die GLDH Gehalte der transgen gefütterten Tiere zeigten dagegen zwischen der 4. LW und 8. LW schwankende Verläufe und stiegen dann in den nachfolgenden Laktationswochen wieder an. Ähnlich wie bei der isogenen Gruppe konnte auch hier eine Abnahme der GLDH Konzentration zum Laktationsende festgestellt werden. Zwischen den beiden Versuchsgruppen konnten bezüglich der GLDH Konzentrationen in der 2. Laktation keine signifikanten Unterschiede im Kurvenverlauf nachgewiesen werden ( $P > 0,05$ ).



**Abbildung 43: Mittlere Konzentration an Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch**

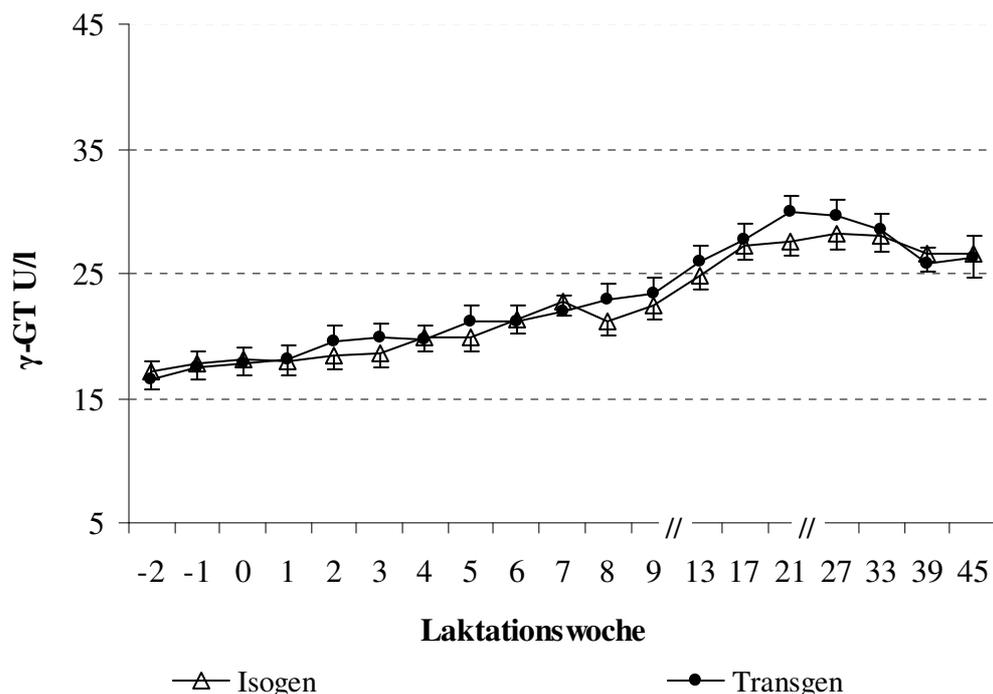
### 3.5.6 Gamma-Glutamyl-Transferase ( $\gamma$ -GT)

Im Mittel der 1. Laktation im Versuch wiesen die isogen gefütterten Tiere Gamma-Glutamyl-Transferase ( $\gamma$ -GT) Gehalte von 23,2 U/l und die transgen gefütterten Tiere Gehalte von 23,9 U/l auf (siehe Tabelle 79). Eine graphische Darstellung der  $\gamma$ -GT-Konzentrationen im Laktationsverlauf kann der Abbildung 44 entnommen werden.

**Tabelle 79: Mittlere Gehalte an Gamma-Glutamyl-Transferase ( $\gamma$ -GT) im Blutplasma (U/l) der 1. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	20,8 $\pm$ 1,2	21,4 $\pm$ 1,2	-
15 - 29 LW	27,7 $\pm$ 1,2	29,2 $\pm$ 1,2	-
30 - 45 LW	27,0 $\pm$ 1,5	26,9 $\pm$ 1,4	-
<i>Ø 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)</i>	23,2 $\pm$ 1,3	23,9 $\pm$ 1,2	0,4263

Die Konzentration der  $\gamma$ -GT stieg in der 1. Laktation tendenziell bei beiden Versuchsgruppen von der 2. Woche a.p. bis zur 21. LW bzw. 27. LW an und nahm im weiteren Laktationsverlauf wieder ab (siehe Abbildung 44). Die  $\gamma$ -GT Konzentrationen der isogenen Gruppe stiegen von 17,1 U/l auf 28,2 U/l und nahmen gegen Ende der Laktation bis auf 26,5 U/l wieder ab. Ein ähnlicher Verlauf war auch bei der transgenen Gruppe erkennbar, hier stieg die Aktivität des Enzyms von 16,6 auf 30,0 U/l an und fiel anschließend wieder bis auf 26,3 U/l ab. Zwischen den beiden Versuchsgruppen konnten keine signifikanten Unterschiede im Kurvenverlauf festgestellt werden ( $P > 0,05$ ).



**Abbildung 44: Mittlere Konzentration an Gamma-Glutamyl-Transferase ( $\gamma$ -GT) im Blutplasma (U/l) der 1. Laktation im Versuch**

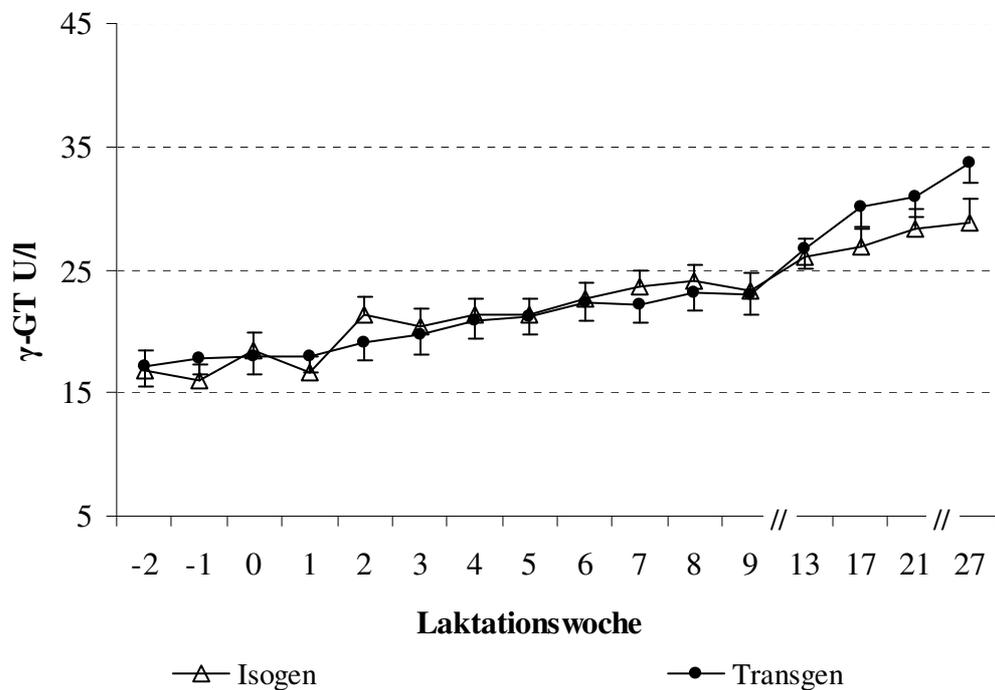
In der 2. Laktation im Versuch wurden von den isogen und transgen gefütterten Tieren mit 23,5 U/l bzw. 23,9 U/l ähnliche mittlere  $\gamma$ -GT Konzentrationen wie in der 1. Laktation erreicht (siehe Tabelle 80).

**Tabelle 80: Mittlere Gehalte an Gamma-Glutamyl-Transferase ( $\gamma$ -GT) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	22,1 $\pm$ 1,4	21,6 $\pm$ 1,5	-
15 - 29 LW	28,0 $\pm$ 1,7	31,6 $\pm$ 1,6	-
$\bar{\emptyset}$ 2. Laktation im Versuch ( 1- 29 LW)	23,5 $\pm$ 1,4	23,9 $\pm$ 1,5	0,5754

Die Verlaufskonzentrationen der  $\gamma$ -GT Gehalte im Blutplasma der Tiere der 2. Laktation sind in der Abbildung 45 dargestellt. Dieser ist zu entnehmen, dass die  $\gamma$ -GT Konzentrationen tendenziell über die gesamte Laktation anstiegen. Die Konzentration des Enzyms stieg bei der isogenen Gruppe von 16,8 U/l bis zum Ende der Laktation auf 28,9 U/l und bei der transgenen Gruppe von 17,1 U/l auf 33,7 U/l. Bei der Prüfung der gesamten 2. Laktation konnten auch

hier keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen festgestellt werden ( $P > 0,05$ ).



**Abbildung 45: Mittlere Konzentration an Gamma-Glutamyl-Transferase ( $\gamma$ -GT) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch**

### 3.5.7 Gesamt-Bilirubin

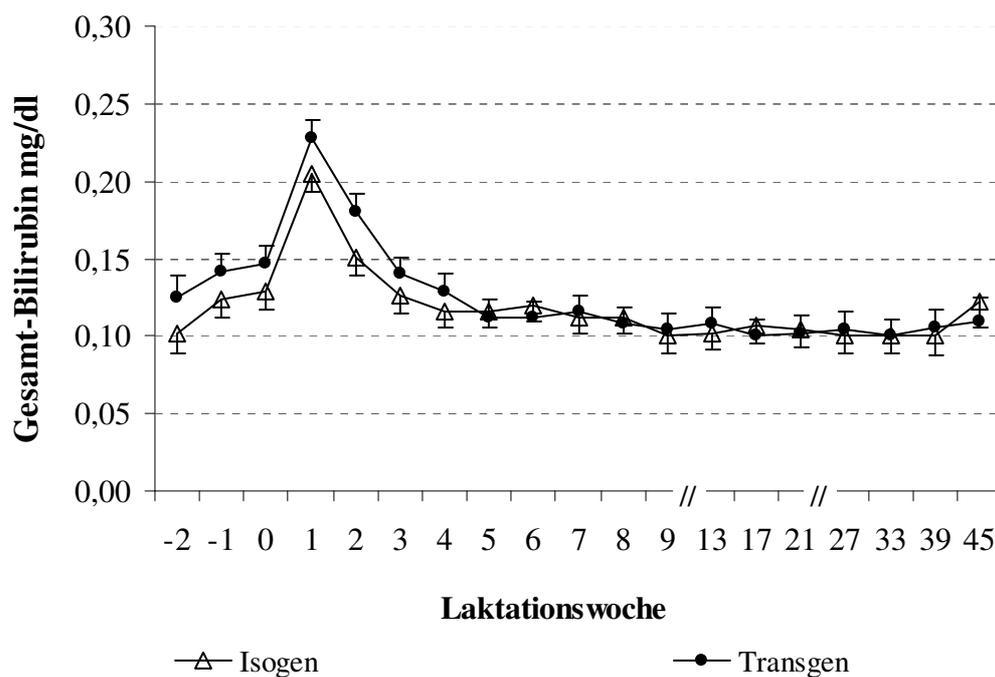
Die Ergebnisse der Gesamt-Bilirubin Analytik im Blutplasma sind für die 1. Laktation im Versuch in der folgenden Tabelle 81 dargestellt. Im Mittel der gesamten Laktation wiesen beide Versuchsgruppen Gesamt-Bilirubin Gehalte von 0,12 mg/dl auf.

**Tabelle 81: Mittlere Gehalte an Gesamt-Bilirubin im Blutplasma (mg/dl) der 1. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	0,13 $\pm$ 0,01	0,13 $\pm$ 0,01	-
15 - 29 LW	0,10 $\pm$ 0,01	0,10 $\pm$ 0,01	-
30 - 45 LW	0,11 $\pm$ 0,01	0,10 $\pm$ 0,01	-
$\bar{\emptyset}$ 1. Laktation im Versuch ( 1- 45 LW)	0,12 $\pm$ 0,01	0,12 $\pm$ 0,01	0,1174

Wie der Abbildung 46 zu entnehmen ist, bestehen zwischen den beiden Versuchsgruppen bezüglich des Gesamt-Bilirubin Gehaltes im Blutplasma nur relativ geringfügige

Unterschiede. Vor der Kalbung wiesen die isogen und transgen gefütterten Tiere relativ niedrige Gesamt-Bilirubin Gehalte von 0,10 mg/dl bzw. 0,11 mg/dl auf. Nach einem Anstieg der Gehalte bei beiden Versuchsgruppen bis zur 1. LW auf 0,20 mg/dl bzw. 0,23 mg/dl sanken die Gehalte im weiteren Laktationsverlauf wieder auf 0,11 mg/dl ab und blieben bis zum Laktationsende konstant auf diesem Niveau. Zwischen den beiden Versuchsgruppen konnten keine signifikanten Unterschiede im Kurvenverlauf festgestellt werden ( $P > 0,05$ ).



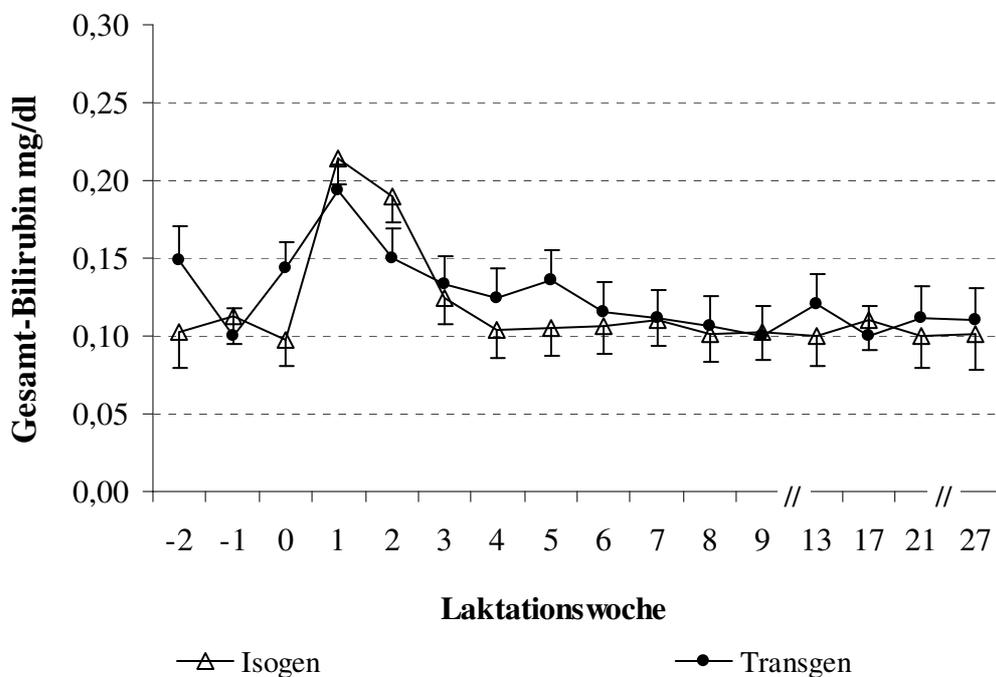
**Abbildung 46: Mittlere Konzentration an Gesamt- Bilirubin im Blutplasma (mg/dl) der 1. Laktation im Versuch**

Wie der Tabelle 82 zu entnehmen ist, lagen die mittleren Gesamt-Bilirubin Gehalte im Blutplasma bei beiden Versuchsgruppen in der 2. Laktation im Versuch wie bei der 1. Laktation bei 0,12 mg/dl.

**Tabelle 82: Mittlere Gehalte an Gesamt-Bilirubin im Blutplasma (mg/dl) der 2. Laktation im Versuch**

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	0,13 ± 0,02	0,13 ± 0,02	-
15 - 29 LW	0,10 ± 0,02	0,11 ± 0,02	-
Ø 2. Laktation im Versuch ( 1- 29 LW)	0,12 ± 0,02	0,12 ± 0,02	0,3473

Im Gegensatz zur 1. Laktation im Versuch wiesen die Gesamt-Bilirubin Gehalte der 2. Laktation Schwankungen im Laktationsverlauf auf (siehe Abbildung 47). Die isogen gefütterten Tiere wiesen zum Zeitpunkt der 2. Woche a.p. Gehalte von 0,10 mg/dl und die transgen gefütterten Tiere Gehalte von 0,15 mg/dl auf. Die Gehalte stiegen bis zur 1. LW auf 0,21 mg/dl bzw. auf 0,19 mg/dl an und nahmen bis zur 4. LW wieder bis auf 0,10-0,12 mg/dl ab. In den nachfolgenden Laktationswochen wiesen die Tiere der isogenen Gruppe relativ konstante Gesamt-Bilirubin Gehalte von 0,10-0,11 mg/dl auf, während die Tiere der transgenen Gruppe in ihren Gesamt-Bilirubin Gehalten zwischen 0,10-0,14 mg/dl schwankten. Ein Vergleich beider Versuchsgruppen zeigte, dass keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Gesamt-Bilirubin Gehaltes in der 2. Laktation vorlagen ( $P < 0,05$ ).



**Abbildung 47: Mittlere Konzentration an Gesamt-Bilirubin im Blutplasma (mg/dl) der 2. Laktation im Versuch**

### 3.5.8 Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA)

Die Ergebnisse der Bestimmung der Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA) im Harn können für die jeweiligen Laktationswochen der 1. Laktation im Versuch der nachfolgenden Tabelle 83 entnommen werden. Durchschnittlich wiesen die isogen gefütterten Tiere NSBA-Werte von 161,1 mmol/l und die transgen gefütterten Tiere Werte von 172,4 mmol/l auf. Somit lagen die NSBA-Werte indem vom durchgeführten Labor angegebenen Referenz-

bereich von 90-210 mmol/l. Ein Vergleich der NSBA-Werte der einzelnen Laktationswochen zwischen den beiden Versuchsgruppen zeigt, dass die transgenen Tiere höhere NSBA-Gehalte im Harn aufwiesen. Aufgrund der hohen Standardabweichungen konnten die Unterschiede statistisch nicht abgesichert werden ( $P > 0,05$ ).

**Tabelle 83: Mittlere NSBA-Gehalte im Harn (mmol/l) der 1. Laktation im Versuch**

	<b>Isogen</b>	<b>Transgen</b>	<b>P-Wert</b>
3. LW	165,4 ± 19,2	152,2 ± 20,8	-
5. LW	145,3 ± 17,2	160,6 ± 18,0	-
9. LW	171,8 ± 17,2	195,6 ± 16,9	-
13. LW	162,0 ± 16,9	181,1 ± 16,5	-
<i>Ø 1. Laktation im Versuch (1-14 LW)</i>	161,1 ± 17,6	172,4 ± 18,1	0,8480

In der 2. Laktation im Versuch lagen die NSBA-Werte im Mittel bei den isogen gefütterten Tieren bei 135,8 mmol/l und bei den transgen gefütterten Tieren bei 173,2 mmol/l (siehe Tabelle 84). Die NSBA-Werte bewegten sich auch hier in dem angegebenen Referenzbereich von 90-210 mmol/l, womit latente vorhandene Pansenazidosen bei den Tieren relativ sicher ausgeschlossen werden konnten. Bei der Betrachtung der einzelnen Laktationswochen ist auch in der 2. Laktation erkennbar, dass die Tiere der transgenen Gruppe deutlich höhere NSBA-Gehalte im Harn im Vergleich zur isogenen Gruppe aufwiesen. Dieser Unterschied konnte wie in der 1. Laktation ebenfalls statistisch nicht abgesichert werden ( $P > 0,05$ ).

**Tabelle 84: Mittlere NSBA-Gehalte im Harn (mmol/l) der 2. Laktation im Versuch**

	<b>Isogen</b>	<b>Transgen</b>	<b>P-Wert</b>
3. LW	150,8 ± 24,8	213,1 ± 27,0	-
5. LW	140,9 ± 24,8	151,8 ± 27,0	-
9. LW	120,8 ± 25,9	174,9 ± 27,0	-
13. LW	130,7 ± 27,0	152,8 ± 28,3	-
<i>Ø 2. Laktation im Versuch (1-14 LW)</i>	135,8 ± 25,6	173,2 ± 27,3	0,0570

### **3.6 Tiergesundheit**

Um Aussagen über die Gesundheit der Tiere treffen zu können, wurden zum einen Differenzialblutbilder angefertigt und zum anderen die Erkrankungen während des Versuches dokumentiert. Die daraus resultierenden Ergebnisse werden in den folgenden Ausführungen beschrieben.

#### **3.6.1 Differenzialblutbilder**

Die Ergebnisse der angefertigten Differenzialblutbilder zu Beginn des Versuches sind in der nachstehenden Tabelle 85 im Mittel dargestellt.

**Tabelle 85: Mittlere Konzentrationen der erfassten Blutparameter im Rahmen des Differenzialblutbildes zu Versuchsbeginn**

<b>Blutparameter</b>	<b>Einheit</b>	<b>Isogen</b>	<b>Transgen</b>	<b>Referenz*</b>
Aspartat-Amino-Transferase	U/l	89,4 ± 4,5	88,9 ± 4,5	15 - 105
Gamma-Glutamyl-Transferase	U/l	19,8 ± 1,2	19,7 ± 1,2	7 - 27
Glutamat-Dehydrogenase	U/l	18,0 ± 2,2	16,2 ± 2,2	< 10,5
Gesamt-Bilirubin	mg/dl	0,1 ± 0,01	0,1 ± 0,01	< 1
Leukozyten	G/l	8,9 ± 0,4	9,4 ± 0,4	5 - 10
Erythrozyten	T/l	8,1 ± 0,3	8,1 ± 0,3	5 - 10
Hämoglobin	g/dl	14,6 ± 0,5	14,5 ± 0,5	9 - 14
Hämatokrit	%	37,1 ± 1,2	36,8 ± 1,2	28 - 38
MCV	fl	45,9 ± 0,9	45,5 ± 1,0	46 - 65
HbE	pg	18,0 ± 0,3	18,0 ± 0,3	11 - 17
MCHC	g/dl	39,4 ± 0,3	39,5 ± 0,3	31 - 34
Thrombozyten	G/l	370,2 ± 15,7	367 ± 16,0	300 - 800
Basophile Granulozyten	%	1,1 ± 0,2	1,2 ± 0,2	0 - 2
Eosinophile Granulozyten	%	5,6 ± 1,0	5,5 ± 1,0	0 - 3
Segmentkernige	%	37,8 ± 2,5	40,2 ± 2,6	25 - 45
Lymphozyten	%	51,3 ± 2,6	49,6 ± 2,6	45 - 65
Monozyten	%	3,9 ± 0,4	3,3 ± 0,4	2 - 6
Basophile Granulozyten (absolut)	ul	105,0 ± 17,2	118,7 ± 17,5	bis 200
Eosinophile Granulozyten (absolut)	ul	533,7 ± 121,3	517,6 ± 123,8	300-1500
Segmentkernige (absolut)	ul	3345 ± 263,1	3774 ± 268,5	1000-3500
Lymphozyten (absolut)	ul	4593 ± 311,5	4724 ± 317,9	2500-5500
Monozyten (absolut)	ul	363,1 ± 39,7	312,2 ± 40,5	0-330
atypische Zellen		0 ± 0,0	0 ± 0,0	0
Anisocytose		0 ± 0,0	0 ± 0,0	negativ
Polychromasie		0 ± 0,0	0 ± 0,0	negativ

\* Vet Med Labor Ludwigsburg

Der Tabelle 85 ist zu entnehmen, dass die im Rahmen des Differenzialblutbildes erfassten Parameter größtenteils in den angegebenen Referenzbereichen lagen. Abweichungen vom Referenzbereich wurden bei beiden Versuchsgruppen beim Gehalt der Glutamat-Dehydrogenase (GLDH), bei den nicht-korpuskulären Blutparametern (Hämoglobin, MCV, HbE, MCHC) und bei der zellulären Zusammensetzung der Leukozyten (Eosinophile

Granulozyten) festgestellt. Bei der isogenen Gruppe lagen die absoluten Monozyten und bei der transgenen Gruppe die absoluten segmentkernigen Granulozyten außerhalb des Referenzbereiches. Zwischen den beiden Versuchsgruppen konnten keine signifikanten Unterschiede im Differenzialblutbild zu Beginn des Versuches festgestellt werden ( $P = 0,9995$ ). Die Ergebnisse der Differenzialblutbilder, die am Ende des Versuches erstellt wurden, sind im Mittel in der Tabelle 86 aufgezeigt.

**Tabelle 86: Mittlere Konzentrationen der erfassten Blutparameter im Rahmen des Differenzialblutbildes zu Versuchende**

<b>Blutparameter</b>	<b>Einheit</b>	<b>Isogen</b>	<b>Transgen</b>	<b>Referenz*</b>
Aspartat-Amino-Transferase	U/l	86,7 ± 7,7	92,1 ± 7,7	15 - 105
Gamma-Glutamyl-Transferase	U/l	28,8 ± 1,3	28,3 ± 1,3	7 - 27
Glutamat-Dehydrogenase	U/l	17,6 ± 2,0	17,0 ± 2,0	< 10,5
Gesamt-Bilirubin	mg/dl	0,1 ± 0,02	0,1 ± 0,02	< 1
Leukozyten	G/l	7,0 ± 0,3	6,8 ± 0,3	5 - 10
Erythrozyten	T/l	6,0 ± 0,1	6,0 ± 0,1	5 - 10
Hämoglobin	g/dl	10,3 ± 0,2	10,2 ± 0,2	9 - 14
Hämatokrit	%	26,0 ± 0,5	25,7 ± 0,5	28 - 38
MCV	fl	43,2 ± 0,8	43,2 ± 0,8	46 - 65
HbE	pg	17,1 ± 0,3	17,0 ± 0,3	11 - 17
MCHC	g/dl	39,8 ± 0,2	39,6 ± 0,2	31 - 34
Thrombozyten	G/l	392,5 ± 25,9	379,4 ± 25,9	300 - 800
Basophile Granulozyten	%	0,6 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0 - 2
Eosinophile Granulozyten	%	6,7 ± 0,8	5,9 ± 0,8	0 - 3
Segmentkernige	%	41,8 ± 1,4	39,7 ± 1,4	25 - 45
Lymphozyten	%	44,2 ± 1,8	48,9 ± 1,8	45 - 65
Monozyten	%	4,6 ± 0,4	4,7 ± 0,4	2 - 6
Basophile Granulozyten (absolut)	ul	44,4 ± 7,7	32,4 ± 7,5	bis 200
Eosinophile Granulozyten (absolut)	ul	468,1 ± 64,5	426,5 ± 62,0	300-1500
Segmentkernige (absolut)	ul	2898 ± 178,3	2607 ± 174,8	1000-3500
Lymphozyten (absolut)	ul	3013 ± 151,6	3301 ± 148,7	2500-5500
Monozyten (absolut)	ul	320,9 ± 30,6	326,5 ± 30,0	0-330
atypische Zellen		0 ± 0,0	0 ± 0,0	0
Anisocytose		0 ± 0,0	0 ± 0,0	negativ
Polychromasie		0 ± 0,0	0 ± 0,0	negativ

\* Vet Med Labor Ludwigsburg

Im Vergleich mit den Differenzialblutbildern zu Beginn des Versuches, wo insgesamt acht erfasste Parameter vom Referenzbereich abwichen, war dies bei den Differenzialblutbildern am Ende des Versuches nur bei fünf Parametern der Fall. Hierbei handelte es sich zum größten Teil um die Parameter, die auch schon zu Beginn des Versuches bei beiden Versuchsgruppen außerhalb des Referenzbereiches lagen (GLDH, MCV, MCHC, Eosinophile

Granulozyten). Des Weiteren lag ein Parameter (Lymphozyten in %) bei der isogenen Gruppe leicht unterhalb des Referenzbereiches. Ähnlich den Differenzialblutbildern zu Versuchsbeginn, konnten auch bei den Differenzialblutbildern am Versuchende keine signifikanten Unterschiede zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren ermittelt werden ( $P = 0,9799$ ). Eine statistische Auswertung der Veränderung der Blutbilder vom Beginn bis zum Ende des Versuches zeigte ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen ( $P = 0,6587$ ) auf.

### **3.6.2 Erkrankungen im Versuchszeitraum**

In der nachfolgenden Tabelle 87 sind die Häufigkeiten der während des Versuches aufgetretenen Erkrankungen der Tiere aufgeführt. Von den im Versuch durchgeführten 199 Behandlungen entfielen 93 (46,7 %) auf die isogen gefütterten Tiere und 106 (53,3 %) auf die transgen gefütterten Tiere. Mit 41,7 % traten dabei die Erkrankungen der Reproduktionsorgane am häufigsten auf. Davon entfielen 19,6 % auf die isogene Gruppe und 22,1 % auf die transgene Gruppe. Ein ähnliches Bild ergab sich auch bei Erkrankungen der Klauen und Gliedmaßen, die mit 26,6 % am zweithäufigsten behandelt werden mussten. Von den 26,6 % entfielen 12,1 % auf die isogene Gruppe und 14,6 % auf die transgene Versuchsgruppe, die damit einen relativ höheren Anteil an Gliedmaßenerkrankungen aufwies. An dritter Stelle traten mit 20,1 % die Eutererkrankungen auf, hauptsächlich Mastitiserkrankungen, aber auch durch die Aufstallung im Anbindestall bedingte Euter- und Zitzenverletzungen. Dabei entfielen 10,6 % auf die isogen gefütterten und 9,5 % auf die transgen gefütterten Tiere. Des Weiteren traten Erkrankungen des Stoffwechsels (8 %), der Atemwege (2 %) und der Verdauungsorgane mit 1,5 % auf. Bei den Stoffwechselerkrankungen entfielen 3,0 % auf die isogene Gruppe und 5 % auf die transgene Gruppe, während die Häufigkeit der Erkrankungen der Atemwege und der Verdauungsorgane bei beiden Versuchsgruppen nahezu ausgeglichen war.

**Tabelle 87: Auftreten von Erkrankungen im Versuchszeitraum**

Erkrankungen	Gesamt		Isogen		Transgen	
	%	Beh.	%	Beh.	%	Beh.
<b>Erkrankungen der Reproduktionsorgane</b>	41,7	83	19,6	39	22,1	44
Zyklusstörungen	19,1	38	8,5	17	10,6	21
Gebärmutterentzündung	13,1	26	7,0	14	6,0	12
Nachgeburtsverhalten	7,0	14	2,5	5	4,5	9
sonstige	1,5	3	1,0	2	0,5	1
Gebärmuttervorfall/ Scheidenvorfall	1,0	2	0,5	1	0,5	1
<b>Klauen und Gliedmaßenkrankungen</b>	26,6	53	12,1	24	14,6	29
Klauen	21,6	43	10,6	21	11,1	22
Gliedmaßen	5,0	10	1,5	3	3,5	7
<b>Eutererkrankungen</b>	20,1	40	10,6	21	9,5	19
Mastitis	18,1	36	10,1	20	8,0	16
Zitzen-/ Euterverletzungen	2,0	4	0,5	1	1,5	3
<b>Stoffwechselerkrankung</b>	8,0	16	3,0	6	5,0	10
Gebärparese, Hypocalcämie	6,0	12	3,0	6	3,0	6
Ketosen	0,5	1	-	-	0,5	1
andere	1,5	3	-	-	1,5	3
<b>Atemwegserkrankungen</b>	2,0	4	1,0	2	1,0	2
Lungenentzündung	2,0	4	1,0	2	1,0	2
<b>Erkrankungen der Verdauungsorgane</b>	1,5	3	0,5	1	1,0	2
Acidose	0,5	1	0,5	1	-	-
andere	1,0	2	-	-	1,0	2
<b>Gesamtbehandlungen</b>	<b>100</b>	<b>199</b>	<b>46,8</b>	<b>93</b>	<b>53,2</b>	<b>106</b>

Beh. = Anzahl der Behandlungen

### 3.7 Fruchtbarkeitskennzahlen/-parameter

Mit Hilfe der erfassten Milch-Progesterongehalte und der dokumentierten Fruchtbarkeitsdaten (Besamungen, Trächtigkeitsuntersuchungen etc.) wurden die Fruchtbarkeitskennzahlen und Fruchtbarkeitsparameter berechnet. Die Ergebnisse dieser Berechnungen können für beide Laktationen der Tabelle 88 entnommen werden. Im Mittel der 1. Laktation lag der Besamungsindex (BI) bei der isogenen Gruppe bei 3,59 und bei der transgenen Gruppe bei 3,21. In der 2. Laktation wiesen die Tiere einen Besamungsindex (BI) von 3,60 bzw. 3,50 auf. Im Gegensatz dazu lag der Trächtigkeitsindex (TI) im Mittel bei den isogen gefütterten Tieren in der 1. Laktation bei 2,29 bzw. bei 2,20 in der 2. Laktation. Die transgen gefütterten Tiere wiesen dagegen einen TI von 2,20 bzw. 1,50 auf. Eine weitere Fruchtbarkeitskennzahl, die Günstzeit (GZ), lag im Mittel bei der isogenen Gruppe in der 1. Laktation bei 104 Tagen und bei der transgenen Gruppe bei 102 Tagen. In der 2. Laktation wiesen die Tiere eine geringere GZ von 98 Tagen bzw. 78 Tagen auf. Die Rastzeit betrug in der 1. Laktation bei der isogenen Gruppe 60 Tage und bei der transgenen Gruppe 66 Tage. In der 2. Laktation wurden ähnliche Werte erreicht. Die Zwischenkalbezeit betrug im Mittel bei den isogen gefütterten Tieren 389 Tage und bei den transgen gefütterten Tieren 388 Tage. Die Tage bis zur 1. Ovulation lagen im Mittel der 1. Laktation bei beiden Versuchsgruppen bei 40-41 Tage. In der zweiten Laktation verlängerte sich die Zeitdauer bis zur 1. Ovulation auf 44 Tage bzw. 50 Tage.

**Tabelle 88: Mittlere Fruchtbarkeitskennzahlen und -parameter im Versuchszeitraum**

<b>Fruchtbarkeitskennzahlen / - parameter</b>	<b>Isogen</b>	<b>n</b>	<b>Transgen</b>	<b>n</b>
<b>Besamungsindex (BI)</b>				
1. Laktation	3,59	26	3,21	23
2. Laktation	3,60	7	3,50	6
<b>Trächtigkeitsindex (TI)</b>				
1. Laktation	2,29	17	2,42	19
2. Laktation	2,20	5	1,50	4
<b>Güstzeit (GZ) - Tage</b>				
1. Laktation	104 ± 59	17	102 ± 43	18
2. Laktation	98 ± 56	5	79 ± 34	4
<b>Rastzeit (RZ) - Tage</b>				
1. Laktation	60 ± 22	26	66 ± 23	21
2. Laktation	58 ± 16	6	65 ± 22	6
<b>Verzögerungszeit (VZ) - Tage</b>				
1. Laktation	44 ± 53	17	37 ± 42	19
2. Laktation	57 ± 48	5	10 ± 21	4
<b>Zwischenkalbezeit ( ZKZ) - Tage</b>				
1. und 2. Laktation	389 ± 60	14	388 ± 49	13
<b>Tage bis zur 1. Ovulation</b>				
1. Laktation	40 ± 11	18	41 ± 14	19
2. Laktation	44 ± 18	12	50 ± 16	9

Ein Vergleich der Fruchtbarkeitskennzahlen und -parameter der isogen und transgen gefütterten Tiere zeigt, dass nur geringfügige Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen vorliegen.

## 4 Diskussion

### 4.1 Gentechnisch veränderte Organismen

Gentechnisch veränderte Organismen (GVO) sind Organismen, bei denen das genetische Material (DNA) so verändert worden ist, wie es auf natürliche Weise durch Kreuzen und/oder natürliche Rekombination nicht möglich ist (EG, 2001).

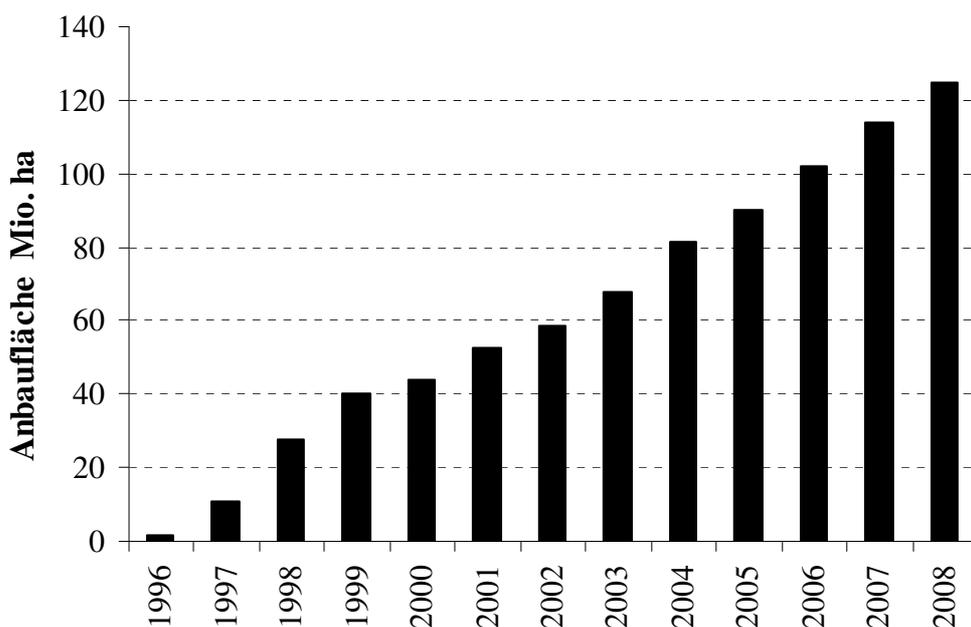
Die gezielte Veränderung des Genoms erfolgt an Nutzpflanzen, Mikroorganismen und Nutztieren durch das Integrieren von ein oder mehreren neuen Genkonstrukten. Die Gentechnik findet in verschiedenen Gebieten Anwendung, zum einen in der Landwirtschaft, zum anderen in der Medizin sowie in der Umwelttechnik und Ökologie. Die Anwendung der Gentechnologie in der Landwirtschaft wird auch als „grüne Gentechnik“ bezeichnet und ergänzt die bisherige Pflanzenzüchtung. Mittels gentechnologischer Verfahren werden gentechnisch veränderte Pflanzen hergestellt, die verbesserte Eigenschaften aufweisen. In der Medizin wird die Gentechnik für die Entwicklung von diagnostischen und therapeutischen Verfahren sowie von Arzneimitteln genutzt. Im Bereich der Umwelttechnik und Ökologie werden gentechnisch veränderte Mikroorganismen für die Herstellung von Enzymen oder Feinchemikalien für industrielle Zwecke eingesetzt. Die am weitesten entwickelten und verbreiteten GVO sind gentechnisch veränderte Pflanzen.

### 4.2 Gentechnisch veränderte Pflanzen

Bei den bisher am häufigsten eingesetzten bzw. kommerziell angebauten gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP) handelt es sich vorwiegend um so genannte Pflanzen der 1. Generation mit veränderten agronomischen Eigenschaften. Diese Pflanzen weisen Resistenzen gegen Herbizide, Insekten oder auch eine Kombination beider Resistenzen (*stacked genes*) auf. Weitere Forschungsziele im Bereich von Pflanzen der 1. Generation sind die Entwicklung von GVP, die Resistenzen gegenüber Pilzen, Bakterien, Viren und Nematoden sowie Toleranzen gegen Kälte, Trockenheit und Salze aufweisen. Im Gegensatz zur 1. Generation von GVP, die durch die gentechnische Veränderung keine bzw. nur eine geringfügige Änderung der Inhaltsstoffe zeigen, wird bei Pflanzen der 2. Generation eine substantielle Änderung der Nährstoffgehalte zur Verbesserung der Produktqualität angestrebt. Durch gentechnische Verfahren ist es möglich die Nährstoffzusammensetzung der Pflanzen zu beeinflussen und so erwünschte Inhaltsstoffe wie z.B. Proteine und Aminosäuren, Fette und Fettsäuren, Stärke, Zucker, Mineralstoffe, Vitamine oder Enzyme anzureichern und

unerwünschte Stoffe wie z.B. Alkaloide, Glukosinolate, Lignin, verschiedene sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe oder Mykotoxine zu reduzieren.

Seit dem ersten kommerziellen Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen in den USA im Jahr 1996 stiegen die weltweiten Anbauflächen jährlich an. In den letzten dreizehn Jahren (1996-2008) wuchs die globale Anbaufläche von gentechnisch veränderten Pflanzen von 1,7 Million Hektar um das 74fache auf 125 Millionen Hektar an (siehe Abbildung 48). Diese Fläche entspricht in etwa dem 3,5fachen der Gesamtfläche der Bundesrepublik Deutschland.



**Abbildung 48: Zunahme der Anbauflächen gentechnisch veränderter Pflanzen weltweit 1996-2008 in Mio. Hektar (nach JAMES, 1998-2008)**

Im Jahr 2008 nutzten zwölf Millionen Landwirte weltweit gentechnisch veränderte Pflanzen, 1,3 Millionen mehr als im Vorjahr. Insgesamt wurden in 25 Ländern (15 Entwicklungs- und 10 Industrieländer) GVP angebaut (JAMES, 2008). In den USA wurde mit 62,5 Millionen Hektar und einem prozentualen Anteil von 50 % an der globalen Anbaufläche der weltweit größte Anteil an GVP angebaut. Danach folgen Argentinien (21 Mio. ha), Brasilien (15,8 Mio. ha), Indien (7,6 Mio. ha), Kanada (7,6 Mio. ha), China (3,8 Mio. ha.), Paraguay (2,7 Mio. ha.), Südafrika (1,8 Mio. ha.), Uruguay (0,7 Mio. ha.), Bolivien (0,6 Mio. ha), Philippinen (0,4 Mio. ha.) und Australien (0,2 Mio. ha). Die restlichen 13 Anbauländer (Chile, Kolumbien, Honduras, Burkina Faso, Tschechische Republik, Rumänien, Portugal,

Deutschland, Polen, Slowakei und Ägypten) wiesen Anbauflächen bis maximal 100.000 ha auf (JAMES, 2008).

Die kommerzielle Nutzung von GVP in der landwirtschaftlichen Produktion beschränkt sich ausschließlich auf Soja, Mais, Baumwolle und Raps. Im Jahr 2008 war die dominierende Kulturart unter den gentechnisch veränderten Pflanzen die Sojabohne mit einem Anteil von 53 % an der globalen Anbaufläche (65,8 Mio. Hektar), gefolgt vom Mais mit 30 % (37,3 Mio. ha), der Baumwolle mit 12 % (15,5 Mio. ha) und dem Raps mit 5 % (5,9 Mio. ha). Die im Jahr 2008 bei allen vier Nutzpflanzen am häufigsten eingesetzte gentechnische Veränderung war unverändert zu den Vorjahren mit einem Anteil von 63 % an der gesamten Anbaufläche von GVP (79 Mio. ha) die Herbizidtoleranz (JAMES, 2008). Herbizide sind chemische Pflanzenschutzmittel für die Bekämpfung von Unkräutern und Ungräsern oder unerwünschten Konkurrenzpflanzen. Bei den Herbiziden wird zwischen selektiven Herbiziden, die nur gegen bestimmte Pflanzen wirken, und Breitbandherbiziden, die gegen alle Pflanzen wirken, unterschieden. In der konventionellen Landwirtschaft werden hauptsächlich selektive Herbizide eingesetzt, um die Nutzpflanzen nicht zu schädigen. Durch die Entwicklung von herbizidresistenten Pflanzen, die eine Toleranz gegenüber Breitbandherbiziden wie Roundup® (Wirkstoff: Glyphosat) oder Liberty® (Wirkstoff: Glufosinat) aufweisen, können auch Breitbandherbizide eingesetzt werden, ohne die Nutzpflanzen zu schädigen.

Neben der Herbizidresistenz wurden im Jahr 2008 auf 19,1 Millionen Hektar (15 % der globalen Anbaufläche von GVP) auch insektenresistente Kulturpflanzen angebaut (JAMES, 2008). Für die Erzeugung von insektenresistenten Pflanzen wird hauptsächlich das ubiquitär vorkommende Bakterium *Bacillus thuringiensis* (Bt) genutzt. Um Kulturpflanzen vor Schadinsekten zu schützen, wird mit gentechnologischen Verfahren ein Gen des Bakteriums in die Pflanze eingebracht. Dieses Gen kodiert für ein Protein, das als Cry-Protein oder Cry-Toxin bezeichnet wird, da es während der Sporulation als inaktives kristallines Protein (crystal protein) vorliegt. Erst im Darm des Insekts wird es durch den hohen pH-Wert und den Darmproteasen aktiviert. Es bindet an Rezeptoren des Darmepithels und bildet Poren, was zur osmotischen Lyse der Epithelzellen und als Folge schließlich zum Tod des Insekts führt. Es gibt weltweit zahlreiche Bt-Stämme, die jeweils unterschiedliche Cry-Proteine produzieren können. Diese unterscheiden sich in ihrer chemischen Struktur und ihrer Wirkung. Man teilt sie in verschiedene Klassen ein: Cry 1 (spezifisch für *Lepidoptera*), Cry 2 (spezifisch für *Lepidoptera* und *Diptera*), Cry 3 (spezifisch für *Coleoptera*) und Cry 4 (spezifisch für

*Diptera*). Je nach der zu bekämpfenden Insektenart werden die Gene der entsprechenden Cry-Proteine auf die Nutzpflanze übertragen.

Neben den herbizid- und insektenresistenten Pflanzen wurden im Jahr 2008 auch Pflanzen, die eine Kombination von beiden Resistenzen so genannte *stacked genes* aufweisen, angebaut. Der Anteil an der globalen Anbaufläche lag bei 22 % (26,9 Mio. ha) und übertraf damit den Anteil von insektenresistenten Pflanzen. Insgesamt verzeichnen diese Pflanzen gegenüber 2007 den größten Zuwachs von 23 % im Vergleich zu den herbizid- und insektenresistenten Pflanzen mit 9 % bzw. - 6%. Im Gegensatz zu den steigenden globalen Anbauflächen von GVP nahmen die Anbauflächen in der Europäischen Union geringfügig ab. Während im Jahr 2007 von acht EU-Ländern insgesamt 110.000 ha angebaut wurden, bauten im Jahr 2008 nur sieben der inzwischen 27 EU-Länder auf einer Fläche von etwa 108.000 ha gentechnisch veränderte Pflanzen an (TRANSGEN, 2009). Die Abnahme der Anbauflächen im Jahr 2008 ist auf das Anbauverbot von Bt-Mais (MON810) in Frankreich, indem im Jahr 2007 über 21.000 ha Bt-Mais angebaut wurden zurückzuführen. Eine Gegenüberstellung der Anbauflächen der sieben EU-Länder im Jahr 2008 mit denen im Jahr 2007 zeigt dagegen ein Anstieg der Flächen um 21 % auf (JAMES, 2008). In der EU wird bisher ausschließlich Bt-Mais kommerziell angebaut. Das dominierende Anbauland der EU war im Jahr 2008 Spanien mit 79.269 ha, gefolgt von Tschechien (8.380 ha), Rumänien (7.146 ha), Portugal (4.851 ha), Deutschland (3.171 ha), Polen (3000 ha) und Slowakei (1.900 ha) (TRANSGEN, 2009).

### **4.3 Bt-Mais**

#### **4.3.1 Maiszünsler**

Der Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*) ist der wirtschaftlich bedeutendste Schädling im europäischen Maisanbau und gehört zur Ordnung der Schmetterlinge (Lepitopteren), speziell zur Familie der Pyralidae (Zünsler). Der Maiszünsler hat je nach Klimazonen unterschiedliche Fortpflanzungsraten. So tritt der Maiszünsler mit 3 Generationen pro Jahr in Südspanien, Griechenland und Süditalien, mit 2 Generationen pro Jahr in Norditalien, Nordspanien, Südfrankreich und mit je einer Generation pro Jahr in Österreich, Deutschland, den Benelux-Staaten, Südschweden und Südnorwegen auf. Die Höhe des Befallsdrucks und des Schadenspotenzials korreliert positiv mit der Anzahl der Generationen pro Jahr, so dass man von einem Süd-Nord-Gefälle ausgehen kann. In Deutschland arbeitet sich der Maiszünsler von Bayern und Baden-Württemberg immer weiter nach Norden vor und hat inzwischen Mecklenburg-Vorpommern erreicht. Im Jahr 2006 wurde erstmals auch ein Befall in Niedersachsen

festgestellt. Deutschlandweit waren im Jahr 2005 ca. 37.0000 Hektar vom Maiszünsler befallen, was in etwa 22 % der gesamten Maisanbaufläche Deutschlands ausmacht. Da der Maiszünsler wenige natürliche Feinde besitzt und in den Maisfeldern optimale Lebensbedingungen vorfindet, ist davon auszugehen, dass er sich im Maisanbau weiter ausbreitet. Nach Schätzungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft verursacht *Ostrinia nubilalis* jährlich einen Schaden von 11 bis 12 Millionen Euro. Der Maiszünsler besitzt ein breites Wirtsspektrum und war früher auch ein bedeutender Schädling im Hanf. Nach ANDROW und HUTCHISON (1998) sind mehr als 200 Wirtspflanzen des Maiszünslers bekannt.

Die Raupen des Maiszünslers überwintern in Stängeln oder Wurzelteilen und verpuppen sich im Frühling. Im späten Frühling schlüpfen dann die erwachsenen Falter, die sich einige Tage später paaren. Jedes Weibchen kann bis zu 500-600 Eier in kleinen Gelegen von 15-30 Eiern auf der Blattunterseite der Wirtspflanze ablegen. Die Raupen schlüpfen je nach Umgebungstemperatur nach 3 bis 12 Tagen und beginnen gewöhnlich mit dem Fraß an der Blattoberseite. Im weiteren Verlauf (Entwicklungsstadium) bohrt sich die Raupe durch die Mittelader und den Blattstiel in den Stängel. Über die Vegetationsperiode fressen sich die Zünslerraupen bis in den Wurzelkopf. Durch den Fraß werden die Leitungsbahnen der Pflanzen zerstört, was zur Folge hat, dass die Wasser- und Nährstoffversorgung sowie der Assimilattransport der Pflanze behindert werden. Die Standfestigkeit bzw. Stabilität der Pflanzen nimmt ab und es kommt vermehrt zum Umknicken der Pflanzen, zum Abfall des Kolbens oder zum Abknicken der Maisfahnen. Des Weiteren stellen die Bohrgänge und Fraßstellen der Raupen Eintrittspforten für Sekundärparasiten dar. Dies führt neben Ertragsverlusten auch zum verstärkten Auftreten von mykotoxinbildenden Fusarium-Arten.

#### **4.3.2 Maßnahmen zur Bekämpfung des Maiszünslers**

Für die Bekämpfung des Maiszünslers stehen verschiedene Maßnahmen zur Verfügung. Als präventive Maßnahme gilt die Stoppel- und Bodenbearbeitung. Sie wird in der Praxis am häufigsten eingesetzt und führt bei richtiger Anwendung zu einer Reduzierung des Befalldrucks im Folgejahr. Entscheidend nach der Ernte ist das Zerkleinern von Stoppeln und Stroh durch Fräse oder Scheibenegge, um die Raupen abzutöten. Nachfolgend ist ein tiefes (25 cm), sauberes Unterpflügen der Maisstoppeln und des Maisstrohs erforderlich. Beim Pflügen ist darauf zu achten, dass keine Ernterückstände auf der Bodenoberfläche verbleiben, da sich die Raupen nur an der Erdoberfläche und nur in Maisrückständen verpuppen können. Für Landwirte die eine Minimalbodenbearbeitung und Direktsaat durchführen, wird das Häckseln

des Maisstrohes auf unter 3 cm empfohlen. Die Stoppel- und Bodenbearbeitung hat nur dann Erfolg, wenn alle Landwirte eines Gebietes nach diesem Verfahren arbeiten. Eine weitere Bekämpfungsmethode ist die chemische Bekämpfung mittels synthetischer Pyrethroide (Insektizide). Zurzeit steht das Fraß- und Kontaktinsektizid Steward<sup>®</sup> (Indoxacarb) aus der Wirkstoffgruppe Oxadiazin zur Verfügung. Je nach Aufwandmenge und Einsatzzeitpunkt kann mit diesem Insektizid ein Wirkungsgrad von 80 % bis über 90 % erzielt werden. Der optimale Zeitpunkt für die Applikation ist wenige Tage nach dem Flughöhepunkt der Falter. Das Insektizid wirkt nur auf Jungrauen. Haben sich die Zünslerrauen bereits in den Stängel gebohrt, werden sie vom Präparat nicht mehr benetzt und die Behandlung ist wirkungslos. Die Prognose zu Falterschlupf und Eiablage ist somit für eine effektive Bekämpfung des Maiszünslers unvermeidlich, jedoch auch zeit- und kostenintensiv. Die Wirkung des zugelassenen Spritzmittels (Steward<sup>®</sup>) beträgt nur 8-12 Tage, so dass in diesem Zeitraum der größte Teil der Jungrauen erfasst werden muss. Unter Umständen ist auch eine zweite Behandlung z.B. bei einem Falterflug, der sich über einem längeren Zeitraum hinwegzieht, notwendig. Eine weitere Problematik dieser Bekämpfungsmethode sind die hohen Maisbestände. Es können mit einem normalen Schlepper nur Bestände bis ca. 120 cm Höhe überfahren werden, bei höheren Beständen ist der Einsatz von Spezialtechnik (Stelzenschleppern) notwendig um Fahrverluste zu minimieren. Beim Einsatz von Insektiziden ist zu berücksichtigen, dass diese auch wichtige Nützlinge (Marienkäfer, Florfliegen) vernichten und es so zu vermehrten Blattlausbefall kommen kann.

Neben der präventiven und chemischen Maßnahme werden in geringerem Umfang auch direkte Bekämpfungsmethoden mit biologischen Mitteln durchgeführt. Eine Möglichkeit der biologischen Bekämpfung ist der Einsatz kommerziell vertriebener Schlupfwesen (*Trichogramma brassicae*). Diese legen ihre Eier in die Eier des Maiszünslers und ernähren sich von diesen. Aus den parasitierten Eiern schlüpfen nach einigen Tagen flugfähige Schlupfwespen, die dann wieder nach geeignetem Maiszünslergelegen für ihre Nachkommen suchen. Die Nützlinge können mit Hilfe von Kartonrähmchen, Kapseln oder Plättchen in die Maisbestände eingebracht werden. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass andere Nützlinge nicht geschädigt werden, weswegen das Verfahren hauptsächlich im ökologischen Landbau eingesetzt wird. Diese Bekämpfungsmethode ist jedoch sehr arbeitsaufwendig und kostenintensiv. Um Erfolge von > 60 % zu erzielen, ist ein entsprechender Sachverstand bzw. Erfahrung bei der Anwendung dieser Methode erforderlich. Ein weiteres wichtiges Erfolgskriterium ist der optimale Ausbringungszeitpunkt, der mit Hilfe von Lichtfallen bestimmt wird. Dieser sollte mit Beginn des Falterfluges des Maiszünslers erfolgen. Der Wirkungsgrad

dieser Methode ist stark witterungsabhängig. Bei starkem Regenfall nimmt der Bekämpfungserfolg ab, bei günstigen Bedingungen ist der Erfolg mit dem von chemischen Bekämpfungsverfahren vergleichbar.

Eine weitere biologische Bekämpfungsmethode ist die Anwendung von *Bacillus thuringiensis*-Präparaten. Hierbei handelt es sich um Präparate, die aus dem Bodenbakterium *Bacillus thuringiensis* (Bt) gewonnen werden. Wie die Pyrethroide wirkt auch dieses biologische Insektizid als Spritzmittel nur gegen die Maiszünslerraupen, die sich noch nicht eingebohrt haben. Ähnlich wie Insektizide besitzen auch die Bt-Präparate nur eine geringe Wirkungsdauer, da das Bt-Toxin durch Umwelteinflüsse (z.B. Ultraviolettstrahlung) schnell zerstört wird. Bei den Bt-Präparaten sind die Einsatzbedingungen identisch mit denen der Insektizide. In der Praxis sind sowohl die chemischen wie auch die biologischen Bekämpfungsmethoden des Maiszünslers hinsichtlich der Anwendungstechnik und dem Wirkungsgrad auf Grund der dargelegten Faktoren problematisch.

Eine Alternative zu den konventionellen Bekämpfungsmethoden gegen den Maiszünsler stellt der Anbau von gentechnisch verändertem Mais, den so genannten Bt-Mais dar, der eine Resistenz gegen den Maiszünsler aufweist. Im Gegensatz zu den konventionellen Bekämpfungsverfahren bietet der Bt-Mais bei einem starken Zünsleraufkommen einige Vorteile. Da der Mais einen eigenen Schutz gegen den Maiszünsler aufweist, entfallen Insektizidanwendungen und die damit verbundene arbeits- und kostenintensive Anwendung (Zuflugkontrolle, Maschineneinsatz, Pflanzenschutzmittel etc.). Der Wirkungsgrad ist unabhängig von der Witterung und vom Einsatzzeitpunkt, da der Bt-Mais über die gesamte Anbauperiode eine Resistenz gegen den Zünsler aufweist. Des Weiteren weisen gentechnisch veränderte Maissorten bei einem starken Maiszünslerbefall einen geringeren Gehalt an Mykotoxinen als ihre korrespondierenden nichtresistenten Maissorten (isogene Maissorten) auf (BAKAN et al., 2002; MUNKVOLD et al., 1999; PAPST et al., 2005; PIVA et al., 2001a; PIVA et al., 2001b; SCHAAFSMA et al. 2002; SCHIER, 2008; VALENTA et al., 2001). Der geringere Mykotoxingehalt resultiert aus dem niedrigeren Maiszünslerbefall des Bt-Maises und der damit verbundenen besseren Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegenüber verschiedenen mykotoxinbildenden Fusarien-Arten. Durch den Einsatz von Bt-Mais können bei starkem Zünslerdruck zudem Ertragssteigerungen erreicht werden. Ein Nachteil des Bt-Maises ist die vielfach mangelhafte Akzeptanz der „Grünen Gentechnik“ in der Bevölkerung. Die einzige gentechnisch veränderte Pflanze, die bisher in der EU und in Deutschland landwirtschaftlich genutzt werden kann, ist der Bt-Mais MON810.

### 4.3.3 MON810

Bei MON810 handelt es sich um einen Bt-Mais der eine Insektenresistenz gegen den Maiszünsler aufweist. Mittels gentechnologischer Verfahren wurden das *cry1Ab*-Gen aus dem *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* in die Maispflanze eingebaut, was die Maispflanze dazu befähigt, das Insektizid wirkende Cry1Ab-Protein gegen den Maiszünsler zu produzieren.

Dieser Mais wurde von dem Agrarunternehmen Monsanto entwickelt und 1998 in der EU nach der damals gültigen Freisetzungsrichtlinie 90/220 für den Anbau sowie für die Verwendung in Form verarbeiteter Lebensmittel nach der Novel Food-Verordnung (258/97) zugelassen. Wie bei allen nach den früheren Vorschriften genehmigten gentechnisch veränderten Pflanzen und deren Produkte läuft die Zulassung nach neun Jahren aus. Bei MON810 war dies am 28.04.07 der Fall. Monsanto stellte darauf hin einen neuen Zulassungsantrag für MON810 und dessen Produkte und legte die für eine Sicherheitsüberprüfung notwendigen Unterlagen vor. Seit 2004 gelten in der EU neue Rechtsvorschriften zur Gentechnik. Auf Grundlage dieser wurde MON810 als „existierendes Produkt“ notifiziert und war somit weiterhin rechtmäßig auf dem Markt. Ein „existierendes Produkt“ ist ein GVO-Produkt, das auf einer heute nicht mehr gültigen Rechtsgrundlage in der EU zugelassen wurde, jedoch weiterhin rechtmäßig auf dem Markt ist (BIOSICHERHEIT, 2008). In der aktuell geltenden EU-Verordnung über gentechnisch veränderte Lebens- und Futtermittel (1829/2003) sind die Übergangsbestimmungen für Produkte, die nach früheren Vorschriften zugelassen wurden, festgelegt.

## 4.4 Ernährungsphysiologische Bewertung von Futtermitteln aus GVP

Die „grüne Gentechnik“ ist ein Thema, das immer wieder von der Öffentlichkeit als auch von Wissenschaftlern kontrovers diskutiert wird. Durch den global steigenden Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen nehmen die Nutzung und die Bedeutung dieser Pflanzen zu. Ein beträchtlicher Anteil der Ernteprodukte von GVP wird als Futtermittel in Form von Futterpflanzen (z.B. Silomais, Körnermais) oder Nebenprodukten der Verarbeitungsindustrie (z.B. Soja- oder Rapsextraktionsschrot, Maiskleber, Trockenschnitzel) in der Tierernährung eingesetzt. Daraus ergeben sich Fragen bezüglich der ernährungsphysiologischen Bewertung von derartigen Futtermitteln und der Bewertung der Sicherheit für Mensch, Tier und Umwelt durch den Anbau und die Nutzung von gentechnisch veränderten Pflanzen.

Aus Sicht der Tierernährung unterscheidet man zwischen Futtermitteln aus GVP der 1. Generation und Futtermitteln aus GVP der 2. Generation. Die Futtermittel aus der 1. Generation von GVP unterscheiden sich nicht wesentlich in ihren Inhaltsstoffen und dem

Futterwert von den Ausgangslinien (isogene Linien). Beispiele hierfür sind insektenresistente Pflanzen (z.B. Bt-Mais der eine Resistenz gegen den Maiszünsler aufweist) und herbizid-resistente Pflanzen (z.B. Gt-Sojabohne mit erhöhter Toleranz gegenüber glyphosathaltige Herbiziden, wie z.B. Roundup<sup>®</sup>). Bei diesen Pflanzen wird von einer so genannten substantziellen Äquivalenz ausgegangen. Der Begriff der substantziellen Äquivalenz wurde 1993 von der Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) formuliert, um die Sicherheit von Lebensmitteln aus gentechnisch veränderten Organismen beurteilen zu können. Nach OECD (1993) wird ein neues Lebensmittel oder ein neuer Lebensmittelbestandteil als substantiell äquivalent betrachtet, wenn keine Unterschiede im Vergleich zu einem konventionellen Lebensmittel bzw. Lebensmittelbestandteil auftreten. Diese Lebensmittel können dann bezüglich ihrer Sicherheit analog zu dem bestehenden Lebensmittel eingeschätzt werden. Die substantielle Äquivalenz oder auch wesentliche Gleichwertigkeit wurde in der Folgezeit auch weitgehend auf Futtermittel aus GVP der 1. Generation übertragen. Im Gegensatz zur 1. Generation ist die substantielle Äquivalenz nicht auf die 2. Generation von GVP übertragbar, da bei diesen durch gentechnische Methoden eine veränderte Nährstoffzusammensetzung angestrebt wird.

Um die Frage der ernährungsphysiologischen Bewertung von Futtermitteln aus gentechnisch veränderten Pflanzen und deren Einfluss auf die Leistung und Gesundheit der Tiere und Qualität der Lebensmittel tierischer Herkunft zu beantworten, wurden weltweit über 100 Fütterungsstudien publiziert. Bei den Studien wurden ausschließlich Futtermittel aus GVP der 1. Generation mit denen aus den isogenen Pflanzen verglichen. Die Ergebnisse dieser Studien wurden in verschiedenen Übersichtsarbeiten zusammengefasst und diskutiert (AULRICH et al. 2001, 2002; AUMAITRE et al. 2002; AUMAITRE, 2004; CHESSON und FLACHOWSKY, 2003; CLARK und IPHARRAGUERRE, 2001; FAUST, 2002; FLACHOWSKY und AULRICH, 2001; FLACHOWSKY, 2004, 2006; FLACHOWSKY et al. 2004, 2005a, 2007 sowie HAMMOND et al. 1996). Die zahlreichen Studien wurden mit Futtermitteln aus verschiedenen gentechnisch veränderten Pflanzen (Mais, Soja, Raps, Zuckerrüben, Baumwolle, Weizen, Reis, Luzerne, Kartoffeln u.a.) und mit verschiedenen Tierarten (Milchkühe, Mastrinder, Schafe, Schweine, Legehennen, Masthühner, Wachteln, Kaninchen, Fische u.a.) durchgeführt. Neben den Analysen von Futterinhaltsstoffen und den Gehalten an unerwünschten Substanzen (z.B. Mykotoxine) wurde in den Fütterungsstudien Verdaulichkeiten, zootechnische Leistungsparameter und die Tiergesundheit erfasst.

Die Versuchsdauer der einzelnen Studien erstreckte sich in Abhängigkeit der Forschungsfrage über unterschiedliche Zeiträume. Während Bilanzversuche über einen Zeitraum von

ca. 10-30 Tagen verliefen, erstreckten sich Mastversuche in der Regel über einen längeren Zeitraum von ca. 250 Tagen bei Mastrindern bzw. ca. 100 Tage bei Mastschweinen. Im Milchviehbereich wurden dagegen nur Kurzzeitstudien (21-91 Tage) durchgeführt, wie der Tabelle 89 zu entnehmen ist. Die fehlenden Langzeitstudien zum Einsatz von Futtermitteln aus gentechnisch veränderten Pflanzen in der Milchviehfütterung waren Anlass, den vorliegenden Fütterungsversuch mit Bt-Mais durchzuführen. In der vorliegenden Studie wurden neben den bisher erfassten Parametern wie Futterzusammensetzung, Tiergesundheit und zootechnische Leistungsparameter auch Stoffwechselfparameter und die Fruchtbarkeit über 25 Monate erfasst.

**Tabelle 89: Versuchsdauer publizierter Fütterungsstudien mit gentechnisch veränderten Pflanzen an Milchkühen**

Publikation	GVP	Event	Dauer (d)
Barrière et al. (2001)	Bt-Mais	Bt176	21
Donkin et al. (2003)	Bt-Mais	MON810	21
Folmer et al. (2000)	Bt-Mais	Bt11	21
Folmer et al. (2002)	Bt-Mais	Bt11	21
Grant et al. (2003)	CRW-Mais	MON863	21
Calsamiglia (2007)	Gt-Mais, Bt-Mais	DK493RR/Bty, lot 1746AIX	28
Calsamiglia et al. (2003)	Gt-Mais, Bt-Mais	GA21, MON810	28
Castillo et al. (2004)	Bt-Baumwolle Gt-Baumwolle Bt/Gt-Baumwolle ( <i>stacked genes</i> )	Bollgard (DP50B), (DP50RR), Bollgard II DP50BII u.a.	28
Combs und Hartnell (2008)	Gt-Luzerne	Linie J101x J163	28
Donkin et al. (2000)	Gt-Mais	DK626RR	28
Donkin et al. (2003)	Bt-Mais	MON810	28
Donkin et al. (2003)	Gt-Mais	GA21	28
Faust et al. (2003)	Bt-Mais	Herculex <sup>TM</sup>	28
Faust et al. (2007)	Bt/Gt-Mais ( <i>stacked genes</i> )	TC1507	28
Grant et al. (2003)	Gt-Mais	NK603	28
Hammond et al. (1996)	Gt-Soja	Linie 40-3-2, Linie 61-67-1	28
Ipharraguerre et al. (2003)	Gt-Mais	NK603	28
Yonemochi et al. (2003)	Bt/Gt-Mais ( <i>stacked genes</i> )	CBH 351	35
Rutzmoser et.al. (1999)	Bt-Mais	Pactol CB	70
Phipps et al. (2005)	Gt-Mais	T25	84
Barrière et al. (2001)	Bt-Mais	Bt176	91

Bt: *Bacillus thuringiensis* (Resistenz gegen den Maiszünsler); Gt: Glyphosat-Toleranz (Herbizidtoleranz); CRW: corn rootworm protected (Resistenz gegen den Maizwurzelbohrer)

#### **4.5 Auswirkungen des Einsatzes von GVP in der Milchviehfütterung auf Futterwert bestimmende Inhaltsstoffe und den Energiegehalt der Futtermittel**

In zahlreichen Studien wurden Futtermittel aus isogenen Ausgangslinien mit den entsprechenden transgenen Hybriden verglichen. Neben dem Gehalt an Futterwert bestimmenden Inhaltsstoffen und dem Energiegehalt wurde auch der Gehalt an unerwünschten Substanzen (Mykotoxine) untersucht.

In den vorliegenden Publikationen wurden hauptsächlich Futtermittel aus gentechnisch verändertem Mais, der entweder eine Insektenresistenz (Bt), Herbizidresistenz (Gt) oder eine Kombination beider Merkmale (Bt/Gt) aufweist, mit Futtermitteln aus den entsprechenden isogenen Ausgangslinien verglichen. AESCHBACHER et al. (2005) untersuchten Bt-Körnermais. Sie konnten bezüglich der Futterwert bestimmenden Inhaltsstoffe (T, XA, XP, XL, ADF, NDF) und dem Energiegehalt der Maiskörner keine bedeutenden Unterschiede zwischen dem isogenen und transgenen Körnermais feststellen. Ein Vergleich der analysierten Inhaltsstoffe beider Körnermaissorten mit den entsprechenden Werten in der Literatur zeigte ebenfalls keine Unterschiede. Auch ROSSI et al. (2005) ermittelten bis auf einige numerischen Unterschiede, die im normalen Schwankungsbereich für Körnermais liegen, keine wesentlichen Unterschiede. Die Ergebnisse dieser beiden Publikationen bezüglich Bt-Körnermais werden von weiteren Studien u.a. von AULRICH et al. (1998), BÖHME et al. (2001), DONKIN et al. (2003) und ROSSI et al. (2003) bestätigt.

Analog zur Prüfung von Bt-Körnermais wurden auch Untersuchungen zur Zusammensetzung von Gt-Körnermais durchgeführt. IPHARRAGUERRE et al. (2003) verglichen Gt-Körnermais mit den entsprechenden isogenen Ausgangslinien und zwei kommerziellen Linien. Bis auf wenige geringfügige Unterschiede, wies der transgene und isogene Körnermais eine ähnliche chemische Zusammensetzung auf. Beide Körnermaishybriden waren substantiell äquivalent zu den konventionellen Hybriden. SIDHU et al. (2000) publizierten analoge Ergebnisse nach dem Vergleich von Gt-Körnermais mit isogenem Körnermais und fünf konventionellen Körnermaishybriden, ebenso BÖHME und AULRICH (1999); DONKIN et al. (2003) und RIDLEY et al. (2002).

Neben dem Bt- und Gt-Körnermais wurde in weiteren Fütterungsstudien auch die Zusammensetzung von Bt- und Gt-Maissilagen verglichen. Ähnlich wie bei den untersuchten Körnermaishybriden konnten bei den Maissilagen bis auf geringfügige Abweichungen in einigen Inhaltsstoffen, die zum einen auf die biologischen Schwankungen derartiger Futtermittel oder zum anderen auf Probenahmeeffekte zurückzuführen waren, keine relevanten Unterschiede

zwischen isogenen und transgenen Maissilagen ermittelt werden (BARRIÈRE et al., 2001; DONKIN et al., 2003; IPHARRAGUERRE et al., 2003).

Bei Maiskomponenten (Körnermais, Maissilage), die aus gentechnisch verändertem Mais mit *stacked genes* (Bt/Gt) hergestellt wurden, ergaben sich wie bei den Bt- und Gt-Maiskomponenten beim Vergleich der Futterwert bestimmenden Inhaltsstoffe und dem Energiegehalt zwischen transgenen, isogenen und konventionellen Hybriden, keine relevanten Unterschiede (CALSAMIGLIA et al., 2007; GRANT et al., 2003; MCNAUGHTON et al., 2007a). Neben den Futtermitteln aus gentechnisch verändertem Mais wurden auch Futtermittel aus gentechnisch veränderten Sojabohnen, Zuckerrüben, Baumwolle und anderen GVP in ihrer Zusammensetzung mit den entsprechenden isogenen Hybriden verglichen. In Untersuchungen von CROMWELL et al. (2002) wurde Gt-Sojaextraktionsschrot mit dem entsprechenden isogenen Schrot gegenübergestellt. Bis auf einen etwas höheren Gehalt an Rohfett bei dem isogenen Schrot, was laut Autoren auf die Verarbeitung zurückzuführen war, wurden keine wesentlichen Unterschiede zwischen den isogenen und transgenen Varianten festgestellt. Zu ähnlichen Resultaten kamen neben MCNAUGHTON et al. (2007b), bei denen bis auf eine geringfügige Variation im Proteingehalt keine bedeutenden Unterschiede zwischen den beiden Hybriden bestimmt werden konnten, auch PAGETTE et al. (1996). Bezüglich Gt-Zuckerrüben wurden Untersuchungen von BÖHME et al. (2001) und HARTNELL et al. (2005) durchgeführt. Die Autoren fanden keine wesentlichen Unterschiede in den Futterwert bestimmenden Inhaltsstoffen zwischen den isogenen Zuckerrüben und den Gt-Zuckerrüben. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch BERTRAND et al. (2005) und HAMILTON et al. (2004) bei dem Vergleich von gentechnisch veränderter Baumwollsamensamen (Bt, Gt, Bt/Gt) sowie CROMWELL et al. (2005) beim Vergleich von Gt-Reis mit isogenen Reis. COMBS und HARTNELL (2008), die Gt-Luzerne prüften, und HALLE et al. (2005), die Bt-Kartoffeln mit isogenen Kartoffeln verglichen, konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten nachweisen.

In den eigenen Untersuchungen mit Bt-Mais (Event MON810) konnten ähnlich der publizierten Literatur keine relevanten Unterschiede in den Futterwert bestimmenden Inhaltsstoffen und dem Energiegehalt zwischen den eingesetzten isogenen und transgenen Maiskomponenten (Maissilage, Körnermais, Maiskobs) festgestellt werden (siehe Tabelle 90). Geringfügige Abweichungen in einigen Futterinhaltsstoffen zwischen den isogenen und transgenen Hybriden, z.B. beim Körnermais im Rohfaser- und Stärkegehalt, sind auf die biologische Variabilität, wie sie auch bei herkömmlichem Körnermais aufgrund von verschiedenen Einflussfaktoren (Anbaustandort, Witterungsverhältnisse etc.) auftreten, zurück-

zuführen. Die gemessenen Abweichungen liegen im natürlichen Schwankungsbereich für herkömmliche Maiskomponenten (DLG, 1997).

**Tabelle 90: Mittlere T-, Rohnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der eingesetzten isogenen und transgenen Maiskomponenten**

Parameter		Maissilage		Körnermais		Maiskobs	
		isogen	transgen	isogen	transgen	isogen	transgen
Trockenmasse	%	36,1	35,1	88,5	89,5	90,5	90,7
Rohasche	g/kg T	28	29	15	15	33	32
Rohprotein	g/kg T	80	84	102	98	82	83
Rohfett	g/kg T	31	28	41	40	28	30
Rohfaser	g/kg T	176	190	23	21	170	164
NfE	g/kg T	684	670	819	826	686	691
Stärke	g/kg T	322	291	644	657	305	307
nXP	g/kg T	134	134	169	168	138	138
RNB	g/kg T	-8,6	-8,0	-10,8	-11,2	-8,9	-8,9
NEL	MJ/kg T	6,74	6,67	8,75	8,81	6,99	7,01

Wie aus der Tabelle 91 ersichtlich ist, unterschieden sich die in dem vorliegenden Fütterungsversuch eingesetzten isogenen und transgenen Mischrationen (PMR, Altmelkerration, Trockensteherration) analog zu den Maiskomponenten nicht wesentlich im Gehalt an Futterwert bestimmenden Inhaltsstoffen sowie im Energiegehalt.

Diese Ergebnisse stimmen mit den Resultaten der Untersuchungen von AESCHBACHER et al. (2005); AULRICH et al., 1998; CALSAMIGLIA et al. (2007); DONKIN et al. (2003); GRANT et al. (2003); IPHARRAGUERRE et al. (2003); MCNAUGHTON et al. (2007a) u.a. überein, in denen neben den gentechnisch veränderten Einzelkomponenten auch die eingesetzten Rationen verglichen wurden.

**Tabelle 91: Mittlere T-, Rohnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der eingesetzten isogenen und transgenen Mischrationen**

Parameter		PMR		Altmelkerration		Trockensteherration	
		isogen	transgen	isogen	transgen	isogen	transgen
Trockenmasse	%	49,4	49,0	54,4	54,8	57,3	58,2
Rohasche	g/kg T	50	50	48	47	47	44
Rohprotein	g/kg T	131	132	111	111	100	97
Rohfett	g/kg T	29	28	26	24	24	22
Rohfaser	g/kg T	191	196	245	252	273	291
NfE	g/kg T	599	594	571	565	555	546
Stärke	g/kg T	212	208	169	163	147	141
nXP	g/kg T	143	143	129	-130	122	122
RNB	g/kg T	-1,8	-1,8	-2,9	-3,1	-3,5	-4,1
NEL	MJ/kg T	6,67	6,68	6,10	6,09	5,79	5,80

Neben den Studien von BAKAN et al. (2002), MUNKVOLD et al. (1999), PAPST et al. (2005), PIVA et al. (2001), PIVA et al. (2001b), SCHAAFSMA et al. (2002), SCHIER (2008) und VALENTA et al. (2001), die bei einem starken Maiszünslerbefall bei den transgenen Maishybriden einen geringeren Mykotoxingehalt als bei den isogenen Maishybriden feststellten, wurde auch in weiteren Arbeiten der Gehalt an Mykotoxinen untersucht.

In der Publikation von ROSSI et al. (2005), der Bt-Mais mit der isogenen Ausgangslinie verglichen, konnten keine deutlichen Unterschiede im Gehalt an Deoxynivalenol (DON) ermittelt werden. Der Gehalt an Fumonisin B<sub>1</sub> war dagegen im transgenen Mais niedriger als im isogenen. In den Untersuchungen von CALSAMIGLIA et al. (2007) und GRANT et al. (2003) lag der Mykotoxingehalt bei beiden Hybriden unterhalb der Nachweisgrenze.

#### **4.6 Konzentrationen an Cry1Ab-Protein der eingesetzten Maiskomponenten und der PMR**

In der vorliegenden Studie wurden die Konzentrationen an Cry1Ab-Protein mittels ELISA in den eingesetzten Maiskomponenten (Maissilage, Körnermais, Maiskobs) und der PMR analysiert. In nahezu allen isogenen Futterproben konnten keine Konzentrationen des Cry1Ab-Proteins oberhalb des CC $\beta$  (Nachweisgrenze) detektiert werden. In zwei isogenen Körnermaisproben wurden Gehalte oberhalb des CC $\beta$  analysiert. Als mögliche Ursache hierfür wird eine Kontamination bei der Probennahme bzw. bei der Probenbearbeitung in Betracht gezogen. Im Gegensatz zu den isogenen Futterproben, wurden in allen transgenen Proben Cry1Ab-Proteingehalte oberhalb des CC $\beta$  detektiert. Ein Vergleich der Ergebnisse der Cry1Ab-Proteinanalytik zeigt auf, dass in den Maissilageproben mit Konzentrationen im Bereich von 91-390 ng/g T die geringsten und in den Maiskobs mit Gehalten von 226-1021 ng/g T die höchsten Konzentrationen des Cry1Ab-Proteins detektiert wurden. Die Cry1Ab-Protein Konzentrationen der Körnermaisproben variierten zwischen 155-379 ng/g T. Bezüglich der Konzentrationen des Cry1Ab-Proteins der eingesetzten gentechnisch veränderten Futterkomponenten liegen in nahezu allen bisherigen Kurzzeitstudien zum Einsatz von Bt-Mais in der Tierernährung keine Ergebnisse vor. Vielmehr erfolgten Untersuchungen zum Abbau des Cry1Ab-Proteins während der Futtermittelprozessierung. So wurde in einer Studie von LUTZ et. al (2006) der Abbau des Cry1Ab-Proteins in Bt-Mais (Event Bt176) untersucht. Die Ergebnisse zeigten eine Degradation des Cry1Ab-Proteingehaltes der Maissilage während des Silierprozesses auf. Nach 61 Tagen der Silierung konnten die Autoren nur noch 23,6 % der ursprünglichen Ausgangsmenge des Cry1Ab-Proteins mittels ELISA detektieren. In der Studie war das vollständige Cry1Ab-Protein nur während der ersten acht Tage der Silierung nachweisbar. Analoge Ergebnisse berichteten auch FOLMER et. al (2002), die den Einfluss der Silierung auf den Gehalt an Cry1Ab-Protein bei frühreifen und spätreifen Bt-Mais Hybriden (Event Bt11) untersuchten. Nach neun Tagen der Silierung des frühreifen Hybriden sank der Cry1Ab-Proteingehalt von ursprünglich 4.923,5 ng/g T auf ein quantitativ unbestimmbares Niveau ab. Bei dem spätreifen Hybrid trat der Abbau des Cry1Ab-Proteingehaltes von anfänglich 8.508,8 ng/g T auf ein nicht mehr bestimmtes Niveau bereits nach 4 Tagen der Silierung ein. Bezüglich des Abbauverhaltens des Cry1Ab-Proteins während der Herstellung von Maiskobs erfolgten Untersuchung im Rahmen der Dissertation von LUTZ (2005). Die Ergebnisse zeigen einen durch die thermische Behandlung hervorgerufenen Abbau des Cry1Ab-Proteins auf ca. 31 % des

ursprünglichen Gehaltes des Ausgangsmaterials. Ein Vergleich der dargestellten Literatur zeigt, dass der Cry1Ab-Proteingehalt in Abhängigkeit der Futterprozessierung unterschiedlich abgebaut wird. Das Cry1Ab-Protein wird während der Silierung stärker abgebaut als bei der thermischen Behandlung. Dementsprechend werden nach der Silierung geringere Konzentrationen des Cry1Ab-Proteins als nach der thermischen Behandlung detektiert. Diese Resultate können in der vorliegenden Studie, in der die Maissilage deutlich geringere Konzentrationen an Cry1Ab-Protein als die Maiskobs aufwies, bestätigt werden. Eine Gegenüberstellung der Gehalte an Cry1Ab-Protein des Körnermaises mit denen der Maiskobs zeigte in der vorliegenden Studie, dass die Maiskobs wiederum höhere Cry1Ab-Proteinkonzentrationen aufwiesen. Ähnliche Resultate publizierten auch NGUYEN und JEHLE (2007) nach der quantitativen Analyse der gewebespezifischen Expression von Cry1Ab-Protein in Bt-Mais (Event MON810). Die Autoren könnten in den Blättern des MON810 die höchste Expression des Cry1Ab-Proteins im Vergleich zu den Körner, Stängel, Wurzel und Pollen feststellen.

#### **4.7 Auswirkung der langfristigen Fütterung von GVP auf Leistungsparameter und Energieversorgung von Milchkühen**

Die Auswirkungen des Einsatzes von gentechnisch veränderten Pflanzen auf die Gesamtfuttermittelaufnahme wurden in mehreren Fütterungsversuchen an verschiedenen Tierarten geprüft. In Kurzzeitstudien zum Einsatz von Bt-Mais bei Milchkühen von DONKIN et al. (2003), FAUST et al. (2003) und FOLMER et al. (2000, 2002), welche Maissilage und Körnermais in den Rationen einsetzten, konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Gesamtfuttermittelaufnahme zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren festgestellt werden. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch GRANT et al. (2003) und RUTZMOSER et al. (1999) nach dem Einsatz von Bt-Maissilage bei Milchkühen. In der vorliegenden Langzeitstudie wurde ebenfalls Bt-Mais in Form von Maissilage, Körnermais und Maiskobs in der Ration von Milchkühen verwendet. Die Gesamtfuttermittelaufnahme lag im Mittel der 1. Laktation im Versuch bei den einkalbigen und mehrkalbigen isogen gefütterten Tieren bei 18,7 kg T/d und bei den transgen gefütterten Tieren bei 18,9 kg T/d. Die Auswertung der 1. Laktation im Versuch nach Laktationsdritteln zeigte, dass sich beide Versuchsgruppen im letzten Laktationsdrittel signifikant in der Gesamtfuttermittelaufnahme unterschieden ( $P < 0,05$ ). Die transgen gefütterten Tiere wiesen in diesem Laktationsabschnitt eine höhere Futtermittelaufnahme als die isogen gefütterten Tiere auf. Dies kann zum einen auf die vergleichsweise geringe

Tierzahl im letzten Laktationsdrittel und zum anderen auf die leistungsbedingten Unterschiede bezüglich der Quantität der verfütterten Rationen (PMR, R18) zwischen den Versuchsgruppen zurückgeführt werden. Die geringere Tieranzahl im letzten Laktationsdrittel im Vergleich zu den ersten beiden Dritteln bei der isogenen und transgenen Versuchsgruppe ergab sich als Folge der Tatsache, dass nicht alle Tiere eine vollständige Laktation im Versuch erbrachten bzw. vorzeitig trocken gestellt wurden (siehe Tabelle A9 im Anhang). Die eingesetzten Versuchsrationen, PMR und R18 wurden den Tieren in Abhängigkeit von der Milchleistung zugeteilt. Die transgen gefütterten Tiere erhielten aufgrund der im Vergleich zu den isogen gefütterten Tieren etwas höheren Milchleistung länger die PMR bzw. später die Altmelkerration (R18), was die erhöhte Gesamtfuttermittelaufnahme erklärt. Bei der Auswertung des Gesamtverlaufs der 1. Laktation im Versuch konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Gesamtfuttermittelaufnahme zwischen der isogenen und transgenen Versuchsgruppe festgestellt werden. In der 2. Laktation im Versuch wurden von den mehrkalbigen Tieren gegenüber der 1. Laktation im Mittel höhere Gesamtfuttermittelaufnahmen von 21,0 kg T/d (Isogen) bzw. 20,4 kg T/d (Transgen) erreicht. Zwischen den beiden Versuchsgruppen konnten ähnlich wie in der 1. Laktation signifikante Unterschiede im letzten Laktationsdrittel der 2. Laktation ermittelt werden ( $P < 0,05$ ). Im Gegensatz zur 1. Laktation im Versuch wiesen hier die isogen gefütterten gegenüber den transgen gefütterten Tieren eine signifikant höhere Gesamtfuttermittelaufnahme auf. Auch hier können die Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen auf die relativ geringe Tieranzahl zurückgeführt werden (siehe Tabelle A10 im Anhang). Bei der Auswertung des Gesamtverlaufes der 2. Laktation im Versuch konnten entsprechend der 1. Laktation keine signifikanten Unterschiede im Hinblick auf die Gesamtfuttermittelaufnahme zwischen den beiden Versuchsgruppen ermittelt werden. Zu ähnlichen Ergebnissen beim Einsatz von Bt-Mais an Milchkühen kamen auch FOLMER et al. (2000, 2002), DONKIN et al. (2003), FAUST et al. (2003), GRANT et al. (2003) und RUTZMOSER et al. (1999), welche ebenfalls keine Unterschiede in der Gesamtfuttermittelaufnahme der beiden Varianten ableiten konnten. Demgegenüber stellten BARRIÈRE et al. (2001) in einem 91tägigen Fütterungsversuch mit Bt-Maissilage an einkalbigen und mehrkalbigen Milchkühen eine signifikant höhere Futtermittelaufnahme der transgen gefütterten Tiere fest. Als Ursache für den Unterschied gaben sie eine höhere Futtermittelaufnahme der transgen gefütterten Färsen im Vergleich zu den isogen gefütterten Färsen an. In einer anderen Untersuchung von DONKIN et al. (2003), die zwei Versuche (1998, 1999) mit Bt-Maissilage und Bt-Körnermais durchführten, ergab sich im 1. Versuch eine numerisch höhere Futtermittelaufnahme der transgenen Versuchsgruppe ( $P = 0,06$ ). Im 2. Versuch war dies jedoch genau entgegengesetzt

der Fall. Eine Gesamtauswertung der beiden Versuchsjahre ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den isogenen und transgenen Hybriden. In einer Reihe weiterer Publikationen wurden neben gentechnisch veränderten Maissorten, die eine Herbizidresistenz oder so genannten *stacked genes* aufwiesen, auch andere gentechnisch veränderte Pflanzen wie Sojabohnen, Baumwolle und Luzerne im Hinblick auf die Gesamtfuttermittelaufnahme bei Milchkühen überprüft. In Arbeiten von DONKIN et al. (2000, 2003) und IPHARRAGUERRE et al. (2003) wurden Gt-Maissorten verglichen. Zwischen den isogenen und transgenen Varianten konnten dabei bezüglich der Gesamtfuttermittelaufnahme keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden. Im Gegensatz dazu wurden in der Studie von GRANT et al. (2003) niedrigere T-Aufnahmen bei der transgenen Fütterungsgruppe im Vergleich mit der isogenen Fütterungsgruppe festgestellt, während PHIPPS et al. (2005) höhere T-Aufnahmen bei den transgen gefütterten Tieren gegenüber isogen gefütterten Tieren ermittelte. Beide Autorengruppen gaben als mögliche Ursache die höheren T-Gehalte der jeweiligen Maissilage an. In Untersuchungen von CALSAMIGLIA et al. (2003, 2007) wurde gleichzeitig Bt- und Gt-Maissilage an Milchkühe verfüttert. Auch in dieser Studie konnten, ähnlich wie beim alleinigen Einsatz von Bt- und Gt-Maishybriden, keine Unterschiede zwischen den isogenen und transgenen Varianten festgestellt werden. Zu ähnlichen Resultaten kamen auch FAUST et al. (2007), die Maissilage und Körnermais aus Bt-/Gt-Mais (*stacked genes*) einsetzten. In Studien mit anderen gentechnisch veränderten Pflanzen wie Gt-Sojabohnen, Baumwollsaamen (Bt, Gt, Bt/Gt) und Gt-Luzerne konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede im Hinblick auf die Gesamtfuttermittelaufnahme bei Milchkühen zwischen Isogen- und Transgen-Hybriden ermittelt werden (HAMMOND et al., 1996; CASTILLO et al., 2004; COMBS und HARTNELL, 2008).

Bezüglich der Auswirkung von GVP auf die Gesamtfuttermittelaufnahme wurden neben Fütterungsversuchen mit Milchkühen auch zahlreiche Studien mit anderen Nutztieren durchgeführt. Bei Mastrindern erfolgten hauptsächlich Versuche mit gentechnisch verändertem Mais. Zum Teil handelte es sich um spezielle Beweidungsversuche von Maisernterückständen, zum anderen um Fütterungsversuche mit Bt-, Gt- und Bt-/Gt-Maissilage bzw. Bt-/Gt-Körnermais. In Untersuchungen von HENDRIX et al. (2000), KERLEY et al. (2001), PETTY et al. (2001) und SIMON et al. (2002) wurde Bt- und Gt-Maissilage an Bullenkälber verfüttert. Dabei konnte keine Auswirkung der gentechnischen Veränderung auf die Gesamtfuttermittelaufnahme der Tiere festgestellt werden. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch BERGER et al. (2002, 2003), HULS et al. (2007) und VANDER POL et al. (2005) nach der Verfütterung von gentechnisch verändertem Körnermais. Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen

wurden in den Untersuchungen von FOLMER et al. (2002) bei der Verwendung von Bt-Maisilage höhere T-Aufnahmen festgestellt. Dieser Unterschied ist laut der Autoren schwer zu erklären, liegt jedoch ihrer Meinung nach an der unterschiedlichen Silagezusammensetzung (NDF, ADF, Lignin, Stärke). In den Fütterungsversuchen mit Legehennen von AESCHBACHER et al. (2005), JACOBS et al. (2008), HALLE et al. (2006), RASMUSSEN et al. (2007) und SCHNEIDELER et al. (2006) wurden keine Unterschiede in der Gesamtfuttermittelaufnahme zwischen isogenen und transgenen Hybriden ermittelt. In zahlreichen weiteren Studien mit Broilern (KAN und HARTNELL, 2004ab; TAYLOR et al., 2003abc, 2004, 2005, 2007ab; PIVA et al., 2001, YONEMOCHI et al., 2002 u.a.) und Mastschweinen (AALHUS et al., 2003; BRESSNER et al., 2002, 2003; CROMWELL et al., 2001, 2002; HYUN et al., 2004, 2005 u.a.) wurden ebenfalls keine signifikanten Unterschiede in der Gesamtfuttermittelaufnahme zwischen den jeweiligen isogenen und transgenen Futtervarianten festgestellt.

Auf Basis der Gesamtfuttermittelaufnahme und der analysierten Cry1Ab-Proteingehalte in den eingesetzten Maiskomponenten und der PMR erfolgte die Bilanzierung der Cry1Ab-Protein-Aufnahme. Während in den isogenen Futterproben kein Cry1Ab-Protein detektiert werden konnte, wurden in den transgenen Futterproben Gehalte an Cry1Ab-Protein analysiert. Dementsprechend erfolgte nur bei den transgen gefütterten Tieren eine Bilanzierung der Cry1Ab-Protein-Aufnahme. Im Mittel der 1. Laktation nahmen die einkalbigen und mehrkalbigen transgen gefütterten Tiere Cry1Ab-Protein-Konzentrationen von 6,0 mg/d auf. In der 2. Laktation wurden von den mehrkalbigen Tieren analog zur Gesamtfuttermittelaufnahme höhere Cry1Ab-Protein-Konzentrationen von im Mittel 6,1 mg/d aufgenommen. Eine Einordnung dieser Ergebnisse anhand der Literatur ist nur begrenzt möglich, da in keiner der vorliegenden Publikationen zum Einsatz von Bt-Mais in der Milchviehfütterung Aussagen über die Cry1Ab-Protein-Aufnahme getroffen wurden. Ein Vergleich ist nur über den Maisanteil der Ration und die eingesetzten Maiskomponenten möglich. In der vorliegenden Studie wurde durch den Einsatz der verschiedenen Maiskomponenten (Maissilage, Maiskobs, Körnermais) ein Maisanteil von 71 % der Trockenmasse in der PMR realisiert. Ähnliche Maisanteile wurden mit 70 % der Ration auch in den Kurzzeitstudien mit Bt-Mais an Milchkühen von BARRIERE et al. (2001), DONKIN et al. (2003) mit 76 % und FOLMER et al. (2000, 2002) mit 68 % eingesetzt. Im Gegensatz dazu wurden in Kurzzeitstudien zum Einsatz anderer gentechnisch veränderter Maishybriden von CALSAMIGLIA et al. (2003, 2007), RUTZMOSER et al. (1999) und YONEMOCHI et al. (2003) nur Maisanteile von weniger als 50 % in der Ration eingesetzt. Somit konnte in der vorliegenden Studie über einen Versuchs-

zeitraum von 25 Monaten ein mit der Literatur vergleichbarer bzw. deutlich höherer Maisanteil in der Ration realisiert werden. Der Maiseintrag erfolgte in den Kurzzeitstudien mit Bt-Mais von BARRIÈRE et al. (2001) und RUTZMOSER et al. (1999) durch Maissilage, während in den Studien von DONKIN et al. (2003) und FOLMER et al. (2000, 2002) neben der Maissilage zusätzlich noch Körnermais eingesetzt wurde. Im Vergleich dazu wurden in der vorliegenden Untersuchung neben der Maissilage und dem Körnermais zusätzlich Maiskobs eingesetzt. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse von FOLMER et al. (2002), LUTZ (2005) und LUTZ et al. (2006) zum Abbau des Cry1Ab-Proteins während der Futterprozessierung sowie den vorliegenden Resultaten bezüglich der Cry1Ab-Proteingehalte in Maissilage, Körnermais und Maiskobs kann davon ausgegangen werden, dass die Konzentrationen an Cry1Ab-Protein in den Rationen der dargestellten Kurzzeitstudien eher geringer ausfielen als in der vorliegenden Studie. Durch den zusätzlichen Einsatz der Maiskobs (21,2% der Gesamtration), die von den eingesetzten Maiskomponenten nachweislich die höchsten Cry1Ab-Protein-Konzentrationen aufwiesen, müssten die Tiere der vorliegenden Untersuchungsreihe entsprechend höhere Cry1Ab-Protein-Aufnahmen erreicht haben, als die Tiere der dargestellten Kurzzeitstudien.

Ein weiterer Leistungsparameter, der bei dem vorliegenden Versuch mit Bt-Mais untersucht wurde, ist die Milchleistung der Tiere. Diese lag bei den einkalbigen und mehrkalbigen isogen gefütterten Tieren im Mittel der 1. Laktation im Versuch bei 23,9 kg/d und bei den transgen gefütterten Tieren bei 23,7 kg/d. In der 2. Laktation wurden bei den mehrkalbigen Tieren im Mittel etwas höhere Milchleistungen von 29,2 kg/d (isogen) bzw. 28,8 kg/d (transgen) erreicht. Eine Prüfung der einzelnen Laktationsdrittel der jeweiligen Laktation ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den isogenen und transgenen Versuchsgruppen. Dementsprechend wurden auch keine signifikanten Unterschiede bei Betrachtung des Gesamtverlaufes der 1. und 2. Laktation im Versuch zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren festgestellt ( $P > 0,05$ ). Zu vergleichbaren Resultaten kamen auch BARRIÈRE et al. (2001), CALSAMIGLIA et al., DONKIN et al. (2003), FOLMER et al. (2000, 2002) sowie FAUST et al. (2000) nach der Verfütterung von Bt-Mais. In einer Anzahl weiterer Studien mit gentechnisch verändertem Mais (CALSAMIGLIA et al., 2007; FAUST et al., 2007), Soja (PHIPPS et al., 2005), Baumwollsaat (CASTILLO et al., 2004) und Gt-Luzerne (COMBS und HARTNELL, 2008) wurden ebenfalls keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Milchleistung zwischen isogenen und transgenen Hybriden festgestellt. In einer Arbeit von GRANT et al. (2003), die Bt-Maiskomponenten in einer Ration für Milchkühe einsetzten, wurden signifikante Unterschiede in der Milchleistung zwischen isogen

und transgen gefütterten Tieren ermittelt. Von den Autoren wurde dies durch die beschriebene geringere T-Aufnahme der transgenen Versuchsgruppe begründet.

Neben der Milchleistung wurden in der vorliegenden Studie mit Bt-Mais bei Milchkühen auch die Milchinhaltsstoffe bestimmt. Bezüglich des Milchfettgehaltes wurden Untersuchungen von BARRIÈRE et al. (2001), DONKIN et al. (2003), FOLMER et al. (2000, 2002), GRANT et al. (2003) und FAUST et al. (2000) publiziert, bei denen ebenfalls Bt-Maiskomponenten in der Ration zum Einsatz kamen. In keiner dieser Studien konnten signifikante Unterschiede im Milchfettgehalt zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren festgestellt werden. Zu entsprechenden Resultaten kamen auch Autorengruppen, die andere gentechnisch veränderte Maishybriden, die eine Herbizidresistenz oder *stacked genes* aufweisen (FAUST et al., 2007; IPHARRAGUERRE et al., 2003; PHIPPS et al., 2005; u.a.) bzw. weitere GVP (COMBS und HARTNELL, 2008; CASTILLO et al., 2004 und HAMMOND et al., 1996) einsetzten. In den eigenen Untersuchungen mit Bt-Mais wurden zwischen den beiden Versuchsgruppen in der 1. Laktation im Versuch allerdings signifikante Unterschiede im Milchfettgehalt festgestellt. Die getrennte Auswertung der 1. Laktation nach Laktationsdritteln ergab, dass die transgene Versuchsgruppe im zweiten Drittel signifikant höhere Milchfettgehalte von 3,99 % im Vergleich zur isogenen Gruppe mit 3,86 % aufwies ( $P < 0,01$ ). Eine Prüfung des Laktationsverlaufes der gesamten 1. Laktation zeigte ähnliche Resultate, auch hier wiesen die transgen gefütterten Tiere einen signifikant höheren Fettgehalt der Milch von 4,03 % vs. 3,95 % auf ( $P < 0,05$ ). Im Gegensatz zur 1. Laktation konnten in der 2. Laktation im Versuch, weder bei der Prüfung der Laktationsdrittel noch bei der Auswertung der gesamten 2. Laktation signifikante Unterschiede im Milchfettgehalt zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren nachgewiesen werden ( $P > 0,05$ ). Die in der 1. Laktation festgestellten signifikanten Unterschiede im Milchfettgehalt waren aufgrund der identischen Futterzusammensetzung der isogenen und transgenen Futterrationen, der gleichen Gesamtfutteraufnahme und Milchleistung nicht zu erwarten. Ein möglicher Einfluss des Bt-Mais ist in diesem Zusammenhang eher unwahrscheinlich, da zwischen den beiden Versuchsgruppen in der 2. Laktation im Versuch, in dem die Tiere entsprechend länger den Bt-Mais aufnahmen, keine signifikanten Unterschiede im Milchfettgehalt ermittelt wurden.

Eine mögliche Ursache für die Unterschiede im Milchfettgehalt könnten tierindividuelle Leistungsunterschiede sein. Die Tiere der transgenen Versuchsgruppe wiesen im Gegensatz zu den Tieren der isogenen Gruppe schon zu Beginn des Versuches höhere Milchfettgehalte von 3,97 % im Vergleich zu 3,85 % der isogenen Gruppe auf. Da zum Zeitpunkt der Versuchsplanung nur von jeweils 14 der 18 Tiere beider Gruppen die Leistung der

vorangegangenen Laktation vorlag, könnten sich dadurch, sowie bedingt durch den Tier-austausch während des Versuchs und der damit verbundenen zufälligen Verteilung der Färsen, Unterschiede in dem tierindividuellen Leistungspotenzial der jeweiligen Gruppe ergeben haben. Unter Berücksichtigung des möglichen tierindividuellen Einflusses und der Tatsache das sich die Milchfettgehalte signifikant nur marginal in der 1. Laktation unterscheiden (3,95 vs. 4,03), konnten zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren bezüglich des Milchfettgehaltes keine wesentlichen Unterschiede festgestellt werden.

Ähnlich dem Milchfettgehalt ergaben sich in der vorliegenden Untersuchung in der 1. Laktation im Versuch beim Milcheiweißgehalt signifikante Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen. Eine statistische Prüfung der einzelnen Laktationsdritteln ergab, das die transgen gefütterten Tiere in den letzten beiden Dritteln mit 3,70 % und 3,93 % gegenüber 3,60 % und 3,83 % signifikant höhere Milcheiweißgehalte als die isogen gefütterten Tiere aufwiesen ( $P < 0,01$ ). Entsprechend wurden auch bei der Auswertung des Gesamtverlaufes der 1. Laktation signifikante höhere Milcheiweißgehalte bei der transgenen Gruppe ermittelt ( $P < 0,01$ ). Zu ähnlichen Resultaten kamen auch CALSAMIGLIA et al. (2007) nach der gleichzeitigen Verfütterung von Bt- und Gt-Maissorten. In diesem Versuch wiesen die transgen gefütterten Tiere ebenfalls einen höheren Milcheiweißgehalt (3,09 % vs. 3,00 %) als die isogen gefütterten Tiere auf. Eine Begründung dieser Unterschiede konnte von den Autoren auf Basis der Fütterung nicht abgeleitet werden. Bei der statistischen Prüfung der Milcheiweißleistung in Kilogramm pro Tag konnten CALSAMIGLIA et al. (2007) jedoch aufgrund des niedrigen Milchleistungsniveaus der transgen gefütterten Tiere keine signifikanten Unterschiede ermitteln ( $P > 0,05$ ). In der 2. Laktationsperiode der vorliegenden Studie wurden im Gegensatz zur 1. Laktation bei der Auswertung des Milcheiweißgehaltes keine signifikanten Unterschiede zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren ermittelt ( $P > 0,05$ ). Diese Ergebnisse werden in publizierten Kurzzeitstudien zum Einsatz von Bt-Mais bestätigt (BARRIÈRE et al., 2001; DONKIN et al., 2003; GRANT et al., 2003; FAUST et al., 2000 und RUTZMOSER et al., 1999). Sowohl beim Einsatz von gentechnisch veränderten Sojabohnen, Baumwollsaat und Luzerne (COMBS und HARTNELL, 2008; CASTILLO et al., 2004 und HAMMOND et al., 1996) als auch bei Einsatz von anderen gentechnisch veränderten Maissorten mit Herbizidresistenzen oder *stacked genes* (DONKIN et al., 2000, 2003 und FAUST et al., 2007) wurden ebenfalls keine signifikanten Unterschiede im Milcheiweißgehalt zwischen den isogenen und transgenen Hybriden gefunden. Die Unterschiede im Milcheiweißgehalt der 1. Laktation im Versuch waren analog zum Milchfettgehalt aufgrund des nahezu identischen Energiegehaltes, mangels

Unterschieden bei den Futterwert bestimmenden Inhaltsstoffen der isogenen und transgenen Versuchsrationen nicht abzusehen. Ein Zusammenhang mit der Verfütterung von Bt-Mais kann auch in diesem Fall nicht hergestellt werden, da in der 2. Laktation im Versuch, nach der längeren Aufnahme des gentechnisch veränderten Maises, keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen festgestellt wurden.

Auch hier könnte Einzeltierstreuung ein Grund für die Variation der Milcheiweißgehalte darstellen. Bezüglich der Leistungen der Vorlaktation wies wiederum die transgene Versuchsgruppe einen geringfügigen höheren Milcheiweißgehalt von 3,56 % im Vergleich zu der isogenen Gruppe mit einem Gehalt von 3,48 % auf. Unter Berücksichtigung des möglichen tierindividuellen Einflusses konnten beim Milcheiweißgehalt wie zuvor schon beim Milchfettgehalt analog zur Mehrzahl der publizierten Arbeiten, keine Unterschiede zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren festgestellt werden.

Bezüglich der Milchharnstoffgehalte wurden in der eigenen Untersuchung in der 1. Laktation im Versuch bei der Auswertung nach Laktationsdritteln in allen drei Dritteln signifikante Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen ermittelt ( $P < 0,01$ ). Die transgene Versuchsgruppe wies dabei stets höhere Milchharnstoffgehalte als die isogene Gruppe auf. Daraus schlussfolgernd ergaben sich auch bei der Prüfung der gesamten 1. Laktation im Versuch signifikant höhere Harnstoffgehalte in der Milch bei den transgen gefütterten Tieren von 181 mg/l im Vergleich zu den isogen gefütterten Tieren, die im Mittel der Laktation einen Gehalt von 164 mg/l aufwiesen ( $P < 0,01$ ). Diese Resultate widersprechen denen der aktuellen Literatur. In nahezu allen publizierten Fütterungsversuchen mit Bt-Mais oder anderen GVP wurden gegenläufige Ergebnisse dargestellt. Die ermittelten Unterschiede im Milchharnstoffgehalt der 1. Laktation im Versuch waren aufgrund der nahezu identischen Energie- und nXP-Gehalte sowie der ähnlichen RNB der eingesetzten isogenen und transgenen Rationen und der vergleichbaren Futteraufnahmen der beiden Versuchsgruppen nicht zu erwarten. Ein Zusammenhang mit der Verfütterung von Bt-Mais scheint daher eher unwahrscheinlich. Für die Differenzen werden zufällige Unterschiede zwischen den Tiergruppen, die durch den Tieraustausch während der Studie entstanden sein könnten in Erwägung gezogen. In der 2. Laktation im Versuch wurden bei beiden Gruppen ähnliche Milchharnstoffgehalte gemessen. Weder bei der Betrachtung der einzelnen Laktationsdritteln noch in der Auswertung des Kurvenverlaufes der gesamten 2. Laktation konnten signifikante Unterschiede zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren ermittelt werden. Eine Reihe von Autoren (DONKIN et al., 2000; FAUST et al., 2000, 2007; GRANT et al., 2003; IPHARRAGUERRE et al., 2003 und RUTZMOSER et al., 1999) kam beim Einsatz von gentechnisch veränderten

Maissorten bei Milchkühen zu vergleichbaren Resultaten. Auch in den Untersuchungen von CASTILLO et al. (2004), die gentechnisch veränderte Baumwollsaamen einsetzten, wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den isogenen und transgenen Hybriden ermittelt. Die in der vorliegenden Arbeit festgestellten Unterschiede im Milchharnstoffgehalt der 1. Laktation konnten durch die 2. Laktation im Versuch, in der die Tiere entsprechend länger den Bt-Mais aufnahmen nicht bestätigt werden.

In zahlreichen Publikationen (COMBS und HARTNELL, 2008; FAUST et al., 2007; FOLMER et al., 2000, 2002; GRANT et al., 2003 und PHIPPS et al., 2005) wurde neben dem Milchfett, Milcheiweiß und Milchharnstoffgehalt auch die Auswirkungen von GVP auf den Lactosegehalt der Milch untersucht. Mit Ausnahme der Studien von CALSAMIGLIA et al. (2007) und DONKIN et al. (2003) konnten dabei keine signifikanten Unterschiede im Lactosegehalt der Milch zwischen den eingesetzten isogenen und transgenen Pflanzen bei der Verfütterung an Milchkühen festgestellt werden. In der eigenen Untersuchung konnten nach der Auswertung der Laktationsdrittel sowie des gesamten Laktationsverlaufs der 1. Laktation im Versuch ebenfalls keine signifikanten Unterschiede beim Einsatz von Bt-Mais zwischen den beiden Versuchsgruppen ermittelt werden. In der 2. Laktation wurden dagegen im zweiten Laktationsdrittel und bei der Auswertung des Laktationsverlaufes signifikante Unterschiede zwischen den isogenen und transgen gefütterten Tieren festgestellt ( $P < 0,01$ ). Ähnlich wie in den Studien von CALSAMIGLIA et al. (2007) und DONKIN et al. (2003) wies die transgene Versuchsgruppe mit 4,80 % einen höheren Lactosegehalt in der Milch im Vergleich zur isogenen Gruppe mit 4,74 % auf. In den Untersuchungen von CALSAMIGLIA et al. (2007) wurden die Unterschiede (4,83 % vs. 4,72 %) nicht auf die Fütterung der gentechnisch veränderten Maissorten zurückgeführt. Da der Lactosegehalt durch die Fütterung kaum beeinflusst werden kann, wird ein Absinken des sonst relativ konstanten Gehaltes während der Laktation, wie es in der vorliegenden Studie bei der isogenen Versuchsgruppe in der 2. Laktation erkennbar war, im Normalfall mit einer Eutererkrankung in Verbindung gebracht. Diese Vermutung wird bei der Betrachtung der somatischen Zellgehalte der Milch der isogenen und transgen gefütterten Tiere im letzten Drittel der 2. Laktation durch den numerisch höheren Gehalt der isogenen Versuchsgruppe (279.000 vs. 222.000 Zellen/ml) bestätigt. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass auch bei der eigenen Untersuchung kein Einfluss durch die Verfütterung von Bt-Mais auf den Lactosegehalt der Milch bei Milchkühen vorlag.

Der somatische Zellgehalt der Milch lag in der vorliegenden Studie im Mittel der 1. Laktation im Versuch bei den isogen gefütterten Tieren bei 157.000 Zellen/ml und bei den transgen

gefütterten Tieren bei 205.000 Zellen/ml. Der numerisch niedrigere Zellgehalt bei der isogenen Versuchsgruppe konnte statistisch nicht abgesichert werden. Im Gegensatz zur 1. Laktation im Versuch wies die transgene Versuchsgruppe im Mittel der 2. Laktation mit 220.000 Zellen/ml einen numerisch niedrigeren Zellgehalt als die isogene Gruppe mit mittleren Gehalten von 241.000 Zellen/ml auf. Ähnlich der 1. Laktation konnten auch hier keine statistischen Unterschiede ermittelt werden. In diesem Zusammenhang wurden in den Studien von CALSAMIGLIA et al. (2003, 2007), die gleichzeitig Bt- und Gt-Maissilage einsetzten, keine signifikanten Unterschiede zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren festgestellt. Zu ähnlichen Resultaten kamen auch DONKIN et al. (2000), GRANT et al. (2003), HAMMOND et al. (1996), IPHARRAGUERRE et al. (2003) und RUTZMOSER et al. (1999).

Auf Basis der Milchleistung und der Milchinhaltstoffe wurden in der eigenen Untersuchung zusätzlich die energiekorrigierte Milchmenge (ECM) und der Fett-Eiweiß-Quotient beider Versuchsgruppen berechnet. Ein Vergleich zwischen isogen und transgen gefütterten Tieren bezüglich der ECM zeigte, dass beide Versuchsgruppen eine ähnliche energiekorrigierte Milchmenge, standardisiert auf 4 % Fett und 3,4 % Eiweiß, aufwiesen. Im Mittel der 1. Laktation im Versuch lag die tägliche ECM-Leistung der einkalbigen und mehrkalbigen isogen und die transgen gefütterten Tiere bei 23,8 kg/d bzw. 24,1 kg/d. In der zweiten Laktation wurde von den mehrkalbigen Tieren eine etwas höhere ECM von 28,7 kg/d bzw. 28,5 kg/d erreicht. In keiner der beiden Laktationen im Versuch konnten signifikante Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen ermittelt werden ( $P > 0,05$ ). Die Resultate bei der ECM unterstützen die Annahme, dass die dargestellten Unterschiede zwischen der isogenen und transgen gefütterten Gruppe bezüglich Milchfettgehalt und Milcheiweißgehalt in der 1. Laktation nicht auf den Bt-Mais zurückzuführen sind, sondern eher auf möglichen tierindividuellen Effekten beruhen. Läge ein direkter Einfluss durch den Bt-Mais vor, hätten auch Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen bei der energiekorrigierten Milchmenge bestehen müssen. Ein Vergleich der Ergebnisse bezüglich der ECM mit aktueller Literatur konnte in diesem Fall nicht durchgeführt werden, da dieser Messparameter in keiner der vorliegenden Publikationen erfasst wurde. Anstelle der ECM wurde in den Studien zum Einsatz von GVP die fettkorrigierte Milchmenge (FCM), standardisiert auf 3,5 % bzw. 4,0 %, ermittelt. Mit Ausnahme der Studie von HAMMOND et al. (1996) konnten bei der Mehrzahl der vorliegenden Studien (BARRIÈRE et al., 2001; CALSAMIGLIA et al., 2007; COMBS und HARTNELL, 2008; GRANT et al., 2003; FAUST et al., 2000, 2007) keine signifikanten Unterschiede bezüglich der FCM zwischen den isogen und transgen gefütterten

Tieren nachgewiesen werden. Die aus der Untersuchung von HAMMOND et al. (1999) zum Einsatz von Gt-Sojabohnen bei Milchkühen dargestellten Ergebnisse bezüglich der FCM wurden von FLACHOWSKY und AULRICH (1999) kritisch betrachtet. Die von den Autoren festgestellte signifikante Erhöhung der FCM-Leistung bei Tieren, die genetisch veränderte Sojabohnen aufnahmen, waren nach FLACHOWSKY und AULRICH (1999) weder aus den Inhaltsstoffen der Sojabohnen noch aus den ernährungsphysiologischen Daten (Kennzahlen der Pansenfermentation, Verdaulichkeit) zu erwarten und sind ihrer Meinung nach ausschließlich auf versuchsmethodische Schwächen zurückzuführen. Darauf folgende Nachforschungen konnten in Erfahrung bringen, dass bereits zu Versuchsbeginn Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich der Milchleistung und des Milchfettgehaltes vorlagen. Nach FLACHOWSKY und AULRICH (1999) sind die ermittelten signifikanten Unterschiede folglich nicht auf die gentechnisch veränderten Sojabohnen, sondern auf die Unterschiede zwischen den Gruppen vor Versuchsbeginn zurückzuführen.

Wie bereits erwähnt wurde in der vorliegenden Untersuchung neben der ECM auch der Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ) berechnet. Dieser lag bei beiden Versuchsgruppen im Mittel der 1. Laktation im Versuch bei 1,09. Bei der Prüfung nach Laktationsdritteln sowie des Gesamtverlaufs der 1. Laktation konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren festgestellt werden ( $P > 0,05$ ). Im Gegensatz hierzu wurden bei der Auswertung der 2. Laktation im letzten Laktationsdrittel und im gesamten Laktationsverlauf signifikante Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen ermittelt ( $P < 0,05$ ). Die transgene Versuchsgruppe wies im Mittel einen höheren FEQ von 1,09 als die isogene Gruppe mit 1,05 auf. Dieses Resultat war aufgrund der ähnlichen Milchfett- und Milcheiweißgehalte der beiden Versuchsgruppen der 2. Laktation ( $P > 0,05$ ) nicht zu erwarten, ergab sich jedoch aufgrund der leicht gegenläufigen Tendenz der Kurvenverläufe des Milchfett- und des Milcheiweißgehaltes bei der Auswertung der isogen und transgen gefütterten Tiere über den Laktationsverlauf. Ein Vergleich mit der Literatur ist wie bei der energie-korrigierten Milchmenge nicht möglich, da dieser Parameter ebenfalls nicht in den publizierten Studien erfasst worden ist.

Bezüglich der Energieversorgung der Milchkühe wurden in der vorliegenden Literatur kaum bzw. keine Aussagen getroffen. In der eigenen Untersuchung zum Einsatz von Bt-Mais wurden in diesem Zusammenhang die Energieaufnahme und die Energiebilanz der Tiere berechnet. Die Energieaufnahme lag bei den einkalbigen und mehrkalbigen Tieren im Mittel der 1. Laktation im Versuch bei der isogenen Versuchsgruppe bei 127 MJ NEL/d und bei der transgenen Versuchsgruppe bei 128 MJ NEL/d. Bei der statistischen Prüfung der einzelnen

Laktationsdrittel konnte nur im letzten Drittel eine signifikant höhere Energieaufnahme der transgen gefütterten Tiere festgestellt werden ( $P < 0,05$ ). Eine Auswertung des Laktationsverlaufes zeigte dagegen keine signifikanten Unterschiede in der Energieaufnahme zwischen den beiden Versuchsgruppen. In der zweiten Laktation im Versuch wurden von den mehrkalbigen Tieren im Mittel höhere Energieaufnahmen von 143 MJ NEL/d (isogen) bzw. 139 MJ NEL/d (transgen) erreicht. Ähnlich wie bei der 1. Laktation wurden im letzten Laktationsdrittel signifikant höhere Aufnahmen bei der isogenen Gruppe festgestellt, während bei der Auswertung der gesamten Laktation ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen ermittelt wurden. Die Resultate der 1. und 2. Laktation bezüglich der Energieaufnahme entsprechen erwartungsgemäß denen der Gesamtfutteraufnahme der vorliegenden Arbeit sowie den Ergebnissen von HAMMOND et al. (1996), die keine signifikanten Unterschiede beim Einsatz von Gt-Sojabohnen bei der Energieaufnahme zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren ermittelten.

Die in der eigenen Untersuchung berechnete durchschnittliche Energiebilanz lag bei den isogen und transgen gefütterten Tieren in der 1. Laktation im Versuch bei 11,7 MJ NEL/d bzw. bei den transgen gefütterten Tieren bei 12,2 MJ NEL/d. Weder in der Auswertung nach Laktationsdritteln noch im gesamten Laktationsverlauf konnten signifikante Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen festgestellt werden ( $P > 0,05$ ). Diese Ergebnisse decken sich mit denen der Gesamtfutteraufnahme und der damit verbundenen Energieaufnahme. Im Gegensatz dazu wurden in der 2. Laktation im Versuch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen festgestellt ( $P < 0,05$ ). Im letzten Laktationsdrittel sowie im Kurvenverlauf der 2. Laktation wiesen stets die isogen gefütterten Tiere eine höhere Energiebilanz von 21,7 bzw. 13,1 MJ NEL/d im Vergleich zur transgenen Versuchsgruppe mit einer Bilanz von 14,2 bzw. 8,8 MJ NEL/d auf. Die Unterschiede bezüglich der Energiebilanz im letzten Laktationsdrittel können auf die signifikanten Unterschiede, die ebenfalls zu diesem Zeitpunkt bei der Gesamtfutteraufnahme und der Energieaufnahme vorlagen, abgeleitet werden. Weder die Gesamtfutteraufnahme, noch die Energieaufnahme und die ECM geben einen Hinweis auf die ermittelten Unterschiede im Laktationsverlauf zwischen den beiden Versuchsgruppen. Ein Zusammenhang mit der Fütterung von Bt-Mais ist aufgrund der nahezu identischen Futterzusammensetzung, der ähnlichen Gesamtfutter- und Energieaufnahme sowie der ECM nicht ersichtlich.

Im Gegensatz zur Energieversorgung wurde in zahlreichen Fütterungsstudien mit Milchkühen die Körperkondition (Lebendmasse, Body Condition Score) der Tiere erfasst. In Untersuchungen mit gentechnisch veränderten Maishybriden u.a. von BARRIÈRE et al. (2001),

CALSAMIGLIA et al. (2007), GRANT et al. (2003), FAUST et al. (2000, 2007), IPHARRAGUERRE et al. (2003) und Studien mit anderen gentechnisch veränderten Pflanzen u.a. von COMBS und HARNTNELL (2008), konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen der isogenen und transgenen Versuchsgruppe bezüglich Körperkondition ermittelt werden. In der vorliegenden Arbeit wurde neben der Lebendmasse und dem BCS auch die Rückenfettdicke im Rahmen der Beurteilung der Körperkondition erfasst. Im Mittel der 1. Laktation im Versuch wiesen die einkalbigen und mehrkalbigen isogen gefütterten Tiere eine Lebendmasse von 688 kg, ein BCS-Note von 3,57 und eine Rückenfettdicke von 17,6 mm auf. Bei den einkalbigen und mehrkalbigen transgen gefütterten Tieren wurde eine ähnliche Lebendmasse von 690 kg, eine BCS-Note von 3,53 und eine Rückenfettdicke von 18,5 mm gemessen. Ähnlich der publizierten Literatur konnten bei allen Konditionsparametern bei der Auswertung der 1. Laktation keine signifikanten Unterschiede zwischen der isogenen und transgenen Versuchsgruppe festgestellt werden. Demgegenüber wurden von den mehrkalbigen isogen gefütterten Tieren in der 2. Laktation im Versuch durchschnittlich höhere Körperkonditionsparameter im Vergleich zur 1. Laktation erreicht, während sich die transgene Versuchsgruppe auf einem relativ niedrigeren Niveau befand. Die Lebendmasse der isogen gefütterten Tiere stieg von den im Mittel der 1. Laktation erreichten 688 kg im Mittel der 2. Laktation auf 720 kg an, während die transgen gefütterten Tiere das Niveau der 1. Laktation beibehielten (691 kg). Ein ähnliches Bild ergab sich auch bei den Körperkonditionsnoten und den Rückenfettdicken. Diese stiegen bei der isogenen Gruppe von 3,57 auf 3,74 bzw. von 17,6 mm auf 20,3 mm an. Im Gegensatz dazu sank die mittlere BCS-Note bei der transgenen Versuchsgruppe von 3,53 auf 3,42 und die mittlere Rückenfettdicke von 18,5 mm auf 14,4 mm ab. Die Unterschiede bei den einzelnen Körperkonditionsparametern zwischen der isogenen und transgenen Versuchsgruppe konnten signifikant abgesichert werden (für Lebendmasse und RFD:  $P < 0,01$ ; für BCS:  $P < 0,05$ ). Die Resultate der Auswertung der 2. Laktation bezüglich der Körperkondition waren aufgrund der ähnlichen Gesamtfutteraufnahme, Energieaufnahme und Milchleistung beider Versuchsgruppen nicht zu erwarten. Eine mögliche Ursache hierfür könnten die im letzten Laktationsdrittel der 2. Laktation festgestellten signifikanten Unterschiede in der Gesamtfutteraufnahme und der Energieaufnahme zwischen den beiden Versuchsgruppen sein. Dabei wies die isogene Versuchsgruppe im Vergleich zur transgenen Gruppe stets höhere Aufnahmen auf. Da die Unterschiede in der Gesamtfutteraufnahme und der Energieaufnahme im letzten Laktationsdrittel der 2. Laktation, wie bereits dargestellt, nicht auf die Verfütterung des Bt-Mais zurückgeführt werden können, sollten auch die Unterschiede in den Körperkonditions-

parametern nicht in dieser Richtung bewertet werden. Auch hier könnte die größere Streuung zwischen den Tieren, aufgrund der geringeren Tieranzahl der 2. Laktation beider Versuchsgruppen einen Einfluss gehabt haben. Die geringere Tieranzahl kam dadurch zustande, dass nicht alle Tiere während des Versuches eine 2. Laktation erbrachten.

Unter Einbeziehung der nahezu identischen Futterwert bestimmenden Inhaltsstoffe der eingesetzten isogenen und transgenen Rationen, der ähnlichen Gesamtfutter- und Energieaufnahme sowie der geringen Tieranzahl kann davon ausgegangen werden, dass sich beide Versuchsgruppen während des gesamten Untersuchungszeitraumes bezüglich der Körperkondition nicht wesentlich voneinander unterschieden. Bezüglich der Auswirkungen von GVP auf die Körperkondition wurden neben Fütterungsversuchen mit Milchkühen auch zahlreiche Studien mit anderen Nutztieren durchgeführt. In Untersuchungen mit Legehennen (AESCHBACHER et al., 2005; JACOBS et al., 2007, 2008; SCHNEIDELER et al., 2006) und Broilern (BRAKE und VLACHOS, 1998; DEAVILLE und MADDISON, 2005; MCNAUGHTON et al., 2007ab; SIDHU et al., 2000) in denen gentechnisch veränderte Mais-sorten, die eine Insektenresistenz, Herbizidresistenz oder stacked genes aufwiesen, eingesetzt wurden, konnten ebenfalls keine Unterschiede in der Lebendmasse festgestellt werden. Zu ähnlichen Resultaten kamen auch FISCHER et al. (2002), HYUN et al. (2004, 2005), STANISIEWSKI et al. (2001) und STEIN et al. (2007) nach der Verfütterung von gentechnisch veränderten Maishybriden an Mastschweine.

#### **4.8 Auswirkung der langfristigen Fütterung von GVP auf die Stoffwechselfparameter von Milchkühen**

Neben den Auswirkungen der Verfütterung von Bt-Mais (MON810) auf die Leistungsparameter der Milchkühe wurden in der vorliegenden Arbeit auch die Auswirkungen des Einsatzes von Bt-Mais auf den Stoffwechsel von isogen und transgen gefütterten Tieren untersucht. Für die Beurteilung des Energie- und Leberstoffwechsels der beiden Versuchsgruppen wurde eine Vielzahl klinisch-chemischer Blutparameter herangezogen.

Um Aussagen über den Energiestoffwechsel der Tiere treffen zu können, wurden die Konzentrationen an Glucose, freien Fettsäuren (NEFA) und  $\beta$ -Hydroxybutyrat (BHB) im Blutplasma bestimmt.

Im Hinblick auf die Nährstoffbereitstellung bei Hochleistungskühen kann nach FLACHOWSKY (1999) die Glucose als erstlimitierender Nährstoff angesehen werden. Die Hauptmenge der verfügbaren Glucose, ca. 60-70 %, wird für die Lactosesynthese im Euter benötigt. Etwa 20-30 % werden für die Bereitstellung von Reduktionsäquivalenten (NADPH) für die Fettsäuresynthese im Euter und im Körperfettgewebe verwendet. Des Weiteren spielt Glucose eine entscheidende Rolle bei der Aufrechterhaltung des Zellstoffwechsels lebenswichtiger Organe (z.B. Zentralnervensystem) und für die Synthese von Glycerol, welches für die Bildung von Triglyzeriden im Euter und im Fettgewebe erforderlich ist.

Beim Wiederkäuer ist die direkte Glucosebereitstellung über das Futter nur relativ begrenzt möglich. Die mit dem Futter aufgenommenen Kohlenhydrate werden beim Wiederkäuer zum größten Teil im Pansen zu flüchtigen Fettsäuren (Acetat, Propionat, Butyrat) fermentiert und nur ein geringer Anteil der Glucose wird direkt resorbiert. Deshalb muss der Wiederkäuer den größten Teil der erforderlichen Glucose (90 % und mehr) aus der Gluconeogenese beziehen. Die wichtigsten Ausgangssubstrate für die Glucoseneubildung (Gluconeogenese), die hauptsächlich im Leberparachym und zu einem geringen Teil in der Nierenrinde stattfindet, sind vor allem Propionat sowie Lactat, Glycerin, Pyruvat und glucoplastische Aminosäuren.

Ein Energiemangel im Futter oder eine eingeschränkte Futteraufnahme bei Krankheiten führt zu einer Reduktion der Glucosekonzentration im Blutplasma, während starke Belastungen (z.B. Transport) und Endotoxämien zu einer Erhöhung der Glucosegehalte im Blutplasma führen können. Die physiologischen Referenzbereiche der Glucosekonzentration im Blutplasma von Rindern sind in der Literatur mit großen Schwankungsbreiten angegeben und können der Tabelle 92 entnommen werden.

**Tabelle 92: Literaturübersicht der Referenzbereiche der Glucosekonzentration im Blutserum/Blutplasma von Rindern**

Literatur	Referenzbereich (mmol/l)
KRAFT und DÜRR (2005)	2,6 - 3,1 <sup>1</sup> / 2,2 - 3,3 <sup>2</sup>
HOFFMANN (2005)	2,2 - 3,3
ENGELHARDT und BREVES (2000)	1,7 - 3,3
LOTTHAMMER (1996)	3,0 - 4,0
BICKHARDT (1992)	2,1 - 3,3
JACOBI (1988)	> 2,8 <sup>3</sup> / > 2,6 <sup>4</sup>
VRZGULA und SOKOL (1987)	2,2 - 3,3
FÜRLI et al. (1981)	1,7 - 3,3

<sup>1</sup> Kontrollgrenzen; <sup>2</sup> Toleranzgrenzen; <sup>3</sup> Milchkühe 1 bis 2 Tage a.p.; <sup>4</sup> Milchkühe 2 bis 12 Wochen p.p.

Bezüglich der Auswirkung von gentechnisch veränderten Pflanzen auf die Glucosekonzentration im Blutplasma von Milchkühen liegen nur wenige Publikationen vor. In Untersuchungen von YONEMOCHI et al. (2003) und FAUST et al. (2007), die Bt/Gt-Mais bzw. Bt-Mais an Milchkühe verfütterten, wurden zu Beginn und Ende des Fütterungsversuches Blutproben gezogen. In keiner der beiden Versuche konnten bezüglich der Glucosekonzentration Unterschiede im Blutplasma zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren festgestellt werden. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch YONEMOCHI et al. (2002) und BRAKE et al. (2005) beim Einsatz von Bt/Gt-Mais bzw. Bt-Mais an Broilern, ZHU et al. (2004) nach der Verfütterung von Gt-Sojabohnen an Ratten sowie SINGH et al. (2003) in einem Fütterungsversuch mit Bt-Baumwollsaat bei Büffeln. Demgegenüber wurden in den Untersuchungen von SCHOLTZ et al. (2006), die Bt-Mais an Legewachteln verfütterten, signifikante Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen bezüglich des Glucosegehaltes festgestellt. Die transgen gefütterten Tiere wiesen im Mittel einen niedrigeren Glucosegehalt von 17,5 mmol/l im Vergleich zu den isogen gefütterten Tieren mit Gehalten von 18,4 mmol/l auf. Die Autoren gaben keinen präzisen Grund für die Unterschiede in der Glucosekonzentration an. Als generelle Erklärung für die Unterschiede bei den erfassten metabolischen Parametern werden sowohl die gentechnisch veränderten Pflanzen als auch die niedrigere Mykotoxinbelastung der transgenen Maissorte in Betracht gezogen.

Im Gegensatz zu den publizierten Fütterungsstudien mit Milchkühen von YONEMOCHI et al. (2003) und FAUST et al. (2007) wurden in der vorliegenden Untersuchung in der

1. Laktation im Versuch signifikante Unterschiede in den analysierten Glucosekonzentrationen im Blutplasma zwischen den isogen und transgen gefütterten Milchkühen festgestellt. Die transgen gefütterten Tiere wiesen im Mittel der 1. Laktation signifikant höhere Glucosegehalte im Blutplasma von 3,29 mmol/l im Vergleich zu den isogen gefütterten Tieren mit Gehalten von 3,13 mmol/l auf ( $P < 0,01$ ). Bei der statistischen Prüfung der Glucosekonzentrationen im Blutplasma der 2. Laktation im Versuch wurden dagegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen ermittelt ( $P > 0,05$ ). Die in der 1. Laktation festgestellten Unterschiede können ähnlich wie bei SCHOLTZ et al. (2006) die ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen bezüglich des Glucosegehaltes im Serum ermittelten, nur schwer gedeutet bzw. erklärt werden. Ein Einfluss des Bt-Maises, wie er von SCHOLTZ et al. (2006) in Betracht gezogen wurde, kann in der vorliegenden Arbeit durch die 2. Laktation im Versuch nicht bestätigt werden. Die von den isogen und transgen gefütterten Tieren der 1. und 2. Laktation im Versuch erfassten Glucosekonzentrationen im Blutplasma liegen innerhalb der in der Literatur angegebenen physiologischen Referenzbereiche für Rinder (siehe Tabelle 92). Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die Verfütterung von Bt-Mais (MON810) keinen negativen Effekt auf die Glucoseversorgung der Tiere ausübte.

Um den Energiestoffwechsel zu beurteilen, wurden in der eigenen Untersuchung neben den Glucosekonzentrationen die freien Fettsäuren im Blutplasma analysiert. Die freien oder nicht veresterten Fettsäuren (NEFA) entstehen während der Fettmobilisation (Lipolyse) durch die Spaltung von Triglyceriden in Fettsäuren und Glycerin. Sie werden zum einen für die Energiegewinnung in verschiedenen Körpergeweben und zum anderen für die Milchfettsynthese im Euter verwendet. Zum Zeitpunkt einer negativen Energiebilanz, die durch eine reduzierte Futteraufnahme und das Einsetzen der Laktation nach der Kalbung hervorgerufen wird, findet eine massive lipolytische Fettmobilisation statt. Die bei der Fettmobilisation gebildeten freien Fettsäuren werden ins Blut abgegeben, dort an Albumine gebunden und zur Leber transportiert. Die Höhe der NEFA-Konzentration im Blutplasma ist somit von der Lipolyserate abhängig und variiert nach ROSSOW (2003) zwischen  $< 100$  bis  $> 1500$   $\mu\text{mol/l}$ . In der Tabelle 93 sind die in der Literatur angegebenen physiologischen Referenzbereiche für Rinder dargestellt.

**Tabelle 93: Literaturübersicht der Referenzbereiche der Konzentration an freien Fettsäuren im Blutserum/Blutplasma von Rindern**

Literatur	Referenzbereich ( $\mu\text{mol/l}$ )
KRAFT und DÜRR (2005)	40 - 500 <sup>1</sup> (90) <sup>2</sup> / 10 - 620 <sup>3</sup> (150) <sup>4</sup>
SCHOLZ (1990)	300 - 600
BICKHARDT (1992)	100 - 900
JACOBI (1988)	100 - 500
VRZGULA und SOKOL (1987)	220 - 340

<sup>1</sup> Kontrollgrenzen; <sup>2</sup> Kontrollgrenzen a.p.; <sup>3</sup> Toleranzgrenzen; <sup>4</sup> Toleranzgrenzen a.p.

In dem vorliegenden Fütterungsversuch mit Bt-Mais wiesen die isogen gefütterten Kühe im Mittel der 1. Laktation im Versuch NEFA-Konzentrationen im Blutplasma von 287  $\mu\text{mol/l}$  und die transgen gefütterten Gehalte von 281  $\mu\text{mol/l}$  auf. Zwischen den beiden Versuchsgruppen konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden. Ähnliche Resultate wurden auch in der 2. Laktation im Versuch festgestellt. Die beiden Versuchsgruppen unterschieden sich mit 292  $\mu\text{mol/l}$  (isogen) bzw. 291  $\mu\text{mol/l}$  (transgen) ebenfalls nicht signifikant im Gehalt an freien Fettsäuren im Blutplasma. Ein Vergleich mit der Literatur ist bei diesem Parameter nicht möglich, da dieser Stoffwechselfparameter in keiner der vorliegenden Publikationen zum Einsatz von gentechnisch veränderten Pflanzen erfasst worden ist. Die in der vorliegenden Studie analysierten NEFA-Konzentrationen im Blutplasma lagen während des gesamten Laktationsverlaufes der 1. und 2. Laktation des Versuches innerhalb der in Tabelle 93 angegebenen Referenzbereiche. Somit konnte kein Einfluss der Verfütterung von Bt-Mais (MON810) auf den Gehalt an freien Fettsäuren im Blutplasma der Milchkühe nachgewiesen werden.

Für die Beurteilung der Auswirkung des Einsatzes von Bt-Mais auf den Energiestoffwechsel der Milchkühe wurde zusätzlich der Gehalt an  $\beta$ -Hydroxybutyrat (BHB) im Blutplasma bestimmt. Neben Acetacetat und Aceton gehört das  $\beta$ -Hydroxybutyrat zu den sogenannten Ketonkörpern. Ketonkörper entstehen zum einen durch die Ketogenese, die in der Leber stattfindet, und zum anderen bei der Resorption von Butyrat im Pansenepithel. Beim Vorliegen einer negativen Energiebilanz kann die Leber durch Bildung von BHB aus den freien Fettsäuren, die aus dem Fettgewebe mobilisiert werden, Energie gewinnen. Die Ketonkörper werden besonders in der Muskulatur aber auch in anderen Geweben des Körpers als Energieträger genutzt. Die BHB-Konzentration im Blut steigt dementsprechend bei Energie-

mangelsituationen an. Die Referenzbereiche verschiedener Autoren für diesen Parameter können der Tabelle 94 entnommen werden.

**Tabelle 94: Literaturübersicht der Referenzbereiche der Konzentration an  $\beta$ -Hydroxybutyrat im Blutserum/Blutplasma von Rindern**

Literatur	Referenzbereich (mmol/l)
KRAFT und DÜRR (2005)	0,4 - 0,5 <sup>1</sup> / 0,3 - 0,6 <sup>2</sup>
LOTTHAMMER (1996)	$\leq 1,0$
BICKHARDT (1992)	0,2-1,6
JACOBI (1988)	$\leq 1,0$
VRZGULA und SOKOL (1987)	$\leq 1,0$
FÜRLI et al. (1981)	0,2 - 0,9

<sup>1</sup> Kontrollgrenzen; <sup>2</sup> Toleranzgrenzen

Bezüglich der BHB-Konzentration im Blutplasma konnten im vorliegenden Fütterungsversuch zwischen den isogen und transgen gefütterten Milchkühen in beiden Laktationen des Versuches keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Im Mittel der 1. Laktation wies die isogene Versuchsgruppe einen BHB-Gehalt im Blutplasma von 0,46 mmol/l und die transgene Versuchsgruppe mittlere Konzentrationen von 0,44 mmol/l auf. Ein Vergleich mit den in der Literatur angegebenen Referenzwerten zeigt, dass bei den Tieren offensichtlich keine Gesundheits- bzw. Leistungsgefährdung vorlag. Ähnliche Resultate ergaben sich auch in der 2. Laktation im Versuch mit mittleren BHB-Konzentrationen von 0,50 mmol/l (isogen) und 0,49 mmol/l (transgen). Eine Gegenüberstellung der vorliegenden Ergebnisse mit denen der Literatur war wie beim Gehalt an freien Fettsäuren im Blutplasma nicht möglich, da die BHB-Gehalte in den publizierten Kurzzeitstudien ebenfalls nicht erfasst worden sind. Ähnlich dem Gehalt an freien Fettsäuren kann aus den vorliegenden Ergebnissen abgeleitet werden, dass die Verfütterung von Bt-Mais keine Auswirkung auf den Gehalt an  $\beta$ -Hydroxybutyrat im Blutplasma und somit auf den Energiestoffwechsel der Tiere hatte.

Um die Auswirkung der Verfütterung von Bt-Mais auf den Leberstoffwechsel der Milchkühe zu untersuchen, wurden verschiedene Leberenzyme im Blutplasma analysiert. Die Aspartat-Amino-Transferase (AST) wird in unterschiedlicher Aktivität in zahlreichen Geweben und Organen nachgewiesen und gilt deshalb nicht als leberspezifisches Enzym. Hohe Aktivitäten liegen in erster Linie im Herz- und Skelettmuskel und in zweiter Linie in der Leber vor (KRAFT und DÜRR, 2005). Die AST stellt damit einen Messparameter für Muskel- und

Lebererkrankungen dar. Erhöhte AST-Gehalte im Blutplasma weisen neben Muskel-erkrankungen oder Hepatopathien auch auf Schädigungen des Uterus und des Labmagens hin. Der Referenzbereich liegt laut KRAFT und DÜRR (2005) bei  $\leq 80$  U/l und nach HOFFMANN (2005) bei  $\leq 80$  U/l (< 1 Woche a.p.) bzw. bei  $\leq 100$  U/l (2/3 Tage p.p.). Bezüglich der Auswirkungen des Einsatzes von Bt-Mais auf den AST-Gehalt im Blutplasma von Milchkühen wurden bereits Untersuchungen von YONEMOCHI et al. (2003) und FAUST et al. (2007) durchgeführt. In beiden Fütterungsstudien wurden hierbei zu Beginn und Ende des Versuches Blutproben von Milchkühen der Rasse Holstein Friesian gezogen. In keiner der Arbeiten konnten dabei signifikante Unterschiede zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren nach einer Versuchsdauer von 35 Tagen (YONEMOCHI et al., 2003) bzw. 28 Tagen (FAUST et al., 2007) festgestellt werden. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch BRAKE et al. (2005), TONY et al. (2003) und YONEMOCHI et al. (2002) beim Einsatz von Bt-Mais bzw. Bt/Gt-Mais an Broilern, ZHU et al. (2004) und TUDISCO et al. (2006) nach der Verfütterung von Gt-Sojabohnen an Ratten bzw. Kaninchen sowie SINGH et al. (2003) in einem Fütterungsversuch mit Bt-Baumwollsaat bei Büffeln. In einer Studie von SCHOLZ et al. (2006), die Bt-Mais an Legewachteln verfütterten, lagen die AST-Konzentrationen beider Versuchsgruppen außerhalb des Referenzbereiches. Es konnten aber auch hier keine signifikanten Unterschiede zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren festgestellt werden. In der eigenen Untersuchung konnten ähnlich der publizierten Literatur weder in der 1. Laktation noch in der 2. Laktation im Versuch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen ermittelt werden ( $P > 0,05$ ). Die isogen und transgen gefütterten Tiere wiesen im Mittel der 1. Laktation AST-Gehalte im Blutplasma von 92,6 U/l und 89,8 U/l auf. In der 2. Laktation im Versuch wurden ähnliche AST-Konzentrationen von 94,3 U/l (isogen) und 88,8 U/l (transgen) erreicht. Ein Vergleich mit den Referenzwerten zeigt, dass die gemessene Aktivität der AST leicht über dem Referenzbereich von KRAFT und DÜRR (2005) bzw. innerhalb des angegebenen Referenzbereiches von HOFFMANN (2005) lag. In der vorliegenden Studie konnten somit keine negativen Auswirkungen auf den AST-Gehalt durch den Einsatz von Bt-Mais (MON810) festgestellt werden.

Neben dem AST-Gehalt wurde das leberspezifische Enzym Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) für die Beurteilung des Leberstoffwechsels herangezogen. Die GLDH ist an die Mitochondrienmatrix der Hepatozyten (Leberzellen) gebunden und ist deshalb als monokuläres leberspezifisches Enzym zu bezeichnen. Die höchste Aktivität des Enzyms lässt sich innerhalb des Leberläppchens im zentrilobulären Bereich feststellen. Aus diesem

Grund reagiert die GLDH sehr empfindlich bei sekundären Hepatopathien (KRAFT und DÜRR, 2005). Nach FÜRLL (2004) sind Aktivitätssteigerungen ein Zeichen für stärkere, prognostisch ungünstige Leberschäden (insbesondere Leberverfettung) oder Nierenerkrankungen. Der physiologische Referenzbereich liegt nach KRAFT und DÜRR (2005) bei  $\leq 30$  U/l. Die analysierten GLDH-Konzentrationen der beiden Laktationen des vorliegenden Versuches lagen mit 19,5 U/l bei der isogenen Versuchsgruppe und 19,1 U/l bei der transgenen Versuchsgruppe im Mittel der 1. Laktation im Versuch und mit 13,8 U/l (isogen) und 16,1 U/l (transgen) im Mittel der 2. Laktation in dem angegebenen Referenzbereich. Zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren konnten in beiden Laktationen im Versuch keine signifikanten Unterschiede im Gehalt an GLDH im Blutplasma festgestellt werden ( $P < 0,05$ ). Die Verfütterung von Bt-Mais hatte damit weder in der 1. Laktation noch in der 2. Laktation im Versuch Auswirkung auf die Aktivität der Glutamat-Dehydrogenase im Stoffwechsel der Tiere. Eine Gegenüberstellung der vorliegenden Ergebnisse mit denen der Literatur konnte nicht erfolgen, da in keiner der aktuell vorliegenden Publikationen zum Einsatz von GVP die GLDH bestimmt worden ist.

Neben der Glutamat-Dehydrogenase wurde ein weiteres als leberspezifisch angesehenes Enzym, die Gamma-Glutamyl-Transferase ( $\gamma$ -GT), analysiert. Erhöhte Konzentrationen im Blut liegen fast ausschließlich bei Lebererkrankungen sowie Gallenabflussstörungen vor. Die  $\gamma$ -GT ist ein äußerst empfindlicher Indikator für akute, aber auch chronische Leberparenchymschäden und Cholestasen (FÜRLL et al., 1981). Nach KRAFT und DÜRR (2005) liegt eine Aktivität bis 50 U/l im physiologischen Referenzbereich. Bezüglich der Auswirkung der Verfütterung von GVP auf den Gehalt an  $\gamma$ -GT im Blut liegen nur wenige Publikationen vor. In einer 28tägigen Studie von FAUST et al. (2005), die Bt-Mais bei Milchkühen der Rasse Holstein einsetzten, konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Gamma-Glutamyl-Transferase zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren festgestellt werden. Analog zu diesen Resultaten konnten auch in der eigenen Studie mit Bt-Mais an Milchkühen der Rasse Fleckvieh in keiner der beiden Laktationen im Versuch signifikante Unterschiede im Gehalt an  $\gamma$ -GT im Blutplasma zwischen der isogenen und der transgenen Gruppe ermittelt werden ( $P > 0,05$ ). Im Mittel der 1. Laktation im Versuch wiesen die isogen gefütterten Tiere Gehalte des Enzyms von 23,3 U/l und die transgen gefütterten Tiere Konzentrationen von 23,9 U/l auf. Nahezu identische Gehalte lagen auch im Mittel der 2. Laktation im Versuch mit 23,5 U/l (isogen) und 23,9 U/l (transgen) vor. Die Konzentrationen an  $\gamma$ -GT im Blutplasma lagen damit während der gesamten Versuchsdauer von 25 Monaten im physiologischen Referenzbereich. Ähnlich der GLDH und AST konnten

somit auch bei der Gamma-Glutamyl-Transferase keine Auswirkungen des Bt-Maises (MON810) auf dieses Enzym und damit auf den Leberstoffwechsel der Tiere erfasst werden. In einer 35tägigen Studie von TONY et al. (2003) zur  $\gamma$ -GT, bei der Bt-Mais an Broiler verfüttert wurde, konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen ermittelt werden. Dem widersprechend wurden in der Untersuchung von SCHOLZ et al. (2006), die Bt-Mais bei Legewachteln einsetzten, signifikante Unterschiede zwischen der isogenen und der transgenen Gruppe ermittelt. Die transgen gefütterten Tiere wiesen hier einen signifikant höheren Gehalt an  $\gamma$ -GT von 3,7 U/l als die isogen gefütterten Tiere von 3,0 U/l auf ( $P < 0,05$ ). Die Autoren gaben keinen exakten Grund für die Unterschiede der  $\gamma$ -GT-Konzentrationen an. Als generelle Erklärung für die Unterschiede der erfassten metabolischen Parameter wurden sowohl die gentechnisch veränderten Pflanzen als auch die niedrigere Mykotoxinbelastung der transgenen Maissorte in Betracht gezogen.

Ein weiterer gemessener Parameter zur Einschätzung des Leberstoffwechsels war das Gesamt-Bilirubin. Dieses entsteht größtenteils beim Abbau von Hämoglobin und in geringerem Umfang beim Abbau von Myoglobin, Zytochromen und Katalasen. Nach LOTTHAMMER (1991) tritt ein Anstieg des Bilirubingehaltes im Blut in Folge einer energiemangelbedingten Leberbelastung auf. Damit stellt dieser Parameter einen Indikator für die Energieversorgung und die Leberbelastung dar. Nach KRAFT und DÜRR (2005) liegen Gesamt-Bilirubingehalte bis 0,3 mg/dl im normalen physiologischen Bereich. In der vorliegenden Arbeit lagen die Konzentrationen an Gesamt-Bilirubin im Mittel der 1. und 2. Laktation im Versuch mit 0,12 mg/dl bei beiden Versuchsgruppen im angegebenen Referenzbereich. Bei einer statistischen Prüfung der Laktationsverläufe der beiden Laktationen konnten bezüglich des Gesamt-Bilirubingehaltes im Blutplasma keine signifikanten Unterschiede zwischen den isogen und transgen gefütterten Milchkühen festgestellt werden ( $P < 0,05$ ). Aufgrund der nicht vorhandenen Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen bezüglich der Gehalte an Gesamt-Bilirubin, AST, GLDH und  $\gamma$ -GT kann kein Einfluss der Verfütterung von Bt-Mais auf den Leberstoffwechsel der Tiere festgestellt werden. Bei keinem der Versuchstiere wurde eine Störung der Leberfunktion beobachtet bzw. nachgewiesen. In Untersuchungen von FAUST et al. (2007), die Bt-Mais bei Milchkühen über einen Zeitraum von 28 Tagen einsetzten, konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede im Gehalt an Gesamt-Bilirubin zwischen den isogen (0,19 mg/dl) und transgen (0,17 mg/dl) gefütterten Tieren im Blutserum ermittelt werden.

Um das Stoffwechselprofil der Tiere abzurunden, wurde in der eigenen Untersuchung zusätzlich die einfache NSBA im Harn erfasst. Mit Hilfe der NSBA im Harn ist es möglich,

fütterungsbedingte Veränderungen sowie chronische, klinisch nicht mehr erkennbare Störungen im Säure-Basen-Haushalt zu erkennen. Nach KRAFT und DÜRR (2005) deuten reduzierte NSBA-Werte auf sensibel azidotische Belastungen (akute oder chronische Pansenazidosen, Anionenüberschuss) und ein Anstieg der NSBA-Gehalte auf alkalotische Belastungen (Alkalose, Kationen-, Proteinüberschuss, Blasen- Nieren- Krankheiten) des Säure-Basen-Haushaltes hin. Der physiologische Referenzbereich wird in der Literatur mit großen Schwankungsbreiten angegeben, wie der Tabelle 95 zu entnehmen ist.

**Tabelle 95: Referenzbereiche der NSBA im Harn für Milchkühe aus der Literatur**

Literatur	Referenzbereich (mmol/l)
FÜRLI et al. (2007)	83 - 215
KRAFT und DÜRR (2005)	80 - 220 / 0 - 60 <sup>1</sup>
FÜRLI et al. (1997)	< 250 <sup>2</sup>
JACOBI (1988)	107 - 193 <sup>3</sup>
VRZGULA und SOKOL (1987)	107 - 193
FÜRLI et al. (1981)	≥ 100 <sup>4</sup>

<sup>1</sup> kraftfutterreich gefütterte Hochleistungskühe; <sup>2</sup> zwei Wochen a.p.; <sup>3</sup> Kontrollgrenzen für Milchkühe 2 bis 12 Wochen a.p.; <sup>4</sup> Wiederkäuer;

In der vorliegenden Arbeit wiesen die isogen gefütterten Tiere im Mittel der 1. und 2. Laktation im Versuch (1-14 LW) einen NSBA-Gehalt im Harn von 161 mmol/l bzw. 136 mmol/l und die transgen gefütterten Tiere einen Gehalt von 172 mmol/l bzw. 173 mmol/l auf. Damit lagen die Werte in dem vom durchgeführten Labor angegebenen Referenzbereich von 90-210 mmol/l. Ein Vergleich mit den angegebenen Referenzbereichen der aktuelleren Literatur zeigt, dass auch hier die Werte zum größten Teil in den als physiologisch angesehenen Bereichen lagen. Bei einer statistischen Prüfung der beiden Laktationen konnten keine Unterschiede zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren ermittelt werden ( $P > 0,05$ ). Es kann somit festgestellt werden, dass bei den Tieren weder eine azidotische, noch eine alkalotische Belastung vorlag. Eine Auswirkung der Verfütterung von Bt-Mais ist hier ähnlich den Parametern des Leberstoffwechsels nicht zu erkennen. Ein Vergleich der vorliegenden Ergebnisse mit denen der Literatur war nicht möglich, da dieser Parameter in keiner der bisher vorliegenden Kurzzeitstudien zum Einsatz von GVP erfasst worden ist.

#### **4.9 Auswirkung der langfristigen Fütterung von GVP auf die Tiergesundheit und Fruchtbarkeit von Milchkühen**

Um Aussagen darüber zu treffen, welche Auswirkungen der Bt-Mais auf die Tiergesundheit ausübt, wurden neben den Stoffwechselfparametern Differenzialblutbilder von jedem Einzeltier angefertigt. Zum einen wurden Blutbilder zu Beginn des Versuches hergestellt, um die Ausgangssituation des Gesundheitszustandes der Tiere festzustellen. Zum anderen wurden Blutbilder am Ende des Versuches angefertigt, um mögliche Veränderungen durch den Einsatz von Bt-Mais zu ermitteln. Bezüglich der Ausgangsblutbilder konnten bis auf einige geringfügige Abweichungen vom angegebenen Referenzbereich des durchführenden Labors (Vet Med Labor) keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen beobachtet werden ( $P > 0,05$ ). Bei beiden Versuchsgruppen lagen die GLDH-Konzentrationen von 18,0 U/l (isogen) bzw. 16,2 U/l (transgen) außerhalb des vom Vet Med Labor angegebenen physiologischen Bereiches von  $< 10,5$  U/l. Ein Vergleich mit der Literatur zeigt, dass die analysierten Gehalte in dem von KRAFT und DÜRR (2005) dargestellten Referenzbereich von  $\leq 30$  U/l lagen und somit keine gesundheitlichen Störungen im Hinblick auf diesen Parameter bestanden. Abweichungen vom Referenzbereich lagen außerdem in beiden Versuchsgruppen beim Gehalt an Hämoglobin, MCV, HbE, MCHC und bei den eosinophilen Granulozyten vor. Die Unterschiede zum Referenzwert waren bei den Konzentrationen an Hämoglobulin, MCV und HbE nur minimal und sind bezüglich der Beurteilung der Tiergesundheit nicht stark zu werten. Der Gehalt an MCHC, der die mittlere Hämoglobinkonzentration der Erythrozyten angibt, lag mit 39,4 g/dl (isogen) und 39,5 g/dl (transgen) geringfügig über dem Referenzbereich vom Vet Med Labor (31-34 g/dl). Für die Berechnung des Parameters werden die beiden gut reproduzierbaren Messgrößen Hämatokrit und Hämoglobin herangezogen. Erhöhte MCHC-Werte, wie sie in der vorliegenden Arbeit vorlagen, beruhen nach KRAFT und DÜRR (2005) auf einem Irrtum. Die Konzentrationen an eosinophilen Granulozyten waren im relativen Anteil (%) erhöht, während die absoluten Gehalte sich im Referenzbereich bewegten. Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass keine Beeinflussung der Tiergesundheit vorlag. Bei der isogenen Versuchsgruppe traten Abweichungen vom physiologischen Bereich beim Gehalt an absoluten Monozyten auf. Eine Erhöhung dieses Parameters ist auf Stresssituationen, wie sie bei der Blutabnahme entstehen können, zurückzuführen. Ähnlich kann auch die Abweichung des Gehaltes an den absoluten segmentkernigen Granulozyten bei der transgenen Gruppe erklärt werden. Ein Vergleich der

vorliegenden Ergebnisse bezüglich der Ausgangsblutbilder mit denen der Literatur ist nur begrenzt möglich, da nur in wenigen Studien zum Einsatz von GVP ähnliche Auswertungen durchgeführt wurden. In Untersuchungen von YONEMOCHI et al. (2003), die Bt/Gt-Mais an Milchkühe verfütterten, konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede bezüglich der hämatologischen Blutparameter (Erythrozyten, Leukozyten, Hämatokrit, Hämoglobin) am ersten Tag des Experimentes zwischen den beiden Gruppen ermittelt werden. FAUST et al. (2007) fertigten ebenso vor dem 35tägigen Fütterungsversuch mit Bt-Mais Blutbilder von den Milchkühen an. Die Autoren stellten ähnlich der vorliegenden Arbeit bei einigen der untersuchten Parameter (Chlorid, Gesamtprotein, MCHC, RDW) geringfügige Abweichungen vom Referenzbereich fest. Vergleichbare Resultate zu den Ausgangsblutbildern bezüglich der hämatologischen Blutparameter wurden auch am Ende der jeweiligen Fütterungsversuche ermittelt. YONEMOCHI et al. (2003) konnten ebenso keine Unterschiede zwischen der isogenen und transgenen Gruppe in den genannten Parametern nach der Verfütterung von Bt/Gt-Mais an Milchkühe feststellen. In den Untersuchungen von FAUST et al. (2007) wurden ähnlich den Ausgangsblutbildern erneut Abweichungen vom Referenzwert bei den isogen und transgen gefütterten Milchkühen beobachtet, es lagen jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen vor. Zu ähnlichen Resultaten bezüglich der Endblutbilder kamen auch SINGH et al. (2003) nach dem 35tägigen Einsatz von Bt-Baumwollsaat bei Büffeln, MANDAL et al. (2004) die Bt-Baumwollsaat bei Broilern einsetzten, YONEMOCHI et al. (2002) nach einer 49tägigen Verfütterung von Bt/Gt-Mais an Broiler sowie SOMMER et al. (2004) bei der Fütterung von 11 % Gt-Mais an Kaninchen und ZHU et al. (2004) nach 91tägigem Einsatz von Gt-Sojabohnen bis zu 90 % in der Ration von Ratten. In der vorliegenden Studie wurden bei den Differenzialblutbildern am Versuchsende zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren bis auf einige geringfügige Abweichungen vom Referenzbereich ähnlich der Literatur keine signifikanten Unterschiede ermittelt ( $P > 0,05$ ). Analog zu den Ausgangsblutbildern lagen bei beiden Versuchsgruppen die GLDH-Konzentrationen von 17,6 U/l (isogen) bzw. 17,0 U/l (transgen) am Ende des Versuches außerhalb des vom Vet Med Labor angegebenen physiologischen Bereichs von  $< 10,5$  U/l. Ein Vergleich mit dem von KRAFT und DÜRR (2005) dargestellten Referenzbereich von  $\leq 30$  U/l zeigt auch hier wiederum keine gesundheitlichen Störungen bei den Versuchstieren. Abweichungen vom Referenzbereich lagen des Weiteren bei beiden Versuchsgruppen beim Gehalt an MCV, MCHC, eosinophilen Granulozyten (%) und bei den Lymphozyten (%) vor. Die MCV-Konzentration, die das mittlere Erythrozytenvolumen angibt, lag mit 43,2 fl im Mittel bei beiden Gruppen unterhalb des angegebenen Referenz-

bereiches von 46-65 fl. Ein Vergleich mit der Literatur zeigt, dass die analysierten Gehalte in dem von VRZGULA und SOKOL (1987) angegebenen Referenzbereich für Kühe von 42,4-74,4 fl lagen. Aufgrund dieser Tatsache und der, dass sich dieser Parameter aus dem gut reproduzierbaren Hämatokrit und der fehleranfälligen Erythrozytenzahl, die im Versuch im physiologischen Bereich lagen, berechnet, sollten die Resultate nicht als pathologisch angesehen werden. Der Gehalt an MCHC lag mit 39,8 g/dl (isogen) und 39,6 g/dl (transgen) geringfügig über dem Referenzbereich vom Vet Med Labor (31-34 g/dl). Eine Erhöhung dieses Parameters kann, wie bereits bei den Resultaten der Ausgangsblutbilder dargestellt, nicht gewertet werden. Die Konzentrationen an eosinophilen Granulozyten waren im relativen Anteil (%) bei beiden Versuchsgruppen erhöht, während die absoluten Gehalte sich im Referenzbereich bewegten. Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass keine negative Beeinflussung der Tiergesundheit vorlag. Bei den isogen gefütterten Tieren lag der relative Anteil der Lymphozyten (%) minimal unter dem angegebenen Referenzwert von 45-65 %, während er sich bei den transgen gefütterten Tieren im physiologischen Bereich befand. Da es sich hierbei nur um eine belanglose Abweichung handelt, kann eine physiologische Störung ausgeschlossen werden. Bei der statistischen Prüfung der Veränderung der erfassten hämatologischen Blutparameter von Versuchsbeginn zu Versuchende konnten in der vorliegenden Arbeit keine signifikanten Unterschiede zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren ermittelt werden ( $P > 0,05$ ). Eine Auswirkung der langfristigen Verfütterung von Bt-Mais auf die hämatologischen Blutparameter bzw. eine Veränderung des Differenzialblutbildes kann somit nicht abgeleitet werden. Zu ähnlichen Resultaten kamen auch FAUST et al. (2007) nach der Verfütterung von Bt-Mais an Milchkühen. In Untersuchungen von YONEMOCHI et al. (2003) wurden bei einigen Parametern signifikante Unterschiede zwischen den Anfangs- und Endblutwerten ermittelt. Die Gehalte an Erythrozyten und dem Hämatokrit waren bei beiden Versuchsgruppen zu Beginn des Versuchs signifikant niedriger als am Ende des Versuches. Die Konzentration der Leukozyten war dagegen am Versuchsanfang signifikant höher als am Ende des Versuches. Die von den Autoren beschriebenen Veränderungen lagen jedoch im physiologischen Bereich, zwischen den beiden Gruppen konnten analog zu den eigenen Resultaten und denen von FAUST et al. (2007) keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Neben den Differenzialblutbildern wurden in der vorliegenden Studie für die Beurteilung der Tiergesundheit sämtliche Erkrankungen und Behandlungen dokumentiert und ausgewertet.

Im Versuchszeitraum wurden insgesamt 199 Behandlungen erfasst, davon entfielen 93 (46,7 %) auf die isogen gefütterten Tiere und 106 (53,3 %) auf die transgen gefütterten

Tiere. Der größte Anteil der Behandlungen (41,7 %) wurde bei den Erkrankungen der Reproduktionsorgane durchgeführt. Hauptsächlich wurden hierbei Zyklusstörungen, Gebärmutterentzündungen und das Nachgeburtsverhalten behandelt. Das gehäufte Auftreten dieser Erkrankungen ist zum größten Teil auf die Anbindehaltung und der damit verbundenen Einflussfaktoren (geringe Bewegungsmöglichkeiten, Klauen- und Gliedmaßenkrankungen etc.) zurückzuführen. In Untersuchungen von SCHOPPER et al. (1989), die in verschiedenen Praxisbetrieben die Fruchtbarkeitssituation von Milchkühen untersuchten, konnten bei Betrieben mit Anbindehaltung häufiger Ovarstörungen beobachtet werden als bei Laufstallhaltung. Bezüglich der Erkrankungen der Reproduktionsorgane bestanden in der vorliegenden Arbeit zwischen den beiden Versuchsgruppen nur geringfügige Unterschiede, die auf zufällige tierindividuelle Effekte zurückgeführt werden können. Mit einem Anteil von 26,6 % wurden Klauen- und Gliedmaßenkrankungen beobachtet. Davon entfielen 12,1 % auf die isogen gefütterten Tiere und 14,6 % auf die transgen gefütterten Tiere. Ein Vergleich der haltungs- und fütterungsbedingten Klauenerkrankungen zwischen den beiden Versuchsgruppen zeigte, dass sie sich nur minimal unterschieden. Im Gegensatz dazu wiesen die transgen gefütterten Tiere eine höhere Anzahl an Erkrankungen der Gliedmaßen auf. Die beobachteten Gliedmaßenkrankungen beider Versuchsgruppen können auf die Haltungsf orm (Anbindehaltung) zurückgeführt werden. Die erfassten Unterschiede zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren sollten daher nicht aus dem Einsatz von Bt-Mais abgeleitet werden und beruhen auf zufälligen Effekten, wie sie allgemein auftreten.

Ein weiterer Behandlungsschwerpunkt waren die Eutererkrankungen mit einem Anteil von 20,1 % an den Gesamtbehandlungen. Ähnlich wie bei den Erkrankungen der Reproduktionsorgane konnten zwischen den beiden Versuchsgruppen nur geringfügige Unterschiede festgestellt werden. Bei der Auswertung der Eutererkrankungen wurde zwischen Mastitis und haltungsbedingten Zitzen- bzw. Euterverletzungen unterschieden. Bezüglich der Mastitis wiesen die isogen gefütterten Tiere geringfügig mehr Behandlungen als die transgen gefütterten Tiere auf, während bei den Zitzen- und Euterverletzungen die transgene Versuchsgruppe unwesentlich mehr Behandlungen als die isogene aufzeigte.

Ein Einfluss des Bt-Mais auf die Eutergesundheit der Tiere konnte anhand der vorliegenden Ergebnisse nicht ermittelt werden. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch BARRIERE et al. (2001), die ebenfalls Bt-Mais an Milchkühe verfütterten (91 Tage). Die Autoren erfassten Mastitiserkrankungen und stellten bei jeweils 8 Tieren in beiden Versuchsgruppen Mastitis fest. Dabei entfielen 11 Behandlungen auf die isogen gefütterten Tiere und 16 Behandlungen auf die transgen gefütterten Tiere. In der vorliegenden Arbeit wurden des Weiteren

Stoffwechsel-, Atemwegserkrankungen und Erkrankungen der Verdauungsorgane erfasst. Zwischen den beiden Versuchsgruppen konnten bei diesen Erkrankungen keine bedeutenden Unterschiede festgestellt werden. Unter Berücksichtigung der haltungsbedingten Einflussfaktoren konnten während der gesamten Versuchszeit von 25 Monaten keine Auswirkungen durch den Einsatz von Bt-Mais (MON810) auf die Tiergesundheit festgestellt werden. Zu vergleichbaren Resultaten kamen auch BARRIERE et al. (2001), FAUST et al. (2007) und YONEMOCHI et al. (2003) nach der Verfütterung von Bt-Mais an Milchkühe in den kürzeren Studien.

Bezüglich der Auswirkung von GVP auf die Tiergesundheit wurden neben Fütterungsversuchen mit Milchkühen auch zahlreiche Studien mit anderen Nutztieren durchgeführt. In Untersuchungen von AESCHBACHER et al. (2005), HALLE et al. (2006) und RASMUSSEN et al. (2007) konnten ebenfalls keine Einflüsse durch den Einsatz von Bt-Mais bei Legehennen ermittelt werden. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch weitere Autoren nach dem Einsatz von Bt-, Gt-, Bt/Gt-Mais und Bt-, Gt-Soja sowie Gt-Raps bei Broilern (BRAKE et al., 2005; KAN und HARTNELL, 2004b; MCNAUGHTON et al., 2007ab; SIDHU et al., 2000; TAYLOR et al., 2003a, 2004; YONEMOCHI et al., 2002). Auch in Studien mit Schafen (BARRIERE et al., 2001; BÖHME et al. 2001; HARTNELL et al. 2005), Schweinen (BÖHME et al. 2001), Büffeln (SINGH et al., 2003) sowie Ratten und Mäusen (BARANOWSKY et al., 2006; SOMMER et al., 2004; ZHU et al., 2004), die verschiedene gentechnisch veränderte Pflanzen (Baumwollsaat, Futterrüben, Mais, Soja, Triticale, Zuckerrüben) aufnahmen, konnten keine nachteiligen Gesundheitseffekte durch den Einsatz der GVP festgestellt werden.

Um die Auswirkung des Einsatzes von Bt-Mais in der Milchviehfütterung auf die Fruchtbarkeit der Tiere zu untersuchen, wurden in der vorliegenden Arbeit Fruchtbarkeitskennzahlen/-parameter ausgewertet. Zum einen wurde der Besamungsindex (BI), der die Anzahl der Besamungen pro Trächtigkeit angibt, und zum anderen der Trächtigkeitsindex (TI), der für tragende Tiere angibt, wie viel Besamungen für deren Trächtigkeit erforderlich waren, berechnet. Der für den BI anzustrebende Wert wird in der Literatur verschieden angegeben und bewegt sich zwischen 1,8 und 2,0 (BUSCH, 1995; HOEDEMAKER et al., 2007; TISCHER, 2005;). Im Gegensatz dazu wird von BOSTEDT (2003) ein Besamungsindex von unter 1,5 als gut und ein solcher über 1,8 als schlecht angesehen. In der vorliegenden Studie lag der BI im Mittel der 1. und 2. Laktation im Versuch bei den isogen (3,59 bzw. 3,60) und bei den transgen gefütterten Tieren (3,21 bzw. 3,50) deutlich über den angegebenen Werten der Literatur. Gründe hierfür waren zum einen die gehäuft auftretenden Erkrankungen der

Reproduktionsorgane (Zyklusstörungen, Gebärmutterentzündungen, Nachgeburtsverhalten) im Untersuchungszeitraum und zum anderen die Zielstellung der Studie, dass die Tiere während des Versuches zweimal abkalben sollten, um eine vollständige Laktation erfassen zu können. Bedingt durch die Fruchtbarkeitsprobleme wurden mehr Besamungen als praxisüblich durchgeführt, um einen Tieraustausch entgegenzuwirken und damit eine langfristige Aufnahme des Bt-Maises der Tiere sicherzustellen. Zwischen den beiden Versuchsgruppen bestanden in der 1. Laktation Unterschiede im BI, während in der 2. Laktation im Versuch nur geringfügige Unterschiede zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren vorlagen. Diese Unterschiede konnten jedoch statistisch aufgrund der geringen Datengrundlage nicht ausgewertet werden. Ähnlich dem Besamungsindex werden auch beim Trächtigkeitsindex in der Literatur verschiedene Angaben des anzustrebenden Wertes dargestellt. Nach BUSCH (1995) und MANSFELD et al. (1999) sollte der TI bei 1,6 liegen, während HOEDEMAKER et al. (2007) einen Wert von  $\leq 1,7$  und MANSFELD (2003) einen anzustrebenden Wert von 1,8 empfehlen. In der vorliegenden Arbeit wiesen die isogen gefütterten Tiere im Mittel der 1. Laktation im Versuch einen TI von 2,3 und die transgen gefütterten Tiere einen Index von 2,4 auf. Damit lagen die Werte ähnlich dem BI aus den genannten Gründen über den anzustrebenden Indizes der Literatur. Im Mittel der 2. Laktation im Versuch wurden dagegen niedrigere Trächtigkeitsindizes von 2,2 (isogen) bzw. 1,5 (transgen) errechnet. Ein Vergleich beider Gruppen zeigt, dass in der 1. Laktation numerisch nur geringfügige Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen bestanden, während in der 2. Laktation größere Unterschiede erkennbar waren. Aufgrund der geringen Datenlage beider Versuchsgruppen erfolgte auch hier keine statistische Auswertung. Neben dem Besamungs- und Trächtigkeitsindex wurden als weitere Fruchtbarkeitskennzahlen die Güst-, Rast- und die Verzögerungszeit bei den Tieren berechnet. Die Güstzeit (GZ) gibt den Zeitraum zwischen der Kalbung und der erfolgreichen Besamung an und ist damit die bedeutendste Fruchtbarkeitskennzahl. Die Rastzeit (RZ) dagegen definiert den Zeitabschnitt zwischen der Kalbung und der folgenden Erstbesamung. Auf Grundlage dieser zwei Fruchtbarkeitskennzahlen errechnet sich die Verzögerungszeit (VZ), die die Zeitspanne zwischen der Erstbesamung und der Besamung, die zur Trächtigkeit führte, angibt. Sie beträgt Null, wenn das Tier aus der Erstbesamung tragend wird. In der vorliegenden Studie lag die Güstzeit im Mittel der 1. und 2. Laktation im Versuch bei beiden Gruppen in dem von der Literatur angegebenen Richtwert von  $\leq 105$  Tagen (HOEDEMAKER et al., 2007) bzw. anzustrebenden Bereich von 85-125 Tagen (MANSFELD, 2003; TISCHER, 2005). Ein Vergleich zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren zeigt, dass in der 1. Laktation nur minimale Unterschiede bei der Güstzeit

vorlagen, während in der 2. Laktation numerisch größere Unterschiede festgestellt wurden (isogen 98 Tage vs. transgen 79 Tage). Die in der 2. Laktation numerisch festgestellten Unterschiede können aus dem Trächtigkeitsindex abgeleitet werden. Ähnlich der GZ lag auch die Rastzeit, die für beide Versuchsgruppen der jeweiligen Laktation im Versuch berechnet wurde, größtenteils in dem angegebenen Bereich der Literatur von 60-85 Tagen (MANSFELD, 2003; TISCHER, 2005) bzw. im Richtwert von  $\leq 85$  Tage (HOEDEMAKER et al., 2007; MANSFELD et al., 1999). Zwischen den beiden Versuchsgruppen konnten in der 1. und 2. Laktation im Versuch keine bedeutenden Unterschiede festgestellt werden. Die Verzögerungszeit, die nach HOEDEMAKER et al. (2007) und MANSFELD et al. (1999) unter  $\leq 18$  Tagen bzw. nach Angaben von MANSFELD (2003)  $\leq 25$  Tagen betragen soll, lag in der vorliegenden Untersuchung in der 1. Laktation mit 44 Tagen (isogen) bzw. 37 Tagen (transgen) deutlich über denen der Literatur. Da die VZ der Summe der Zwischenbesamungszeiten entspricht, kann die hohe VZ aus dem hohen Besamungsindex der 1. Laktation abgeleitet werden. Im Gegensatz zur 1. Laktation im Versuch, in der sich die beiden Gruppen nicht wesentlich in der VZ von einander unterschieden, lagen in der 2. Laktation Unterschiede vor (isogen 57 Tage vs. transgen 10 Tage). Diese Differenzen können auf die Unterschiede beim Trächtigkeitsindex zurückgeführt werden.

Eine weitere erfasste Fruchtbarkeitskennzahl war die Zwischenkalbezeit (ZKZ), die den Zeitraum zwischen zwei aufeinander folgende Kalbungen beschreibt. Als Richtwert wird von BUSCH (1995) 360 Tage, nach HOEDEMAKER et al. (2007)  $\leq 385$  Tage und nach MANSFELD (2003) ein Bereich von 365-405 Tagen empfohlen. In der vorliegenden Studie konnten zwischen den beiden Versuchsgruppen mit einer ZKZ von 389 Tage (isogen) bzw. 388 Tage (transgen) keine Unterschiede ermittelt werden. Ein Vergleich mit den vorliegenden Resultaten mit denen der Literatur zeigt, dass die ZKZ in dem dargestellten Bereich von MANSFELD (2003) lag. Zusätzlich zu den Fruchtbarkeitskennzahlen wurde als weiterer Fruchtbarkeitsparameter die Anzahl der Tage bis zur ersten beobachteten Ovulation ermittelt. Der Zeitraum bis zur ersten Ovulation ist nach GRUNERT von zahlreichen Faktoren wie Rasse, Alter, Körpergewicht, Jahreszeit, Fütterung und Haltung, Verlauf der Abkalbung und Puerperium, Milchleistung etc. abhängig und wird bei gut gefütterten und gehaltenen Milchkühen, die zweimal täglich gemolken werden, bereits 14-17 Tage p.p. festgestellt. In der vorliegenden Arbeit wurden die Milchprogesterongehalte ab der 4. LW bestimmt. Die erste beobachtete Ovulation wurde mittels der Milchprogesterongehalte infolgedessen bei der isogenen Versuchsgruppe in der 1. Laktation im Versuch im Mittel bei 40 Tagen p.p. und bei der transgenen Gruppe bei 41 Tagen festgestellt. Somit lagen keine Unterschiede zwischen

den beiden Versuchsgruppen vor. In der 2. Laktation im Versuch wurden mit einer Anzahl von 44 Tagen (isogen) bzw. 50 Tagen (transgen) bis zur 1. beobachteten Ovulation nur geringfügige Unterschiede zwischen den beiden Gruppen erfasst. Aufgrund der geringen Datensätze beider Gruppen erfolgte hier ebenso wie bei den Fruchtbarkeitskennzahlen keine statistische Auswertung. Unter Berücksichtigung der gehäuft auftretenden Erkrankungen der Reproduktionsorgane und der durch die Versuchsanlage bedingten mehrmaligen Nachbesamungen konnten, zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren, keine wesentlichen Unterschiede bei den einzelnen Fruchtbarkeitskennzahlen und der Anzahl der Tage bis zur 1. beobachteten Ovulation festgestellt werden. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die Verfütterung von Bt-Mais keinen erkennbaren Einfluss auf die Fruchtbarkeit der Milchkühe ausübt. Ein Vergleich mit den vorliegenden Resultaten zum Einsatz von Bt-Mais bezüglich der Fruchtbarkeit von Milchkühen mit denen der Literatur ist nicht möglich, da in keiner der bisher publizierten Kurzzeitstudien mit Milchkühen Fruchtbarkeitsparameter erfasst worden sind. Im Gegensatz dazu wurden in einigen wenigen Studien zum Einsatz von GVP bei Geflügel Aussagen über die Fruchtbarkeit getroffen. In Arbeiten von RASMUSSEN et al. (2007), die Bt-Mais an Legehennen über einen Zeitraum von 21 Tagen verfütterten, konnten keine Unterschiede bei den Gewichten der Eierstöcke, Eileiter und in der Anzahl oder den Gewichten der großen gelben Follikel ermittelt werden. Die Autoren schlussfolgerten daraus, dass durch den Einsatz von Bt-Mais keine negativen Effekte auf die Reproduktionsleistung der Legehennen vorlagen. Auch HALLE et al. (2004, 2006) konnten keine signifikanten Einflüsse von Bt-Mais auf die Legeleistung und Schlupfleistung zwischen Legehennen bzw. Zuchtwachteln über 4 Generationen feststellen. Zu ähnlichen Resultaten kamen auch FLACHOWSKY et al. (2005) nach der Verfütterung von Bt-Mais bei wachsenden und legenden Wachteln über 10 Generationen.

## 5 Schlussfolgerungen

Aus den vorliegenden Ergebnissen der 25monatigen Studie zum Einsatz von gentechnisch verändertem Mais (MON810) in der Milchviehfütterung im Hinblick auf Leistungs- und Stoffwechselfparameter sowie Fruchtbarkeit und Tiergesundheit können die folgenden Schlussfolgerungen gezogen werden.

Die aus dem gentechnisch veränderten Mais (MON810) hergestellten Maiskomponenten (Maissilage, Körnermais, Maiskobs) unterschieden sich nicht wesentlich in ihrem Gehalt an Futterwert bestimmenden Inhaltsstoffen und dem Energiegehalt von den entsprechenden isogenen Maisprodukten. Analog zu den Maiskomponenten konnten keine Unterschiede zwischen den eingesetzten Mischrationen (PMR, Altmelkerration, Trockensteherration) im Gehalt an Futterwert bestimmenden Inhaltsstoffen und dem Energiegehalt ermittelt werden. Die Cry1Ab-Protein-Analytik der eingesetzten isogenen und transgenen Maiskomponenten sowie der PMR ergab, dass mit Ausnahme von zwei isogenen Körnermaisproben nur in den transgenen Futterproben das Cry1Ab-Protein oberhalb der Bestimmungsgrenze (CC $\beta$ ) detektiert werden konnte. Es ist somit gelungen eine Kontamination zwischen den isogenen und transgenen Futtermitteln zu vermeiden. Die höchsten Cry1Ab-Protein-Konzentrationen wurden in den Maiskobs (226-1021 ng/g T) und die geringsten Gehalte in der Maissilage (91-390 ng/g T) detektiert.

Durch den Einsatz der verschiedenen Maiskomponenten (Maissilage, Körnermais, Maiskobs) konnten im Mittel der 1. und 2. Laktation im Versuch bei der transgenen Versuchsgruppe relativ hohe Cry1Ab-Protein-Aufnahmen von 6,0 mg/d bzw. 6,1 mg/d realisiert werden. Etwaige Effekte durch die Verfütterung von Bt-Mais (MON810) auf die Leistungs- und Stoffwechselfparameter sowie Gesundheit und Fruchtbarkeit hätten sich somit zeigen können. Das Leistungsniveau der für den Versuch genutzten Fleckviehtiere lag während der Studie bezogen, auf das potentielle, rassebedingte Leistungsvermögen im oberen Bereich. Bezüglich der Gesamtfuttermittelaufnahme und der Milchleistung der Tiere konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den isogenen und transgen gefütterten Tieren im Laktationsverlauf der 1. Laktation und der 2. Laktation im Versuch festgestellt werden. In der vorliegenden Studie hatte die Verfütterung von Bt-Mais somit keine Auswirkung auf die Gesamtfuttermittelaufnahme und die Milchleistung der Tiere.

Ein Vergleich der Milchinhaltsstoffe zeigte, dass die transgene Versuchsgruppe bezüglich der Milchfett-, Milcheiweiß- und Milchharnstoffgehalte in der 1. Laktation im Versuch signifikant höhere Gehalte aufwies als die isogene Versuchsgruppe ( $P < 0,01$ ). Im Gegensatz

dazu konnten in der 2. Laktation keine signifikanten Unterschiede zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren im Milchfett-, Milcheiweiß- und Milhharnstoffgehalt festgestellt werden. Die ermittelten Unterschiede in der 1. Laktation des Versuches waren aufgrund der nahezu identischen Futterzusammensetzung (Rohnährstoffe, Energiegehalt, nXP-Gehalt) der isogenen und transgenen Futterrationen sowie der vergleichbaren Gesamtfutteraufnahme und Milchleistung nicht zu erwarten. Aufgrund der Tatsache, dass zum Zeitpunkt der Versuchsplanung die Vorleistungen nicht von allen Tieren vorlagen, sowie durch den aufgrund des Tieraustausches während der Studie bedingten hohen Färsenanteil, könnten sich Unterschiede im tierindividuellen Leistungspotenzial der jeweiligen Gruppe ergeben haben. Bezüglich der erfassten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen im Milhharnstoffgehalt in der 1. Laktation werden analog zu den Ergebnissen der Milchfett- und Milcheiweißgehalte zufallsbedingte Streuungen zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren als Ursache angenommen.

Im Gegensatz zu den Milchfett-, Milcheiweiß- und Milhharnstoffgehalten, wurde beim Lactosegehalt der Milch in der 1. Laktation im Versuch kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Fütterungsgruppen ermittelt. In der 2. Laktation wurden bei der transgenen Versuchsgruppe dagegen signifikant höhere Lactosegehalte der Milch festgestellt ( $P < 0,01$ ). Der erfasste Unterschied wird in der vorliegenden Studie nicht auf die Verfütterung des Bt-Maises zurückgeführt, sondern auf den numerisch höheren Gehalt an somatischen Zellen der isogen gefütterten Tiere, der möglicherweise zum Absinken des sonst relativ konstanten Lactosegehaltes während der Laktation führte. Bezüglich des somatischen Zellgehaltes konnten in dieser Studie jedoch insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen festgestellt werden.

In der vorliegenden Arbeit konnten in beiden Laktationen des Versuches keine nennenswerten Unterschiede bezüglich der energiekorrigierten Milchmenge zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren ermittelt werden. Diese Ergebnisse unterstützen die Annahme, dass die erfassten Unterschiede im Milchfett- und Milcheiweißgehalt der 1. Laktation auf möglichen tierindividuellen Effekten beruhen. Ähnliche Ergebnisse konnten in der 1. Laktationsperiode der Studie auch in Bezug auf den Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ) ermittelt werden. Im Gegensatz dazu wies die transgene Fütterungsgruppe in der 2. Laktation im Versuch einen signifikant höheren FEQ als die isogene Gruppe auf ( $P < 0,05$ ). Dieses Resultat war aufgrund der vergleichbaren Milchfett- und Milcheiweißgehalte der 2. Laktation im Versuch nicht abzusehen, ergab sich jedoch aufgrund der leicht gegenläufigen Tendenz der

Kurvenverläufe des Milchfett- und des Milcheiweißgehaltes bei der Auswertung der isogen und transgen gefütterten Tiere über den Laktationsverlauf.

Bezüglich der Energieversorgung der Milchkühe wurden die Energieaufnahme und die Energiebilanz der Tiere berechnet. Zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren konnten analog zur Gesamtfuttermittelaufnahme keine signifikanten Unterschiede im Laktationsverlauf der beiden Laktationsperioden im Versuch festgestellt werden. Die Energiebilanz unterschied sich in der 1. Laktation im Versuch zwischen den beiden Fütterungsgruppen ebenfalls nicht. Diese Ergebnisse decken sich folglich mit denen der Gesamtfuttermittelaufnahme und der Energieaufnahme. Im Gegensatz dazu wiesen die isogen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch eine höhere Energiebilanz als die transgen gefütterten Tiere auf ( $P < 0,05$ ). Ein unmittelbarer Zusammenhang zum Einsatz von Bt-Mais ist aufgrund der nahezu gleichen Futterzusammensetzung sowie der ähnlichen Gesamtfuttermittel- und Energieaufnahme beider Versuchsgruppen in der 2. Laktation im Versuch nicht erkennbar.

Im Bezug auf die Körperkondition (Lebendmasse, BCS, RFD) konnten in der 1. Laktation im Versuch keine signifikanten Unterschiede zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren im Laktationsverlauf festgestellt werden. Demgegenüber wurden in dem vorliegenden Fütterungsversuch in der 2. Laktationsperiode signifikante Unterschiede in der Lebendmasse, Rückenfettdicke ( $P < 0,01$ ) und beim BCS ( $P < 0,05$ ) zwischen den beiden Versuchsgruppen ermittelt. Aufgrund der ähnlichen Gesamtfuttermittelaufnahme, Energieaufnahme und Milchleistung beider Fütterungsgruppen in der 2. Laktation ist ein Einfluss der Verfütterung von Bt-Mais nicht ersichtlich. Als mögliche Ursache für die auftretenden Unterschiede muss die geringe Tieranzahl, die insbesondere im letzten Laktationsdrittel der 2. Laktation vorlag, in Erwägung gezogen werden.

Um Aussagen über den Energiestoffwechsel der Tiere treffen zu können, wurde die Konzentration an Glucose, freien Fettsäuren (NEFA) und  $\beta$ -Hydroxybutyrat (BHB) im Blutplasma bestimmt. Die erfassten Parameter lagen dabei alle im physiologischen Referenzbereich. Bei der Auswertung der Glucosekonzentrationen im Blutplasma konnten bei den transgen gefütterten Tieren in der 1. Laktation im Versuch signifikant höhere Gehalte im Vergleich zu den isogen gefütterten Tieren festgestellt werden ( $P < 0,01$ ). Die ermittelten Unterschiede konnten jedoch bei der Auswertung der 2. Laktation, in der die Tiere entsprechend länger den Bt-Mais aufnahmen, nicht bestätigt werden. Die höheren Glucosegehalte der transgenen Versuchsgruppe in der 1. Laktation weisen auf eine bessere Energieversorgung der transgen gefütterten Tiere hin. Aus den Ergebnissen der Futtermittelanalytik sowie denen der Futter- und Energieaufnahme der Tiere beider Versuchsgruppen lässt sich

hierfür kein Erklärungsansatz ableiten, da für die jeweiligen Parameter keine Unterschiede festgestellt werden konnten. Bezüglich der Konzentrationen an NEFA und BHB im Blutplasma konnten weder in der 1. Laktation noch in der 2. Laktation im Versuch signifikante Unterschiede zwischen der isogenen und transgenen Fütterungsgruppe erfasst werden ( $P < 0,05$ ). Die Verfütterung von Bt-Mais hatte in der vorliegenden Studie somit keine erkennbaren Auswirkungen auf die erfassten Stoffwechselfparameter der Milchkühe. Analoge Schlussfolgerungen können ebenfalls für die erfassten Parameter des Leberstoffwechsels (AST, GLDH,  $\gamma$ -GT und Gesamt-Bilirubin) getroffen werden, da sich die Gehalte dieser Leberenzyme im Blutplasma weder in der 1. Laktation noch in der 2. Laktation im Versuch zwischen den beiden Versuchsgruppen unterschieden ( $P > 0,05$ ).

Ein Vergleich der analysierten Gehalte der einzelnen Leberenzyme mit denen der Literatur zeigte keine Abweichungen vom physiologischen Referenzbereich. Somit kann festgestellt werden, dass der Einsatz von gentechnisch verändertem Mais (MON810) in dem vorliegenden Fütterungsversuch keine Auswirkung auf den Leberstoffwechsel der Milchkühe hatte. Bei einem weiteren Parameter für die Beurteilung des Stoffwechsels, dem NSBA-Wert im Harn, konnten ebenfalls keine Unterschiede zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren festgestellt werden. Die in der dargestellten Untersuchung analysierten NSBA-Werte lagen dabei innerhalb der physiologischen Referenzbereiche. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass bei den Tieren während des 25monatigen Versuches weder eine azidotische, noch eine alkalotische Belastung durch den Einsatz von Bt-Mais vorlag. Unterstützt wird diese Annahme durch die Ergebnisse der angefertigten Differenzialblutbilder zu Beginn und am Ende des Versuches, bei deren jeweiligen Auswertung ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen beobachtet werden konnten. Bei der Prüfung der Veränderung der erfassten hämatologischen Blutbilder zu Beginn und Ende des Versuches konnten ebenso keine Differenzen zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren ermittelt werden. Eine Auswirkung der langfristigen Verfütterung von Bt-Mais auf die hämatologischen Blutparameter war daher nicht ersichtlich. Bei der allgemeinen Beurteilung der Tiergesundheit, mittels Auswertung der im Versuchszeitraum aufgetretenen Erkrankungen und Behandlungen, konnten keine relevanten Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen festgestellt werden. Für die ermittelten geringfügigen numerischen Differenzen werden haltungsbedingte Einflussfaktoren und tierindividuelle Effekte in Betracht gezogen, die unabhängig von der Verfütterung von Bt-Mais auftreten können. Eine Auswirkung des Bt-Maises auf die Tiergesundheit ist aufgrund der vorliegenden Ergebnisse nicht erkennbar. Entsprechendes lässt sich auch bezüglich der Fruchtbarkeit der

Tiere feststellen, da auch die erfassten Fruchtbarkeitskennzahlen bzw. Fruchtbarkeitsparameter keine wesentlichen Unterschiede zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren erkennen ließen.

Zusammenfassend kann somit geschlussfolgert werden, dass die Verfütterung von Bt-Mais in der vorliegenden 25monatigen Studie keinen erkennbaren Einfluss auf die Leistungs- und Stoffwechselfparameter sowie auf die Tiergesundheit und Fruchtbarkeit der Milchkühe ausübte. Die festgestellten geringfügigen Unterschiede können nicht auf den Einsatz von gentechnisch verändertem Mais (MON810) zurückgeführt werden. Als mögliche Ursachen für die ermittelten Unterschiede werden tierindividuelle Effekte, die vor allem durch die Einbindung eines hohen Färsenanteils gegeben waren und die geringe Tierzahl, die zum Zeitpunkt des letzten Laktationsdrittels der 2. Laktation im Versuch vorlag, in Betracht gezogen.

Die vorliegenden Resultate zum langfristigen Einsatz von Bt-Mais (MON810) bei Milchkühen bestätigen somit die Ergebnisse der bisherigen Kurzzeitstudien zum Einsatz von gentechnisch verändertem Mais in der Tierernährung. In nahezu allen dieser Kurzzeitstudien konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den isogenen und transgenen Hybriden bezüglich der Futterinhaltsstoffe, den Verdaulichkeiten, den zootechnischen Leistungsparametern und der Tiergesundheit festgestellt werden. Ähnlich der Resümees der meisten publizierten Kurzzeitstudien kann auch in der vorliegenden Studie von einer substantiellen Äquivalenz, d.h., von der wesentlichen Gleichwertigkeit der isogenen und transgenen Maiskomponenten ausgegangen werden.

## 6 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Auswirkungen eines langfristigen Einsatzes von gentechnisch verändertem Mais (MON810) in der Milchviehfütterung im Hinblick auf verschiedene Leistungs- und Stoffwechselfparameter, Fruchtbarkeit und Tiergesundheit zu untersuchen. Hierfür wurde in den Jahren 2004, 2005 und 2006 Bt-Mais der Linie MON810 (Fa. Monsanto) und Mais der entsprechenden isogenen Ausgangslinie angebaut. Aus den isogenen und transgenen Maisbeständen wurden Maissilage, Körnermais und Maiskobs aus den jeweiligen Hybriden hergestellt und in einem 25monatigen Fütterungsversuch mit 36 Milchkühen (1.-6. Laktation) der Rasse Fleckvieh eingesetzt. Die Milchkühe wurden zu Beginn des Versuches entsprechend der Tierleistung und in Abhängigkeit der Anzahl der Laktationen auf zwei Gruppen (18 Kühe pro Gruppe) aufgeteilt und entsprechend mit isogenen und transgenen Mischrationen gefüttert. In der Studie wurden aufgrund des unterschiedlichen Energie- und Nährstoffbedarfes der Tiere während der Laktation und in der Trockenstehzeit, drei verschiedene Mischrationen je Versuchsgruppe (isogen und transgen) eingesetzt. Als Standardration wurde eine Teil-Mischration (partielle Mischration, PMR) mit einem Milcherzeugungswert von 22 kg Milch gefüttert, des weiteren eine Altmelkerration für Tiere mit einer Milchleistung unter 18 kg Milch pro Tag (R18) sowie eine spezielle Trockensteherration. Alle eingesetzten Mischrationen standen den Tieren ad libitum zur Verfügung. Um die Auswirkungen der Fütterung von gentechnisch verändertem Mais zu untersuchen, wurden stark maisbetonte Mischrationen bzw. Kraftfuttermischungen eingesetzt. In der PMR konnte ein Maisanteil von 71 % in der Trockenmasse (41,9 % Maissilage, 21,2 % Maiskobs und 7,7 % Körnermais) realisiert werden. Oberhalb einer Leistung von 22 kg Milch pro Tag erfolgte eine tierindividuelle Zuteilung von Leistungskraftfutter (LKF), welches wiederum einen Körnermaisanteil von 41,2 % in der Trockenmasse aufwies. Die Altmelkerration und die Trockensteherration bestand aus der mit 24,7 % bzw. 35,7 % Stroh i. d. T. aufgemischten PMR.

Von allen eingesetzten isogenen und transgenen Futtermitteln, Mischrationen (PMR, R18, Trockensteherration) und Kraftfuttermischungen (AKF und LKF), wurden wöchentlich repräsentative Proben gezogen. Es erfolgte die Bestimmung des Trockenmassegehaltes, die Analyse der Rohnährstoffe und eine Berechnung der Gehalte an nXP, RNB und NEL. Um Aussagen über die Cry1Ab-Protein-Aufnahme der Tiere treffen zu können, wurde mittels ELISA die Cry1Ab-Protein-Konzentrationen in den eingesetzten Maiskomponenten und der PMR detektiert. Bezüglich der Leistungsparameter wurde täglich die Gesamtfutterraufnahme,

zweimal wöchentlich Milchmenge und Milchinhaltstoffe sowie vierwöchig die Körperkondition (Lebendmasse, BCS, RFD) erfasst. Auf Grundlage dieser Daten wurde die Energieversorgung, die Energiebilanz, die energiekorrigierte Milchmenge (ECM) und der Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ) berechnet. Um die Stoffwechsel- und Versorgungssituation der Tiere während des Versuches zu bewerten, wurden in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Kalbung und der Laktationswoche Blut- und Harnproben der isogen und transgen gefütterten Tiere gewonnen. Im Blut wurden Parameter des Energiestoffwechsels (Glucose, NEFA, BHB), verschiedene Parameter des Leberstoffwechsels (AST, GLDH,  $\gamma$ -GT, Gesamt-Bilirubin) sowie der NSBA-Wert im Harn analysiert. Für die Beurteilung der Tiergesundheit wurden Differenzialblutbilder der isogen und transgen gefütterten Tiere zu Beginn und zum Ende des Versuches angefertigt. Zusätzlich wurden die aufgetretenen Erkrankungen der Versuchstiere und die Anzahl der Behandlungen dokumentiert. Mit Hilfe der zweimal wöchentlich analysierten Progesterongehalte in der Milch und den erfassten Fruchtbarkeitsdaten wurden die Fruchtbarkeitskennzahlen und die entsprechenden Fruchtbarkeitsparameter berechnet. Anhand der Ergebnisse der 25monatigen Fütterungsstudie konnten die in der Folge dargestellten Schlussfolgerungen gezogen werden.

Die eingesetzten isogenen und transgenen Maiskomponenten und Mischungen unterschieden sich nicht in ihrem Gehalt an Futterwert bestimmenden Inhaltsstoffen und dem Energiegehalt. Es konnten nur Cry1Ab-Proteingehalte in den transgenen Futterproben detektiert werden, so dass es folglich gelungen war, eine Kontamination zwischen den isogenen und transgenen Futtermitteln zu vermeiden. Im Mittel der 1. und 2. Laktation des Versuches wurden von den transgen gefütterten Tieren Konzentrationen des Cry1Ab-Proteins von 6,0 mg/d bzw. 6,1 mg/d aufgenommen. Etwaige Effekte durch die Verfütterung von Bt-Mais (MON810) auf das Tier hätten sich somit potenziell zeigen können. Die tägliche Gesamtfuttermittelaufnahme lag im Mittel der 1. und 2. Laktation mit 19 kg bzw. 20-21 kg Trockenmasse bei beiden Versuchsgruppen auf einem für Fleckviehtiere relativ hohem Niveau. Zwischen den beiden Versuchsgruppen konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden. Analoge Aussagen können auch bezüglich der Milchleistung getroffen werden, die mit 24 kg/d bzw. 29 kg/d in der 1. Laktation bzw. in der 2. Laktation vergleichbar zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren war. Bezüglich der Milchinhaltstoffe konnten vereinzelt signifikante Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen festgestellt werden, die im Zusammenhang mit der Zuordnung der Färsen zu den einzelnen Versuchsgruppen stehen. Zwischen den beiden Versuchsgruppen konnten in der 1. und 2. Laktation im Versuch keine Unterschiede in der Energieaufnahme festgestellt werden. Die Körperkondition der Tiere

(Lebendmasse, BCS, RFD) entsprach denen von Fleckviehtieren und war im Niveau und in der Entwicklung zwischen den beiden Versuchsgruppen in der 1. Laktation im Versuch vergleichbar. In der 2. Laktation lagen die Körperkonditionsparameter bei den transgen gefütterten Tieren auf einem niedrigeren Niveau im Vergleich zu den isogen gefütterten Tieren.

Bei den erfassten Parametern für die Beurteilung des Stoffwechsels der Tiere (Glucose, NEFA, BHB, AST, GLDH,  $\gamma$ -GT, Gesamt-Bilirubin, NSBA-Wert) konnten mit Ausnahme des Glucosegehaltes im Blutplasma der 1. Laktation im Versuch weder in der 1. noch in der 2. Laktation im Versuch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen festgestellt werden. Die Parameter lagen alle im in der Literatur angegebenen physiologischen Referenzbereich. Zwischen den beiden Versuchsgruppen konnten ebenfalls keine relevanten Unterschiede in der Gesundheit und Fruchtbarkeit der Tiere ermittelt werden. Weder bei den Differenzialblutbildern und den erfassten Erkrankungen im Versuchszeitraum, noch bei den berechneten Fruchtbarkeitskennzahlen konnten wesentliche Differenzen festgestellt werden.

In der vorliegenden Studie wurden in einem Fütterungsversuch über einen Zeitraum von 25 Monaten vergleichsweise hohe Mengen an Bt-Mais (MON810) an Milchkühe verfüttert. Durch den Einsatz von verschiedenen Maiskomponenten konnte eine relativ hohe Cry1Ab-Protein-Aufnahme der transgen gefütterten Tiere gewährleistet werden. Mögliche Effekte auf das Tier hätten somit zur Ausprägung kommen können. Die Studie gab keinen Hinweis darauf, dass die Leistungs- und Stoffwechselfparameter sowie die Gesundheit und Fruchtbarkeit der Milchkühe durch die Verfütterung von Bt-Mais (MON810) beeinflusst wurde. Folglich kann von einer substantiellen Äquivalenz, d.h. von einer wesentlichen Gleichwertigkeit der isogenen und transgenen Maiskomponenten ausgegangen werden. Die vorliegende Langzeitstudie bestätigt und ergänzt somit die bisherigen publizierten Kurzzeitstudien zum Einsatz von gentechnisch verändertem Mais in der Tierernährung.

## 7 Summary

The aim of the present study was to investigate the effect of the long term use of genetically modified corn (MON 810) on several performance and metabolic parameters, fertility and animal health. Bt-corn, type MON810 (Monsanto), and its non-transgenic counterpart, was grown over three years (2004-2006). The crops were conserved as silage, kernels and cobs and fed to 36 Simmental dairy cows (1<sup>st</sup>-6<sup>th</sup> lactation) over a 25 month period. The dairy cows were initially divided into two groups (18 cows per group) according to their performance and number of lactations and fed either the transgenic or a non-transgenic mixed ration. During the study three different mixed rations per trial group were offered according to the different energy and nutritional needs during the lactation and the dry periods. The rations were; a partial mixed ration (PMR) for milk yields of 22 kg, a ration for late lactation or animals with less than 18 kg milk per day (R18), and a special dry ration. All mixed rations were available to the animals ad libitum. To properly investigate the effect of genetically modified corn, rations contained a high percentage of corn constituents. The PMR had a total corn composition of 71 % (41.9 % maize silage, 21.2 % maize cobs and 7.7 % maize kernels) on dry matter basis. Cows yielding more than 22 kg milk per day were individually offered additional concentrates (LKF) composed of 41 % maize kernels on dry matter basis. The diet of late lactating and dry cows contained 24.7 % and 35.7 % respectively of the PMR on dry matter basis mixed with straw.

A representative sample was taken weekly from all diets, including the AKF and LKF concentrate mixes. The determination of dry matter content, analysis of crude nutrients and a calculation of the contents of nXP, RNB and NEL was carried out. Cry1Ab protein intake by the animals in the applied maize components of the PMR was detected by ELISA. Performance parameters measured included daily total feed intake, milk yield and composition as well as the body condition (body weights, body condition score and back fat thickness). Based on this data the energy supply, energy balance, energy corrected milk (ECM) and the fat-protein-quotient (FEQ) were calculated. To appraise the metabolic and supply situation of the animals during the trial, blood and urine samples, depending on the time of calving and lactation week, were taken. Blood was analysed for energy metabolism (glucose, NEFA, BHB) and several liver metabolism parameters (AST, GLDH,  $\gamma$ -GT, total bilirubin). Urine was analysed for the NSBA value. The animal's health was judged by differential blood counts at the beginning and the end of the trial. Additionally, any occurring

diseases and health treatments were documented. With the help of the progesterone concentration in milk, which was analysed twice weekly, and the collected fertility data, the parameters of fertility and the according fertility index could be calculated. From this data, collected over the 25 month trial, the following conclusions can be made.

The supplied transgenic and non-transgenic maize components and mixtures didn't differ in their merit of feed value determining feed constituents and energy merits. Cry1Ab-protein was detected only in the transgenic feed samples, so avoidance of contamination between transgenic and non-transgenic feed was succeeded. During the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> lactation of the trial the transgenic fed animals consumed an average concentration of 6.0 and 6.1 mg/d Cry1Ab-protein respectively. This concentration was adequately high so that any possible effects from the feeding of Bt-corn (MON810) on the animal would have been shown. There were no significant differences in daily feed intake for the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> lactation, which was an average of 19 and 20-21 kg dry matter respectively in both trial groups, quite a high level for Simmentals. Similar conclusions can be made concerning the milk yield which was 24 and 29 kg/d in the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> lactation for the transgenic and non-transgenic fed animals respectively. Regarding the milk constituents a few significant differences were found between the particular trial groups, which are connected with the allocation of the heifers to the different groups. No difference in energy intake was detected for the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> lactation during the trial. The body condition of the animals (body weight, BCS, RFD) was standard for Simmentals and was comparable in level and development of both groups in the 1<sup>st</sup> lactation of the trial. In the 2<sup>nd</sup> lactation the body condition parameters of the transgenic fed animals were lower compared with the non-transgenic fed animals.

With the exception of the glucose content in blood plasma of the 1<sup>st</sup> Lactation, the recorded parameters for the assessment of the metabolism of animals (glucose, NEFA, BHB, AST, GLDH,  $\gamma$ -GT, total bilirubin, NSBA-value) did not differ significantly between the two experimental groups. The parameters were all in the physiological reference range mentioned in the literature. No relevant differences in health and fertility of the animals were found based on the differential blood counts, recorded diseases in the experimental period, and the calculated fertility ratios.

In the present study comparably high amounts of Bt-corn (Event MON810) was fed to dairy cows over a period of 25 months. A relatively high level of Cry1Ab protein intake was assured through various dietary forms of corn. Based on the long experimental time period and high level of Cry1Ab protein intake any possible effects of the transgenic corn on the

---

animal would have been observed. However, the study gave no indication that the performance and metabolic parameters, as well as the health and fertility of dairy cows were affected by feeding of Bt-corn (MON810). Consequently, a substantial equivalence of transgenic and non-transgenic corn components is expected. The present long-term study confirms and complements the previously published short-term studies on the use of genetically modified corn in animal nutrition.

## 8 Literaturverzeichnis

AALHUS, J.L.; DUGAN, M.E.R.; LIEN, K.A.; LARSEN, I.L.; COSTELLO, F.; ROLLAND, D.C.; BEST, D.R.; THACKER, R.D. (2003): Effects of feeding glyphosate-tolerant canola meal on swine growth, carcass composition and meat quality. *J. Anim. Sci.* Vol. 81, Suppl. 1.

AESCHBACHER, K.; MESSIKOMMER, R.; MEILE, L.; WENK, C. (2005): Bt176 Corn in Poultry Nutrition: Physiological Characteristics and Fate of Recombinant Plant DNA in Chickens. *Poultry Science* 84, 385-394.

ANDOW, D. A. und HUTCHISON, W. D. (1998): Bt-Corn Resistance Management. In: MELLON, M. und RISSLER, J. (Hg.): Now or Never – Serious new Plan to Safe a Natural Pest Control. Union of Concerned Scientists (UCS).

AULRICH, K.; HALLE, I.; FLACHOWSKY, G. (1998): Inhaltsstoffe und Verdaulichkeit von Maiskörnern der Sorte Cesar und der gentechnisch veränderten bt- Hybride bei Legehennen. *VDLUFA Kongressband 1998*, 110. *VDLUFA- Kongress*, 14.-18.09.1998, Giessen, 465-468.

AULRICH, K.; BÖHME, H.; DAENICKE, R.; HALLE, I.; FLACHOWSKY, G. (2001): Genetically modified feeds in animal nutrition. 1st com.: *Bacillus thuringiensis* (Bt) corn in poultry, pig and ruminant nutrition. *Arch. Anim. Nutr.* 54, 183-195.

AULRICH, K.; BÖHME, H.; DAENICKE, R.; HALLE, I.; FLACHOWSKY, G. (2002): Novel feeds- a review of experiments at our Institute. *Food Research International* 35, 285-293.

AULRICH, K., PAHLOW, G. und FLACHOWSKY, G. (2004): Influence of ensiling on the DNA-degradation in isogenic and transgenic corn. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 13, 112 (Abstract).

AUMAITRE, A.; AULRICH, K.; CHESSON, A. ; FLACHOWSKY, G. ; PIVA, G. (2002) : New feeds from genetically modified plants : substantial equivalence, nutritional equivalence, digestibility, and safety for animals and the food chain. *Livestock Production Science* 74, 223-238.

AUMAITRE, A. (2004): Safety assessment and feeding value for pigs, poultry and ruminant animals of pest protected (Bt) plants and herbicide tolerant (glyphosate, glufosinate) plants: interpretation of experimental results observed worldwide on GM plants. *Ital. J. Anim. Sci.* 3, 107-121.

BAKAN, B.; MELCION, D., RICHARD-MOLARD, C., CAHAGNIER, B. (2002): Fungal Growth and Fusarium Mycotoxin Content in Isogenic Traditional Maize and Genetically Modified Maize Grown in France and Spain. *J. Agri. Food Chem.* 50 (4), 728-731.

- BARANOWSKI, A.; ROSOCHACKI, S.; PARADA, R.; JASZCZAK, K.; ZIMNY, J.; POLOSZYNOWICZ (2006): The effect of diet containing genetically modified triticale on growth and transgenic DNA fate in selected tissues of mice. *Animal Science Papers and Reports* Vol. 24 (2), 129-142.
- BARRIÈRE, Y.; VÉRITÉ, R.; BRUNSCHWIG, P.; SURAULT, F.; EMILE, J.C. (2001): Feeding Value of Corn Silage Estimated with Sheep and Dairy Cows Is Not Altered by Genetic Incorporation of Bt176 Resistance to *Ostrinia nubilalis*. *J. Dairy Sci.* 84, 1863-1871.
- BERGER, L.L.; ROBBINS, N.D.; STANISIEWSKI, E.P. (2002): Effect of feeding diets containing corn grain with Roundup (event GA21 or NK603), control or conventional varieties on steer feedlot performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* Vol. 80, Suppl. 1.
- ERGER, L.L.; ROBBINS, N.D.; SEWELL, J.R.; STANISIEWSKI, E.P.; HARTNELL, G.F.(2002): Effect of feeding diets containing corn grain with corn rootworm protection (event MON863), control, or conventional varieties on steer feedlot performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* Vol. 81, Suppl. 1.
- BERTRAND, J.A.; SUDDUTH, T.Q.; CONDON, A.; JENKINS, T.C.; CALHOUN, M.C. (2005): Nutrient Content of Whole Cottseed. *J. Dairy Sci.* 88, 1470-1477.
- BICKHARDT, K. (1992): *Kompodium der Allgemeinen Inneren Medizin und Pathophysiologie für Tierärzte*. Verlag Parey, Berlin und Hamburg.
- BIOSICHERHEIT (2008) : Lexikon- Existierendes Produkt.  
[http://www.biosicherheit.de/de/lexikon/190.existierendes\\_produkt.html](http://www.biosicherheit.de/de/lexikon/190.existierendes_produkt.html).
- BÖHME, H. und AULRICH, K. (1999): Inhaltsstoffe und Verdaulichkeiten von transgenen, Basta resistenten Zuckerrüben bzw. Maiskörnern im Vergleich zu den isogenen Sorten beim Schwein. *VDLUFA Kongressband 1999*, 111. *VDLUFA-Kongress*, 13.-17.09.1999, Halle/Saale, 289-292.
- BÖHME, H; AULRICH, K.; DAENICKE, R.; FLACHOWSKY, G. (2001): Genetically modified feeds in animal nutrition 2nd communication: Glufosinate tolerant sugar beets (roots and silage) and maize grains for ruminants and pigs. *Arch. Anim. Nutr.* 54, 197-207.
- BOSTEDT, H. (2003): *Fruchtbarkeitsmanagement beim weiblichen Rind*, 4. Auflage. DLG-Verlag Frankfurt am Main, 259-267.
- BRAKE, J. und VLACHOS, D. (1998): Evaluation of Transgenic Event 176 “Bt“ Corn in Broiler Chickens. *Poultry Science* Vol. 77, 648-653.
- BRAKE, J.; FAUST, M. STEIN, J. (2005): Evaluation of Transgenic Hybrid Corn (VIP3A) in Broiler Chickens. *Poultry Science* Vol. 84, 503-512.
- BRESSNER, G.; HYUN, Y.; STANISIEWSKI, E.; HARTNELL, G.; ELLIS, M. (2002): A comparison of swine performance when fed diests containing Roundup Ready® (event NK603) or conventional corn lines. *J. Anim. Sci.* Vol. 80, Suppl. 2.

- BRESSNER, G.; HYUN, Y.; STANISIEWSKI, E.; HARTNELL, G.; ELLIS, M. (2003): Performance comparison of growing-finishing pigs fed diets containing Corn Root Worm Protected corn (Event MON883) or conventional corn hybrids. *J. Anim. Sci.* Vol. 81, Suppl. 1.
- BUSCH, W. (1995): Methoden zur Erfassung der Herdenfruchtbarkeit. In BUSCH, W. und ZEROBIN, K. (Hrsg.): *Fruchtbarkeitskontrolle bei Groß- und Kleintieren*. Fischer Verlag Jena und Stuttgart, 180-187.
- CALSAMIGLIA, S.; HERNANDEZ, B.; HARTNELL, G. F.; PHIPPS, R. (2003): Effects of feeding corn silage produced from corn containing MON810 and GA21 genes on feed intake, milk production and composition in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81, Suppl.1, Abstract.
- CALSAMIGLIA, S.; HERNANDEZ, B.; HARTNELL, G. F.; PHIPPS, R. (2007): Effects of Corn Silage Derived from a Genetically Modified Variety Containing Two Transgenes on Feed Intake, Milk Production, and Composition, and the Absence of Detectable Transgenic Deoxyribonucleic Acid in Milk in Holstein Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 90, 4178-4723.
- CASTILLO, A.R.; GALLARDO, M.R.; MACIEL, M.; GIORDANO, J.M.; CONTI, G.A.; GAGGIOTTI, M.C.; QUAINO, O.; GIANNI, C.; HARTNELL, G.F. (2004): Effects of Feeding Rations with Genetically Modified Whole Cottonseed to Lactating Holstein Cows. *J. Dairy Sci.* 87, 1778-1785.
- CHESSON, A. und FLACHOWSKY, G. (2003): Transgenic plants in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal* 59, 201-207.
- CLARK, J.H. und IPHARRAGUERRE, I. R.(2001): Livestock Performance: Feeding Biotech Crops. *J. Dairy Sci.* 84 (E. Suppl.): E9-E18.
- COMBS, D.K. und HARTNELL, G.F. (2008): Alfalfa containing the glyphosate-tolerant trait has no effect on feed intake, milk composition, or milk production of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 91, 673-678.
- CROMWELL, G.L.; LINDEMANN, M.D.; RANDOLPH, J.H.; STANISIEWSKI, E.P.; HARTNELL, G.F. (2001): Soybean meal from Roundup Ready® or conventional soybeans in diets for growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* Vol. 79, Suppl. 1.
- CROMWELL, G.L.; LINDEMANN, M.D.; RANDOLPH, J.H.; PARKER, G.R.; COFFEY, R.D.; LAURENT, K.M.; ARMSTRONG, C.L.; MIKEL, W.B.; STANISIEWSKI, E.P.; HARTNELL, G.F. (2002): Soybean meal from Roundup Ready or conventional soybeans in diets for growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 80, 708-715.
- CROMWELL, G.L.; HENRY, B.J.; SCOTT, A.L.; GERNGROSS, M.F.; DUSEK, D.L.; FLETCHER, D.W. (2005): Glufosinate herbicide-tolerant (LivertyLink) rice vs. conventional rice in diets for growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 83, 1068-1074.
- DEAVILLE, E.R. und MADDISON, B.C. (2005): Detection of Transgenic and Endogenous Plant DNA Fragments in the Blood, Tissues, and Digesta of Broilers. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 53, 10268-10275.

DLG (1997): DLG-Futterwerttabellen – Wiederkäuer. 7. erweiterte und überarbeitete Auflage. DLG-Verlag Frankfurt am Main.

DLG (2005): Kleiner Helfer für die Berechnung von Futtermengen - Wiederkäuer und Schweine. 11. vollkommen neu überarbeitete Auflage. DLG-Verlag Frankfurt am Main.

DONKIN, S.S.; VELEZ, J.C.; STANISIEWSKI, E.P., HARTNELL, G.F. (2000): Effect of feeding Roundup Ready<sup>®</sup> corn silage and grain on feed intake, milk composition in lactating dairy cattle. J. Anim. Sci. 78, Suppl.1, Abstract.

DONKIN, S.S.; VELEZ, J.C.; TOTTEN, A.K.; STANISIEWSKI, E.P., HARTNELL, G.F. (2003): Effects of Feeding Silage and Grain from Glyphosate-Tolerant or Insect-Protected Corn Hybrids on Feed Intake, Ruminant Digestion, and Milk Production in Dairy Cattle. J. Dairy Sci. 86, 1780-1788.

EDER (2006):

Bericht zum Erprobungsanbau mit gentechnisch verändertem Mais in Bayern 2005. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. Schriftreihe 18, ISSN 1611-4159.

EG (1997): Verordnung (EG) Nr.258/97 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27.01.1997 über neuartige Lebensmittel und neuartige Lebensmittelzutaten. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 43/1 (14.02.1997).

EG (2001): Richtlinie 2001/18/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12.März 2001 über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt und zur Aufhebung der Richtlinie 90/220/EWG des Rates. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 17.04.2001, L 106.

ENGELHARDT, W.v. und BREVES, G. (2000): Physiologie der Haustiere. Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart.

FAUST, M.A. (2002): New feeds from genetically modified plants: the US approach to safety for animals and the food chain. Livestock Production Science 74, 239-254.

FAUST, M.A.; SMITH, B.; HINDS, M.; DANA, G.(2003): Dairy cattle performance, health, and milk composition when fed silage and grain from Bt (Cry1F) and near-isogenic control hybrids. J. Dairy Sci. 81, Suppl. 1, Abstract.

FAUST, M.; SMITH, B.; RICE, D.; OWENS, F.; HINDS, M.; DANA, G.; HUNST, P. (2007): Performance of Lactating Dairy Cows Fed Silage and Grain from a Maize Hybrid with the cry1F Trait Versus its Nonbiotech Counterpart. J. Dairy Sci. 90, 5706-5713.

FISCHER, R.L.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.S. (2002): Comparison of Swine Performance When Fed Diets Containing Roundup Ready<sup>®</sup> Corn, Parental Line Corn, or Two Commercial Corns. Nebraska Swine Report, 7-11.

FLACHOWSKY, G. und AULRICH, A. (1999): Tierernährung und gentechnisch veränderte Organismen (GVO). Landbauforschung Völkenrode Heft 1, 13-20.

- FLACHOWSKY, G. (1999): Glucose- ein Schlüssel für hohe Leistungen. In: Fütterung der 10.000-Liter Kuh. Arbeiten der DLG, Band 196, DLG- Verlag, Frankfurt a. M., 43-56.
- FLACHOWSKY, G. und AULRICH, K. (2001): Zum Einsatz gentechnisch veränderter Organismen (GVO) in der Tierernährung. Übersichten zur Tierernährung 29 (1), 45-79.
- FLACHOWSKY, G. und CHESSON, A. (2004): Feeds from genetically modified plants in animal nutrition. WAAP Book of the year 2003, Wageningen Academic Publ., 241-267.
- FLACHOWSKY, G. (2004): Futtermittel aus gentechnischen veränderten Pflanzen in der Milchviehfütterung. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 56 (3), 163-178.
- FLACHOWSKY, G. (2006): Zum Einsatz von Futtermitteln aus gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP) in der Tierernährung. Tierärztl. Umschau 61, 591-600.
- FLACHOWSKY, G.; AULRICH, K.; BÖHME, H.; HALLE, I. (2007): Studies on feed from genetically modified plants (GMP)- Contributions to nutritional and safety assessment. Animal Feed Science and Technology 133, 2-30.
- FLACHOWSKY, G.; CHESSON, A.; AULRICH, K. (2005): Animal nutrition with feeds from genetically modified plants. Arch. Anim. Nutr. 59 (1), 1-40.
- FLACHOWSKY, G.; HALLE, I.; AULRICH, K. (2005): Long term feeding of Bt-corn - a ten-generation study with quails Arch. Anim. Nutr. Vol.59 (6), 449-451.
- FOLMER, J.D., GRANT, R. J.; MILTON, C.T.; BECK, J.F. (2000): Effect of Bt corn silage on short-term lactational performance and ruminal fermentation in dairy cows. J. Dairy Sci. 83,1182, Abstract.
- FOLMER, J.D.; GRANT, R.J.; MILTON, C.T.; BECK, J. (2002): Utilization of Bt corn residues by grazing beef steers and Bt corn silage and grain by growing beef cattle and lactating dairy cows. J. Anim. Sci. 80, 1352-1361.
- FÜRLI, M.; GARLT, C.; LIPPMANN, R. (1981): Klinische Labordiagnostik. S. Hirzel Verlag Leipzig.
- FÜRLI, M., HÖRÜGEL, U.; KRZICAK, J. (1997): Früherkennung der Gebärparesegefahr beim Rind. DVG, 6. Jahrestagung der Fachgruppe „Innere Medizin und klinische Laboratoriumsdiagnostik“, 05.-09.03.1997, München.
- FÜRLI, M. (2004): Stoffwechselkontrollen und Stoffwechselüberwachung bei Rindern. Nutztierpraxis aktuell, Agrar- und Veterinärakademie (AVA), 9. Ausgabe [http://ava1.de/pdf/artikel/rinder/2004\\_03\\_fuerll.pdf](http://ava1.de/pdf/artikel/rinder/2004_03_fuerll.pdf).
- FÜRLI, M.; KIRBACH, H.; EVERTS, CH.; HÄDRICH, G.; KRICZIOKAT; J. ; WITTEK, TH. (2007): NSBA- wie optimal bei Bestandsbetreuung nutzen? In: Labordiagnostik in der Bestandsbetreuung . 32.Fortbildungsveranstaltung Leipzig, 22.6.2007.
- GfE (1991): Leitlinien zur Bestimmung der Verdaulichkeit von Roh Nährstoffen an Wiederkäuern. J.Anim. Physiol. Anim. Nutr. 65, 229-234.

GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, DLG-Verlag Frankfurt am Main.

GRANT, R.J.; FANNING, K.C.; KLEINSCHMIT, D.; STANISIEWSKI, E.P.; HARTNELL, G.F. (2003): Influence of Glyphosate-Tolerant (event nk603) and Corn Rootworm Protected (event MON863) Corn Silage and Grain on Feed Consumption and Milk Production in Holstein Cattle. *J. Dairy Sci.* 86, 1707-1715.

GRUNERT, E. (1999): Sexualzyklus. In: GRUNERT, E. und DE KRUIF, A. (Hrsg.): *Fertilitätsstörungen beim weiblichen Rind*, 3. Auflage. Parey Verlag, Berlin, 3-12.

GÜRTLER (2009): Long-term feeding of genetically modified maize (MON810) - Metabolism of recombinant DNA and the novel protein in the dairy cow. Dissertation in Vorbereitung - Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Lehrstuhl für Physiologie.

HALLE, I.; AULRICH, K.; FLACHOWSKY, G. (2004): Four generations feeding of GMO-corn to breeder quails. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 13, 124 (Abstract).

HALLE, I.; EL SANHOTY, R.M.E.; FLACHOWSKY, G. (2005): Nutritional assessment of G<sub>2</sub>-potatoes in broiler feeding. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 14, 63 (Abstract).

HALLE, I.; AULRICH, K.; FLACHOWSKY, G. (2006): Four generations feeding GMO-corn to laying hens. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 15, 114 (Abstract).

HAMMOND, B. G.; VICINI, J. L.; HARTNELL, G. F.; NAYLOR, M. W.; KNIGHT, C. D.; ROBINSON, E. H.; FUCHS, R. L.; PADGETTE, S. R. (1996): The Feeding Value of Soybeans Fed to Rats, Chickens, Catfish and Dairy Cattle Is Not Altered by Genetic Incorporation of Glyphosate Tolerance. *J. Nutr.* 126(3), 717-727.

HARTNELL, G.F.; HVELPLUND, T.; WEISBJERG, M.R. (2005): Nutrient digestibility in sheep fed diets containing Roundup Ready or conventional fodder beet, sugar beet, and beet pulp. *J. Anim. Sci.* 83, 400-407.

HENDRIX, K.S.; PETTY, A.T.; LOFGREN, D.L. (2002): Feeding value of whole plant silage and crop residues from Bt or normal corns. *J. Anim. Sci.* Vol. 78, Suppl. 1.

HOEDEMAKER, M.; MANSFELD, R.; DE KRUIF, A.; HEUWIESER, W. (2007): Ergebnisinterpretation und Strategien - Betrachtung einzelner Kontrollbereiche. In: DE KRUIF, A.; MANSFELD, R.; HOEDEMAKER, M. (Hrsg.): *Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind*, 2. Auflage. Enke Verlag Stuttgart, 30-72.

HOFMANN, W. (2005): *Rinderkrankheiten. Innere und chirurgische Erkrankungen*. 2. Aufl. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.

HULS, T.J.; ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; LUEBBE, M.K.; VANDER POL, K.J.; RICE, D.W.; SMITH, B.L.; HINDS, M.A.; OWENS, F.N.; LIEBERGESELL, M.K. (2007): Effect of feeding das-59122-7 corn grain and non-transgenic corn grain to finishing feedlot steers. *J. Anim. Sci.* Vol. 85, Suppl. 1.

- HYUN, Y.; BRESSNER, G.E.; ELLIS, M.; LEWIS, A.J.; FISCHER, R.; STANISIEWSKI, E.P.; HARTNELL, G.F. (2004): Performance of growing-finishing pigs fed diets containing Roundup Ready corn (event nk603), a nontransgenic genetically similar corn, or conventional corn lines. *J. Anim. Sci.* Vol. 84, 571-580.
- HYUN, Y.; BRESSNER, G.E.; FISCHER, R.L.; MILLER, P.S.; ELLIS, M.; PETERSON, E.P.; STANISIEWSKI, E.P.; HARTNELL, G.F. (2005): Performance of growing-finishing pigs fed diets containing YieldGard Rootworm corn (MON 863), a nontransgenic genetically similar corn, or conventional corn hybrids. *J. Anim. Sci.* Vol. 83, 1581-1590.
- IPHARRAGUERRE, I.R.; YOUNKER, R.S.; CLARK, J.H.; STANISIEWSKI, E.P.; HARTNELL, G.F.(2003): Performance of Lactating Dairy Cows Fed Corn as Whole Plant Silage and Grain Produced from a Glyphosate-Tolerant Hybrid (event NK603). *J. Dairy Sci.* 86, 1734-1741.
- ISAAA (2008): Biotech-Saaten verzeichnen 12 Jahre lang ein bemerkenswertes zweistelliges Wachstum.  
<http://www.isaaa.org/resources/Publications/briefs/37/pressrelease/pdf/Brief%2037%20-%20Press%20Release%20-%20German.pdf> (Stand 11.07.08).
- JACOBI, U. (1988): Stoffwechselüberwachung in Milchkuhbeständen. In: ROSSOW, N. und HORVATH, Z.: Innere Krankheiten der Haustiere. Bd.2. Funktionelle Störungen. Verlag Fischer, Jena, Stuttgart, 529-532.
- JACOBS, C.M.; UTTERBACK, P.L.; PARSONS, C.M.; SMITH, B.; HINDS, M.; RICE, D.; LIEBERGESELL, M.; SAUBER, T. (2007): Feeding performance in laying hens fed diets containing DAS-59122-7 maize grain compared with diets containing non-transgenic maize grain. *Poultry Sci.* Vol.86, Suppl. 1.
- JACOBS, C.M.; UTTERBACK, P.L.; PARSONS, C.M.; RICE, D.; SMITH, B.; HINDS, M.; LIEBERGESELL, M.; SAUBER, T. (2008): Performance of Laying Hens Fed Diets Containing DAS-59122-7 Maize Grain Compared with Diets Containing Nontransgenic Maize Grain. *Poultry Science* Vol.87, 475-479.
- JAMES, C. (1998): Global Review of Commercialized Transgenic Crops: 1998. ISAAABriefs No.8. ISAAA: Ithaca, NY.
- JAMES, C. (1999): Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 1999. ISAAA Briefs No.12: Preview. ISAAA: Ithaca, NY.
- JAMES, C. (2000): Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2000. ISAAA Briefs No.21: Preview. ISAAA: Ithaca, NY.
- JAMES, C. (2001): Preview: Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2001. ISAAA Briefs No.24. ISAAA: Ithaca, NY.
- JAMES, C. (2002): Preview: Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2002. ISAAA Briefs No. 27. ISAAA: Ithaca, NY.

JAMES, C. (2003): Preview: Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2003. ISAAA Briefs No. 30. ISAAA: Ithaca, NY.

JAMES, C. (2004): Preview: Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2004. ISAAA Briefs No. 32. ISAAA: Ithaca, NY.

JAMES, C. (2005): Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2005. ISAAA Briefs No. 34. ISAAA: Ithaca, NY.

JAMES, C. (2006): Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2007. ISAAA Briefs No. 35. ISAAA: Ithaca, NY.

JAMES, C. (2007): Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2007. ISAAA Briefs No. 37. ISAAA: Ithaca, NY.

JAMES, C. (2008): Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2008. ISAAA Briefs No. 39. ISAAA: Ithaca, NY.

KAN, C.A. und HARTNELL, G.F. (2004a): Evaluation of Broiler Performance When Fed Insect-Protected, Control, or Commercial Varieties of Dehulled Soybean Meal. Poultry Science Vol. 83, 2029-2038.

KAN, C.A. und HARTNELL, G.F. (2004b): Evaluation of Broiler Performance When Fed Roundup-Ready Wheat (Event MON71800), Control, and Commercial Wheat Varieties. Poultry Science Vol. 83, 2029-2038.

KERLEY, M.S.; FELTON, E.E.D.; LEHMKUHLER, J.W.; SHILLITO, R. (2001): Bt corn that is genetically modified to prevent insect damage is equal to conventional corn in feeding value for beef cattle. J. Anim. Sci. Vol. 29, Suppl. 2.

KRAFT, W. und DÜRR, U.M. (2005): Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin. 6. Aufl., Verlag Schattauer, Stuttgart, New York.

LOTTHAMMER, K. H. (1991): Beziehungen zwischen einigen Blut- und Milchinhaltsstoffen als Indikatoren der Energieversorgung und der Fruchtbarkeit sowie Euter- und Stoffwechselstörungen bei Milchrindern. Mh. Vet. -Med. 46, 639-643.

LOTTHAMMER, K. (1996): Diagnostik und Maßnahmen bei Fruchtbarkeitsstörungen als Bestandsproblem. In: GRUNERT, E.: Buiatrik Band 1. Euterkrankheiten, Geburtshilfe und Gynäkologie, Andrologie und Besamung. 5. Aufl., Verlag Schaper, Hannover, 248-249.

LUTZ, B. (2005): Experimentelle Untersuchungen zur Degradation von DNA und Cry1Ab Protein während der Futtermittelprozessierung und im tierischen Organismus sowie zur Verbreitung von keimfähigem transgenem Saatgut nach Magen-Darm-Passage. Dissertation, Technische Universität München.

LUTZ, B.; ALBRECHT, C. und MEYER, H.H.D. (2005): Transgene Futtermittel- Einfluss auf die Milchqualität? Deutsche Molkerei Zeitung (dmz) 126 (2005) 30-33.

- LUTZ, B.; WIEDEMANN, S. und ALBRECHT, C. (2006): Degradation of transgenic Cry1Ab DNA and protein in maize during the ensiling process. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 90, 116-123.
- MANDAL, A.B.; ELANGO VAN, A.V.; SHRIVASTAV, A.K.; JOHRI, A.K.; KAUR, S.; JOHRI, T.S. (2004): Comparison of broiler chicken performance when fed diets containing meals of Bollgard II hybrid cotton containing *Cry-X gene* (*Cry1Ac* and *Cry2Ab gene*), parental line or commercial cotton. *British Poultry Science* Vol. 45 (5), 657-663.
- MANSFELD, R.; DE KRUIF, A.; HOEDEMAKER, M.; HEUWIESER, W. (1999): Fruchtbarkeitsüberwachung auf Herdenbasis. In: GRUNERT, E. und DE KRUIF, A. (Hrsg.): *Fertilitätsstörungen beim weiblichen Rind*, 3. Auflage. Parey Verlag, Berlin, 337-350.
- MANSFELD, R. (2003): Definition der Kennziffern der Besamung und Fruchtbarkeit. [http://www.portal-rind.de/besam\\_fru.htm](http://www.portal-rind.de/besam_fru.htm) (08.08.2008).
- MCNAUGHTON, J.L.; ROBERTS, M.; RICE, D.; SMITH, B.; HINDS, M.; SCHMIDT, J.; LOCKE, M.; BRYANT, A.; ROOD, T.; LAYTON, R.; LAMB, I.; DELANEY, B. (2007a): Feeding performance in broiler chickens fed diets containing DAS-59122-7 maize grain compared to diets containing non-transgenic maize grain. *Animal Feed Science and Technology* 132, 227-239.
- MCNAUGHTON, J.; ROBERTS, M.; SMITH, B.; RICE, D.; HINDS, M.; SCHMIDT, J.; LOCKE, M.; BRINK, K.; BRYANT, A.; ROOD, T.; LAYTON, R.; LAMB, I.; DELANEY, B. (2007b): Comparison of Broiler Performance When Fed Diets Containing Event DP-356Ø43-5 (Optimum GAT), Nontransgenic Near-Isoline Control, or Commercial Reference Soybean Meal, Hulls, and Oil. *Poultry Science* 86, 2569-2581.
- MEYER, H.H.D., GUEVEN, B., KARG, H. (1986): Enzymeimmuntests (EIA) auf Mikrotitrationsplatten zur Progesteronbestimmung in Magermilchproben. *Wien. tierärztl. Mschr.* 73, 86-92.
- MUNKVOLD, G.P., HELLMICH, R.L., RICE, L.G. (1999): Comparison of Fumonisin Concentrations in Kernels of Transgenic Bt Maize Hybrids and Nontransgenic Hybrids. *Plant Dis.* 83 (2), 130-138.
- NAUMANN, C.; BASSLER, R. (1976): VDLUFA-Methodenbuch. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, 6. Ergänzungslieferung 2006, VDLUFA-Verlag Darmstadt.
- NGUYEN, H.T. und JEHLE, J.A. (2007): Quantitative analysis of the seasonal and tissue-specific expression of Cry1Ab in transgenic maize Mon810. *J. Plant Dis. Protect* 114 (2), 82-87.
- OECD (1993): Safety evaluation of foods derived by modern biotechnology: concepts and principles.
- PAGETTE, S.R.; TAYLOR, N.B.; NIDA, D.L.; BAILEY, M.R.; MACDONALD, J.; HOLDEN, L.R.; FUCHS, R.L. (1996): The composition of glyphosate-tolerant soybean seed is equivalent to that of conventional soybeans. *J. Nutr.* 126, 702-716.

- PAPST, C.; UTZ, H.F.; MELCHINGER, A.E.; EDER, J.; MAGG, T.; KLEIN, D.; BOHN, M. (2005): Mycotoxins Produced by *Fusarium* spp. in Isogenic Bt vs. non-Bt Maize Hybrids under European Corn Borer Pressure. *Agron. J.* 97, 219-224.
- PETTY, A.T.; HENDRIX, K.S.; STANISIEWSKI, E.P.; HARTNELL, G.F. (2001): Feeding value of Bt corn grain compared with its parental hybrid when fed in beef cattle finishing diets. *J. Anim. Sci.* Vol. 29, Suppl. 2.
- PHIPPS, R.H.; JONES, A.K.; TINGEY, A.P.; ABEYASEKERA, S. (2005): Effect of Corn Silage from an Herbicide-Tolerant Genetically Modified Variety on Milk Production and Absence of Transgenic DNA in Milk. *J. Dairy Sci.* 88, 2870-2878.
- PIVA, G.; MORLACCHINI, M.; PIETRI, A.; PIVA, A.; CASADEI, G. (2001a): Performance of weaned piglets fed insect-protected (MON 810) or near isogenic corn. *Poult. Sci.* Vol. 80, Suppl.1.
- PIVA, G.; MORLACCHINI, M.; PIETRI, A.; ROSSI, F.; PRANDINI, A. (2001b): Growth performance of broilers fed insect-protected (MON 810) or near isogenic corn. *J. Anim. Sci.* Vol. 79, Suppl.1.
- RASMUSSEN, M.A.; CUTLER, S.A.; WILHELMS, K.; SCANES, C.G. (2007): Effects of Bt (*Bacillus thuringiensis*) Corn on Reproductive Performance in Adult Laying Hens. *International Journal of Poultry Science* 6 (3), 169-171.
- RIDLEY, W.P.; SIDHU, R.S.; PYLA, P.D.; NEMETH, M.A.; BREEZE, M.L.; ASTWOOD, J.D. (2002): Comparison of the nutritional profile of glyphosate-tolerant corn event NK603 with that of conventional corn (*Zea mays* L.). *J. Agric. Food Chem.* 50, 7235-7243.
- ROSSI, F.; MOSCHINI, M.; FIORENTINI, L.; MASOERO, F.; PIVA, G. (2003): Analytical composition and rumen degradability of isogenic and transgenic corn varieties. *J. Sci. Food. Agric.* 83, 1337-1341.
- ROSSI, F.; MORLACCHINI, M.; FUSCONI, G.; PIETRI, A.; MAZZA, R.; PIVA, G. (2005): Effect of Bt Corn on Boiler Growth Performance and Fate of Feed-Derived DNA in the Digestive Tract. *Poultry Science* 84, 1022-1030.
- ROSSOW, N. (2003): Allgemeine Grundlagen des Fettstoffwechsels der Hochleistungskuh. <http://www.portal-rind.de/index.php> (08.08.2008).
- RUTZMOSER, K.; MAYER, J.; OBERMAIER, A. (1999): Verfütterung von Silomais der Sorten Pactol und Pactol CB (gentechnisch veränderte Bt- Hybride) an Milchkühe. *Bodenkultur und Pflanzenbau, Schriftreihe der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur* 3, 25-34.
- SCHAAFSMA, A.W.; HOOKER, D.C.; BAUTE, T.S.; ILLINCIC-TAMBURIC, L. (2002): Effect of Bt-Corn Hybrids on Deoxynivalenol Content in Grain at Harvest. *Plant Disease* 86 (10), 1123-1126.
- SCHIER, A. (2008): Mykotoxine in Silo- und Körnermais. Vergleich zwischen Bt-Maissorten und den korrespondierenden nichtresistenten Isolinien. *Mais* 2/2008 (35.Jg.), 64-67.

- SCHNEIDELER, S.E.; WEBER, P.; SOK, K.; HILEMAN, R.E.; HARTNELL, G.F. (2006): Fate of Cry3Bb1 protein in laying hens fed diets containing MON863. *Poultry Science*. Vol. 85 (Suppl.1):8 (Abstract M11).
- SCHOLZ, H. (1990): Stoffwechselkontrolle in der Milchkuhherde an Hand von Blut- und Milchparametern. *Praktischer Tierarzt*, coll. vet. XXI, 32-35.
- SCHOLTZ, N.; KNURA, S.; STEINER, U.; DEHNE, H.-W.; HALLE, I.; FLACHOWSKY, G.; SAUERWEIN, H. (2006): Metabolic characteristics in layer quails fed with Bt-transgenic maize. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 15, 89 (Abstract).
- SCHOPPER, D.; SCHEMER, R.; CLAUS, R. (1989): Analyse der Fruchtbarkeitssituation von Milchkühen post partum in Praxisbetrieben anhand von Progesteronprofilen. *Reproduction in Domestic Animals* Vol. 24 (2), 67-78 (Abstract).
- SIDHU, R.S.; HAMMOND, B.G., FUCHS, R.L.; MUTZ, J.-N.; HOLDEN, L.R.; GEORGE, B.; OLSON, T. (2000): Glyphosate-Tolerant Corn is Equivalent to that of Conventional Corn (*Zea mays* L.). *J. Agric. Food Chem.* 48, 2305-2312.
- SIMON, J.J.; VANDER POL, K.J.; ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; MACKEN, C.N.; STANISIEWSKI, E.P.; HARTNELL, G.F. (2002): Effect of Roundup Ready<sup>®</sup> corn (event NK603) on performance in beef feedlot diets. *J. Anim. Sci.* Vol. 80, Suppl. 1.
- SINGH, M.; TIWARI, D.P.; KUMAR, A.; KUMAR, M.R. (2003): Effect of Feeding Transgenic Cottonseed vis-à-vis Non-transgenic Cottonseed on Haematobiochemical Constituents in Lactating Murrah Buffaloes. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* Vol. 16 (2), 1732-1737.
- SOMMER, A.; CHRENKOVÁ, M.; CHRATINOVÁ, L.; ČEREŠŇÁKOVÁ, Z. PETRIKOVIČ, P. (2004): Bewertung des Nährwertes von RR und Bt Mais für die Tierernährung. Tagungsband 3. BOKU-Symposium Tierernährung, Fütterungsstrategien und Produktqualität, 160-165.
- STANISIEWSKI, E.P.; HARTNELL, G. F.; COOK, D.R. (2001): Comparison of swine performance when fed diets containing Roundup Ready<sup>®</sup> corn (GA21), parental line or conventional corn. *J. Anim. Sci.* Vol.79, Suppl. 1.
- STAUFENBIEL, R. (1992): Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes - Untersuchungskonzept und Messung der Rückenfettdicke. *Monatshefte der Veterinärmedizin* 47, 467-474.
- STEIN, H.H.; RICE, D.; SMITH, B.L.; HINDS, M.A.; SAUBER, T.E.; PEDERSEN, C.; WULF, M.; PETERS, D.N. (2007): Evaluation of corn grain with the genetically modified event DAS-59122-7 fed to growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* Vol. 85, Suppl. 1.
- TAYLOR, M.L.; STANISIEWSKI, E.P.; RIORDAN, M.A.; NEMETH, M.A.; GEORGE, B.; HARTNELL, G.F. (2004): Comparison of Broiler Performance When Fed Diets Containing Roundup Ready<sup>®</sup> (Event RT73), Nontransgenic Control, or Commercial Canola Meal. *Poultry Science* Vol. 83, 456-461.

TAYLOR, M.L.; HARTNELL, G.F.; NEMETH, M.A.; KARUNANANDAA, K.; GEORGE, B. (2005): Comparison of Broiler Performance When Fed Diets Containing Grain with Insect-Protected (Corn Rootworm and European Corn Borer) and Herbicide-Tolerant (Glyphosate) Traits, Control Corn, or Commercial Reference Corn- Revisited. Poultry Science Vol.84, 1893-1899.

TAYLOR, M.L.; HARTNELL, G.F.; RIORDAN, S.G.; NEMETH, M.A.; KARUNANANDAA, K.; GEORGE, B.; ASTWOOD, J.D. (2003a): Comparison of Broiler Performance When Fed Diets Containing Grain from Roundup Ready (NK603), YieldGard x Roundup Ready (MON810 x NK603), Non-transgenic Control, or Commercial Corn. Poultry Science Vol.82, 443-453.

TAYLOR, M.L.; HARTNELL, G.F.; RIORDAN, S.G.; NEMETH, M.A.; KARUNANANDAA, K.; GEORGE, B.; ASTWOOD, J.D. (2003b): Comparison of Broiler Performance When Fed Diets Containing Grain from YieldGard (MON810), YieldGard x Roundup Ready (GA21), Nontransgenic Control, or Commercial Corn. Poultry Science Vol.82, 823-830.

TAYLOR, M.L.; HYUN, Y.; HARTNELL, G.F.; RIORDAN, S.G.; NEMETH, M.A.; KARUNANANDAA, K.; GEORGE, B.; ASTWOOD, J.D. (2003c): Comparison of Broiler Performance When Fed Diets Containing Grain from YieldGard Rootworm (MON863), YieldGard Plus (MON810 x MON863), Nontransgenic Control, or Commercial Reference Corn Hybrids. Poultry Science Vol.82, 1948-1956.

TAYLOR, M.L.; HARTNELL, G.; NEMETH, M.; LUCAS, D.; DAVIS, S. (2007a): Comparison of Broiler Performance When Fed Diets Containing Grain from Second-Generation Insect-Protected and Glyphosate-Tolerant, Conventional Control or Commercial Reference Corn. Poultry Science Vol. 86, 1972-1979.

TAYLOR, M.L.; LUCAS, D.; NEMETH, M.; DAVIS, S.; HARTNELL, G. (2007b): Comparison of Broiler Performance and Carcass Parameters When Fed Diets Containing Combined Trait Insect-Protected and Glyphosate-Tolerant Corn (MON89034 x NK603), Control, or Conventional Reference Corn. Poultry Science Vol. 86, 1988-1994.

TISCHER, M. (2005): Bewertung der Fruchtbarkeit. In: MAHLKOW-NERGE, K.; TISCHER, M.; ZIEGER, P. (Hrsg.): Modernes Fruchtbarkeitsmanagement beim Rind, 1. Auflage. AgroConcept GmbH, 80-83.

TONY, M.A.; BUTSCHKE, A.; BROLL, H.; GROHMANN, L.; ZAGON, J.; HALLE, I.; DÄNICKE, S.; SCHAUZU, M.; HAFEZ, H.M.; FLACHOWSKY, G. (2003): Safety Assessment of Bt 176 maize in broiler nutrition: Degradation of maize-DNA and its metabolic fate. Arch. Anim. Nutr. Vol.57 (4), 235-252.

TOP AGRAR (1998): Konditionskarte für Fleckvieh. top agrar- das Magazin für moderne Landwirtschaft. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup.

TRANSGEN (2009): Anbau von gv-Mais auf etwa 108.000 Hektar-  
Transparenznetzwerk Gentechnik  
[http://www.transgen.de/anbau/eu\\_international/643.doku.html](http://www.transgen.de/anbau/eu_international/643.doku.html).

TUDISCO, R.; LOMBARDI, P.; BOVERA, F.; D'ANGELO, D.; CUTRIGNELLI, M.I.; MASTELLONE, v.; TERZI, V.; AVALLONE, L.; INFASCELLI, F. (2006): Genetically modified soya bean in rabbit feeding: detection of DNA fragments and evaluation of metabolic effects by enzymatic analysis. *Anim. Sci.* Vol.82, 193-199.

VALENTA, H.; DÄNICKE, S.; FLACHOWSKY, G.; BÖHME, T. (2001): Comparative study on concentrations of the *Fusarium* mycotoxins deoxynivalenol and zearalenone in kernels of transgenic Bt maize hybrids and nontransgenic hybrids. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 10, 182, (Abstract).

VANDER POL, K.J., ERICKSON, G.E.; ROBBINS, N.D.; BERGER, L.L.; WILSON, C.B.; KLOPFENSTEIN, T.J.; STANISIEWSKI, E.P.; HARTNELL, G.F. (2005): Effects of grazing residues or feeding corn from a corn rootworm-protected hybrid (MON863) compared with reference hybrids on animal performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* Vol. 83, 2826-2834.

VRZGULA, L. und SOKOL, J. (1987): Referenzwerte wichtiger Laborwerte. In: ROSSOW, N. und BOLDUAN, G.: *Stoffwechselstörungen bei Haustieren*. Verlag Fischer, Jena, Stuttgart, 189-196.

YONEMOCHI, C.; FUJISAKI, H.; HARADA, C.; KUSAMA, T.; HANAZUMI, M. (2002): Evaluation of transgenic event CBH 351 (StarLink) corn in broiler chickens. *Anim. Sci. J.* 73, 221-228.

YONEMOCHI, C.; IKEDA, T.; HARADA, C.; KUSAMA, T.; HANAZUMI, M. (2003): Influence of transgenic corn (CHB 351, named Starlink) on health condition of dairy cows and transfer of CRY9C protein and cry9C gene to milk, blood, liver and muscle. *Anim. Sci. J.* 74, 81-88.

ZHU, Y.; LI, D.; WANG, F.; YIN, J.; JIN, H. (2004): Nutritional assessment and fate of DNA of soybean meal from roundup ready or conventional soybeans using rats. *Arch. Anim. Nutr.* Vol.58 (4), 295-310.

## 9 Anhang

**Tabelle A1: Aufstellung der ausgetauschten Tiere während der Studie, deren Austauschgrund und die Versuchsdauer**

<b>Versuchstier</b>	<b>Versuchsgruppe</b>	<b>Grund des Austausches (Erkrankungen, Problematik)</b>	<b>Versuchsdauer (Wochen)</b>
1	Isogen	Prolapsus uteri, schlechter Allgemeinzustand	67
364	Isogen	keine Trächtigkeit, Gliedmaßen	72
516	Isogen	keine Trächtigkeit	26
544	Isogen	keine Trächtigkeit	62
620	Isogen	keine Trächtigkeit	66
737	Isogen	keine Trächtigkeit	22
794	Isogen	Cystitis	40
807	Isogen	keine Trächtigkeit, Gliedmaßen	37
810	Isogen	keine Trächtigkeit	52
651	Transgen	keine Trächtigkeit	61
702	Transgen	keine Trächtigkeit	16
706	Transgen	keine Trächtigkeit	62
718	Transgen	Gliedmaßen	29
793	Transgen	Gebärparese, schlechter Allgemeinzustand	63
801	Transgen	Klauen, schlechter Allgemeinzustand	62
806	Transgen	Gliedmaßen	62
827	Transgen	Gliedmaßen	48
991	Transgen	keine Trächtigkeit	76

**Tabelle A2: Ermittelte Verdaulichkeiten (%) der organischen Substanz, des Rohfettes und der Rohfaser für die eingesetzten isogenen und transgenen Maiskomponenten**

Futtermittel	Woche	Verdaulichkeit (%)		
		OS	XL	XF
Körnermais Isogen Ernte 2004	1-57	90	90	65
Körnermais Transgen Ernte 2004	1-57	91	93	69
Körnermais Isogen Ernte 2005 <sup>1</sup>	58-107	90	90	65
Körnermais Transgen Ernte 2005	58-107	88	93	56
Maiskobs Isogen Ernte 2004	1-61	74	87	60
Maiskobs Isogen Zukauf 2004	62-77	76	87	69
Maiskobs Transgen Ernte 2004	1-77	77	88	65
Maiskobs Isogen Ernte 2006	78-107	77	86	68
Maiskobs Transgen Ernte 2006	78-107	78	89	63
Mittelwert Verdauungsversuche Maiskobs <sup>2</sup>	1-107	77	87	65
Maissilage Isogen Ernte 2004	1-54	72	84	56
Maissilage Transgen Ernte 2004	1-54	74	87	62
Maissilage Isogen Ernte 2005	55-86	75	87	62
Maissilage Transgen Ernte 2005	55-86	75	89	66
Maissilage Isogen Ernte 2006	87-107	79	91	64
Maissilage Transgen Ernte 2006 (Schwarzenau)	87-90	62	79	47
Maissilage Transgen Ernte 2006 (Baumannshof)	-	60	77	51
Maissilage Transgen Ernte 2006 (Grub)	99-107	78	90	62
Maissilage Transgen (Baumannshof + Grub) <sup>3</sup>	91-98	69	83	57

<sup>1</sup> Versuch nicht auswertbar, Verwendung der Ergebnisse aus der Ernte 2004

<sup>2</sup> aufgrund der hohen Streuung zwischen den Tieren und der unterschiedlichen Anzahl der Versuche, Verwendung des Mittelwertes aus allen Verdauungsversuche für die Energieberechnung

<sup>3</sup> gleichzeitiger Einsatz der beiden Maissilagen, die Verdaulichkeiten wurden aus den Ergebnissen der Verdauungsversuche gemittelt und verwendet

**Tabelle A3: Ermittelte Verdaulichkeiten (%) der organischen Substanz, des Rohfettes und der Rohfaser für die eingesetzte Roggenwickensilage, dem Leistungskraftfutter und der PMR**

Futtermittel	Woche	Verdaulichkeit (%)		
		OS	XL	XF
Roggenwickensilage	1-9	74	68	78
LKF Isogen	1-107	87	99	42
LKF Transgen	1-107	86	97	42
PMR Isogen	1-107	75	83	58
PMR Transgen	1-107	78	87	59

**Tabelle A4: Verwendete Verdaulichkeiten (%) der organischen Substanz, des Rohfettes und der Rohfaser für die eingesetzten Futtermittel (DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer, 1997)**

Futtermittel	Woche	Verdaulichkeit (%)		
		OS	XL	XF
Grassilage, 1 Schnitt	10-20	79	55	80
Grassilage, 2 Schnitt	21-32	72	60	75
Grassilage, 3 Schnitt	33-37	70	58	72
Grassilage, 4 Schnitt	38-43	70	58	74
Grassilage, 4 Schnitt	44-54	68	59	70
Grassilage, 1 Schnitt	55-60	79	55	80
Grassilage, 2 Schnitt	61-67	70	58	74
Grassilage, 3 Schnitt	68-69	70	58	72
Grassilage, 2 Schnitt	70-74	70	65	74
Grassilage, 3 Schnitt	75-79	72	66	74
Grassilage, 3 Schnitt	80-88	70	65	74
Grassilage, 3 Schnitt	89-102	70	58	74
Grassilage, 3 Schnitt	103-107	72	66	74
Gerstenstroh	1-107	50	41	55
Rapsextraktionsschrot	1-107	76	86	40
Rapsöl	1-107	96	96	0
Melasseschnitzel	1-107	89	0	85
Melasse	11-107	89	0	0

**Tabelle A5: Mittlere Rationsaufnahme (kg T/d) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	12,5 ± 0,4	20	11,5 ± 0,4	23
-1	12,4 ± 0,4	23	11,6 ± 0,4	24
0	11,5 ± 0,4	23	9,9 ± 0,4	24
1	11,5 ± 0,4	24	11,2 ± 0,4	25
2	13,0 ± 0,4	24	12,9 ± 0,4	26
3	14,0 ± 0,4	25	13,9 ± 0,4	26
4	14,7 ± 0,4	25	14,6 ± 0,4	26
5	15,1 ± 0,4	25	15,2 ± 0,4	26
6	15,1 ± 0,4	25	15,0 ± 0,4	26
7	15,3 ± 0,4	25	15,1 ± 0,4	26
8	15,5 ± 0,4	25	15,3 ± 0,4	26
9	15,4 ± 0,4	25	15,7 ± 0,4	26
10	15,9 ± 0,4	25	16,2 ± 0,4	26
11	16,6 ± 0,4	25	16,3 ± 0,4	26
12	16,9 ± 0,4	25	16,3 ± 0,4	26
13	17,0 ± 0,4	25	17,0 ± 0,4	26
14	17,3 ± 0,4	25	17,0 ± 0,4	25
15	17,1 ± 0,4	24	17,2 ± 0,4	25
16	17,0 ± 0,4	24	16,9 ± 0,4	25
17	17,4 ± 0,4	24	17,4 ± 0,4	25
18	17,5 ± 0,4	24	17,1 ± 0,4	25
19	17,7 ± 0,4	24	17,4 ± 0,4	25
20	17,4 ± 0,4	24	17,5 ± 0,4	25
21	17,5 ± 0,4	24	17,5 ± 0,4	25
22	17,7 ± 0,4	24	17,8 ± 0,4	25
23	17,4 ± 0,4	24	17,5 ± 0,4	25
24	17,9 ± 0,4	24	17,3 ± 0,4	24
25	17,5 ± 0,4	24	17,6 ± 0,4	24
26	17,4 ± 0,4	24	17,8 ± 0,4	24
27	17,5 ± 0,4	24	18,1 ± 0,4	24
28	17,2 ± 0,4	24	18,2 ± 0,4	23
29	17,4 ± 0,4	24	18,0 ± 0,4	23
30	17,0 ± 0,4	24	18,2 ± 0,4	23
31	17,2 ± 0,4	23	18,0 ± 0,4	23
32	16,6 ± 0,4	23	17,9 ± 0,4	23
33	16,9 ± 0,4	22	18,2 ± 0,4	23
34	17,3 ± 0,4	21	18,1 ± 0,4	23
35	17,3 ± 0,4	21	18,2 ± 0,4	23
36	17,1 ± 0,4	21	18,3 ± 0,4	23
37	17,1 ± 0,4	21	18,2 ± 0,4	22
38	16,7 ± 0,4	19	17,8 ± 0,4	22
39	16,7 ± 0,4	19	17,8 ± 0,4	22
40	17,3 ± 0,4	19	17,9 ± 0,4	21
41	16,8 ± 0,4	19	18,0 ± 0,4	20
42	16,9 ± 0,5	14	17,6 ± 0,5	16
43	17,1 ± 0,5	14	17,5 ± 0,5	15
44	17,1 ± 0,5	11	17,8 ± 0,5	13
45	16,6 ± 0,6	11	17,8 ± 0,5	11

**Tabelle A6: Mittlere Rationsaufnahme (kg T/d) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./ p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	12,9 ± 0,5	14	12,0 ± 0,5	13
-1	12,2 ± 0,5	14	12,8 ± 0,5	13
0	10,4 ± 0,5	14	11,4 ± 0,5	13
1	11,6 ± 0,5	14	11,3 ± 0,5	12
2	13,8 ± 0,5	14	14,2 ± 0,5	12
3	15,5 ± 0,5	14	15,5 ± 0,6	11
4	15,3 ± 0,5	14	15,5 ± 0,6	11
5	16,5 ± 0,5	14	15,8 ± 0,6	11
6	17,0 ± 0,5	14	16,9 ± 0,6	11
7	17,0 ± 0,5	14	17,1 ± 0,6	11
8	17,3 ± 0,5	13	16,8 ± 0,6	11
9	17,2 ± 0,5	12	16,6 ± 0,6	11
10	17,7 ± 0,6	11	16,8 ± 0,6	10
11	18,2 ± 0,6	11	17,0 ± 0,6	10
12	18,7 ± 0,6	11	17,0 ± 0,6	10
13	19,1 ± 0,6	11	17,5 ± 0,6	10
14	18,7 ± 0,6	11	17,8 ± 0,6	10
15	18,9 ± 0,6	10	17,6 ± 0,6	10
16	19,1 ± 0,6	10	17,5 ± 0,6	10
17	18,8 ± 0,6	10	17,2 ± 0,6	10
18	19,5 ± 0,6	10	17,8 ± 0,6	9
19	19,4 ± 0,6	10	18,2 ± 0,6	9
20	19,0 ± 0,6	9	17,9 ± 0,6	9
21	19,2 ± 0,6	9	18,3 ± 0,6	9
22	19,4 ± 0,6	9	17,8 ± 0,6	9
23	19,1 ± 0,6	9	17,7 ± 0,6	9
24	18,6 ± 0,6	9	17,7 ± 0,6	9
25	18,6 ± 0,7	8	18,0 ± 0,6	9
26	18,2 ± 0,7	7	18,4 ± 0,6	9
27	18,9 ± 0,7	7	18,7 ± 0,6	9
28	18,5 ± 0,7	7	18,7 ± 0,6	9
29	19,0 ± 0,7	7	19,0 ± 0,6	9

**Tabelle A7: Mittlere Kraftfutteraufnahme (kg T/d) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Laktationswoche	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	2,7 ± 0,2	24	2,5 ± 0,2	25
2	3,0 ± 0,2	24	3,2 ± 0,2	26
3	3,4 ± 0,2	25	3,7 ± 0,2	26
4	3,8 ± 0,2	25	3,9 ± 0,2	26
5	4,2 ± 0,2	25	4,3 ± 0,2	26
6	4,6 ± 0,2	25	4,7 ± 0,2	26
7	5,0 ± 0,2	25	5,1 ± 0,2	25
8	5,3 ± 0,2	25	5,5 ± 0,2	25
9	5,7 ± 0,2	25	5,6 ± 0,2	25
10	5,4 ± 0,2	25	5,3 ± 0,2	25
11	4,9 ± 0,2	25	4,9 ± 0,2	25
12	4,4 ± 0,2	25	4,6 ± 0,2	25
13	3,9 ± 0,2	25	4,0 ± 0,2	24
14	3,6 ± 0,2	24	3,5 ± 0,2	23
15	3,3 ± 0,2	23	3,2 ± 0,2	23
16	3,1 ± 0,2	22	2,9 ± 0,2	21
17	3,1 ± 0,2	20	2,7 ± 0,2	19
18	3,1 ± 0,2	19	2,8 ± 0,3	19
19	2,9 ± 0,3	18	3,0 ± 0,3	19
20	2,9 ± 0,3	18	2,7 ± 0,3	18
21	2,7 ± 0,3	18	2,6 ± 0,3	17
22	2,4 ± 0,3	17	2,3 ± 0,3	16
23	2,2 ± 0,3	15	2,2 ± 0,3	17
24	2,3 ± 0,3	14	2,2 ± 0,3	15
25	2,3 ± 0,3	15	2,0 ± 0,3	14
26	2,2 ± 0,3	14	1,8 ± 0,3	11
27	2,0 ± 0,3	11	1,6 ± 0,3	10
28	1,9 ± 0,3	10	1,7 ± 0,3	10
29	2,0 ± 0,3	10	1,6 ± 0,3	11
30	1,8 ± 0,3	10	1,4 ± 0,4	7
31	1,6 ± 0,4	9	1,5 ± 0,4	7
32	1,7 ± 0,4	9	1,5 ± 0,4	8
33	1,5 ± 0,4	8	1,5 ± 0,4	6
34	1,5 ± 0,4	8	1,4 ± 0,4	7
35	1,9 ± 0,4	8	1,6 ± 0,4	5
36	1,5 ± 0,4	8	1,4 ± 0,5	5
37	1,6 ± 0,4	7	1,0 ± 0,5	5
38	2,0 ± 0,5	6	0,6 ± 0,5	3
39	1,8 ± 0,5	6	0,9 ± 0,5	3
40	1,5 ± 0,5	6	0,7 ± 0,6	2
41	1,5 ± 0,5	5	0,9	1
42	1,1 ± 0,5	5	0,9	1
43	0,9 ± 0,6	5	0,5	1
44	0,8 ± 0,6	2	-	-
45	1,3 ± 0,6	3	-	-

**Tabelle A8: Mittlere Kraftfutteraufnahme (kg T/d) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./ p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	2,8 ± 0,2	13	2,7 ± 0,3	12
2	3,2 ± 0,2	13	3,1 ± 0,3	12
3	3,6 ± 0,2	13	3,6 ± 0,3	11
4	4,1 ± 0,2	13	4,0 ± 0,3	11
5	4,6 ± 0,2	13	4,5 ± 0,3	11
6	5,0 ± 0,2	13	4,8 ± 0,3	11
7	5,4 ± 0,2	13	5,2 ± 0,3	11
8	5,8 ± 0,2	12	5,7 ± 0,3	11
9	5,6 ± 0,2	12	6,0 ± 0,3	11
10	5,4 ± 0,3	11	5,5 ± 0,3	10
11	5,1 ± 0,3	11	5,0 ± 0,3	10
12	4,7 ± 0,3	11	4,9 ± 0,3	10
13	4,5 ± 0,3	11	4,6 ± 0,3	10
14	4,1 ± 0,3	11	4,1 ± 0,3	10
15	3,8 ± 0,3	10	3,7 ± 0,3	10
16	3,3 ± 0,3	10	3,4 ± 0,3	10
17	3,5 ± 0,3	10	3,2 ± 0,3	10
18	3,1 ± 0,3	10	2,7 ± 0,3	9
19	3,0 ± 0,3	10	2,8 ± 0,3	8
20	2,8 ± 0,3	9	2,6 ± 0,3	8
21	2,6 ± 0,3	9	2,3 ± 0,3	8
22	2,0 ± 0,3	9	2,1 ± 0,3	8
23	1,8 ± 0,3	9	2,0 ± 0,3	8
24	1,5 ± 0,3	7	2,1 ± 0,3	8
25	1,4 ± 0,3	6	1,8 ± 0,3	7
26	1,4 ± 0,4	5	1,7 ± 0,3	7
27	1,3 ± 0,4	4	1,5 ± 0,3	7
28	0,9 ± 0,4	3	1,4 ± 0,3	6
29	0,8 ± 0,5	3	1,7 ± 0,4	5

**Tabelle A9: Mittlere Gesamtfuttermittelaufnahme (kg T/d) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	12,5 ± 0,5	20	11,5 ± 0,5	23
-1	12,4 ± 0,5	23	11,6 ± 0,5	24
0	11,8 ± 0,5	23	10,8 ± 0,5	24
1	14,2 ± 0,5	24	13,8 ± 0,4	25
2	15,9 ± 0,5	24	16,1 ± 0,4	26
3	17,5 ± 0,5	25	17,6 ± 0,4	26
4	18,5 ± 0,5	25	18,5 ± 0,4	26
5	19,4 ± 0,5	25	19,5 ± 0,4	26
6	19,7 ± 0,5	25	19,7 ± 0,4	26
7	20,3 ± 0,5	25	20,1 ± 0,4	26
8	20,8 ± 0,5	25	20,7 ± 0,4	26
9	21,1 ± 0,5	25	21,2 ± 0,4	26
10	21,2 ± 0,5	25	21,3 ± 0,4	26
11	21,5 ± 0,5	25	21,1 ± 0,4	26
12	21,3 ± 0,5	25	20,7 ± 0,4	26
13	20,9 ± 0,5	25	20,8 ± 0,4	26
14	20,8 ± 0,5	25	20,4 ± 0,4	25
15	20,3 ± 0,5	24	20,3 ± 0,5	25
16	20,0 ± 0,5	24	19,6 ± 0,5	25
17	20,1 ± 0,5	24	19,7 ± 0,5	25
18	20,1 ± 0,5	24	19,4 ± 0,5	25
19	20,1 ± 0,5	24	19,7 ± 0,5	25
20	19,7 ± 0,5	24	19,5 ± 0,5	25
21	19,6 ± 0,5	24	19,3 ± 0,5	25
22	19,5 ± 0,5	24	19,4 ± 0,5	25
23	19,1 ± 0,5	24	19,0 ± 0,5	25
24	19,5 ± 0,5	24	18,7 ± 0,5	24
25	18,9 ± 0,5	24	18,8 ± 0,5	24
26	18,7 ± 0,5	24	18,8 ± 0,5	24
27	18,6 ± 0,5	24	18,9 ± 0,5	24
28	18,2 ± 0,5	24	19,0 ± 0,5	23
29	18,3 ± 0,5	24	18,7 ± 0,5	23
30	17,8 ± 0,5	24	18,8 ± 0,5	23
31	17,8 ± 0,5	23	18,6 ± 0,5	23
32	17,2 ± 0,5	23	18,5 ± 0,5	23
33	17,4 ± 0,5	22	18,6 ± 0,5	23
34	17,8 ± 0,5	21	18,5 ± 0,5	23
35	18,0 ± 0,5	21	18,5 ± 0,5	23
36	17,6 ± 0,5	21	18,6 ± 0,5	23
37	17,6 ± 0,5	21	18,4 ± 0,5	22
38	17,2 ± 0,5	19	17,8 ± 0,5	22
39	17,2 ± 0,5	19	17,9 ± 0,5	22
40	17,7 ± 0,5	19	18,0 ± 0,5	21
41	17,2 ± 0,5	19	18,0 ± 0,5	20
42	17,1 ± 0,6	14	17,7 ± 0,5	16
43	17,4 ± 0,6	14	17,5 ± 0,6	15
44	17,3 ± 0,6	11	17,8 ± 0,6	13
45	16,9 ± 0,7	11	17,8 ± 0,6	11

**Tabelle A10: Mittlere Gesamtfuttermittelaufnahme (kg T/d) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./ p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	12,9 ± 0,6	14	12,0 ± 0,6	13
-1	12,2 ± 0,6	14	12,8 ± 0,6	13
0	11,4 ± 0,6	14	11,8 ± 0,6	13
1	14,2 ± 0,6	14	13,9 ± 0,6	12
2	16,8 ± 0,6	14	17,2 ± 0,6	12
3	18,8 ± 0,6	14	19,0 ± 0,6	11
4	19,2 ± 0,6	14	19,5 ± 0,6	11
5	20,7 ± 0,6	14	20,3 ± 0,6	11
6	21,6 ± 0,6	14	21,7 ± 0,7	11
7	22,0 ± 0,6	14	22,3 ± 0,7	11
8	22,6 ± 0,6	13	22,5 ± 0,7	11
9	22,5 ± 0,6	12	22,6 ± 0,7	11
10	22,9 ± 0,6	11	22,4 ± 0,7	10
11	23,2 ± 0,6	11	22,1 ± 0,7	10
12	23,4 ± 0,6	11	21,9 ± 0,7	10
13	23,6 ± 0,7	11	22,1 ± 0,7	10
14	22,7 ± 0,7	11	21,9 ± 0,7	10
15	22,7 ± 0,7	10	21,4 ± 0,7	10
16	22,5 ± 0,7	10	20,9 ± 0,7	10
17	22,3 ± 0,7	10	20,4 ± 0,7	10
18	22,6 ± 0,7	10	20,5 ± 0,7	9
19	22,4 ± 0,7	10	20,7 ± 0,7	9
20	21,8 ± 0,7	9	20,2 ± 0,7	9
21	21,8 ± 0,7	9	20,3 ± 0,7	9
22	21,4 ± 0,7	9	19,7 ± 0,7	9
23	20,9 ± 0,7	9	19,5 ± 0,7	9
24	20,0 ± 0,7	9	19,5 ± 0,7	9
25	19,8 ± 0,7	8	19,5 ± 0,7	9
26	19,2 ± 0,8	7	19,7 ± 0,7	9
27	19,7 ± 0,8	7	19,9 ± 0,7	9
28	19,0 ± 0,8	7	19,8 ± 0,7	9
29	19,4 ± 0,8	7	20,1 ± 0,7	9

**Tabelle A11: Mittlere Milchleistung (kg/d) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Laktationswoche	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	27,0 ± 0,9	14	25,8 ± 0,8	20
2	27,9 ± 0,8	24	27,4 ± 0,8	26
3	29,2 ± 0,8	25	28,8 ± 0,8	26
4	29,8 ± 0,8	25	30,2 ± 0,8	26
5	30,6 ± 0,8	25	30,2 ± 0,8	26
6	30,3 ± 0,8	25	29,8 ± 0,8	26
7	30,1 ± 0,8	25	29,9 ± 0,8	26
8	30,3 ± 0,8	25	29,5 ± 0,8	26
9	30,4 ± 0,8	25	29,3 ± 0,8	26
10	29,7 ± 0,8	25	29,7 ± 0,8	26
11	29,2 ± 0,8	25	29,4 ± 0,8	26
12	28,8 ± 0,8	25	28,3 ± 0,8	26
13	28,7 ± 0,8	25	27,7 ± 0,8	26
14	28,2 ± 0,8	25	27,2 ± 0,8	24
15	27,8 ± 0,8	24	26,5 ± 0,8	25
16	27,2 ± 0,8	24	26,2 ± 0,8	25
17	26,9 ± 0,8	24	25,9 ± 0,8	25
18	26,6 ± 0,8	24	25,7 ± 0,8	25
19	26,3 ± 0,8	24	25,4 ± 0,8	25
20	25,7 ± 0,8	24	24,9 ± 0,8	25
21	25,0 ± 0,8	24	24,2 ± 0,8	25
22	24,8 ± 0,8	24	24,0 ± 0,8	25
23	24,5 ± 0,8	24	23,6 ± 0,8	25
24	24,3 ± 0,8	24	23,1 ± 0,8	24
25	23,7 ± 0,8	24	22,3 ± 0,8	24
26	22,7 ± 0,8	24	22,0 ± 0,8	24
27	22,3 ± 0,8	24	21,8 ± 0,8	24
28	21,9 ± 0,8	24	21,6 ± 0,8	23
29	21,5 ± 0,8	24	21,3 ± 0,8	23
30	20,8 ± 0,8	24	21,5 ± 0,8	23
31	20,5 ± 0,8	23	21,5 ± 0,8	23
32	19,8 ± 0,8	23	20,8 ± 0,8	23
33	19,7 ± 0,8	22	20,5 ± 0,8	23
34	20,1 ± 0,8	21	20,5 ± 0,8	23
35	19,4 ± 0,9	21	20,0 ± 0,8	23
36	18,7 ± 0,9	21	19,9 ± 0,8	23
37	18,7 ± 0,9	21	19,4 ± 0,8	22
38	18,0 ± 0,9	19	18,9 ± 0,8	22
39	17,8 ± 0,9	19	18,8 ± 0,8	22
40	17,6 ± 0,9	19	18,3 ± 0,9	21
41	16,9 ± 0,9	19	17,7 ± 0,9	20
42	16,6 ± 1,0	14	17,4 ± 0,9	16
43	16,7 ± 1,0	14	17,4 ± 1,0	15
44	16,8 ± 1,1	11	16,6 ± 1,0	13
45	16,5 ± 1,2	11	16,9 ± 1,1	11

**Tabelle A12: Mittlere Milchleistung (kg/d) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Laktationswoche	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	30,4 ± 1,0	10	31,4 ± 1,1	8
2	32,4 ± 1,0	13	31,8 ± 1,0	12
3	33,1 ± 1,0	13	33,2 ± 1,0	11
4	34,3 ± 1,0	13	33,4 ± 1,1	11
5	35,6 ± 1,0	13	34,2 ± 1,1	11
6	34,3 ± 1,0	13	33,6 ± 1,1	11
7	34,5 ± 1,0	13	33,6 ± 1,1	11
8	34,0 ± 1,0	12	32,6 ± 1,1	11
9	33,9 ± 1,0	12	31,6 ± 1,1	11
10	33,9 ± 1,0	11	32,0 ± 1,1	10
11	32,6 ± 1,1	11	32,0 ± 1,1	10
12	31,4 ± 1,1	11	31,5 ± 1,1	10
13	31,6 ± 1,1	11	30,7 ± 1,1	10
14	30,8 ± 1,1	11	29,6 ± 1,1	10
15	29,8 ± 1,1	10	29,1 ± 1,1	10
16	30,3 ± 1,1	10	28,9 ± 1,1	10
17	28,7 ± 1,1	10	26,8 ± 1,1	10
18	28,6 ± 1,1	10	27,0 ± 1,1	9
19	28,2 ± 1,1	10	26,4 ± 1,2	9
20	27,4 ± 1,1	9	25,9 ± 1,2	9
21	26,1 ± 1,2	9	25,7 ± 1,2	9
22	25,8 ± 1,2	9	25,8 ± 1,2	9
23	24,9 ± 1,2	9	24,8 ± 1,2	9
24	24,2 ± 1,2	9	24,1 ± 1,2	9
25	24,0 ± 1,2	8	24,3 ± 1,2	9
26	22,8 ± 1,3	7	24,0 ± 1,2	9
27	21,8 ± 1,3	7	23,6 ± 1,2	9
28	21,5 ± 1,3	7	23,5 ± 1,2	9
29	21,0 ± 1,3	7	23,6 ± 1,2	9

**Tabelle A13: Mittlere Milchfettgehalte (%) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Laktationswoche	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	4,23 ± 0,10	14	4,36 ± 0,09	19
2	4,05 ± 0,08	24	3,94 ± 0,08	26
3	4,00 ± 0,08	25	3,95 ± 0,08	25
4	3,79 ± 0,08	24	3,86 ± 0,08	26
5	3,74 ± 0,08	25	3,71 ± 0,08	26
6	3,55 ± 0,08	25	3,76 ± 0,08	26
7	3,65 ± 0,08	25	3,71 ± 0,08	26
8	3,62 ± 0,08	25	3,58 ± 0,08	26
9	3,69 ± 0,08	25	3,67 ± 0,08	26
10	3,65 ± 0,08	25	3,80 ± 0,08	26
11	3,61 ± 0,08	25	3,81 ± 0,08	26
12	3,74 ± 0,08	25	3,77 ± 0,08	26
13	3,74 ± 0,08	25	3,79 ± 0,08	26
14	3,78 ± 0,08	25	3,85 ± 0,08	24
15	3,73 ± 0,08	24	3,86 ± 0,08	25
16	3,78 ± 0,08	24	3,80 ± 0,08	25
17	3,73 ± 0,08	24	3,85 ± 0,08	25
18	3,71 ± 0,08	24	3,91 ± 0,08	25
19	3,77 ± 0,08	24	3,99 ± 0,08	25
20	3,86 ± 0,08	24	3,88 ± 0,08	25
21	3,88 ± 0,08	24	3,98 ± 0,08	25
22	3,80 ± 0,08	24	4,01 ± 0,08	25
23	3,90 ± 0,08	24	3,97 ± 0,08	25
24	3,88 ± 0,08	24	4,05 ± 0,08	24
25	4,02 ± 0,08	24	4,16 ± 0,08	24
26	3,96 ± 0,08	24	4,07 ± 0,08	24
27	3,97 ± 0,08	24	4,09 ± 0,08	24
28	3,94 ± 0,08	24	4,12 ± 0,08	23
29	3,96 ± 0,08	24	4,15 ± 0,08	23
30	4,00 ± 0,08	24	4,07 ± 0,08	23
31	4,03 ± 0,08	23	4,14 ± 0,08	23
32	4,00 ± 0,08	23	4,22 ± 0,08	23
33	4,10 ± 0,09	22	4,22 ± 0,08	23
34	4,10 ± 0,09	21	4,19 ± 0,08	23
35	4,13 ± 0,09	21	4,11 ± 0,08	23
36	4,10 ± 0,09	21	4,21 ± 0,08	23
37	4,18 ± 0,09	21	4,32 ± 0,09	22
38	4,21 ± 0,09	18	4,22 ± 0,09	22
39	4,28 ± 0,09	19	4,25 ± 0,09	22
40	4,26 ± 0,09	19	4,37 ± 0,09	21
41	4,39 ± 0,09	19	4,36 ± 0,09	20
42	4,39 ± 0,10	14	4,33 ± 0,10	16
43	4,34 ± 0,11	14	4,38 ± 0,10	15
44	4,28 ± 0,12	11	4,29 ± 0,11	13
45	4,27 ± 0,12	11	4,36 ± 0,12	11

**Tabelle A14: Mittlere Milchfettgehalte (%) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Laktationswoche	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	4,60 ± 0,12	9	4,58 ± 0,14	7
2	4,23 ± 0,11	13	4,22 ± 0,11	12
3	3,90 ± 0,11	13	3,88 ± 0,11	11
4	3,72 ± 0,11	13	3,86 ± 0,12	11
5	3,71 ± 0,11	13	3,70 ± 0,12	11
6	3,55 ± 0,11	13	3,64 ± 0,12	11
7	3,65 ± 0,11	13	3,77 ± 0,12	11
8	3,64 ± 0,11	12	3,85 ± 0,12	11
9	3,57 ± 0,11	12	3,69 ± 0,12	11
10	3,58 ± 0,11	11	3,62 ± 0,12	10
11	3,66 ± 0,11	11	3,81 ± 0,12	10
12	3,55 ± 0,12	11	3,81 ± 0,12	10
13	3,61 ± 0,12	11	3,77 ± 0,12	10
14	3,55 ± 0,12	11	3,72 ± 0,12	10
15	3,56 ± 0,12	10	3,82 ± 0,12	10
16	3,74 ± 0,12	10	3,83 ± 0,12	10
17	3,61 ± 0,12	10	3,84 ± 0,12	10
18	3,57 ± 0,12	10	3,78 ± 0,13	9
19	3,58 ± 0,12	10	3,96 ± 0,13	9
20	3,77 ± 0,13	9	3,69 ± 0,13	9
21	3,66 ± 0,13	9	3,88 ± 0,13	9
22	3,74 ± 0,13	9	3,84 ± 0,13	9
23	3,72 ± 0,13	9	3,87 ± 0,13	9
24	3,81 ± 0,13	9	4,04 ± 0,13	9
25	3,79 ± 0,13	8	3,88 ± 0,13	9
26	3,90 ± 0,14	7	3,90 ± 0,13	9
27	3,82 ± 0,14	7	3,89 ± 0,13	9
28	4,03 ± 0,14	7	3,85 ± 0,13	9
29	3,91 ± 0,15	7	3,87 ± 0,13	9

**Tabelle A15: Mittlere Milcheiweißgehalte (%) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Laktationswoche	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	3,96 ± 0,05	14	3,95 ± 0,04	19
2	3,66 ± 0,04	24	3,61 ± 0,04	26
3	3,35 ± 0,04	25	3,36 ± 0,04	25
4	3,23 ± 0,04	24	3,26 ± 0,04	26
5	3,24 ± 0,04	25	3,27 ± 0,04	26
6	3,25 ± 0,04	25	3,30 ± 0,04	26
7	3,27 ± 0,04	25	3,34 ± 0,04	26
8	3,30 ± 0,04	25	3,36 ± 0,04	26
9	3,36 ± 0,04	25	3,42 ± 0,04	26
10	3,38 ± 0,04	25	3,45 ± 0,04	26
11	3,41 ± 0,04	25	3,48 ± 0,04	26
12	3,45 ± 0,04	25	3,52 ± 0,04	26
13	3,47 ± 0,04	25	3,50 ± 0,04	26
14	3,50 ± 0,04	25	3,57 ± 0,04	24
15	3,50 ± 0,04	24	3,60 ± 0,04	25
16	3,50 ± 0,04	24	3,59 ± 0,04	25
17	3,53 ± 0,04	24	3,59 ± 0,04	25
18	3,56 ± 0,04	24	3,63 ± 0,04	25
19	3,55 ± 0,04	24	3,65 ± 0,04	25
20	3,55 ± 0,04	24	3,68 ± 0,04	25
21	3,59 ± 0,04	24	3,70 ± 0,04	25
22	3,58 ± 0,04	24	3,72 ± 0,04	25
23	3,62 ± 0,04	24	3,75 ± 0,04	25
24	3,64 ± 0,04	24	3,75 ± 0,04	24
25	3,66 ± 0,04	24	3,76 ± 0,04	24
26	3,65 ± 0,04	24	3,76 ± 0,04	24
27	3,65 ± 0,04	24	3,79 ± 0,04	24
28	3,67 ± 0,04	24	3,80 ± 0,04	23
29	3,68 ± 0,04	24	3,80 ± 0,04	23
30	3,70 ± 0,04	24	3,83 ± 0,04	23
31	3,72 ± 0,04	23	3,83 ± 0,04	23
32	3,73 ± 0,04	23	3,83 ± 0,04	23
33	3,71 ± 0,04	22	3,83 ± 0,04	23
34	3,78 ± 0,04	21	3,88 ± 0,04	23
35	3,80 ± 0,05	21	3,86 ± 0,04	23
36	3,80 ± 0,05	21	3,89 ± 0,04	23
37	3,83 ± 0,05	21	3,88 ± 0,04	22
38	3,81 ± 0,05	19	3,90 ± 0,04	22
39	3,85 ± 0,05	19	3,95 ± 0,04	22
40	3,88 ± 0,05	19	3,95 ± 0,04	21
41	3,86 ± 0,05	19	4,03 ± 0,05	20
42	3,86 ± 0,05	14	4,04 ± 0,05	16
43	3,90 ± 0,05	14	4,04 ± 0,05	15
44	3,97 ± 0,06	11	4,08 ± 0,05	13
45	4,02 ± 0,06	11	4,11 ± 0,06	11

**Tabelle A16: Mittlere Milcheiweißgehalte (%) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Laktationswoche	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	3,88 ± 0,05	10	4,17 ± 0,06	8
2	3,59 ± 0,05	13	3,77 ± 0,05	12
3	3,37 ± 0,05	13	3,37 ± 0,05	11
4	3,24 ± 0,05	13	3,19 ± 0,05	11
5	3,26 ± 0,05	13	3,18 ± 0,05	11
6	3,27 ± 0,05	13	3,26 ± 0,05	11
7	3,32 ± 0,05	13	3,27 ± 0,05	11
8	3,36 ± 0,05	12	3,27 ± 0,05	11
9	3,37 ± 0,05	12	3,33 ± 0,05	11
10	3,43 ± 0,05	11	3,39 ± 0,06	10
11	3,47 ± 0,05	11	3,41 ± 0,06	10
12	3,51 ± 0,05	11	3,48 ± 0,06	10
13	3,52 ± 0,05	11	3,54 ± 0,06	10
14	3,55 ± 0,05	11	3,56 ± 0,06	10
15	3,59 ± 0,06	10	3,54 ± 0,06	10
16	3,55 ± 0,06	10	3,57 ± 0,06	10
17	3,59 ± 0,06	10	3,54 ± 0,06	10
18	3,66 ± 0,06	10	3,54 ± 0,06	9
19	3,69 ± 0,06	10	3,59 ± 0,06	9
20	3,67 ± 0,06	9	3,64 ± 0,06	9
21	3,70 ± 0,06	9	3,65 ± 0,06	9
22	3,76 ± 0,06	9	3,67 ± 0,06	9
23	3,79 ± 0,06	9	3,70 ± 0,06	9
24	3,78 ± 0,06	9	3,74 ± 0,06	9
25	3,79 ± 0,06	8	3,74 ± 0,06	9
26	3,79 ± 0,06	7	3,75 ± 0,06	9
27	3,80 ± 0,07	7	3,77 ± 0,06	9
28	3,82 ± 0,07	7	3,77 ± 0,06	9
29	3,87 ± 0,07	7	3,73 ± 0,06	9

**Tabelle A17: Mittlere Milchwahnstoffgehalte (mg/l) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Laktationswoche	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	177,7 ± 10,2	14	196,3 ± 9,1	19
2	157,4 ± 8,5	24	195,1 ± 8,2	26
3	167,8 ± 8,4	25	195,9 ± 8,3	25
4	169,9 ± 8,4	24	199,3 ± 8,2	26
5	183,0 ± 8,4	25	191,3 ± 8,2	26
6	172,3 ± 8,4	25	202,2 ± 8,2	26
7	181,3 ± 8,4	25	195,8 ± 8,2	26
8	175,1 ± 8,4	25	200,9 ± 8,2	26
9	181,5 ± 8,4	25	201,1 ± 8,2	26
10	187,3 ± 8,4	25	193,9 ± 8,2	26
11	182,5 ± 8,4	25	201,3 ± 8,2	26
12	173,6 ± 8,4	25	193,3 ± 8,2	26
13	174,2 ± 8,4	25	190,4 ± 8,2	26
14	172,3 ± 8,4	25	177,9 ± 8,4	24
15	167,2 ± 8,5	24	181,5 ± 8,3	25
16	165,3 ± 8,5	24	170,5 ± 8,3	25
17	161,3 ± 8,5	24	170,5 ± 8,4	25
18	163,6 ± 8,5	24	178,7 ± 8,4	25
19	157,0 ± 8,5	24	181,5 ± 8,4	25
20	161,6 ± 8,5	24	169,1 ± 8,4	25
21	167,1 ± 8,5	24	176,5 ± 8,4	25
22	156,6 ± 8,5	24	188,4 ± 8,4	25
23	161,4 ± 8,5	24	176,9 ± 8,4	25
24	159,4 ± 8,5	24	180,7 ± 8,5	24
25	169,6 ± 8,5	24	183,4 ± 8,5	24
26	163,5 ± 8,5	24	181,4 ± 8,5	24
27	160,4 ± 8,5	24	183,1 ± 8,5	24
28	162,4 ± 8,5	24	177,8 ± 8,6	23
29	157,5 ± 8,5	24	174,3 ± 8,7	23
30	158,7 ± 8,5	24	162,9 ± 8,7	23
31	156,8 ± 8,6	23	171,9 ± 8,7	23
32	159,3 ± 8,7	23	180,4 ± 8,7	23
33	166,9 ± 8,8	22	171,2 ± 8,7	23
34	153,3 ± 9,0	21	179,9 ± 8,7	23
35	150,3 ± 9,1	21	171,2 ± 8,7	23
36	159,5 ± 9,1	21	184,4 ± 8,7	23
37	150,0 ± 9,1	21	168,4 ± 8,8	22
38	158,9 ± 9,4	19	171,1 ± 8,9	22
39	158,6 ± 9,5	19	166,6 ± 8,9	22
40	150,5 ± 9,6	19	165,7 ± 9,0	21
41	147,5 ± 9,6	19	164,7 ± 9,2	20
42	147,6 ± 10,6	14	165,3 ± 10,0	16
43	146,0 ± 10,9	14	178,0 ± 10,5	15
44	148,1 ± 12,0	11	174,4 ± 11,2	13
45	170,5 ± 12,4	11	178,1 ± 12,1	11

**Tabelle A18: Mittlere Milchwahnstoffgehalte (mg/l) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Laktationswoche	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	161,1 ± 13,0	10	190,1 ± 14,2	8
2	175,4 ± 11,9	13	182,8 ± 12,4	12
3	164,8 ± 11,9	13	181,7 ± 12,7	11
4	183,9 ± 11,9	13	192,0 ± 12,8	11
5	183,0 ± 11,9	13	172,7 ± 12,9	11
6	176,6 ± 11,9	13	156,6 ± 12,9	11
7	164,1 ± 11,9	13	167,4 ± 12,9	11
8	185,0 ± 12,2	12	192,4 ± 12,9	11
9	179,6 ± 12,3	12	182,1 ± 12,9	11
10	180,7 ± 12,7	11	176,1 ± 13,3	10
11	178,5 ± 12,8	11	181,5 ± 13,4	10
12	183,1 ± 12,9	11	167,3 ± 13,5	10
13	182,2 ± 12,9	11	185,8 ± 13,5	10
14	183,3 ± 12,9	11	196,5 ± 13,5	10
15	181,1 ± 13,3	10	175,8 ± 13,5	10
16	185,3 ± 13,4	10	187,6 ± 13,5	10
17	186,1 ± 13,5	10	187,0 ± 13,5	10
18	171,0 ± 13,5	10	179,6 ± 14,0	9
19	183,3 ± 13,5	10	180,7 ± 14,2	9
20	186,2 ± 14,0	9	175,6 ± 14,2	9
21	195,7 ± 14,2	9	177,6 ± 14,3	9
22	176,6 ± 14,2	9	159,0 ± 14,3	9
23	185,4 ± 14,3	9	162,7 ± 14,3	9
24	191,4 ± 14,3	9	170,0 ± 14,3	9
25	184,2 ± 14,8	8	156,4 ± 14,3	9
26	192,0 ± 15,7	7	166,3 ± 14,3	9
27	167,5 ± 16,0	7	151,3 ± 14,3	9
28	185,1 ± 16,1	7	170,3 ± 14,3	9
29	153,0 ± 16,2	7	163,2 ± 14,3	9

**Tabelle A19: Mittlere Lactosegehalte (%) in der Milch der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Laktationswoche	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	4,70 ± 0,04	14	4,65 ± 0,03	19
2	4,72 ± 0,03	24	4,79 ± 0,03	26
3	4,88 ± 0,03	25	4,86 ± 0,03	25
4	4,93 ± 0,03	24	4,83 ± 0,03	26
5	4,93 ± 0,03	25	4,88 ± 0,03	26
6	4,94 ± 0,03	25	4,90 ± 0,03	26
7	4,92 ± 0,03	25	4,90 ± 0,03	26
8	4,92 ± 0,03	25	4,90 ± 0,03	26
9	4,91 ± 0,03	25	4,89 ± 0,03	26
10	4,91 ± 0,03	25	4,86 ± 0,03	26
11	4,90 ± 0,03	25	4,86 ± 0,03	26
12	4,88 ± 0,03	25	4,86 ± 0,03	26
13	4,88 ± 0,03	25	4,85 ± 0,03	26
14	4,88 ± 0,03	25	4,86 ± 0,03	24
15	4,88 ± 0,03	24	4,84 ± 0,03	25
16	4,87 ± 0,03	24	4,82 ± 0,03	25
17	4,88 ± 0,03	24	4,86 ± 0,03	25
18	4,84 ± 0,03	24	4,82 ± 0,03	25
19	4,80 ± 0,03	24	4,81 ± 0,03	25
20	4,85 ± 0,03	24	4,80 ± 0,03	25
21	4,86 ± 0,03	24	4,79 ± 0,03	25
22	4,84 ± 0,03	24	4,81 ± 0,03	25
23	4,83 ± 0,03	24	4,79 ± 0,03	25
24	4,81 ± 0,03	24	4,77 ± 0,03	24
25	4,82 ± 0,03	24	4,75 ± 0,03	24
26	4,80 ± 0,03	24	4,75 ± 0,03	24
27	4,82 ± 0,03	24	4,76 ± 0,03	24
28	4,80 ± 0,03	24	4,76 ± 0,03	23
29	4,79 ± 0,03	24	4,79 ± 0,03	23
30	4,80 ± 0,03	24	4,79 ± 0,03	23
31	4,80 ± 0,03	23	4,80 ± 0,03	23
32	4,80 ± 0,03	23	4,80 ± 0,03	23
33	4,80 ± 0,03	22	4,81 ± 0,03	23
34	4,79 ± 0,03	21	4,82 ± 0,03	23
35	4,80 ± 0,03	21	4,81 ± 0,03	23
36	4,79 ± 0,03	21	4,80 ± 0,03	23
37	4,81 ± 0,03	21	4,82 ± 0,03	22
38	4,79 ± 0,03	19	4,81 ± 0,03	22
39	4,80 ± 0,03	19	4,82 ± 0,03	22
40	4,80 ± 0,03	19	4,81 ± 0,03	21
41	4,80 ± 0,03	19	4,83 ± 0,03	20
42	4,81 ± 0,04	14	4,82 ± 0,04	16
43	4,80 ± 0,04	14	4,82 ± 0,04	15
44	4,79 ± 0,04	11	4,84 ± 0,04	13
45	4,79 ± 0,04	11	4,77 ± 0,04	11

**Tabelle A20: Mittlere Lactosegehalte (%) in der Milch der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Laktationswoche	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	4,62 ± 0,04	10	4,56 ± 0,04	8
2	4,77 ± 0,03	13	4,74 ± 0,04	12
3	4,83 ± 0,03	13	4,88 ± 0,04	11
4	4,86 ± 0,03	13	4,88 ± 0,04	11
5	4,86 ± 0,03	13	4,89 ± 0,04	11
6	4,86 ± 0,03	13	4,84 ± 0,04	11
7	4,86 ± 0,03	13	4,85 ± 0,04	11
8	4,86 ± 0,04	12	4,87 ± 0,04	11
9	4,84 ± 0,04	12	4,87 ± 0,04	11
10	4,82 ± 0,04	11	4,87 ± 0,04	10
11	4,82 ± 0,04	11	4,88 ± 0,04	10
12	4,82 ± 0,04	11	4,83 ± 0,04	10
13	4,79 ± 0,04	11	4,83 ± 0,04	10
14	4,80 ± 0,04	11	4,82 ± 0,04	10
15	4,76 ± 0,04	10	4,81 ± 0,04	10
16	4,75 ± 0,04	10	4,84 ± 0,04	10
17	4,73 ± 0,04	10	4,81 ± 0,04	10
18	4,73 ± 0,04	10	4,81 ± 0,04	9
19	4,71 ± 0,04	10	4,80 ± 0,04	9
20	4,73 ± 0,04	9	4,81 ± 0,04	9
21	4,67 ± 0,04	9	4,77 ± 0,04	9
22	4,65 ± 0,04	9	4,77 ± 0,04	9
23	4,66 ± 0,04	9	4,73 ± 0,04	9
24	4,66 ± 0,04	9	4,73 ± 0,04	9
25	4,65 ± 0,04	8	4,75 ± 0,04	9
26	4,62 ± 0,04	7	4,73 ± 0,04	9
27	4,57 ± 0,05	7	4,71 ± 0,04	9
28	4,55 ± 0,05	7	4,73 ± 0,04	9
29	4,52 ± 0,05	7	4,72 ± 0,04	9

**Tabelle A21: Mittlere Zellgehalte (1000/ml) in der Milch der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Laktationswoche	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	123 ± 82	14	174 ± 73	19
2	133 ± 68	24	393 ± 66	26
3	135 ± 67	25	228 ± 67	25
4	86 ± 68	24	235 ± 66	26
5	134 ± 67	25	215 ± 66	26
6	192 ± 67	25	244 ± 66	26
7	128 ± 67	25	186 ± 66	26
8	231 ± 67	25	166 ± 66	26
9	149 ± 67	25	183 ± 66	26
10	106 ± 67	25	240 ± 66	26
11	113 ± 67	25	212 ± 66	26
12	96 ± 67	25	170 ± 66	26
13	219 ± 67	25	228 ± 66	26
14	184 ± 67	25	229 ± 67	24
15	111 ± 68	24	216 ± 67	25
16	198 ± 69	24	211 ± 67	25
17	142 ± 69	24	189 ± 67	25
18	238 ± 69	24	205 ± 67	25
19	165 ± 69	24	162 ± 67	25
20	97 ± 69	24	219 ± 67	25
21	74 ± 69	24	318 ± 67	25
22	129 ± 69	24	221 ± 67	25
23	208 ± 69	24	152 ± 67	25
24	275 ± 69	24	202 ± 68	24
25	193 ± 69	24	228 ± 69	24
26	185 ± 69	24	209 ± 69	24
27	216 ± 69	24	156 ± 69	24
28	156 ± 69	24	152 ± 70	23
29	233 ± 69	24	171 ± 70	23
30	297 ± 69	24	179 ± 70	23
31	174 ± 70	23	154 ± 70	23
32	139 ± 70	23	171 ± 70	23
33	113 ± 71	22	202 ± 70	23
34	115 ± 73	21	159 ± 70	23
35	107 ± 73	21	205 ± 70	23
36	141 ± 73	21	190 ± 70	23
37	127 ± 73	21	194 ± 71	22
38	152 ± 76	19	174 ± 72	22
39	147 ± 77	19	216 ± 72	22
40	153 ± 77	19	246 ± 73	21
41	191 ± 77	19	176 ± 74	20
42	160 ± 85	14	205 ± 81	16
43	167 ± 89	14	229 ± 85	15
44	130 ± 97	11	162 ± 90	13
45	127 ± 100	11	261 ± 98	11

**Tabelle A22: Mittlere Zellgehalte (1000/ml) in der Milch der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Laktationswoche	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	226 ± 143	10	210 ± 158	8
2	132 ± 131	13	91 ± 136	12
3	323 ± 131	13	90 ± 140	11
4	208 ± 131	13	108 ± 142	11
5	69 ± 131	13	180 ± 142	11
6	211 ± 131	13	519 ± 142	11
7	226 ± 131	13	262 ± 142	11
8	207 ± 134	12	173 ± 142	11
9	92 ± 136	12	123 ± 142	11
10	405 ± 140	11	162 ± 147	10
11	195 ± 142	11	166 ± 148	10
12	142 ± 142	11	469 ± 149	10
13	120 ± 142	11	272 ± 149	10
14	237 ± 142	11	223 ± 149	10
15	222 ± 147	10	309 ± 149	10
16	332 ± 148	10	104 ± 149	10
17	327 ± 149	10	94 ± 149	10
18	228 ± 149	10	201 ± 155	9
19	293 ± 149	10	174 ± 156	9
20	246 ± 155	9	124 ± 157	9
21	554 ± 156	9	103 ± 157	9
22	397 ± 157	9	120 ± 157	9
23	324 ± 157	9	304 ± 157	9
24	336 ± 157	9	258 ± 157	9
25	196 ± 164	8	380 ± 157	9
26	157 ± 174	7	366 ± 157	9
27	144 ± 177	7	393 ± 157	9
28	148 ± 178	7	216 ± 157	9
29	280 ± 178	7	181 ± 157	9

**Tabelle A23: Mittlere energiekorrigierte Milchmenge (kg/d) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Laktationswoche	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	28,5 ± 0,9	14	26,9 ± 0,8	19
2	28,3 ± 0,8	24	27,5 ± 0,8	26
3	29,1 ± 0,8	25	28,4 ± 0,8	25
4	28,7 ± 0,8	24	29,4 ± 0,8	26
5	29,3 ± 0,8	25	28,8 ± 0,8	26
6	28,3 ± 0,8	25	28,7 ± 0,8	26
7	28,6 ± 0,8	25	28,8 ± 0,8	26
8	28,7 ± 0,8	25	27,9 ± 0,8	26
9	29,2 ± 0,8	25	28,1 ± 0,8	26
10	28,3 ± 0,8	25	29,0 ± 0,8	26
11	27,8 ± 0,8	25	28,9 ± 0,8	26
12	28,0 ± 0,8	25	27,6 ± 0,8	26
13	27,9 ± 0,8	25	27,1 ± 0,8	26
14	27,6 ± 0,8	25	27,0 ± 0,8	24
15	27,0 ± 0,8	24	26,3 ± 0,8	25
16	26,6 ± 0,8	24	25,8 ± 0,8	25
17	26,3 ± 0,8	24	25,7 ± 0,8	25
18	26,0 ± 0,8	24	25,8 ± 0,8	25
19	25,8 ± 0,8	24	25,7 ± 0,8	25
20	25,4 ± 0,8	24	25,0 ± 0,8	25
21	24,8 ± 0,8	24	24,5 ± 0,8	25
22	24,4 ± 0,8	24	24,5 ± 0,8	25
23	24,4 ± 0,8	24	24,0 ± 0,8	25
24	24,2 ± 0,8	24	23,7 ± 0,8	24
25	24,0 ± 0,8	24	23,2 ± 0,8	24
26	22,9 ± 0,8	24	22,7 ± 0,8	24
27	22,4 ± 0,8	24	22,5 ± 0,8	24
28	22,0 ± 0,8	24	22,4 ± 0,8	23
29	21,7 ± 0,8	24	22,2 ± 0,8	23
30	21,0 ± 0,8	24	22,2 ± 0,8	23
31	20,9 ± 0,8	23	22,4 ± 0,8	23
32	20,1 ± 0,8	23	21,9 ± 0,8	23
33	20,2 ± 0,8	22	21,6 ± 0,8	23
34	20,7 ± 0,8	21	21,5 ± 0,8	23
35	20,0 ± 0,8	21	20,9 ± 0,8	23
36	19,3 ± 0,8	21	21,0 ± 0,8	23
37	19,4 ± 0,8	21	20,6 ± 0,8	22
38	18,8 ± 0,9	18	20,0 ± 0,8	22
39	18,6 ± 0,9	19	20,0 ± 0,8	22
40	18,4 ± 0,9	19	19,7 ± 0,8	21
41	17,9 ± 0,9	19	19,1 ± 0,8	20
42	17,6 ± 0,9	14	18,7 ± 0,9	16
43	17,6 ± 1,0	14	18,8 ± 0,9	15
44	17,7 ± 1,1	11	17,9 ± 1,0	13
45	17,2 ± 1,1	11	18,4 ± 1,1	11

**Tabelle A24: Mittlere energiekorrigierte Milchmenge (kg/d) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Laktationswoche	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	34,0 ± 1,1	10	32,8 ± 1,2	8
2	33,6 ± 1,1	13	33,2 ± 1,1	12
3	32,6 ± 1,1	13	32,7 ± 1,1	11
4	32,9 ± 1,1	13	32,3 ± 1,1	11
5	34,1 ± 1,1	13	32,4 ± 1,1	11
6	32,2 ± 1,1	13	31,9 ± 1,1	11
7	32,9 ± 1,1	13	32,5 ± 1,1	11
8	32,5 ± 1,1	12	31,8 ± 1,1	11
9	32,3 ± 1,1	12	30,4 ± 1,1	11
10	32,2 ± 1,1	11	30,7 ± 1,2	10
11	31,4 ± 1,1	11	31,4 ± 1,2	10
12	30,0 ± 1,1	11	31,0 ± 1,2	10
13	30,3 ± 1,1	11	30,2 ± 1,2	10
14	29,5 ± 1,1	11	29,0 ± 1,2	10
15	28,6 ± 1,2	10	28,8 ± 1,2	10
16	29,6 ± 1,2	10	28,8 ± 1,2	10
17	27,7 ± 1,2	10	26,5 ± 1,2	10
18	27,6 ± 1,2	10	26,6 ± 1,2	9
19	27,3 ± 1,2	10	26,8 ± 1,2	9
20	27,1 ± 1,2	9	25,4 ± 1,3	9
21	25,5 ± 1,2	9	25,9 ± 1,3	9
22	25,6 ± 1,3	9	25,8 ± 1,3	9
23	24,8 ± 1,3	9	24,9 ± 1,3	9
24	24,2 ± 1,3	9	24,7 ± 1,3	9
25	24,1 ± 1,3	8	24,5 ± 1,3	9
26	23,1 ± 1,4	7	24,3 ± 1,3	9
27	22,0 ± 1,4	7	23,9 ± 1,3	9
28	22,3 ± 1,4	7	23,6 ± 1,3	9
29	21,4 ± 1,4	7	23,8 ± 1,3	9

**Tabelle A25: Mittlerer Fett-Eiweiß-Quotient der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Laktationswoche	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	1,08 ± 0,03	14	1,12 ± 0,03	19
2	1,11 ± 0,02	24	1,10 ± 0,02	26
3	1,21 ± 0,02	25	1,19 ± 0,02	25
4	1,19 ± 0,02	24	1,19 ± 0,02	26
5	1,16 ± 0,02	25	1,14 ± 0,02	26
6	1,11 ± 0,02	25	1,14 ± 0,02	26
7	1,12 ± 0,02	25	1,11 ± 0,02	26
8	1,11 ± 0,02	25	1,07 ± 0,02	26
9	1,11 ± 0,02	25	1,07 ± 0,02	26
10	1,09 ± 0,02	25	1,10 ± 0,02	26
11	1,07 ± 0,02	25	1,10 ± 0,02	26
12	1,09 ± 0,02	25	1,07 ± 0,02	26
13	1,07 ± 0,02	25	1,08 ± 0,02	26
14	1,08 ± 0,02	25	1,08 ± 0,02	24
15	1,07 ± 0,02	24	1,07 ± 0,02	25
16	1,08 ± 0,02	24	1,06 ± 0,02	25
17	1,06 ± 0,02	24	1,08 ± 0,02	25
18	1,04 ± 0,02	24	1,08 ± 0,02	25
19	1,05 ± 0,02	24	1,09 ± 0,02	25
20	1,09 ± 0,02	24	1,06 ± 0,02	25
21	1,09 ± 0,02	24	1,08 ± 0,02	25
22	1,06 ± 0,02	24	1,08 ± 0,02	25
23	1,08 ± 0,02	24	1,06 ± 0,02	25
24	1,07 ± 0,02	24	1,08 ± 0,02	24
25	1,10 ± 0,02	24	1,11 ± 0,02	24
26	1,09 ± 0,02	24	1,08 ± 0,02	24
27	1,09 ± 0,02	24	1,08 ± 0,02	24
28	1,07 ± 0,02	24	1,09 ± 0,02	23
29	1,08 ± 0,02	24	1,09 ± 0,02	23
30	1,09 ± 0,02	24	1,07 ± 0,02	23
31	1,08 ± 0,02	23	1,08 ± 0,02	23
32	1,08 ± 0,02	23	1,10 ± 0,02	23
33	1,10 ± 0,02	22	1,10 ± 0,02	23
34	1,08 ± 0,02	21	1,08 ± 0,02	23
35	1,09 ± 0,03	21	1,07 ± 0,02	23
36	1,08 ± 0,03	21	1,08 ± 0,02	23
37	1,09 ± 0,03	21	1,12 ± 0,02	22
38	1,10 ± 0,03	18	1,08 ± 0,02	22
39	1,11 ± 0,03	19	1,08 ± 0,02	22
40	1,11 ± 0,03	19	1,11 ± 0,02	21
41	1,14 ± 0,03	19	1,08 ± 0,03	20
42	1,12 ± 0,03	14	1,07 ± 0,03	16
43	1,10 ± 0,03	14	1,08 ± 0,03	15
44	1,07 ± 0,03	11	1,05 ± 0,03	13
45	1,05 ± 0,03	11	1,06 ± 0,03	11

**Tabelle A26: Mittlerer Fett-Eiweiß-Quotient der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Laktationswoche	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	1,24 ± 0,03	10	1,11 ± 0,04	7
2	1,19 ± 0,03	13	1,12 ± 0,03	12
3	1,16 ± 0,03	13	1,15 ± 0,03	11
4	1,15 ± 0,03	13	1,21 ± 0,03	11
5	1,14 ± 0,03	13	1,16 ± 0,03	11
6	1,09 ± 0,03	13	1,12 ± 0,03	11
7	1,10 ± 0,03	13	1,16 ± 0,03	11
8	1,08 ± 0,03	12	1,18 ± 0,03	11
9	1,06 ± 0,03	12	1,11 ± 0,03	11
10	1,04 ± 0,03	11	1,07 ± 0,04	10
11	1,06 ± 0,03	11	1,12 ± 0,04	10
12	1,01 ± 0,03	11	1,10 ± 0,04	10
13	1,02 ± 0,03	11	1,06 ± 0,04	10
14	1,00 ± 0,03	11	1,05 ± 0,04	10
15	0,99 ± 0,04	10	1,08 ± 0,04	10
16	1,05 ± 0,04	10	1,07 ± 0,04	10
17	1,01 ± 0,04	10	1,09 ± 0,04	10
18	0,98 ± 0,04	10	1,06 ± 0,04	9
19	0,97 ± 0,04	10	1,10 ± 0,04	9
20	1,02 ± 0,04	9	1,02 ± 0,04	9
21	0,99 ± 0,04	9	1,06 ± 0,04	9
22	0,99 ± 0,04	9	1,05 ± 0,04	9
23	0,98 ± 0,04	9	1,05 ± 0,04	9
24	1,01 ± 0,04	9	1,08 ± 0,04	9
25	1,00 ± 0,04	8	1,04 ± 0,04	9
26	1,03 ± 0,04	7	1,04 ± 0,04	9
27	1,00 ± 0,04	7	1,03 ± 0,04	9
28	1,06 ± 0,04	7	1,02 ± 0,04	9
29	1,01 ± 0,04	7	1,03 ± 0,04	9

**Tabelle A27: Mittlerer Energieaufnahme (MJ NEL/d) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Laktationswoche	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	96,9 ± 3,4	21	95,2 ± 3,2	25
2	109,7 ± 3,3	24	112,1 ± 3,2	26
3	120,7 ± 3,3	25	122,4 ± 3,2	26
4	128,2 ± 3,3	25	128,9 ± 3,2	26
5	134,7 ± 3,3	25	136,2 ± 3,2	26
6	137,4 ± 3,3	25	138,2 ± 3,2	26
7	141,8 ± 3,3	25	141,5 ± 3,2	26
8	146,0 ± 3,3	25	145,7 ± 3,2	26
9	148,3 ± 3,3	25	149,2 ± 3,2	26
10	148,7 ± 3,3	25	148,7 ± 3,2	26
11	149,7 ± 3,3	25	146,6 ± 3,2	26
12	147,4 ± 3,3	25	143,6 ± 3,2	26
13	144,1 ± 3,3	25	143,9 ± 3,2	26
14	142,9 ± 3,3	25	140,4 ± 3,2	25
15	138,5 ± 3,3	24	138,6 ± 3,3	25
16	136,3 ± 3,3	24	133,5 ± 3,3	25
17	137,0 ± 3,3	24	134,4 ± 3,3	25
18	136,5 ± 3,3	24	131,4 ± 3,3	25
19	135,9 ± 3,3	24	133,0 ± 3,3	25
20	132,8 ± 3,3	24	132,0 ± 3,3	25
21	132,4 ± 3,3	24	128,9 ± 3,3	25
22	131,7 ± 3,4	24	128,7 ± 3,3	25
23	128,8 ± 3,4	24	126,7 ± 3,3	25
24	131,3 ± 3,4	24	125,2 ± 3,3	24
25	127,5 ± 3,4	24	125,6 ± 3,3	24
26	125,7 ± 3,4	24	125,1 ± 3,3	24
27	124,5 ± 3,4	24	125,4 ± 3,4	24
28	121,6 ± 3,4	24	126,6 ± 3,4	23
29	122,2 ± 3,4	24	124,5 ± 3,4	23
30	118,9 ± 3,4	24	125,1 ± 3,4	23
31	119,0 ± 3,4	23	125,5 ± 3,4	23
32	114,5 ± 3,4	23	125,0 ± 3,4	23
33	115,6 ± 3,4	22	125,5 ± 3,4	23
34	117,8 ± 3,4	21	124,5 ± 3,4	23
35	119,4 ± 3,4	21	124,0 ± 3,4	23
36	117,2 ± 3,4	21	124,4 ± 3,4	23
37	116,8 ± 3,5	21	122,0 ± 3,5	22
38	113,7 ± 3,6	19	117,9 ± 3,5	22
39	112,9 ± 3,6	19	118,6 ± 3,5	22
40	116,4 ± 3,6	19	118,8 ± 3,5	21
41	112,3 ± 3,7	19	119,2 ± 3,6	20
42	111,5 ± 3,7	14	116,3 ± 3,8	16
43	113,6 ± 3,8	14	114,1 ± 4,0	15
44	112,4 ± 3,8	11	116,4 ± 4,3	13
45	110,5 ± 4,0	11	116,5 ± 4,6	11

**Tabelle A28: Mittlere Energieaufnahme (MJ NEL/d) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Laktationswoche	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	94,1 ± 4,3	14	95,6 ± 4,5	12
2	113,4 ± 4,3	14	119,1 ± 4,6	12
3	127,6 ± 4,3	14	131,1 ± 4,7	11
4	130,3 ± 4,3	14	135,2 ± 4,8	11
5	141,3 ± 4,3	14	140,9 ± 4,8	11
6	147,4 ± 4,3	14	151,1 ± 4,8	11
7	149,7 ± 4,3	14	155,6 ± 4,8	11
8	153,9 ± 4,4	13	157,1 ± 4,8	11
9	153,1 ± 4,5	12	158,0 ± 4,8	11
10	155,5 ± 4,7	11	156,1 ± 4,9	10
11	157,0 ± 4,8	11	152,5 ± 5,0	10
12	158,3 ± 4,8	11	151,0 ± 5,0	10
13	160,7 ± 4,8	11	150,8 ± 5,1	10
14	154,4 ± 4,8	11	148,9 ± 5,1	10
15	153,9 ± 4,9	10	144,8 ± 5,1	10
16	151,4 ± 5,0	10	140,5 ± 5,1	10
17	150,5 ± 5,0	10	137,6 ± 5,1	10
18	152,7 ± 5,1	10	136,3 ± 5,2	9
19	151,6 ± 5,1	10	137,6 ± 5,3	9
20	147,6 ± 5,2	9	134,7 ± 5,3	9
21	149,1 ± 5,3	9	135,7 ± 5,3	9
22	147,4 ± 5,3	9	132,1 ± 5,3	9
23	144,5 ± 5,3	9	131,0 ± 5,3	9
24	138,4 ± 5,3	9	131,7 ± 5,3	9
25	136,9 ± 5,5	8	132,9 ± 5,3	9
26	132,8 ± 5,8	7	133,0 ± 5,3	9
27	135,3 ± 5,9		132,1 ± 5,3	
28	129,8 ± 6,0		132,1 ± 5,3	
29	133,4 ± 6,0		132,9 ± 5,3	

**Tabelle A29: Mittlere Energiebilanz (MJ NEL/d) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Laktationswoche	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	-33,5 ± 3,0	14	-28,2 ± 2,7	19
2	-19,6 ± 2,5	24	-14,1 ± 2,4	26
3	-11,3 ± 2,5	25	-6,8 ± 2,4	25
4	-2,4 ± 2,5	24	-3,4 ± 2,4	26
5	2,3 ± 2,5	25	5,8 ± 2,4	26
6	9,0 ± 2,5	25	9,0 ± 2,4	26
7	12,6 ± 2,5	25	12,2 ± 2,4	26
8	16,3 ± 2,5	25	19,2 ± 2,4	26
9	17,1 ± 2,5	25	22,1 ± 2,4	26
10	20,0 ± 2,5	25	18,2 ± 2,4	26
11	22,8 ± 2,5	25	16,2 ± 2,4	26
12	19,8 ± 2,5	25	17,4 ± 2,4	26
13	16,5 ± 2,5	25	19,3 ± 2,4	26
14	16,3 ± 2,5	25	16,7 ± 2,5	25
15	14,0 ± 2,5	24	16,0 ± 2,5	25
16	12,9 ± 2,5	24	12,6 ± 2,5	25
17	14,7 ± 2,5	24	13,7 ± 2,5	25
18	14,9 ± 2,5	24	10,2 ± 2,5	25
19	14,8 ± 2,5	24	12,0 ± 2,5	25
20	13,1 ± 2,5	24	13,4 ± 2,5	25
21	14,6 ± 2,5	24	11,8 ± 2,5	25
22	15,2 ± 2,5	24	11,1 ± 2,5	25
23	12,0 ± 2,5	24	10,6 ± 2,5	25
24	15,4 ± 2,5	24	10,3 ± 2,5	24
25	12,2 ± 2,5	24	12,1 ± 2,5	24
26	13,8 ± 2,5	24	13,2 ± 2,5	24
27	14,1 ± 2,5	24	14,0 ± 2,5	24
28	12,5 ± 2,5	24	15,5 ± 2,6	23
29	14,0 ± 2,5	24	14,3 ± 2,6	23
30	12,4 ± 2,5	24	14,4 ± 2,6	23
31	12,6 ± 2,6	23	14,2 ± 2,6	23
32	10,7 ± 2,6	23	15,5 ± 2,6	23
33	11,9 ± 2,6	22	17,0 ± 2,6	23
34	12,2 ± 2,7	21	15,8 ± 2,6	23
35	15,9 ± 2,7	21	17,3 ± 2,6	23
36	16,2 ± 2,7	21	17,5 ± 2,6	23
37	15,4 ± 2,7	21	16,2 ± 2,6	22
38	15,2 ± 2,8	18	14,1 ± 2,6	22
39	14,1 ± 2,8	19	14,7 ± 2,6	22
40	17,7 ± 2,8	19	15,9 ± 2,7	21
41	15,2 ± 2,8	19	17,8 ± 2,7	20
42	15,6 ± 3,1	14	16,4 ± 3,0	16
43	17,5 ± 3,2	14	14,0 ± 3,1	15
44	15,2 ± 3,5	11	18,5 ± 3,3	13
45	14,3 ± 3,7	11	16,6 ± 3,6	11

**Tabelle A30: Mittlere Energiebilanz (MJ NEL/d) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Laktationswoche	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
1	-45,6 ± 3,8	9	-49,7 ± 4,2	7
2	-28,8 ± 3,3	13	-25,7 ± 3,4	12
3	-11,7 ± 3,3	13	-12,7 ± 3,6	11
4	-9,9 ± 3,3	13	-9,2 ± 3,6	11
5	-5,0 ± 3,3	13	-3,1 ± 3,6	11
6	9,2 ± 3,3	13	10,9 ± 3,6	11
7	9,1 ± 3,3	13	13,5 ± 3,6	11
8	18,1 ± 3,4	12	17,2 ± 3,6	11
9	15,8 ± 3,4	12	22,8 ± 3,6	11
10	16,1 ± 3,5	11	19,1 ± 3,7	10
11	18,9 ± 3,6	11	13,2 ± 3,7	10
12	22,5 ± 3,6	11	13,3 ± 3,8	10
13	24,0 ± 3,6	11	15,9 ± 3,8	10
14	19,8 ± 3,6	11	17,5 ± 3,8	10
15	22,1 ± 3,7	10	14,1 ± 3,8	10
16	16,3 ± 3,7	10	9,5 ± 3,8	10
17	21,4 ± 3,8	10	14,0 ± 3,8	10
18	23,4 ± 3,8	10	12,7 ± 3,9	9
19	23,2 ± 3,8	10	13,2 ± 3,9	9
20	20,5 ± 3,9	9	14,9 ± 4,0	9
21	26,8 ± 3,9	9	14,1 ± 4,0	9
22	24,8 ± 4,0	9	10,7 ± 4,0	9
23	24,7 ± 4,0	9	12,6 ± 4,0	9
24	20,3 ± 4,0	9	13,8 ± 4,0	9
25	19,5 ± 4,1	8	15,6 ± 4,0	9
26	17,8 ± 4,4	7	16,0 ± 4,0	9
27	23,9 ± 4,4	7	16,4 ± 4,0	9
28	17,6 ± 4,5	7	17,4 ± 4,0	9
29	23,8 ± 4,5	7	17,5 ± 4,0	9

**Tabelle A31: Mittlere Lebendmassen (kg) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	766,8 ± 14,8	20	745,9 ± 14,4	23
2	693,3 ± 13,8	24	678,6 ± 13,3	26
6	669,4 ± 13,5	25	655,2 ± 13,3	26
10	674,7 ± 13,5	25	667,3 ± 13,3	26
14	679,2 ± 13,8	24	681,4 ± 13,5	25
18	681,0 ± 13,8	24	684,7 ± 13,5	25
22	682,0 ± 13,8	24	693,1 ± 13,5	24
26	683,8 ± 13,8	24	696,1 ± 13,8	24
30	694,7 ± 13,8	24	699,9 ± 14,1	23
34	692,5 ± 14,8	21	705,7 ± 14,1	23
38	705,1 ± 15,5	19	706,4 ± 14,4	22
42	715,6 ± 18,1	13	721,7 ± 17,5	15

**Tabelle A32: Mittlere Lebendmassen (kg) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	782,1 ± 17,3	14	779,1 ± 17,3	13
2	705,9 ± 17,3	14	730,5 ± 18,0	11
6	691,7 ± 16,7	13	675,3 ± 18,8	11
10	715,5 ± 18,8	11	678,3 ± 19,7	10
14	726,0 ± 19,7	10	686,8 ± 19,7	10
18	737,8 ± 19,7	9	684,6 ± 20,8	9
22	728,4 ± 20,8	8	687,2 ± 20,8	9
26	734,4 ± 23,6	7	695,6 ± 20,8	9

**Tabelle A33: Mittlere Körperkonditionsnoten der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	3,88 ± 0,11	20	3,86 ± 0,10	23
2	3,63 ± 0,10	24	3,41 ± 0,09	26
6	3,49 ± 0,09	25	3,33 ± 0,09	26
10	3,48 ± 0,09	25	3,38 ± 0,09	26
14	3,51 ± 0,10	24	3,41 ± 0,09	25
18	3,54 ± 0,10	24	3,57 ± 0,09	25
22	3,59 ± 0,10	24	3,57 ± 0,10	24
26	3,63 ± 0,10	24	3,58 ± 0,10	24
30	3,60 ± 0,10	24	3,61 ± 0,10	23
34	3,56 ± 0,10	21	3,66 ± 0,10	23
38	3,59 ± 0,11	19	3,65 ± 0,10	22
42	3,62 ± 0,13	13	3,65 ± 0,12	15

**Tabelle A34: Mittlere Körperkonditionsnoten der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	4,13 ± 0,11	14	3,87 ± 0,11	13
2	3,75 ± 0,11	14	3,57 ± 0,12	11
6	3,52 ± 0,11	13	3,27 ± 0,12	11
10	3,68 ± 0,12	11	3,25 ± 0,12	10
14	3,73 ± 0,12	10	3,35 ± 0,12	10
18	3,69 ± 0,13	9	3,42 ± 0,13	9
22	3,88 ± 0,14	8	3,47 ± 0,13	9
26	3,93 ± 0,15	7	3,58 ± 0,13	9

**Tabelle A35: Mittlere Rückenfettdicken (mm) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	21,2 ± 1,7	20	20,2 ± 1,6	23
2	19,3 ± 1,5	24	17,5 ± 1,5	26
6	16,9 ± 1,5	25	15,4 ± 1,5	26
10	16,9 ± 1,5	25	16,5 ± 1,5	26
14	16,6 ± 1,5	24	15,7 ± 1,5	25
18	16,4 ± 1,5	24	16,8 ± 1,5	25
22	16,9 ± 1,5	24	18,0 ± 1,5	24
26	17,9 ± 1,5	24	19,1 ± 1,5	24
30	19,4 ± 1,5	24	20,4 ± 1,6	23
34	18,1 ± 1,7	21	21,3 ± 1,6	23
38	18,0 ± 1,7	19	21,1 ± 1,6	22
42	17,1 ± 2,1	13	21,3 ± 2,0	15

**Tabelle A36: Mittlere Rückenfettdicken (mm) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	24,6 ± 1,7	14	21,2 ± 1,8	13
2	19,9 ± 1,7	14	18,1 ± 1,9	11
6	17,5 ± 1,8	13	13,8 ± 1,9	11
10	18,4 ± 1,9	11	11,4 ± 2,0	10
14	19,8 ± 2,0	10	11,7 ± 2,0	10
18	20,2 ± 2,1	9	13,9 ± 2,1	9
22	22,7 ± 2,3	8	15,6 ± 2,1	9
26	23,3 ± 2,4	7	16,6 ± 2,1	9

**Tabelle A37: Mittlere Glucosekonzentrationen im Blutplasma (mmol/l) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	3,27 ± 0,08	16	3,41 ± 0,09	13
-1	3,34 ± 0,07	22	3,38 ± 0,07	21
0	3,46 ± 0,07	23	3,48 ± 0,07	22
1	3,10 ± 0,07	24	3,26 ± 0,07	24
2	3,04 ± 0,07	24	3,12 ± 0,06	26
3	3,02 ± 0,07	24	3,17 ± 0,06	26
4	3,13 ± 0,07	25	3,25 ± 0,06	26
5	3,12 ± 0,07	25	3,37 ± 0,06	26
6	3,16 ± 0,07	25	3,26 ± 0,06	26
7	3,20 ± 0,07	25	3,26 ± 0,06	26
8	3,21 ± 0,07	25	3,38 ± 0,06	26
9	3,24 ± 0,07	25	3,42 ± 0,06	26
13	3,14 ± 0,07	25	3,31 ± 0,06	26
17	3,12 ± 0,07	24	3,29 ± 0,07	25
21	3,08 ± 0,07	24	3,37 ± 0,07	25
27	3,10 ± 0,07	24	3,30 ± 0,07	24
33	3,13 ± 0,07	22	3,29 ± 0,07	23
39	3,17 ± 0,08	19	3,24 ± 0,07	21
45	3,18 ± 0,10	11	3,29 ± 0,10	11

**Tabelle A38: Mittlere Glucosekonzentrationen im Blutplasma (mmol/l) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	3,34 ± 0,12	7	3,24 ± 0,12	8
-1	3,19 ± 0,10	12	3,33 ± 0,10	12
0	3,24 ± 0,10	12	3,33 ± 0,09	13
1	3,14 ± 0,09	14	3,18 ± 0,10	12
2	2,89 ± 0,09	14	2,84 ± 0,10	11
3	2,84 ± 0,09	13	2,99 ± 0,10	11
4	2,99 ± 0,09	13	3,00 ± 0,10	11
5	3,09 ± 0,09	13	3,15 ± 0,10	11
6	3,05 ± 0,09	13	3,23 ± 0,10	11
7	3,10 ± 0,09	13	3,24 ± 0,10	11
8	3,01 ± 0,10	12	3,14 ± 0,10	11
9	3,08 ± 0,10	12	3,18 ± 0,10	11
13	3,06 ± 0,10	11	3,07 ± 0,11	10
17	3,11 ± 0,11	10	3,18 ± 0,11	10
21	3,18 ± 0,11	9	3,19 ± 0,11	9
27	3,14 ± 0,13	7	3,13 ± 0,11	9

**Tabelle A39: Mittlere Gehalte an freien Fettsäuren (NEFA) im Blutplasma ( $\mu\text{mol/l}$ ) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	244,3 $\pm$ 28,9	16	247,3 $\pm$ 31,8	13
-1	237,6 $\pm$ 25,2	22	284,7 $\pm$ 25,7	21
0	282,8 $\pm$ 24,6	24	334,9 $\pm$ 25,1	22
1	465,2 $\pm$ 24,2	24	466,0 $\pm$ 24,0	24
2	385,4 $\pm$ 24,2	24	390,3 $\pm$ 23,2	26
3	347,5 $\pm$ 24,1	24	281,8 $\pm$ 23,2	26
4	298,1 $\pm$ 23,7	25	267,7 $\pm$ 23,2	26
5	297,3 $\pm$ 23,7	25	287,6 $\pm$ 23,2	26
6	277,0 $\pm$ 23,7	25	266,8 $\pm$ 23,2	26
7	285,3 $\pm$ 23,7	25	262,9 $\pm$ 23,2	26
8	271,8 $\pm$ 23,7	25	250,0 $\pm$ 23,2	26
9	274,8 $\pm$ 23,7	25	244,8 $\pm$ 23,2	26
13	254,4 $\pm$ 23,7	25	269,2 $\pm$ 23,2	26
17	287,8 $\pm$ 24,2	24	273,2 $\pm$ 23,7	25
21	258,1 $\pm$ 24,2	24	266,5 $\pm$ 23,7	25
27	238,4 $\pm$ 24,2	24	256,3 $\pm$ 24,2	24
33	236,4 $\pm$ 25,3	22	237,8 $\pm$ 24,7	23
39	224,9 $\pm$ 27,2	19	281,6 $\pm$ 25,8	21
45	193,0 $\pm$ 35,7	11	197,8 $\pm$ 35,7	11

**Tabelle A40: Mittlere Gehalte an freien Fettsäuren (NEFA) im Blutplasma ( $\mu\text{mol/l}$ ) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	254,8 $\pm$ 37,5	7	215,7 $\pm$ 35,3	8
-1	224,6 $\pm$ 29,6	12	215,2 $\pm$ 29,5	12
0	229,5 $\pm$ 29,3	12	302,2 $\pm$ 28,5	13
1	461,9 $\pm$ 27,5	14	445,5 $\pm$ 29,5	12
2	385,9 $\pm$ 27,5	14	325,8 $\pm$ 30,7	11
3	336,1 $\pm$ 28,3	13	344,1 $\pm$ 30,9	11
4	302,6 $\pm$ 28,5	13	301,6 $\pm$ 31,0	11
5	283,6 $\pm$ 28,5	13	290,3 $\pm$ 31,0	11
6	259,8 $\pm$ 28,5	13	270,5 $\pm$ 31,0	11
7	264,3 $\pm$ 28,5	13	287,3 $\pm$ 31,0	11
8	259,1 $\pm$ 29,5	12	282,5 $\pm$ 31,0	11
9	254,2 $\pm$ 29,6	12	247,0 $\pm$ 31,0	11
13	256,8 $\pm$ 31,0	11	255,0 $\pm$ 32,5	10
17	250,9 $\pm$ 32,5	10	246,4 $\pm$ 32,5	10
21	244,5 $\pm$ 34,3	9	249,3 $\pm$ 34,3	9
27	231,8 $\pm$ 38,8	7	218,4 $\pm$ 34,3	9

**Tabelle A41: Mittlere Konzentration an Beta-Hydroxybutyrat (BHB) im Blutplasma (mmol/l) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	0,33 ± 0,03	16	0,30 ± 0,04	13
-1	0,35 ± 0,03	22	0,36 ± 0,03	21
0	0,31 ± 0,03	23	0,33 ± 0,03	22
1	0,41 ± 0,03	24	0,40 ± 0,03	24
2	0,49 ± 0,03	24	0,41 ± 0,03	26
3	0,49 ± 0,03	24	0,43 ± 0,03	26
4	0,46 ± 0,03	25	0,42 ± 0,03	26
5	0,45 ± 0,03	25	0,42 ± 0,03	26
6	0,46 ± 0,03	25	0,43 ± 0,03	26
7	0,44 ± 0,03	25	0,42 ± 0,03	26
8	0,47 ± 0,03	25	0,45 ± 0,03	26
9	0,47 ± 0,03	25	0,46 ± 0,03	26
13	0,49 ± 0,03	25	0,45 ± 0,03	26
17	0,45 ± 0,03	24	0,47 ± 0,03	25
21	0,51 ± 0,03	24	0,44 ± 0,03	25
27	0,51 ± 0,03	24	0,46 ± 0,03	24
33	0,49 ± 0,03	22	0,46 ± 0,03	23
39	0,43 ± 0,03	19	0,44 ± 0,03	21
45	0,42 ± 0,04	11	0,46 ± 0,04	11

**Tabelle A42: Mittlere Konzentration an Beta-Hydroxybutyrat (BHB) im Blutplasma (mmol/l) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	0,41 ± 0,05	7	0,27 ± 0,05	8
-1	0,40 ± 0,04	12	0,35 ± 0,04	12
0	0,38 ± 0,04	12	0,37 ± 0,04	13
1	0,44 ± 0,04	14	0,42 ± 0,04	12
2	0,47 ± 0,04	14	0,47 ± 0,04	11
3	0,47 ± 0,04	13	0,49 ± 0,04	11
4	0,52 ± 0,04	13	0,53 ± 0,04	11
5	0,53 ± 0,04	13	0,46 ± 0,04	11
6	0,53 ± 0,04	13	0,45 ± 0,04	11
7	0,52 ± 0,04	13	0,52 ± 0,04	11
8	0,51 ± 0,04	12	0,46 ± 0,04	11
9	0,52 ± 0,04	12	0,50 ± 0,04	11
13	0,53 ± 0,04	11	0,52 ± 0,04	10
17	0,50 ± 0,04	10	0,50 ± 0,04	10
21	0,45 ± 0,05	9	0,54 ± 0,05	9
27	0,52 ± 0,05	7	0,50 ± 0,05	9

**Tabelle A43: Mittlere Konzentration an Aspartat-Amino-Transferase (AST) im Blutplasma (U/l) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	74,5 ± 4,9	16	73,8 ± 5,2	14
-1	75,0 ± 4,3	22	77,0 ± 4,4	21
0	76,0 ± 4,2	23	81,3 ± 4,3	22
1	115,3 ± 4,1	24	110,4 ± 4,1	24
2	106,8 ± 4,1	24	99,8 ± 4,0	26
3	94,4 ± 4,1	24	92,2 ± 4,0	26
4	84,8 ± 4,0	25	83,4 ± 4,0	26
5	81,0 ± 4,0	25	79,9 ± 4,0	26
6	83,3 ± 4,0	25	79,5 ± 4,0	26
7	84,4 ± 4,0	25	81,1 ± 4,0	26
8	85,0 ± 4,0	25	84,0 ± 4,0	26
9	87,5 ± 4,0	25	83,0 ± 4,0	26
13	96,8 ± 4,0	25	91,6 ± 4,0	26
17	102,7 ± 4,1	24	94,9 ± 4,0	25
21	95,5 ± 4,1	24	96,1 ± 4,0	25
27	98,2 ± 4,1	24	96,8 ± 4,1	24
33	95,0 ± 4,3	22	96,8 ± 4,2	23
39	86,7 ± 4,6	19	88,8 ± 4,4	21
45	84,6 ± 6,1	11	79,3 ± 6,1	11

**Tabelle A44: Mittlere Konzentration an Aspartat-Amino-Transferase (AST) im Blutplasma (U/l) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	74,7 ± 9,9	7	71,9 ± 9,4	8
-1	82,3 ± 7,9	12	76,8 ± 7,9	12
0	90,1 ± 7,8	12	80,9 ± 7,6	13
1	141,0 ± 7,3	14	115,3 ± 7,9	12
2	123,6 ± 7,3	14	99,0 ± 8,2	11
3	97,2 ± 7,6	13	90,0 ± 8,3	11
4	84,7 ± 7,6	13	89,1 ± 8,3	11
5	82,6 ± 7,6	13	83,4 ± 8,3	11
6	81,9 ± 7,6	13	77,3 ± 8,3	11
7	84,2 ± 7,6	13	80,0 ± 8,3	11
8	84,4 ± 7,9	12	79,6 ± 8,3	11
9	84,8 ± 7,9	12	87,5 ± 8,3	11
13	92,7 ± 8,3	11	87,9 ± 8,7	10
17	94,1 ± 8,7	10	91,9 ± 8,7	10
21	90,7 ± 9,2	9	94,5 ± 9,2	9
27	84,0 ± 10,4	7	79,3 ± 9,2	9

**Tabelle A45: Mittlere Gehalte an Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) im Blutplasma (U/l) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	13,1 ± 3,6	16	10,1 ± 3,8	14
-1	11,9 ± 3,3	22	14,2 ± 3,4	21
0	10,4 ± 3,3	23	14,1 ± 3,3	22
1	11,9 ± 3,2	24	17,6 ± 3,2	24
2	14,1 ± 3,2	24	13,7 ± 3,1	26
3	15,2 ± 3,2	24	16,2 ± 3,1	26
4	17,2 ± 3,2	25	14,5 ± 3,1	26
5	17,1 ± 3,2	25	14,4 ± 3,1	26
6	18,2 ± 3,2	25	15,1 ± 3,1	26
7	18,3 ± 3,2	25	16,4 ± 3,1	26
8	18,2 ± 3,2	25	18,0 ± 3,1	26
9	20,9 ± 3,2	25	18,1 ± 3,1	26
13	23,9 ± 3,2	25	23,0 ± 3,1	26
17	29,2 ± 3,2	24	23,7 ± 3,2	25
21	24,8 ± 3,2	24	26,6 ± 3,2	25
27	23,7 ± 3,2	24	26,8 ± 3,2	24
33	23,1 ± 3,4	22	27,3 ± 3,3	23
39	19,2 ± 3,6	19	21,9 ± 3,5	21
45	16,7 ± 4,8	11	12,9 ± 4,8	11

**Tabelle A46: Mittlere Gehalte an Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) im Blutplasma (U/l) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	8,4 ± 3,4	7	7,5 ± 3,2	8
-1	9,7 ± 2,6	12	9,7 ± 2,6	12
0	11,1 ± 2,6	12	11,0 ± 2,6	13
1	13,0 ± 2,5	14	11,4 ± 2,6	12
2	13,1 ± 2,5	14	15,1 ± 2,8	11
3	12,0 ± 2,5	13	19,5 ± 2,8	11
4	12,2 ± 2,5	13	12,2 ± 2,8	11
5	11,9 ± 2,6	13	23,8 ± 2,8	11
6	12,6 ± 2,6	13	11,2 ± 2,8	11
7	11,9 ± 2,6	13	14,8 ± 2,8	11
8	14,4 ± 2,6	12	11,1 ± 2,8	11
9	14,1 ± 2,6	12	14,2 ± 2,8	11
13	16,4 ± 2,8	11	15,6 ± 2,9	10
17	17,3 ± 2,9	10	20,5 ± 2,9	10
21	15,9 ± 3,1	9	20,6 ± 3,1	9
27	14,6 ± 3,5	7	19,5 ± 3,1	9

**Tabelle A47: Mittlere Konzentrationen an Gamma-Glutamyl-Transferase ( $\gamma$ -GT) im Blutplasma (U/l) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	17,1 ± 1,4	16	16,6 ± 1,4	14
-1	17,8 ± 1,2	22	17,5 ± 1,3	21
0	18,1 ± 1,2	23	17,8 ± 1,2	22
1	18,0 ± 1,2	24	18,1 ± 1,2	24
2	18,5 ± 1,2	24	19,6 ± 1,2	26
3	18,6 ± 1,2	24	19,9 ± 1,2	26
4	19,9 ± 1,2	25	19,7 ± 1,2	26
5	20,0 ± 1,2	25	21,2 ± 1,2	26
6	21,4 ± 1,2	25	21,2 ± 1,2	26
7	22,8 ± 1,2	25	22,0 ± 1,2	26
8	21,2 ± 1,2	25	23,0 ± 1,2	26
9	22,5 ± 1,2	25	23,5 ± 1,2	26
13	24,8 ± 1,2	25	26,0 ± 1,2	26
17	27,3 ± 1,2	24	27,8 ± 1,2	25
21	27,6 ± 1,2	24	30,0 ± 1,2	25
27	28,2 ± 1,2	24	29,7 ± 1,2	24
33	28,0 ± 1,3	22	28,5 ± 1,2	23
39	26,6 ± 1,4	19	25,8 ± 1,3	21
45	26,5 ± 1,8	11	26,3 ± 1,8	11

**Tabelle A48: Mittlere Konzentrationen an Gamma-Glutamyl-Transferase ( $\gamma$ -GT) im Blutplasma (U/l) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	16,8 ± 1,7	7	17,1 ± 1,6	8
-1	16,0 ± 1,4	12	17,9 ± 1,4	12
0	18,5 ± 1,4	12	17,9 ± 1,4	13
1	16,7 ± 1,3	14	18,0 ± 1,4	12
2	21,4 ± 1,3	14	19,1 ± 1,5	11
3	20,5 ± 1,3	13	19,7 ± 1,5	11
4	21,4 ± 1,4	13	20,9 ± 1,5	11
5	21,3 ± 1,4	13	21,2 ± 1,5	11
6	22,6 ± 1,4	13	22,4 ± 1,5	11
7	23,6 ± 1,4	13	22,2 ± 1,5	11
8	24,1 ± 1,4	12	23,1 ± 1,5	11
9	23,3 ± 1,4	12	22,9 ± 1,5	11
13	26,1 ± 1,5	11	26,7 ± 1,6	10
17	26,8 ± 1,6	10	30,1 ± 1,6	10
21	28,3 ± 1,6	9	30,9 ± 1,6	9
27	28,9 ± 1,9	7	33,7 ± 1,6	9

**Tabelle A49: Mittlere Konzentrationen an Gesamt-Bilirubin im Blutplasma (mg/dl) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 1. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	0,10 ± 0,01	16	0,12 ± 0,01	14
-1	0,12 ± 0,01	22	0,14 ± 0,01	21
0	0,13 ± 0,01	23	0,15 ± 0,01	22
1	0,20 ± 0,01	24	0,23 ± 0,01	23
2	0,15 ± 0,01	24	0,18 ± 0,01	26
3	0,13 ± 0,01	24	0,14 ± 0,01	26
4	0,12 ± 0,01	25	0,13 ± 0,01	26
5	0,12 ± 0,01	25	0,11 ± 0,01	26
6	0,12 ± 0,01	25	0,11 ± 0,01	26
7	0,11 ± 0,01	25	0,12 ± 0,01	26
8	0,11 ± 0,01	25	0,11 ± 0,01	26
9	0,10 ± 0,01	25	0,10 ± 0,01	26
13	0,10 ± 0,01	25	0,11 ± 0,01	26
17	0,11 ± 0,01	24	0,10 ± 0,01	25
21	0,10 ± 0,01	24	0,10 ± 0,01	25
27	0,10 ± 0,01	24	0,10 ± 0,01	24
33	0,10 ± 0,01	22	0,10 ± 0,01	23
39	0,10 ± 0,01	19	0,11 ± 0,01	21
45	0,12 ± 0,02	11	0,11 ± 0,02	10

**Tabelle A50: Mittlere Konzentrationen an Gesamt-Bilirubin im Blutplasma (mg/dl) der isogen und transgen gefütterten Tiere in der 2. Laktation im Versuch**

Woche (a.p./p.p.)	Isogen		Transgen	
	Mittelwert	n	Mittelwert	n
-2	0,10 ± 0,02	7	0,15 ± 0,02	8
-1	0,11 ± 0,02	12	0,10 ± 0,02	12
0	0,10 ± 0,02	12	0,14 ± 0,02	13
1	0,21 ± 0,02	14	0,19 ± 0,02	12
2	0,19 ± 0,02	14	0,15 ± 0,02	11
3	0,12 ± 0,02	13	0,13 ± 0,02	11
4	0,10 ± 0,02	13	0,12 ± 0,02	11
5	0,10 ± 0,02	13	0,14 ± 0,02	11
6	0,11 ± 0,02	13	0,12 ± 0,02	11
7	0,11 ± 0,02	13	0,11 ± 0,02	11
8	0,10 ± 0,02	12	0,11 ± 0,02	11
9	0,10 ± 0,02	12	0,10 ± 0,02	11
13	0,10 ± 0,02	11	0,12 ± 0,02	10
17	0,11 ± 0,02	10	0,10 ± 0,02	10
21	0,10 ± 0,02	9	0,11 ± 0,02	9
27	0,10 ± 0,02	7	0,11 ± 0,02	9





# Lebenslauf

## Persönliche Daten:

Name: Kerstin Steinke  
Geburtsdatum: 30.03.1980  
Geburtsort: Sömmerda  
Familienstand: ledig

## Schulbildung:

1986 - 1996 Realschulabschluss  
1999 - 2000 Fachhochschulreife

## Berufsausbildung:

1996 - 1999 Ausbildung und Abschluss als Tierwirtin  
Schwerpunkt Schafhaltung  
Humboldt-Universität zu Berlin

## Studium:

2000 - 2004 Diplomstudiengang Agrarwirtschaft  
Schwerpunkt Tierproduktion  
Abschluss als Dipl.-Ing. (FH) Agrarwirtschaft  
FH Neubrandenburg

## Beruflicher Werdegang:

2005 - 2008 Technische Angestellte im Rahmen einer Promotion im Wechsel  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft / Institut für  
Tierernährung und Futtermittelwirtschaft  
und  
Technische Universität München / Lehrstuhl für Physiologie  
2008 Vorbereitungsdienst für den gehobenen technischen Dienst in der  
Agrarverwaltung  
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft