



LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

**Auswirkungen eines
langfristigen Einsatzes von
gentechnisch verändertem
Mais (MON810) in der
Milchviehfütterung auf
Leistungs- und
Stoffwechselfparameter**



Schriftenreihe

ISSN 1611-4159

**18
2009**

Impressum

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: <http://www.LfL.bayern.de>

Redaktion: Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft
Prof.-Dürrwaechter-Platz 3, 85586 Poing
E-Mail: Tierernaehrung@LfL.bayern.de
Tel.: 089 / 99141-401

Technische Universität München (TUM)
Arbeitsgruppe Tierernährung
Hochfeldweg 6, 85350 Freising-Weihenstephan
E-Mail: schwarzf@wzw.tum.de
Tel.: 08161 / 71 3696

1. Auflage: Dezember 2009

Druck: Druckerei Beck, 85399 Hallbergmoos

Schutzgebühr: 15,-- €

Auswirkungen eines langfristigen Einsatzes von gentechnisch verändertem Mais (MON810) in der Milchviehfütterung auf Leistungs- und Stoffwechselfparameter

-Versuchsbericht- Teil: Fütterungsversuch

Projektleitung:

Dr. Hubert Spiekers³
Prof. Dr. Heinrich H.D. Meyer²
Prof. Dr. Frieder J. Schwarz¹

Projektbearbeitung:

Kerstin Steinke^{1 und 3}
Dr. Wolfgang Preißinger³
Dr. Christiane Albrecht^{2,4}
Patrick Gürtler²
Dr. Vijay Paul²
Dr. Steffi Wiedemann²

¹Technische Universität München, Arbeitsgruppe Tierernährung

²Technische Universität München, Physiologie Weihenstephan

³Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft

⁴Universität Bern, Institut für Biochemie und Molekulare Medizin

Inhaltsverzeichnis

Seite

Zusammenfassung	13
1 Einleitung	15
2 Material und Methoden	16
2.1 Versuchsplanung und Versuchsaufbau	16
2.2 Maisanbau, Ernte und Futterherstellung	16
2.3 Tiermaterial und Tierhaltung	17
2.4 Rationsgestaltung und Fütterung.....	19
2.5 Ermittlung der Messgrößen.....	22
2.5.1 Futterraufnahme	22
2.5.2 Futtermittelparameter	23
2.5.2.1 Probenahme und Probenvorbereitung	23
2.5.2.2 Berechnung der Energie- und Rohnährstoffversorgung.....	23
2.5.2.3 Berechnung der Energiebilanz	24
2.5.3 Milch	25
2.5.3.1 Erfassung der Milchleistung.....	25
2.5.3.2 Bestimmung der Milchinhaltsstoffe und des Milchprogesterongehaltes	25
2.5.3.3 Berechnung der energiekorrigierten Milch (ECM) und des Fett-Eiweiß- Quotienten (FEQ)	25
2.5.4 Blut.....	25
2.5.4.1 Probenahme und Probenvorbereitung	26
2.5.4.2 Blutparameter	26
2.5.5 Harnproben.....	26
2.5.6 Körperkondition	26
2.5.6.1 Lebendmasse	26
2.5.6.2 Body Condition Score (BCS)	27
2.5.6.3 Rückenfettdicke (RFD)	27
2.5.7 Tiergesundheit.....	27
2.5.8 Fruchtbarkeit	28
2.5.9 Cry1Ab Protein und transgene DNA	28
2.6 Chemische Analysemethoden	29
2.6.1 Analytik der Futtermittelproben.....	29
2.6.2 Analytik der Milchproben	29
2.6.3 Analytik der Blutproben.....	29
2.6.4 Analytik der Harnproben.....	30

2.7	Statistische Auswertung	30
3	Ergebnisse	32
3.1	Beschreibung der Futtermittel und Mischungen	32
3.1.1	Maissilagen	32
3.1.2	Grassilagen.....	33
3.1.3	Körnermais.....	33
3.1.4	Maiskobs	34
3.1.5	Ausgleichskraftfutter (AKF)	35
3.1.6	Teilmischung (PMR)	36
3.1.7	Altmelkerration	37
3.1.8	Trockensteherration.....	37
3.1.9	Leistungskraftfutter (LKF).....	38
3.2	Leistungsparameter	39
3.2.1	Futteraufnahme	39
3.2.1.1	Grobfutter- und Kraftfutteraufnahme	39
3.2.1.2	Gesamtfutteraufnahme	40
3.2.2	Milchleistung	43
3.2.3	Milchinhaltsstoffe	45
3.2.3.1	Milchfettgehalt	45
3.2.3.2	Milcheiweißgehalt.....	47
3.2.3.3	Milchharnstoffgehalt	49
3.2.3.4	Lactosegehalt.....	51
3.2.3.5	Zellgehalt.....	53
3.2.4	Energiekorrigierte Milchmenge (ECM).....	54
3.2.5	Fett-Eiweiß-Quotient	56
3.2.6	Energieversorgung	58
3.2.6.1	Energieaufnahme.....	58
3.2.6.2	Energiebilanz.....	60
3.3	Körperkonditionsparameter.....	62
3.3.1	Lebendmasse	62
3.3.2	Body Condition Score (BCS).....	64
3.3.3	Rückenfettdicke (RFD)	67
3.4	Stoffwechselfparameter	69
3.4.1	Glucosekonzentration im Blutplasma	69
3.4.2	Freie Fettsäuren (NEFA) im Blutplasma	72

3.4.3	Beta-Hydroxybutyrat (BHB) im Blutplasma	74
3.4.4	Aspartat-Amino-Transferase (AST)	76
3.4.5	Glutamat-Dehydrogenase (GLDH).....	78
3.4.6	Gamma-Glutamyl-Transferase (γ -GT).....	81
3.4.7	Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA).....	85
3.5	Tiergesundheit.....	86
3.5.1	Differenzialblutbilder.....	86
3.5.2	Erkrankungen im Versuchszeitraum.....	89
3.6	Fruchtbarkeitsparameter.....	90
4	Schlussbetrachtung	92
4.1	Versuchsanstellung und Versuchsablauf.....	92
4.2	Einordnung des Versuchs.....	96
4.3	Tierleistung	98
4.4	Stoffwechselgesundheit, Fruchtbarkeit.....	98
4.5	Fazit.....	100
5	Literaturverzeichnis.....	101

Abbildungsverzeichnis	Seite
Abb. 1: Vereinfachte Darstellung des Stallgrundrisses des Anbindestalles.....	19
Abb. 2: Mittlere Gesamtfutteraufnahme (kg T/d) der 1. Laktation im Versuch von der zweiten Woche a.p. bis zur 45. Woche p.p.	41
Abb. 3: Mittlere Gesamtfutteraufnahme (kg T/d) der 2. Laktation im Versuch von der zweiten Woche a.p. bis zur 29 Woche p.p.	42
Abb. 4: Mittlere Milchleistungen (kg /d) in der 1. Laktation des Versuches.....	44
Abb. 5: Mittlere Milchleistung (kg /d) in der 2. Laktation des Versuches.....	45
Abb. 6: Mittlere Milchfettgehalte (%) der 1. Laktation im Versuch.....	46
Abb. 7: Mittlere Milchfettgehalte (%) der 2. Laktation im Versuch.....	47
Abb. 8: Mittlere Milcheiweißgehalte (%) der 1. Laktation im Versuch	48
Abb. 9: Mittlere Milcheiweißgehalte (%) der 2. Laktation im Versuch	49
Abb. 10: Mittlere Milchharnstoffgehalte (mg/l) der 1. Laktation im Versuch.....	50
Abb. 11: Mittlere Milchharnstoffgehalte (mg/l) der 2. Laktation im Versuch.....	51
Abb. 12: Mittlere Lactosegehalte in der Milch (%) der 1. Laktation im Versuch	52
Abb. 13: Mittlere Lactosegehalte in der Milch (%) der 2. Laktation im Versuch	53
Abb. 14: Mittlere energiekorrigierte Milchmenge (kg/d) der 1. Laktation im Versuch.....	55
Abb. 15: Mittlere energiekorrigierte Milchmenge (kg/d) der 2. Laktation im Versuch.....	56
Abb. 16: Mittlerer Fett-Eiweiß-Quotient in der 1. Laktation im Versuch	57
Abb. 17: Mittlerer Fett- Eiweiß- Quotient (kg/d) der 2. Laktation im Versuch.....	58
Abb. 18: Mittlere Energieaufnahme (MJ NEL/d) der 1. Laktation im Versuch	59
Abb. 19: Mittlere Energieaufnahme (MJ NEL/d) der 2. Laktation im Versuch	60
Abb. 20: Mittlere Energiebilanz (MJ NEL/d) der 1. Laktation im Versuch	61
Abb. 21: Mittlere Energiebilanz (MJ NEL/d) der 2. Laktation im Versuch	62
Abb. 22: Mittlere Lebendmasse (kg) der 1. Laktation im Versuch.....	63
Abb. 23: Mittlere Lebendmasse (kg) der 2. Laktation im Versuch.....	64
Abb. 24: Mittlere BCS - Noten der 1. Laktation im Versuch	65
Abb. 25: Mittlere BCS - Noten der 2. Laktation im Versuch	66
Abb. 26: Mittlere Rückenfettdicken (mm) der 1. Laktation im Versuch	68
Abb. 27: Mittlere Rückenfettdicken (mm) der 2. Laktation im Versuch	69
Abb. 28: Mittlere Glucosekonzentration im Blutplasma (mmol/l) der 1. Laktation im Versuch	70
Abb. 29: Mittlere Glucosekonzentration im Blutplasma (mmol/l) der 2. Laktation im Versuch	71

Abb. 30: Mittlere Konzentration an Freien Fettsäuren im Blutplasma ($\mu\text{mol/l}$) der 1. Laktation im Versuch	73
Abb. 31: Mittlere Konzentration an Freien Fettsäuren im Blutplasma ($\mu\text{mol/l}$) der 2. Laktation im Versuch	74
Abb. 32: Mittlere Konzentration an Beta-Hydroxybutyrat im Blutplasma (mmol/l) der 1. Laktation im Versuch	75
Abb. 33: Mittlere Konzentration an Beta-Hydroxybutyrat im Blutplasma (mmol/l) der 2. Laktation im Versuch	76
Abb. 34: Mittlere Konzentration an Aspartat-Amino-Transferase (AST) im Blutplasma (U/l) der 1. Laktation im Versuch	77
Abb. 35: Mittlere Konzentration an Aspartat-Amino-Transferase (AST) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch	78
Abb. 36: Mittlere Konzentration an Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) im Blutplasma (U/l) der 1. Laktation im Versuch	79
Abb. 37: Mittlere Konzentration an Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch	80
Abb. 38: Mittlere Konzentration an Gamma-Glutamyl-Transferase ($\gamma\text{-GT}$) im Blutplasma (U/l) der 1. Laktation im Versuch	81
Abb. 39: Mittlere Konzentration an Gamma-Glutamyl-Transferase ($\gamma\text{-GT}$) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch	82
Abb. 40: Mittlere Konzentration an Gesamt- Bilirubin im Blutplasma (mg/dl) der 1. Laktation im Versuch	84
Abb. 41: Mittlere Konzentration an Gesamt-Bilirubin im Blutplasma (mg/dl) der 2. Laktation im Versuch	85

Tabellenverzeichnis

Seite

Tab. 1: Anbauflächen und Frischmasseerträge vom isogenen und transgenen Mais in den einzelnen Anbaujahren	17
Tab. 2: Kenndaten der Versuchsgruppen zu Versuchsbeginn	18
Tab. 3: Zusammensetzung der partiellen Mischration (PMR)	20
Tab. 4: Zusammensetzung des Ausgleichskraftfutters (AKF)	20
Tab. 5: Zusammensetzung des Leistungskraftfutters (LKF)	21
Tab. 6: Zusammensetzung der Altmelkerration (R18)	21
Tab. 7: Zusammensetzung der Trockensteherration	22
Tab. 8: Erfasste Erkrankungen der Versuchstiere	27
Tab. 9: Erfasste Fruchtbarkeitskennzahlen	28
Tab. 10: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen Maissilage Ernte 2004-2006	32
Tab. 11: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der transgenen Maissilage Ernte 2004-2006	33
Tab. 12: Mittlere T-, Rohrnährstoff- und Nettoenergiegehalte der eingesetzten Grassilagen	33
Tab. 13: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte des isogenen Körnermaises Ernte 2004 und 2005	34
Tab. 14: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte des transgenen Körnermaises Ernte 2004	34
Tab. 15: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen Maiskobs Ernte 2004 und 2006	35
Tab. 16: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der transgenen Maiskobs Ernte 2004 und 2006	35
Tab. 17: Mittlere T-, Rohrnährstoff- und Nettoenergiegehalte des isogenen und transgenen Ausgleichskraftfutters (AKF) (n = jeweils 28)	36
Tab. 18: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen und transgenen PMR (n = jeweils 28)	37
Tab. 19: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen und transgenen Altmelkerration (R18)	37
Tab. 20: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen und transgenen Trockensteherration	38
Tab. 21: Mittlere T-, Rohrnährstoff- und Nettoenergiegehalte des isogenen und transgenen Leistungskraftfutters(LKF) (n = jeweils 28)	38
Tab. 22: Mittlere Aufnahme an Grundration- (PMR, R18) und Kraftfutter (LKF) in der 1. Laktation im Versuch (kg T/d)	39
Tab. 23: Mittlere Aufnahme an Grundration- (PMR) und Kraftfutter (LKF) in der 2. Laktation im Versuch (kg T/d)	40
Tab. 24: Mittlere Gesamtfutteraufnahme (kg T/d) der 1. Laktation im Versuch	41

Tab. 25: Mittlere Gesamtfutteraufnahme (kg T/d) der 2. Laktation im Versuch	42
Tab. 26: Mittlere Milchleistungen (kg/d) in der 1. Laktation des Versuches.....	43
Tab. 27: Mittlere Milchleistungen (kg /d) in der 2. Laktation des Versuches.....	44
Tab. 28: Mittlere Milchfettgehalte (%) der 1. Laktation im Versuch.....	45
Tab. 29: Mittlere Milchfettgehalte (%) der 2. Laktation im Versuch.....	46
Tab. 30: Mittlere Milcheiweißgehalt (%) der 1. Laktation im Versuch	47
Tab. 31: Mittlere Milcheiweißgehalte (%) der 2. Laktation im Versuch	48
Tab. 32: Mittlere Milchharnstoffgehalte (mg/l) der 1. Laktation im Versuch.....	49
Tab. 33: Mittlere Milchharnstoffgehalte (mg/l) der 2. Laktation im Versuch.....	50
Tab. 34: Mittlere Lactosegehalte in der Milch (%) der 1. Laktation im Versuch	51
Tab. 35: Mittlere Lactosegehalte in der Milch (%) der 2. Laktation im Versuch	52
Tab. 36: Mittlere Zellgehalte in der Milch (1000/ml) der 1. Laktation im Versuch	53
Tab. 37: Mittlere Zellgehalte in der Milch (1000/ml) der 2. Laktation im Versuch	54
Tab. 38: Mittlere Energiekorrigierte Milchmenge (kg/d) der 1. Laktation im Versuch.....	54
Tab. 39: Mittlere Energiekorrigierte Milchmenge (kg/d) der 2. Laktation im Versuch.....	55
Tab. 40: Mittlerer Fett-Eiweiß-Quotient der 1. Laktation im Versuch.....	56
Tab. 41: Mittlerer Fett-Eiweiß-Quotient der 2. Laktation im Versuch.....	57
Tab. 42: Mittlere Energieaufnahme (MJ NEL/d) der 1. Laktation im Versuch	58
Tab. 43: Mittlere Energieaufnahme (MJ NEL/d) der 2. Laktation im Versuch	59
Tab. 44: Mittlere Energiebilanz (MJ NEL/d) der 1. Laktation im Versuch	60
Tab. 45: Mittlere Energiebilanz (MJ NEL/d) der 2. Laktation im Versuch	61
Tab. 46: Mittlere Lebendmasse (kg) der 1. Laktation im Versuch.....	62
Tab. 47: Mittlere Lebendmasse (kg) der 2. Laktation im Versuch.....	63
Tab. 48: Mittlere Körperkonditionsnoten (BCS) der 1. Laktation im Versuch.....	64
Tab. 49: Mittlere Körperkonditionsnoten (BCS) der 2. Laktation im Versuch.....	66
Tab. 50: Mittlere Rückenfettdicken (mm) der 1. Laktation im Versuch	67
Tab. 51: Mittlere Rückenfettdicken (mm) der 2. Laktation im Versuch	68
Tab. 52: Mittlere Glucosekonzentration im Blutplasma (mmol/l) der 1. Laktation im Versuch	70
Tab. 53: Mittlere Glucosekonzentration im Blutplasma (mmol/l) der 2. Laktation im Versuch	71
Tab. 54: Mittlere Gehalte an freien Fettsäuren im Blutplasma (µmol/l) der 1. Laktation im Versuch	72
Tab. 55: Mittlere Gehalte an freien Fettsäuren im Blutplasma (µmol/l) der 2. Laktation im Versuch	73

Tab. 56: Mittlere Gehalte an Beta-Hydroxybutyrat im Blutplasma (mmol/l) der 1. Laktation im Versuch	74
Tab. 57: Mittlere Gehalte an Beta-Hydroxybutyrat im Blutplasma (mmol/l) der 2. Laktation im Versuch	75
Tab. 58: Mittlere Gehalte an Aspartat-Amino-Transferase (AST) im Blutplasma (U/l) der 1. Laktation im Versuch	76
Tab. 59: Mittlere Gehalte an Aspartat-Amino-Transferase (AST) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch	77
Tab. 60: Mittlere Gehalte an Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) im Blutplasma (U/l) der 1. Laktation im Versuch	79
Tab. 61: Mittlere Gehalte an Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch	80
Tab. 62: Mittlere Gehalte an Gamma-Glutamyl-Transferase (γ -GT) im Blutplasma (U/l) der 1. Laktation im Versuch	81
Tab. 63: Mittlere Gehalte an Gamma-Glutamyl-Transferase (γ -GT) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch	82
Tab. 64: Mittlere Gehalte an Gesamt-Bilirubin im Blutplasma (mg/dl) der 1. Laktation im Versuch	83
Tab. 65: Mittlere Gehalte an Gesamt-Bilirubin im Blutplasma (mg/dl) der 2. Laktation im Versuch	84
Tab. 66: Mittlere NSBA-Gehalte im Harn (mmol/l) der 1. Laktation im Versuch	85
Tab. 67: Mittlere NSBA - Gehalte im Harn (mmol/l) der 2. Laktation im Versuch	86
Tab. 68: Mittlere Konzentrationen der erfassten Blutparameter im Rahmen des Differenzialblutbildes zu Versuchsbeginn	87
Tab. 69: Mittlere Konzentrationen der erfassten Blutparameter im Rahmen des Differenzialblutbildes zu Versuchende	88
Tab. 70: Auftreten von Erkrankungen im Versuchszeitraum.....	90
Tab. 71: Mittlere Fruchtbarkeitskennzahlen und -parameter im Versuchszeitraum.....	91
Tab. 72: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen, NEL, nutzbarem Rohprotein (nXP), ruminale-N-Bilanz, cry1Ab-Protein und cry1Ab-DNA in den eingesetzten Maisprodukten (Angaben in der Trockenmasse)	94
Tab. 73: Mittlere analysierte Gehalte in den eingesetzten Mischrationen an Rohnährstoffen, nutzbarem Rohprotein, ruminaler-N-Bilanz sowie Cry1Ab-Protein und cry1Ab-DNA (Angaben in der Trockenmasse)	95
Tab. 74: Literaturübersicht zu Fütterungsversuchen an Milchkühen mit Bt-Mais.....	97

Zusammenfassung

In einem Fütterungsversuch mit 2 x 18 Fleckviehkühen wurde der Einfluss von hohen Anteilen an Bt-Mais (MON810) auf Leistung, Stoffwechselgeschehen, Gesundheit und Fruchtbarkeit über 25 Monate geprüft. Die Grundration bestand auf Basis Trockenmasse aus 42 % Maissilage, 21 % Maiscob, 11 % Grassilage und 7 % Stroh und Melasse. Oberhalb von 22 kg Milch wurde ein Kraftfutter mit 40 % Körnermais nach Leistung gefüttert. Um allen Tieren Mais zufüttern wurde die Grundration für altmelkende Kühe mit 20 % Stroh und für Trockensteher mit 32 % Stroh auf Basis Trockenmasse verschnitten. Der Anteil Bt-Mais betrug somit zwischen 45 % der Trockenmasse für Trockensteher und 71 % in der Grundration.

Die Rationen der Versuchs- und Kontrollgruppe wiesen gleiche Futterwerte auf und unterschieden sich nur in den Gehalten an Cry1Ab-Protein und *cry1Ab*-DNA. In der Grundration betrug der Gehalt an Cry1Ab-Protein im Mittel 332 ng/g. Realisiert werden konnte dies durch die hohen Gehalte in den Maiscob von im Mittel 617 ng/g. Beim Silomais zeigte sich mit 195 ng/g T ein erheblicher Abbau durch die Silierung.

Über die gesamte Versuchszeit schieden in beiden Gruppen je 9 Tiere aus und wurden durch Färsen ersetzt. Die Leistung der beiden Gruppen entsprach sich mit 7.420 kg Milch bei 3,9 % Milchfett und 3,6 % Milcheiweiß je Kuh und Jahr in der Kontrollgruppe und 7.460 kg Milch bei 4,1 % Milchfett und 3,7 % Milcheiweiß in etwa. Dies gilt auch für die Auswertung der aufeinanderfolgenden Laktationen im Versuch. Aus der statistischen Prüfung ergaben sich einzelne statistische Effekte, die aber nicht auf die Maisfütterung sondern auf Unterschiede zwischen den Tiergruppen und der normalen Streuung im Versuch zurückgeführt werden.

Zur Beurteilung des Stoffwechselgeschehens wurden Kennwerte im Blut und Harn ermittelt. An der Glucose, den freien Fettsäuren und dem β -Hydroxybutyrat im Blutplasma wurde der Energiestoffwechsel beurteilt. Alle Kennwerte liegen weitgehend innerhalb der Referenzwerte. Dies gilt auch für die Aktivität an Aspartat-Amino-Transferase, der Glutamat-Dehydrogenase, der Gamma-Glutamyl-Transferase und dem Bilirubin zur Beurteilung des Leberstoffwechsels. Die NSBA im Harn zeigte ebenfalls keine Störungen im Säure-Basen-Haushalt an.

Die ermittelten Daten zum Krankheitsgeschehen und zur Fruchtbarkeit entsprechen sich für die beiden Gruppen in etwa. Unter den im Versuch vorliegenden Bedingungen war eine Beeinträchtigung von Stoffwechselgeschehen, Gesundheit und Fruchtbarkeit durch den Einsatz hoher Mengen Bt-Mais nicht gegeben. Für Bt-Mais MON810 wird die Hypothese der substanziellen Äquivalenz bestätigt.

1 Einleitung

Die immer wieder gestellten Fragen nach den Auswirkungen einer langfristigen Fütterung von Bt-Mais auf die Fitness von Milchkühen und dem Verbleib des Bt-Proteins und der cry1Ab-DNA konnten bisher nicht wissenschaftlich fundiert beantwortet werden. Aus diesem Grund wurde in 2004 auf Initiative der Wissenschaft und der Bayerischen Milchwirtschaft ein entsprechender Versuch in Grub gestartet. In der über eine Versuchszeit von 25 Monaten langfristig angelegten Studie wurde der Einsatz hoher Anteile Bt-Mais auf die Leistung und Gesundheit von Milchkühen sowie die Metabolisierung der rekombinanten DNA und des Bt-Proteins im Tier untersucht. Für die valide Bewertung wurde an der TUM eine spezielle hochsensitive Analytik aufgebaut. Zur optimalen Nutzung der Versuchsflächen wurde das Futter aus den Langzeit- und Koexistenzversuchen mit genutzt.

Das gemeinschaftliche Forschungsprojekt der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft und dem Department für Tierwissenschaften der Technischen Universität München mit den Bereichen Physiologie und Tierernährung zum Thema: „ Einsatz von transgenem Mais (MON810) bei Milchkühen: Abbau, Transfer sowie potentielle Interaktionen von DNA und Bt-Protein im Rind“ untergliedert sich in verschiedene Teilbereiche.

Vorliegender Teilbericht behandelt vorrangig den unmittelbaren Fütterungsversuch. Dabei werden die Durchführung des Milchviehversuches, die eingesetzten Futtermittel und die daraus resultierenden Rationen unter dem Bereich Material und Methoden beschrieben. Im Ergebnisteil sind die erzielten Analysenwerte der eingesetzten Futtermittel und Rationen, die Leistungs- und Stoffwechselfparameter der Milchkühe, sowie die Beobachtungen hinsichtlich Fruchtbarkeit und Gesundheit umfassend dargestellt. Der Bericht wird durch eine Schlussbetrachtung zusammengefasst und die Ergebnisse eingeordnet. Die Ergebnisse und Methodik zur Messung der rekombinanten DNA und des Bt-Proteins finden sich in weiteren Berichtsteilen.

Gefördert wurde das Forschungsvorhaben durch die Bayerische Milchwirtschaft und das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Für diese Unterstützung und die aktive Mitarbeit in den Einrichtungen der TUM und der LfL sei ein besonderer Dank ausgesprochen

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 in Hinblick auf Leistungsparameter, Tiergesundheit und Fruchtbarkeit. Der Versuchszeitraum erstreckte sich von Mai 2005 bis Juni 2007. Der Milchviehfütterungsversuch wurde 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 Futtermittelaufnahme, 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 Ernterträge 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.

Tab. 1: Anbauflächen und Frischmasseerträge vom isogenen und transgenen Mais in den einzelnen Anbaujahren

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

Aufgrund der unterschiedlichen Abbaubarkeit des Bt-Proteins (cry1Ab-Protein) und der transgenen DNA (*cry1Ab*-Gen) in Abhängigkeit der Futterprozessierung (AULRICH et al., 2004; LUTZ et al., 2005a,b) 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. 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 2* zu entnehmen.

Tab. 2: *Kenndaten der Versuchsgruppen zu Versuchsbeginn*

Kenndaten	Isogen	Transgen
Tieranzahl	18	18
Anzahl Erstlingskühe	9	9
Laktation Nr.	2,1 ± 1,3	1,8 ± 1,3
Vorleistungen		
Milch (kg/Kuh und Jahr) ^{1,2}	6937 ± 1132	6697 ± 1434
Fett (%) ^{1,2}	3,85 ± 0,3	3,97 ± 0,3
Eiweiß (%) ^{1,2}	3,48 ± 0,2	3,56 ± 0,1
Harnstoff (mg/l) ^{1,2}	253 ± 2	252 ± 4
Lebendmasse (kg) ³	725 ± 83	735 ± 71
BCS (Noten) ³	3,72 ± 0,42	3,58 ± 0,32
RFD (in mm) ³	20,0 ± 7,7	17,7 ± 6,7

¹ Mittelwerte von 14 Versuchstieren je Versuchsgruppe (n=14)

² Angaben nach LKV

³ 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. Die abgehenden Tiere wurden im Versuchsschlachthaus der LfL in Grub geschlachtet und auf gesundheitliche Veränderungen untersucht und beprobt. Die Probenahme und die Analytik bezüglich transgener DNA und *cryIAb*-Protein erfolgte 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.

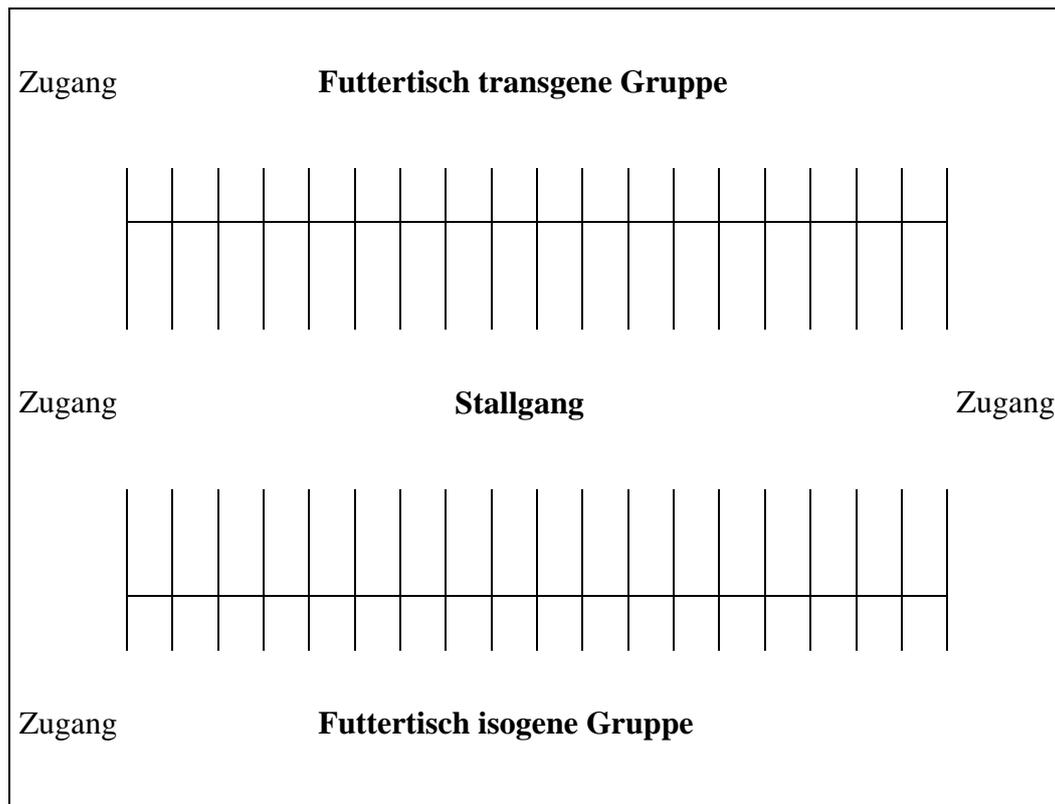


Abb. 1: Vereinfachte Darstellung des Stallgrundrisses des Anbindestalles

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 ist in der *Tabelle 3* dargestellt. Die Berechnung der einzelnen Rationen erfolgte mittels des Fütterungsprogramms ZIFO (Stand 2004) der LfL.

Tab. 3: Zusammensetzung der partiellen Mischration (PMR)

Komponente	Anteil (% i. d. T)
Maissilage	41,9
Maiskobs	21,2
Grassilage	11,0
Stroh	5,9
Melasse	1,4
AKF	18,6
PMR	100

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 enthielt. Die Zusammensetzung des Ausgleichskraftfutters sind der *Tabelle 4* zu entnehmen.

Tab. 4: Zusammensetzung des Ausgleichskraftfutters (AKF)

Komponente	Anteil (% i. d. T)
Rapsextraktionsschrot	51,1
Körnermais	41,2
Mineralfutter	5,3
Futterharnstoff	2,4
AKF	100

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 Kraftfütterzuteilung. 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 des LKF sind in der *Tabelle 5* aufgeführt.

Tab. 5: Zusammensetzung des Leistungskraftfutters (LKF)

Komponente	Anteil (% i. d. T)
Körnermais	40,4
Rapsextraktionsschrot	34,4
Melasseschnitzel	19,9
Mineralfutter	3,2
Rapsöl	2,2
LKF	100

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 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 6* ist die Zusammensetzung der Altmelkerration dargestellt.

Tab. 6: Zusammensetzung der Altmelkerration (R18)

Komponente	Anteil (% i. d. T)
Maissilage	33,5
Maiskobs	17,0
Grassilage	8,8
Stroh	24,7
Melasse	1,1
AKF	14,9
R18	100

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 im Energiegehalt weiter verringert wurde (siehe *Tabelle 7*). 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.

Tab. 7: Zusammensetzung der Trockensteherration

Komponente	Anteil (% i. d. T)
Maissilage	28,6
Maiskobs	14,5
Grassilage	7,5
Stroh	35,7
Melasse	1,0
AKF	12,7
Trockensteherration	100

Zur Herstellung der Mischrationen wurde ein Selbstfahrer-Futtermischwagen (Fa. Seko) mit vertikaler Mischeinrichtung und elektronischer Waage (Messgenauigkeit ± 1 kg) verwendet. Die Kraftfuttermischungen wurden in der Mahl- und Misanlage der Versuchstation 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 in Kisten eingewogen. Daraufhin erfolgte 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 Leistungskraftfutzuteilung erfolgte je Einzeltier in Abhängigkeit der Zuteilungsmenge mehrmals täglich per Hand direkt auf die zugeteilte Mischration (maximal 2,5 kg /Kraftfuttermenge). 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 Probenahme 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 Umlufttrockenschrank 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 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.

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.

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

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

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

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, Trockensterration) 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 Gesamtmischration 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.

2.5.2.3 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 wöchentliche 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 Probenahme 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 Probenahme erfolgte ab der vierten Laktationswoche zweimal wöchentlich (Montag- und Donnerstagmorgen) aus dem Nachgemelk bis zur erfolgreichen Wiederbelegung. Es wurden ca. 12ml 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):

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

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

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

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 Probenahme 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- Röhren á 9ml (Ethyldiamintetraacetat) und ein Glucose- Röhren á 4ml (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 (1,5ml) 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), β - Hydroxybutyrat (BHB) und auf Parameter des Leberstoffwechsels (Leberenzyme) wie Aspartat-Amino-Transferase (AST), Glutamat-Dehydrogenase (GLDH), Gamma-Glutamyl-Transferase (γ -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, γ -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 (BCS)

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 (RFD)

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 8*). Hierzu wurden Unterlagen der Bestandsbetreuung, Tierkarten, tierärztliche Arzneimittel-Anwendungs- und Abgabebelege sowie eigene Aufzeichnung herangezogen.

Tab. 8: Erfasste Erkrankungen der Versuchstiere

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

2.5.8 Fruchtbarkeit

Zur Beurteilung der Fruchtbarkeit der beiden Versuchsgruppen wurden die in *Tabelle 9* aufgeführten Fruchtbarkeitskennzahlen berechnet.

Tab. 9: Erfasste Fruchtbarkeitskennzahlen

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

2.5.9 Cry1Ab Protein und transgene DNA

Um potentielle Rückstände von transgener DNA und *Cry1Ab* Protein in Milch, Blut und Ausscheidungsprodukten der Tiere nach der Fütterung von gentechnisch verändertem Mais (MON810) nachzuweisen, wurden monatlich Milch-, Blut-, Kot- und Harnproben der isogen und transgen gefütterten Tieren gezogen. Abgehende Tiere wurden geschlachtet, auf gesundheitliche Veränderungen untersucht und beprobt. Die Analytik der Proben erfolgte seitens des Institutes für Physiologie der Technischen Universität München in Weihenstephan und sind in den weiteren Teilberichten enthalten.

Für die quantitative Bilanzierung der Aufnahme vom *Cry1Ab* Protein (Bt-Protein) und transgener DNA der Tiere wurden zusätzlich wöchentlich Futterproben von den eingesetz-

ten isogenen und transgenen Maiskomponenten (Maissilage, Körnermais, Maiskobs) sowie von der PMR gezogen und ebenfalls analysiert.

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 und BASSLER, 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 und BASSLER, 1976) bestimmt.

2.6.2 Analytik der Milchproben

Die Analyse der Milch Inhaltsstoffe 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 Milch Inhaltsstoffe 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 Progesteron Gehalt 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 (Glucosetest, 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)¹

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

ε_{ijk} = Restfehler von Fütterungsgruppe i, Laktationswoche j, bei Tier k

¹ 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 des selben 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 Parameter² 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

² Parameter: Ausgangsblutbild, Endblutbild 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, Roh Nährstoffgehalte sowie die errechneten Gehalte an nXP, RNB und Nettoenergie sind für die isogene Maissilage in der *Tabelle 10* und für die transgene Maissilage in der *Tabelle 11* in Abhängigkeit des Erntejahres dargestellt.

Tab. 10: Mittlere T-, Roh Nährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen Maissilage Ernte 2004-2006

	T	XA	XP	XL	XF	NfE	XS	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
Ernte 2004	38,0	28	78	28	172	694	314	130	-8,3	6,48
(n=14)	±1,9	±2,6	±4,1	±2,7	±8,7	±21,4	±20,8	±1,2	±0,5	±0,04
Ernte 2005	36,1	29	74	28	189	676	323	133	-9,5	6,78
(n=8)	±1,1	±2,1	±2,1	±1,4	±4,9	±8,4	±11,4	±0,7	±0,2	±0,02
Ernte 2006	31,3	29	96	41	166	668	341	147	-8,2	7,38
(n=5)	±1,7	±1,0	±2,4	±1,3	±3,8	±3,5	±7,3	±0,4	±0,3	±0,01

Bezüglich der Roh Nährstoff- 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.

Tab. 11: Mittlere T-, Rohnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der transgenen Maissilage Ernte 2004-2006

Woche	T	XA	XP	XL	XF	NfE	XS	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
Ernte 2004	36,9	27	83	27	180	685	305	134	-8,2	6,70
(n=14)	±1,6	±3,0	±4,3	±1,4	±11,6	±10,0	±15,8	±1,1	±0,5	±0,02
Ernte 2005	34,9	29	82	27	195	667	291	135	-8,5	6,77
(n=8)	±0,6	±1,6	±1,5	±0,9	±4,4	±2,3	±15,1	±0,4	±0,2	±0,01
Ernte 2006	30,9	35	92	34	207	633	251	134	-6,7	6,44
(n=5)	±0,7	±4,5	±2,2	±4,2	±11,8	±10,8	±49,9	±10,3	±1,6	±0,73

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 84g/kg T und der nXP Gehalt bei 134 g/kg T. Daraus ergab sich eine mittlere RNB von -8,0g/kg T.

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 12* entnommen werden. 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.

Tab. 12: Mittlere T-, Rohnährstoff- und Nettoenergiegehalte der eingesetzten Grassilagen

	T	XA	XP	XL	XF	NfE	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)					(MJ/kg T)
(n=28)	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

3.1.3 Körnermais

Der für die Kraftfuttermischungen eingesetzte isogene und transgene Körnermais stammte aus den Erntejahren 2004 und 2005. In den *Tabellen 13 bzw. 14* sind die mittleren Rohr-

nährstoff-, Stärke- und die Nettoenergiegehalte für den isogenen bzw. transgenen Körnermais für das jeweilige Erntejahr dargestellt.

Tab. 13: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte des isogenen Körnermaises Ernte 2004 und 2005

	T	XA	XP	XL	XF	NfE	XS	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
Ernte 2004	87,9	15	108	44	23	811	614	173	-10,4	8,78
(n=13)	±1	±2,1	±6,4	±11,1	±3,9	±20,3	±74,6	±4,6	±0,3	±0,10
Ernte 2005	89,2	14	95	38	23	829	677	166	-11,2	8,72
(n=13)	±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.

Tab. 14: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte des transgenen Körnermaises Ernte 2004

	T	XA	XP	XL	XF	NfE	XS	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
Ernte 2004	88,9	16	101	41	20	820	634	171	-11,2	8,98
(n=13)	±1,0	±1,4	±3,4	±5,3	±2,4	±12,9	±48,9	±2,7	±0,2	±0,09
Ernte 2005	90,2	15	94	38	21	832	684	164	-11,2	8,62
(n=13)	±0,8	±0,9	±5,3	±1,0	±1,2	±5,6	±35,2	±2,8	±0,4	±0,01

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 Energiegehalt von 8,81 MJ NEL/kg T und einen Stärkegehalt von 657 g/kg T auf.

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 Rohrnährstoffanalysen und der daraus errechneten Gehalte an nXP, RNB und Nettoenergie sind für das jeweilige Erntejahr für die isogenen Maiskobs in der *Tabelle 15* und für die transgenen Maiskobs in der *Tabelle 16* dargestellt.

Tab. 15: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen Maiskobs Ernte 2004 und 2006

	T	XA	XP	XL	XF	NfE	XS	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
Ernte 2004	90,3	30	77	26	169	696	313	137	-9,5	6,98
(n=14)	±1,1	±2,5	±5,7	±5,0	±8,5	±17,1	±39,0	±2,2	±0,6	±0,05
Ernte 2004	94,4	36	88	27	185	665	276	139	-8,1	6,95
(Zukauf)	±1,2	±6,0	±2,6	±1,0	±4,9	±3,8	±15,8	±1,3	±0,2	±0,04
(n=4)										
Ernte 2006	91,2	37	89	35	163	677	306	140	-8,3	7,03
(n=8)	±0,8	±2,5	±4,8	±2,5	±7,0	±6,8	±24,9	±17	±0,5	±0,04

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, dass ähnliche Gehalte vorlagen. Im Versuchsdurchschnitt wiesen die isogenen Maiskobs eine Nettoenergiekonzentration von 6,99 MJ NEL/kg T und einen Stärkegehalt von 305 g/kg T auf.

Tab. 16: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der transgenen Maiskobs Ernte 2004 und 2006

	T	XA	XP	XL	XF	NfE	XS	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
Ernte 2004	90,3	30	83	28	161	698	313	139	-8,9	7,01
(n=18)	±1,0	±3,0	±3,8	±4,6	±7,1	±12,6	±27,2	±1,2	±0,5	±0,04
Ernte 2006	91,9	38	81	34	172	675	293	138	-9,1	6,99
(n=8)	±0,4	±3,5	±4,1	±2,1	±7,3	±7,6	±20,8	±1,3	±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.

3.1.5 Ausgleichskraftfutter (AKF)

In der *Tabelle 17* sind die mittleren Trockenmasse- und Rohrnährstoffgehalte 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 den angestrebten 406 g/kg T aus der Rationsgestaltung, begründet durch den niedrigeren Gehalt des eingesetzten Rapsextraktionsschrotes 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 Ausgleichkraftfutter nur geringen Schwankungen in der Zusammensetzung unterlegen.

Tab. 17: Mittlere T-, Rohnährstoff- und Nettoenergiegehalte des isogenen und transgenen Ausgleichskraftfutters (AKF) (n = jeweils 28)

	T	XA	XP	XL	XF	NfE	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)				(MJ/kg T)	
Isogenes	89,1	86	297	39	83	495	198	15,9	7,30
AKF	±0,4	±6,6	±9,9	±3,7	±3,9	±15,1	±1,8	±1,6	±0,04
Transgenes	89,5	85	296	39	83	497	198	15,6	7,34
AKF	±0,8	±6,4	±13,8	±5,2	±7,6	±20,0	±1,7	±2,0	±0,04

3.1.6 Teilmischung (PMR)

In der *Tabelle 18* sind die analysierten Trockenmassegehalte, Rohnährstoffgehalte sowie die errechneten Gehalte an nXP, RNB und Nettoenergie der eingesetzten isogenen und transgenen teilaufgewerteten Mischung (PMR) dargestellt.

Im Versuchsdurchschnitt, wies die isogene PMR einen Energiegehalt von 6,67 MJ NEL, einen Rohproteingehalt von 131 g/kg T und einen nXP Gehalt von 143 g/kg T auf. Daraus errechnete sich ein 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, erreichten die isogene und transgene PMR den angestrebten Futterwert bei der Rationsplanung.

Tab. 18: Mittlere T-, Rohnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen und transgenen PMR (n = jeweils 28)

	T	XA	XP	XL	XF	NfE	XS	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
Isogene	49,4	50	131	29	191	599	212	143	-1,8	6,67
PMR	±2,8	±4,2	±7,6	±3,4	±14,8	±14,9	±25,8	±3,3	±0,9	±0,15
Transgene	49,0	50	132	28	196	594	208	143	-1,8	6,68
PMR	±3,1	±5,7	±9,7	±2,9	±15,7	±18,2	±23,5	±2,4	±1,4	±0,14

3.1.7 Altmelkerration

Der Tabelle 19 können die Gehalte an Trockenmasse, Rohnährstoffen und Nettoenergie der verfütterten isogenen und transgenen Altmelkerration entnommen werden. Die isogene 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 lässt. Die Gehalte der isogenen sowie auch der transgenen Altmelkerration unterschieden sich während des Untersuchungszeitraumes nur geringfügig und lagen auf den bei der Rationsplanung angestrebten Niveau von 5,90 MJ NEL/kg T.

Tab. 19: Mittlere T-, Rohnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen und transgenen Altmelkerration (R18)

	T	XA	XP	XL	XF	NfE	XS	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
Isogene	54,4	48	111	26	245	571	169	129	-2,9	6,10
R18 (n=28)	±2,5	±3,3	±5,7	±2,6	±13,0	±9,6	±17,8	±2,7	±0,7	±0,11
Transgene	54,8	47	111	24	252	565	163	130	-3,1	6,09
R18 (n=21)	±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 20). Die Energiekonzentration der isogenen und transgenen Trockensteherration lag im Versuchsmittel bei 5,79 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.

Tab. 20: Mittlere T-, Rohrnährstoff-, Stärke- und Nettoenergiegehalte der isogenen und transgenen Trockensteherration

	T	XA	XP	XL	XF	NfE	XS	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)						(MJ/kg T)
Isogene										
Trocken-	57,3	47	100	24	273	555	147	122	-3,5	5,79
steherration	±2,9	±4,0	±7,2	±2,4	±23,9	±18,8	±24,8	±2,6	±1,1	±0,10
(n=28)										
Transgene										
Trocken-	58,2	44	97	22	291	546	141	122	-4,1	5,80
steherration	±2,9	±3,0	±8,3	±1,9	±22,0	±15,4	±20,6	±1,8	±1,1	±0,07
(n=21)										

3.1.9 Leistungskraftfutter (LKF)

In der folgenden *Tabelle 21* sind die mittleren Gehalte an Trockenmasse, Rohrnährstoffen 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 bzw. 8,01 MJ NEL lagen über den 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 Rohrnährstoff- und Energiegehalte des isogenen und transgenen Leistungskraftfutters während des Untersuchungszeitraum nur geringen Schwankungen.

Tab. 21: Mittlere T-, Rohrnährstoff- und Nettoenergiegehalte des isogenen und transgenen Leistungskraftfutters(LKF) (n = jeweils 28)

	T	XA	XP	XL	XF	NfE	nXP	RNB	NEL
	(%)			(g/kg T)					(MJ/kg T)
Isogenes	89,1	71	206	35	92	596	192	2,2	8,02
LKF	±0,4	±3,7	±8,8	±4,7	±3,9	±12,9	±1,6	±1,3	±0,04
Transgenes	89,6	68	199	34	92	606	191	1,4	8,01
LKF	±0,6	±4,1	±13,3	±4,0	±4,5	±16,7	±2,1	±1,8	±0,03

3.2 Leistungsparameter

3.2.1 Futteraufnahme

3.2.1.1 Grobfutter- und Kraftfutteraufnahme

Den Tabellen 22 und 23 können die mittleren Futteraufnahmen an Grundration- und Kraftfutter der beiden Versuchsgruppen jeweils für die 1. und 2. Laktation im Versuch entnommen werden. Als Grundration stand 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.

Tab. 22: Mittlere Aufnahme an Grundration- (PMR, R18) und Kraftfutter (LKF) in der 1. Laktation im Versuch (kg T/d)

	Isogen	Transgen	P-Wert
Rationsaufnahme			
1 - 14 LW ¹	15,2 \pm 0,38	15,1 \pm 0,38	0,2428
15 - 29 LW ¹	17,4 \pm 0,39	17,6 \pm 0,39	0,6599
30 - 45 LW ²	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
Leistungskraftfutteraufnahme			
1 - 14 LW ¹	4,3 \pm 0,22	4,3 \pm 0,22	0,8882
15 - 29 LW ¹	2,6 \pm 0,27	2,4 \pm 0,27	0,3496
30 - 45 LW ²	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; ¹: PMR; ²: 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.

Tab. 23: Mittlere Aufnahme an Grundration- (PMR) und Kraftfutter (LKF) in der 2. Laktation im Versuch (kg T/d)

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

LW: Laktationswoche; ¹: 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 ($P > 0,05$).

3.2.1.2 Gesamtfutteraufnahme

Die Gesamtfutteraufnahme der beiden Versuchsgruppen in den einzelnen Laktationsdritteln der 1. Laktation ist in der *Tabelle 24* 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.

Tab. 24: 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 2* 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.

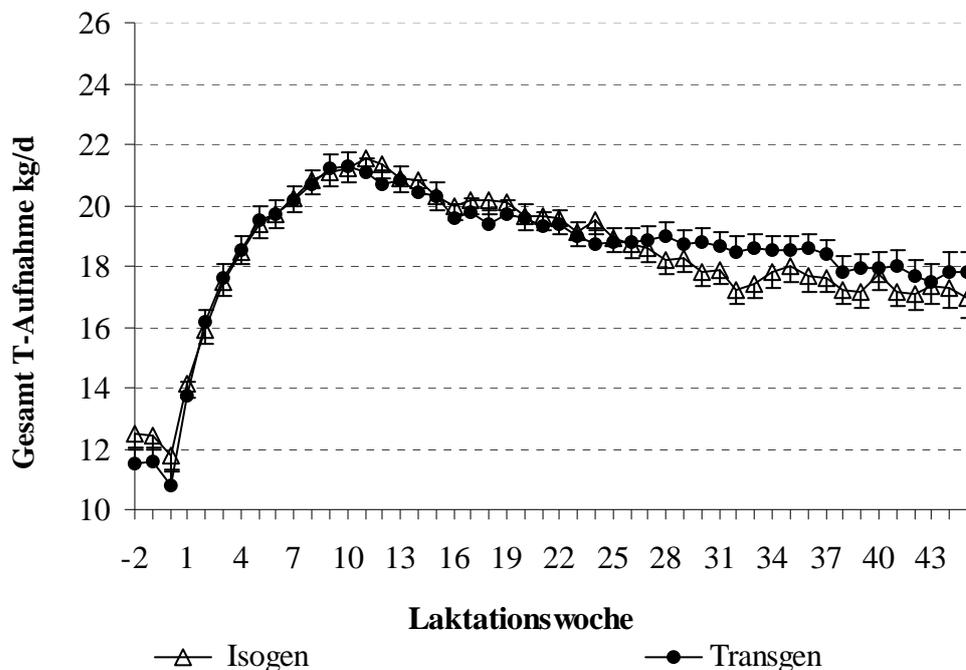


Abb. 2: Mittlere Gesamtfutteraufnahme (kg T/d) der 1. Laktation im Versuch von der zweiten Woche a.p. bis zur 45. Woche p.p.

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 25* 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.

Tab. 25: Mittlere Gesamtfutteraufnahme (kg T/d) der 2. Laktation im Versuch

	Isogen	Transgen	P-Wert
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
Ø 2. Laktation im Versuch (1- 29 LW)	21,0 ± 0,67	20,4 ± 0,68	0,0796

Der nachfolgenden *Abbildung 3* 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 der 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 ($P > 0,05$).

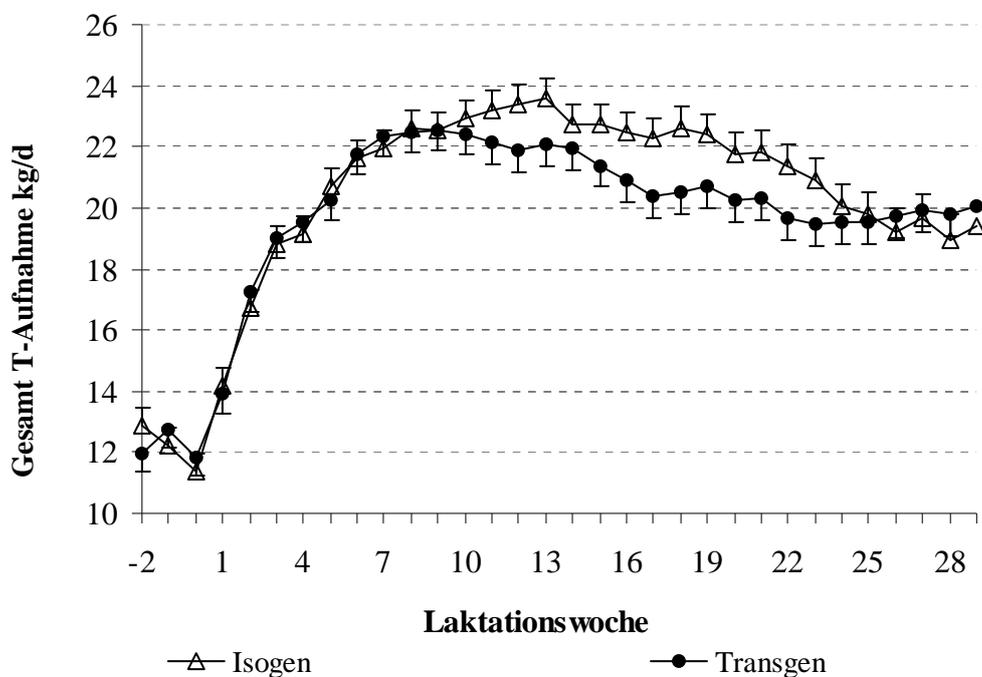


Abb. 3: Mittlere Gesamtfutteraufnahme (kg T/d) der 2. Laktation im Versuch von der zweiten Woche a.p. bis zur 29. Woche p.p.

3.2.2 Milchleistung

Die mittleren täglichen Milchleistungen in der 1. Laktation im Versuch sind für die einzelnen Laktationsabschnitte in der *Tabelle 26* 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.

Tab. 26: 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 4* 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 ($P > 0,05$).

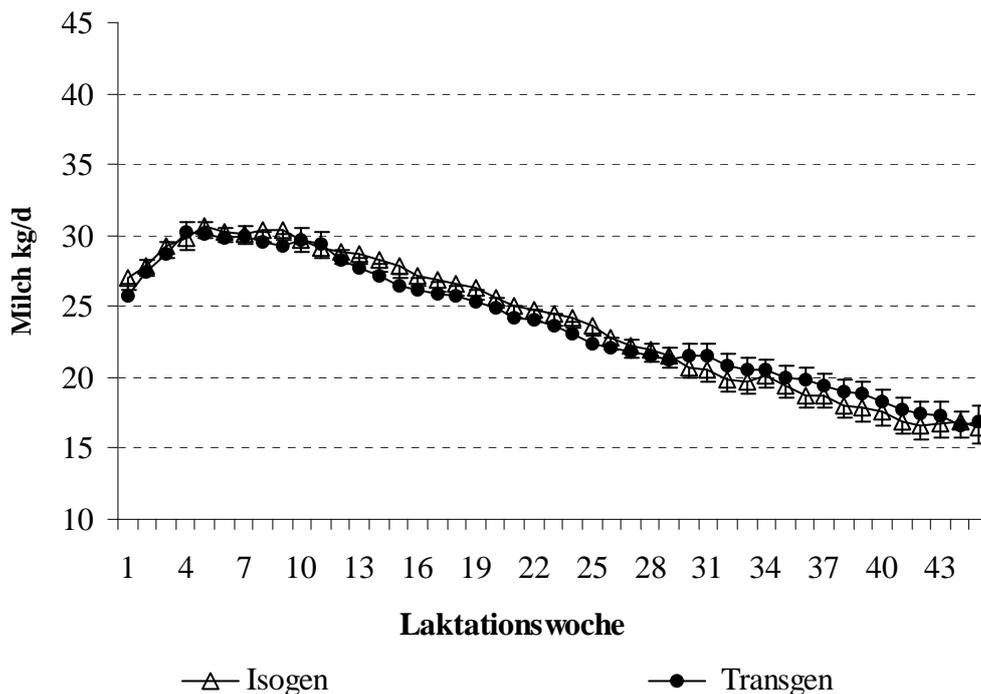


Abb. 4: Mittlere Milchleistungen (kg /d) in der 1. Laktation des Versuches

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 27). Die mittleren Milchleistungen der 2. Laktation sind bis zur 29. Laktationswoche in der Abbildung 5 dargestellt.

Tab. 27: 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
Ø 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 ($P > 0,05$).

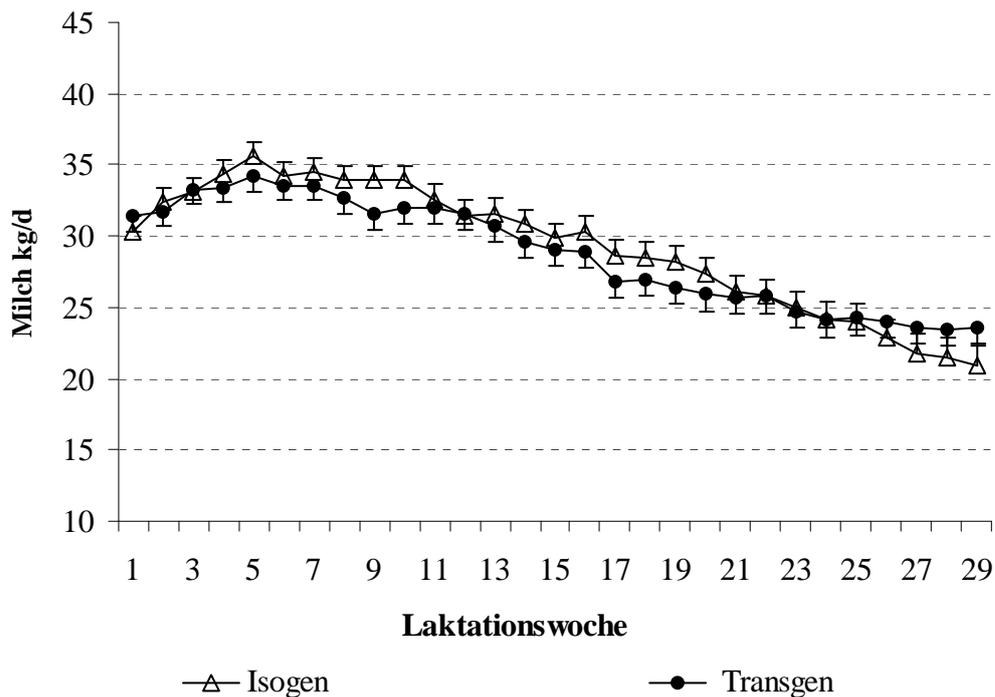


Abb. 5: Mittlere Milchleistung (kg /d) in der 2. Laktation des Versuches

3.2.3 Milchinhaltsstoffe

In den nachfolgenden Ausführungen werden die Ergebnisse der analysierten Milchinhaltsstoffe jeweils für die beiden Laktationen im Versuch dargestellt.

3.2.3.1 Milchfettgehalt

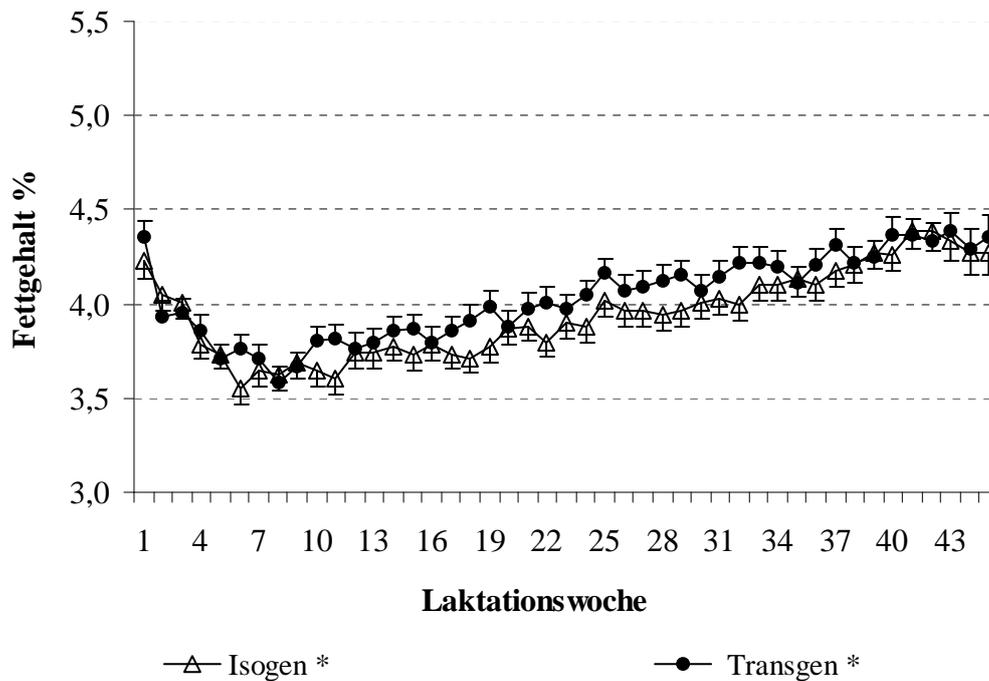
Die mittleren Milchfettgehalte und der Laktationsverlauf der 1. Laktation im Versuch sind für die einzelnen Laktationsdrittel in der *Tabelle 28* und in der *Abbildung 6* dargestellt. Im Mittel der 1. Laktation im Versuch wiesen beide Versuchsgruppen ein Milchfettgehalt von ca. 4,0 % auf.

Tab. 28: 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
Ø 1. Laktation im Versuch (1- 45 LW)	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 ($P < 0,05$)

Abb. 6: Mittlere Milchfettgehalte (%) der 1. Laktation im Versuch

Die Ergebnisse der Milchfettgehalte in der 2. Laktation im Versuch sind in der *Tabelle 29* und in der *Abbildung 7* aufgezeigt. Im Durchschnitt der 2. Laktation betrug der Milchfettgehalt bei der isogenen Gruppe 3,7 % und bei der transgenen Gruppe 3,9 %.

Tab. 29: 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
Ø 2. Laktation im Versuch (1- 29 LW)	3,75 ± 0,12	3,86 ± 0,12	0,0554

Wie *Abbildung 7* 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 Mit-

tel auf einem Niveau von 3,7 % bis 3,8 %. Im Laktationsverlauf konnten zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren keine signifikanten Unterschiede bezüglich des MilCHFettgehaltes festgestellt werden ($P > 0,05$).

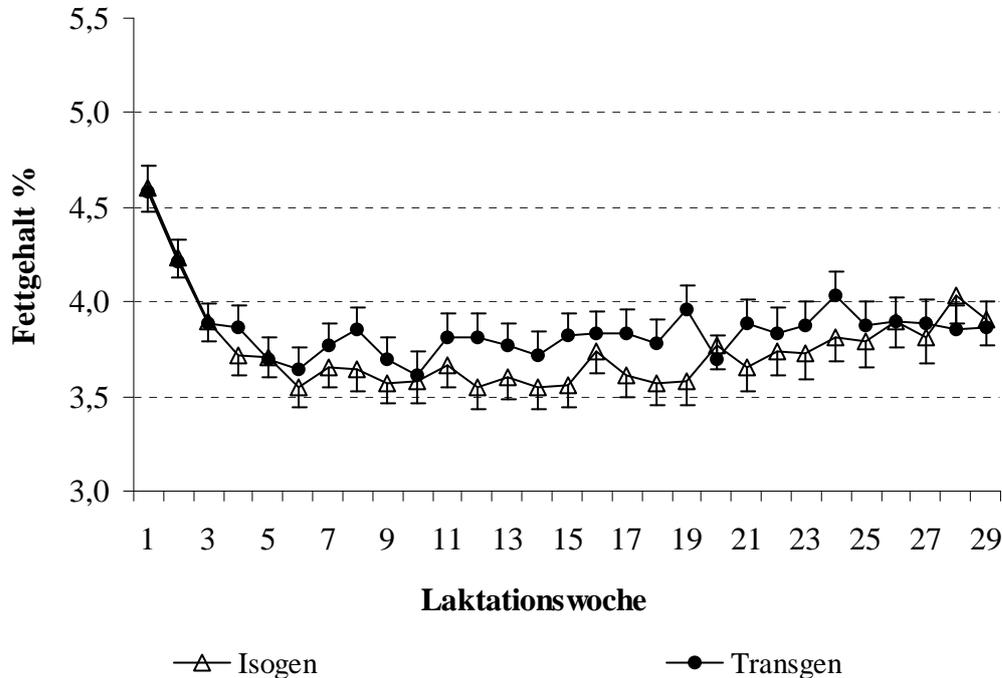


Abb. 7: Mittlere Milchfettgehalte (%) der 2. Laktation im Versuch

3.2.3.2 Milcheiweißgehalt

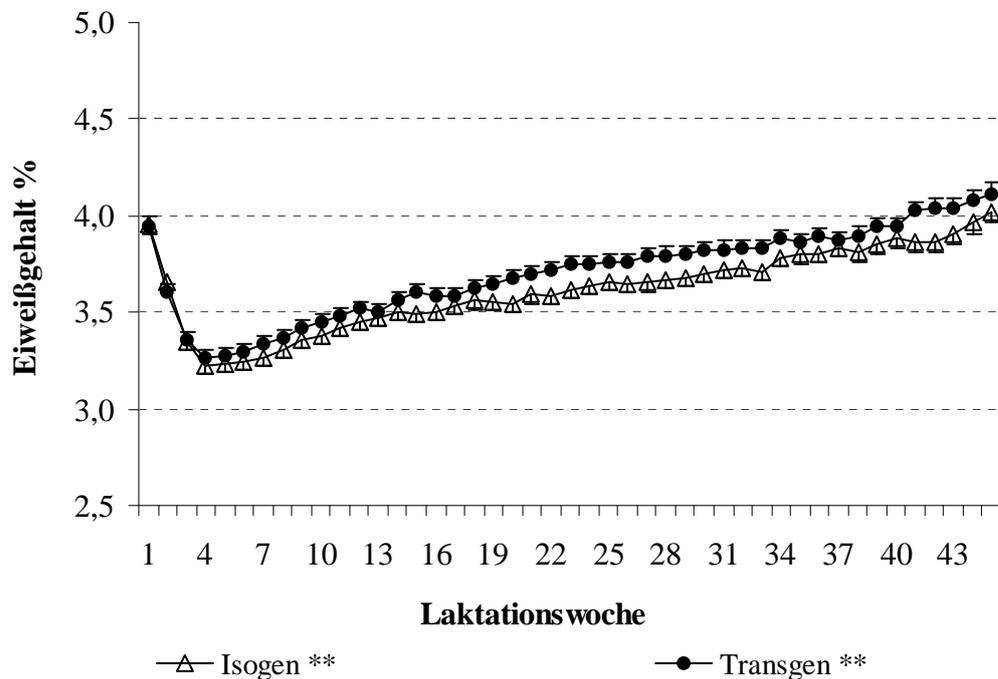
Der Milcheiweißgehalt der 1. Laktation im Versuch ist jeweils für die einzelnen Laktationsdrittel in der *Tabelle 30* aufgezeigt. Im Durchschnitt der gesamten 1. Laktation wiesen die isogen gefütterten Tiere ein Milcheiweißgehalt von 3,6 % und die transgen gefütterten einen Gehalt von 3,7 % auf.

Tab. 30: Mittlere Milcheiweißgehalt (%) 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
Ø 1. Laktation im Versuch (1- 45 LW)	3,62 ± 0,04	3,71 ± 0,04	<0,0001

Die analysierten Milcheiweißgehalte sind für die 1. Laktation im Versuch in der *Abbildung 8* graphisch dargestellt. Dieser ist zu entnehmen, dass 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 ($P < 0,01$)

Abb. 8: 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 Laktationsdrittel können der *Tabelle 31* entnommen werden.

Tab. 31: 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
Ø 2. Laktation im Versuch (1- 29 LW)	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 9*). 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 Unter-

schiede im Kurvenverlauf zwischen den beiden Versuchsgruppen festgestellt werden ($P > 0,05$).

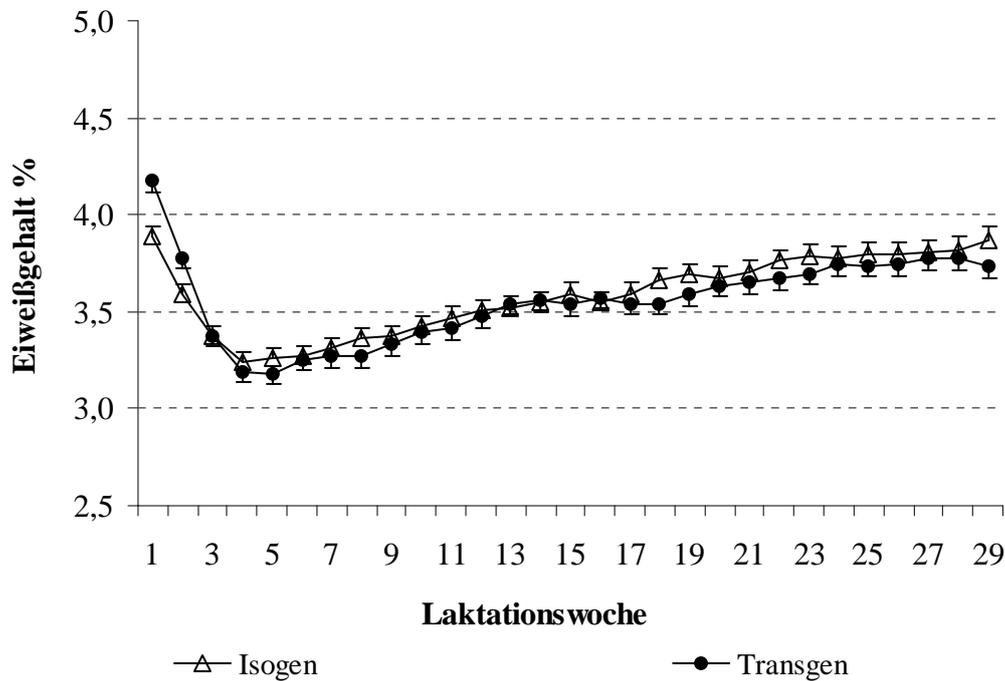


Abb. 9: Mittlere Milcheiweißgehalte (%) der 2. Laktation im Versuch

3.2.3.3 Milchwarnstoffgehalt

Die mittleren Milchwarnstoffgehalte der 1. Laktation im Versuch sind in der *Tabelle 32* dargestellt. Die isogen gefütterten Tiere wiesen im Durchschnitt der 1. Laktation einen Milchwarnstoffgehalt von 164 mg/l und die transgen gefütterten Tieren einen Gehalt von 181 mg/l auf. Der Verlauf der Milchwarnstoffgehalte während der 1. Laktation ist in der *Abbildung 10* dargestellt.

Tab. 32: Mittlere Milchwarnstoffgehalte (mg/l) der 1. Laktation im Versuch

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	175 ± 8,5	195 ± 8,3	0,0013
15 - 29 LW	162 ± 8,5	178 ± 8,4	0,0033
30 - 45 LW	155 ± 9,7	172 ± 9,3	0,0038
Ø 1. Laktation im Versuch (1- 45 LW)	164 ± 8,9	181 ± 8,7	<0,0001

Bei der Betrachtung der *Abbildung 10* ist zu erkennen, dass die Milchwarnstoffgehalte 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 Milchwarnstoffgehalte bei der isogen Gruppe zwischen 150 mg/l und 180 mg/l und bei der transgenen Gruppe zwischen 160 mg/l und 200mg/l. Die transgene Gruppe

wies im Mittel der gesamten Laktation höhere Milchharnstoffgehalte als die isogene Gruppe auf ($P < 0,01$).

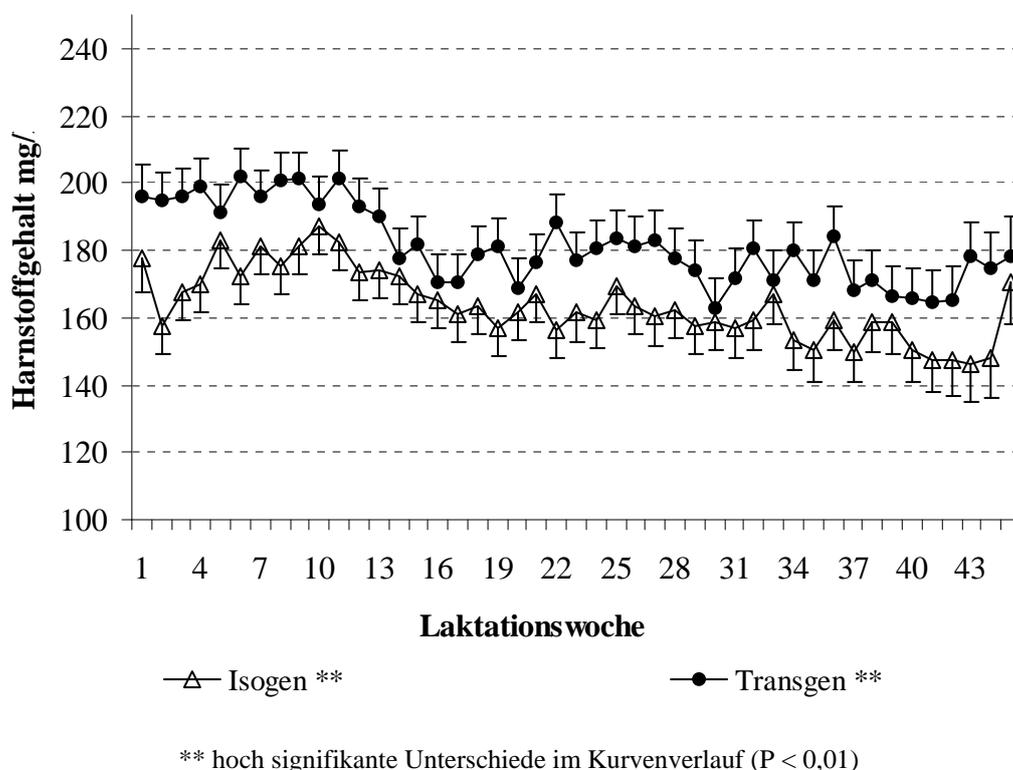


Abb. 10: Mittlere Milchharnstoffgehalte (mg/l) der 1. Laktation im Versuch

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 g/ml (siehe Tabelle 33).

Tab. 33: Mittlere Milchharnstoffgehalte (mg/l) der 2. Laktation im Versuch

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	177 ± 12,3	180 ± 13,1	0,7324
15 - 29 LW	182 ± 14,5	171 ± 14,1	0,1627
Ø 2. Laktation im Versuch (1- 29 LW)	180 ± 13,4	175 ± 13,6	0,5226

Wie aus der *Abbildung 11* 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 ($P > 0,05$).

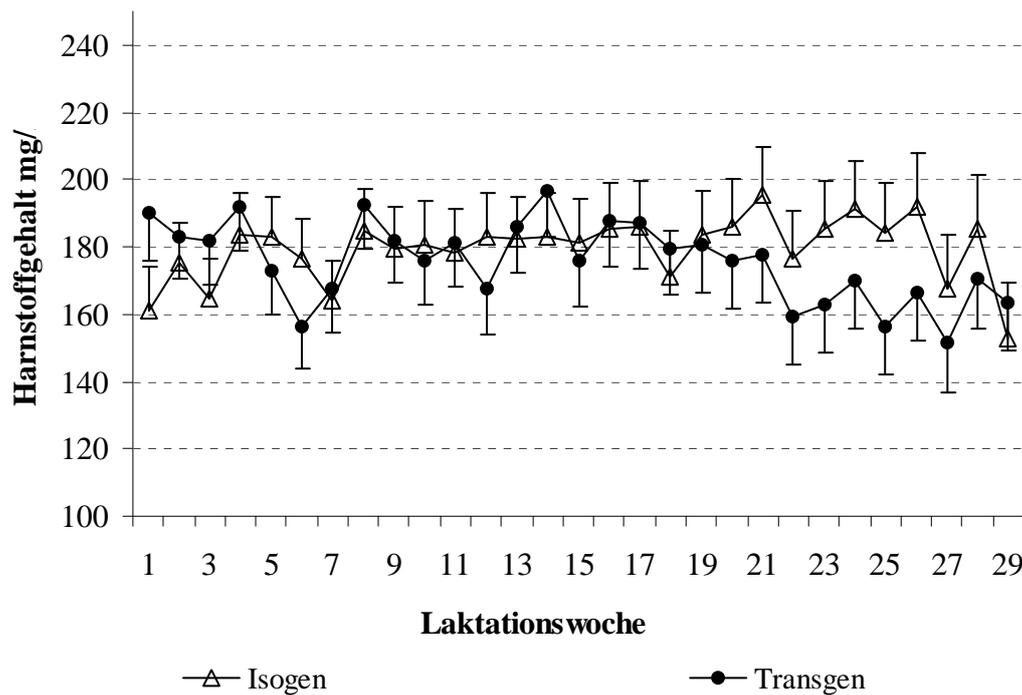


Abb. 11: Mittlere Milchwahurstoffgehalte (mg/l) der 2. Laktation im Versuch

3.2.3.4 Lactosegehalt

Die analysierten Lactosegehalte in der Milch können für die 1. Laktation im Versuch der *Tabelle 34* entnommen werden. Im Mittel wiesen die isogen und transgen gefütterten Tiere Lactosegehalte von 4,8 % in der Milch auf.

Tab. 34: 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
Ø 1. Laktation im Versuch (1- 45 LW)	4,83 ± 0,03	4,82 ± 0,03	0,1553

Eine graphische Darstellung des Lactosegehaltes der 1. Laktation im Versuch ist in der *Abbildung 12* 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 ($P > 0,05$).

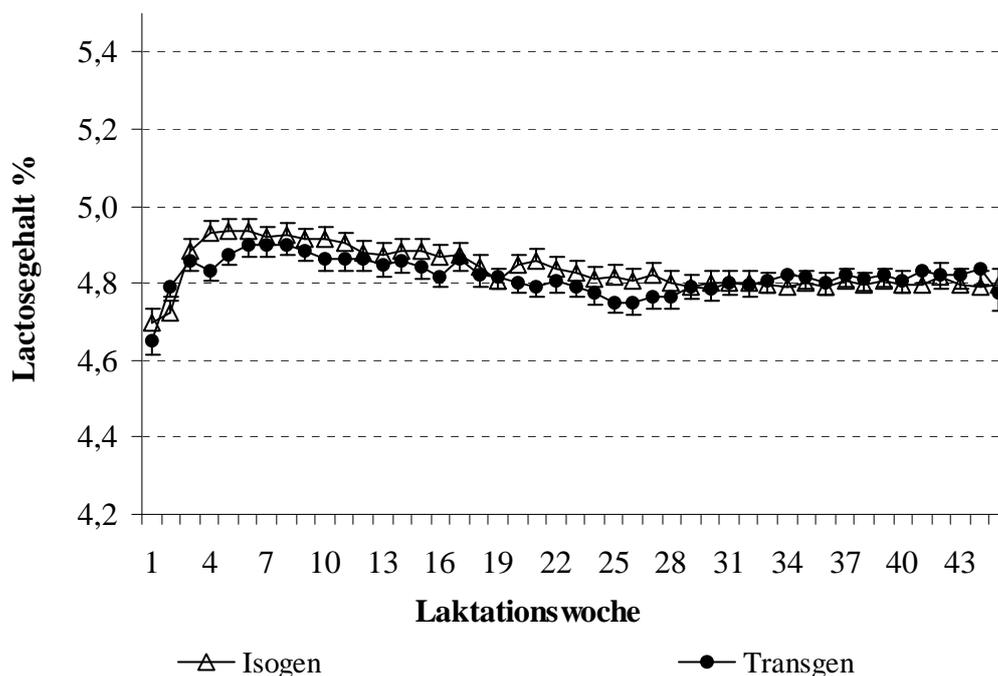


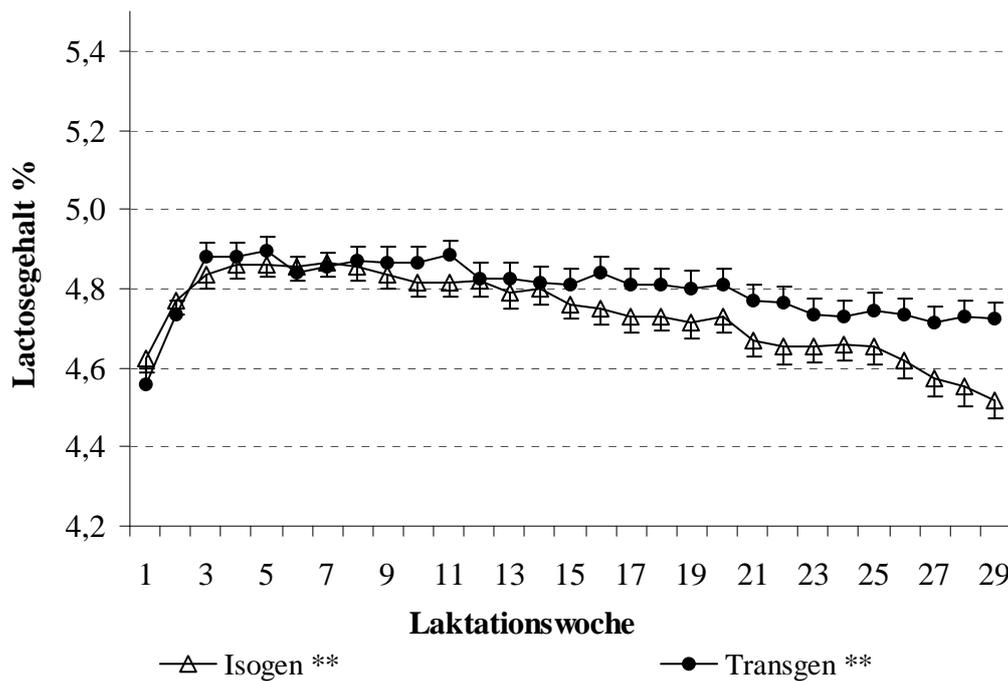
Abb. 12: Mittlere Lactosegehalte in der Milch (%) der 1. Laktation im Versuch

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 35).

Tab. 35: 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
Ø 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 13). 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 ($P < 0,01$)

Abb. 13: Mittlere Lactosegehalte in der Milch (%) der 2. Laktation im Versuch

3.2.3.5 Zellgehalt

Die erfassten somatischen Zellgehalte in der Milch der 1. und 2. Laktation im Versuch sind nach Laktationsdritteln in den *Tabellen 36 und 37* dargestellt. Die isogen gefütterten Tiere wiesen in der 1. Laktation einen durchschnittlichen Zellgehalt von 157.000 Zellen/ml und die transgen gefütterten Tiere einen Gehalt von 205.000 Zellen/ml. Die isogene Gruppe zeigte im Durchschnitt niedrigere Zellgehalte als die transgene Gruppe. Der Unterschied konnte jedoch statistisch nicht abgesichert werden ($P > 0,05$).

Tab. 36: 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
Ø 1. Laktation im Versuch (1- 45 LW)	157 ± 72	205 ± 70	0,0726

Im Gegensatz zur 1. Laktation im Versuch wiesen beiden Versuchsgruppen im Mittel der 2. Laktation höhere Zellgehalte von 241.000 bzw. 220.000 Zellen/ml auf. Zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden ($P > 0,05$).

Tab. 37: 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

3.2.4 Energiekorrigierte Milchmenge (ECM)

Die berechnete energiekorrigierte Milchmenge der 1. Laktation im Versuch ist für beide Versuchsgruppen in der *Tabelle 38* 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 14* dargestellt.

Tab. 38: 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 signifikante Unterschiede zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren ($P > 0,05$).

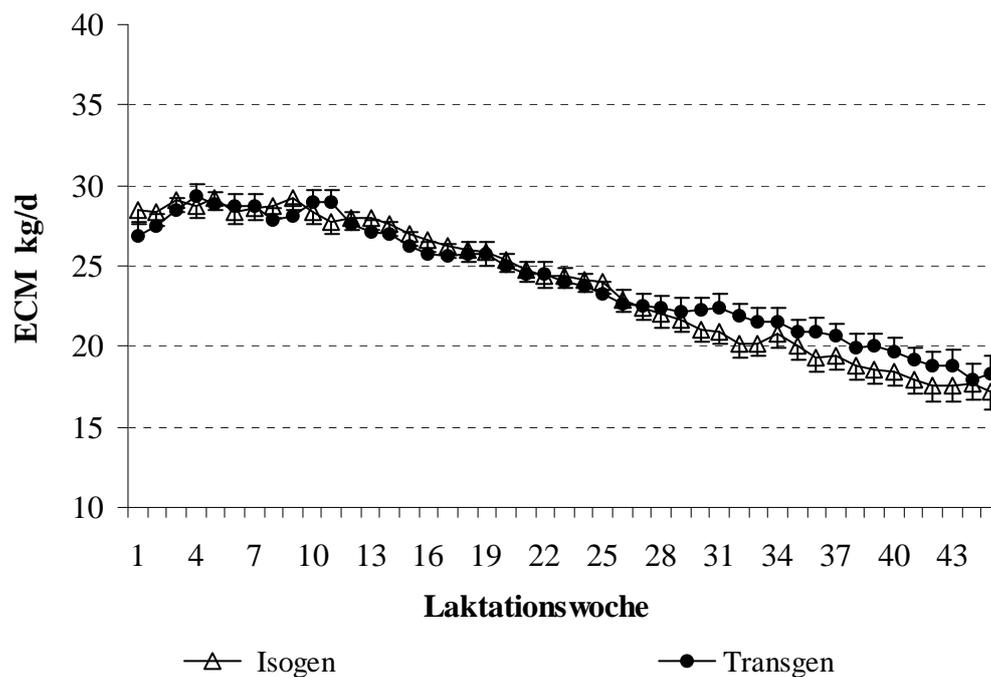


Abb. 14: Mittlere energiekorrigierte Milchmenge (kg/d) der 1. Laktation im Versuch

Die Ergebnisse der Berechnung der ECM der 2. Laktation im Versuch sind in der nachfolgenden *Tabelle 39* dargestellt. Die isogen und transgen gefütterten Tiere erreichten im Mittel eine energiekorrigierte Milchmenge von 28,7 kg/d bzw. 28,5 kg/d.

Tab. 39: 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
Ø 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 15*). Zwischen den beiden Versuchgruppen konnten wie bei der Milchleistung keine signifikanten Unterschiede bezüglich der energiekorrigierten Milchmenge in der 2. Laktation im Versuch festgestellt werden ($P > 0,05$).

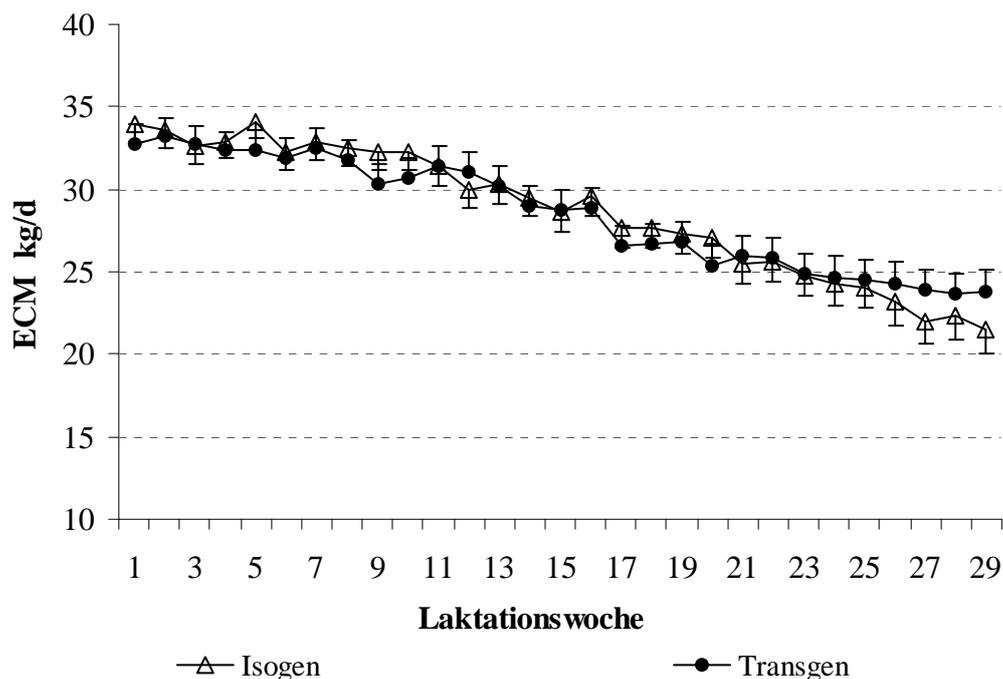


Abb. 15: Mittlere energiekorrigierte Milchmenge (kg/d) der 2. Laktation im Versuch

3.2.5 Fett-Eiweiß-Quotient

Der aus dem Milchfett- und Milcheiweißgehalt berechnete Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ) ist für die 1. Laktation im Versuch in der *Tabelle 40* aufgezeigt. Im Mittel der 1. Laktation betrug der FEQ bei beiden Versuchsgruppen 1,09.

Tab. 40: 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
Ø 1. Laktation im Versuch (1- 45 LW)	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 16* entnommen werden. Zu Beginn der 1. Laktation stieg der FEQ von anfänglich 1,1 bis zur 3. bis 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 ($P > 0,05$).

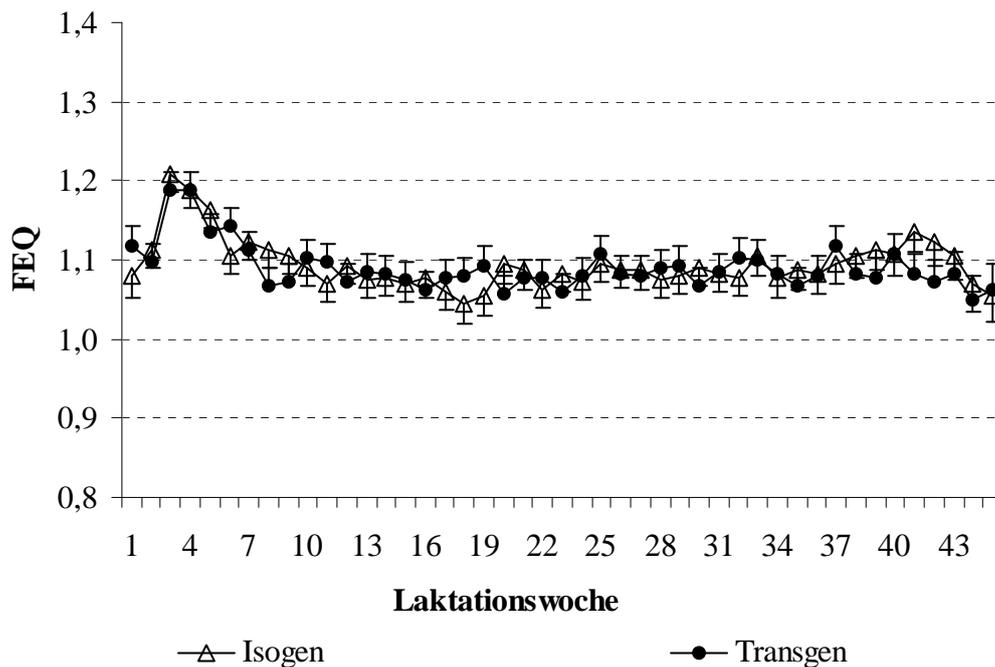


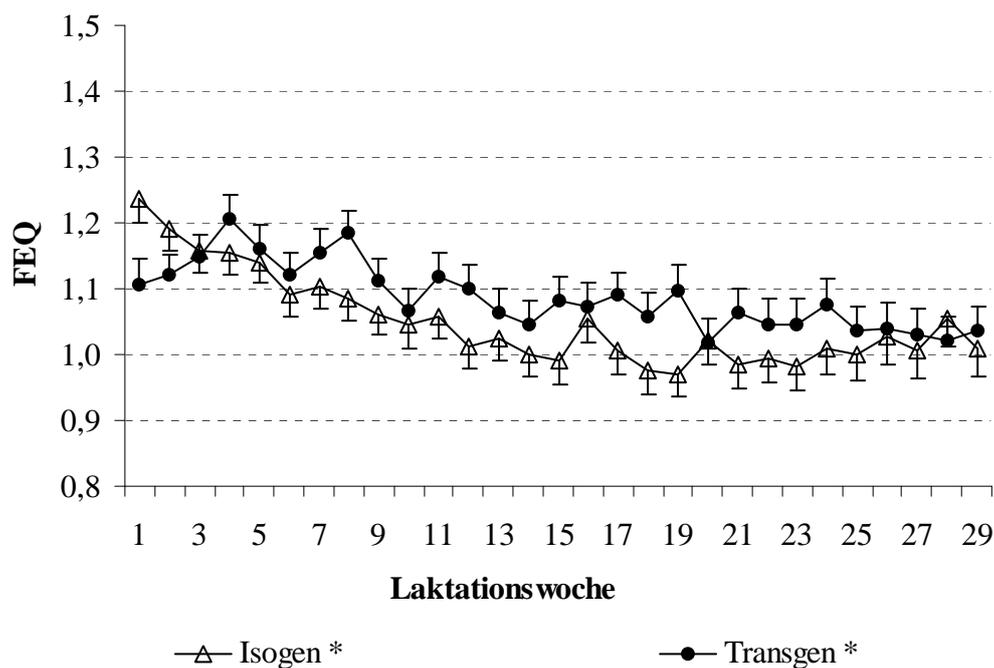
Abb. 16: Mittlerer Fett-Eiweiß-Quotient in der 1. Laktation im Versuch

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 41). Eine graphische Darstellung des Fett-Eiweiß-Quotienten der 2. Laktation kann der folgenden *Abbildung 17* entnommen werden.

Tab. 41: 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
Ø 2. Laktation im Versuch (1- 29 LW)	1,05 ± 0,04	1,09 ± 0,04	0,0247

Wie in der *Abbildung 17* 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 ($P < 0,05$)

Abb. 17: Mittlerer Fett- Eiweiß- Quotient (kg/d) der 2. Laktation im Versuch

3.2.6 Energieversorgung

In den nachfolgenden Ausführungen werden die Ergebnisse der Berechnung der Energieaufnahme und der Energiebilanz jeweils für die beiden Laktationen im Versuch dargestellt.

3.2.6.1 Energieaufnahme

In der *Tabelle 42* 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.

Tab. 42: 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 18* entnommen werden. Nach anfänglichen

Energieaufnahmen von 97 MJ NEL/d bei der isogenen Gruppe bzw. 95 MJ NEL/d bei der transgenen Gruppen stiegen die Aufnahme 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 isogenen 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 ($P > 0,05$).

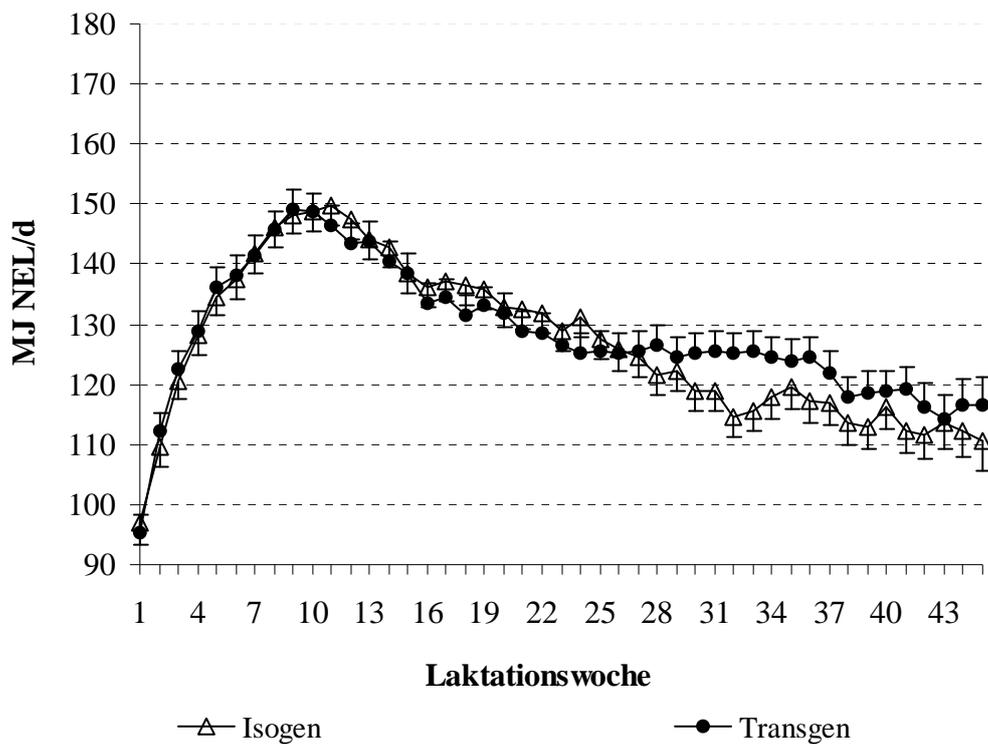


Abb. 18: Mittlere Energieaufnahme (MJ NEL/d) der 1. Laktation im Versuch

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 43).

Tab. 43: 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
Ø 2. Laktation im Versuch (1- 29 LW)	143,2 ± 4,9	138,9 ± 5,1	0,0993

Der Verlauf der Energieaufnahmen der 2. Laktation im Versuch ist in der Abbildung 19 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 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 ($P > 0,05$).

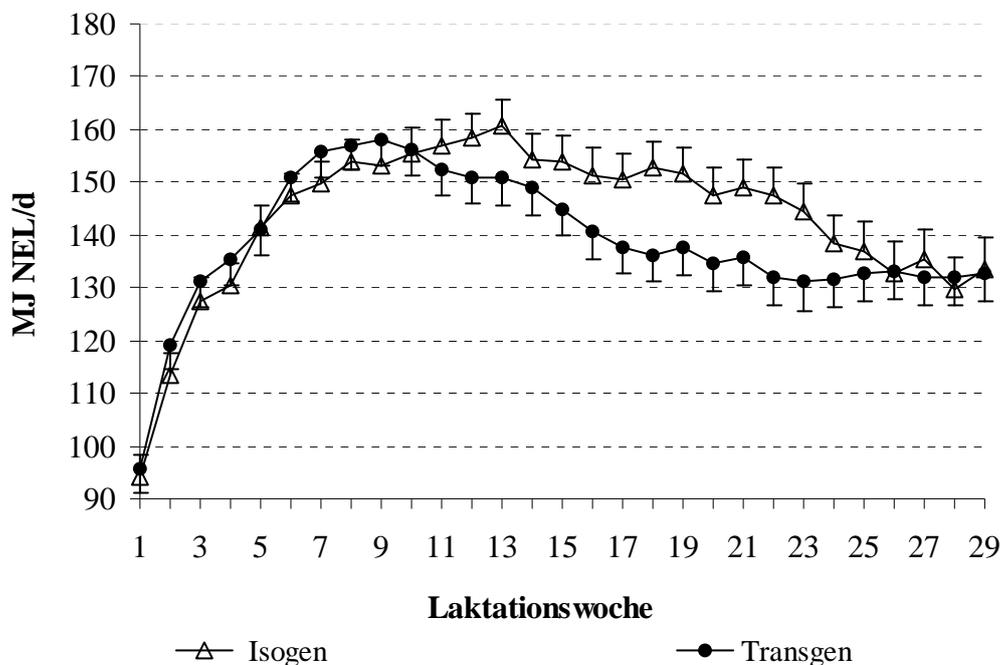


Abb. 19: Mittlere Energieaufnahme (MJ NEL/d) der 2. Laktation im Versuch

3.2.6.2 Energiebilanz

Die aus der Energieaufnahme und dem Energiebedarf berechnete Energiebilanz der 1. Laktation im Versuch kann für die einzelnen Laktationsabschnitte der *Tabelle 44* 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 20* dargestellt.

Tab. 44: 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 20* ist zu entnehmen, dass beide Versuchsgruppen zu Beginn der 1. Laktation eine negative Energiebilanz von -34 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 ($P > 0,05$).

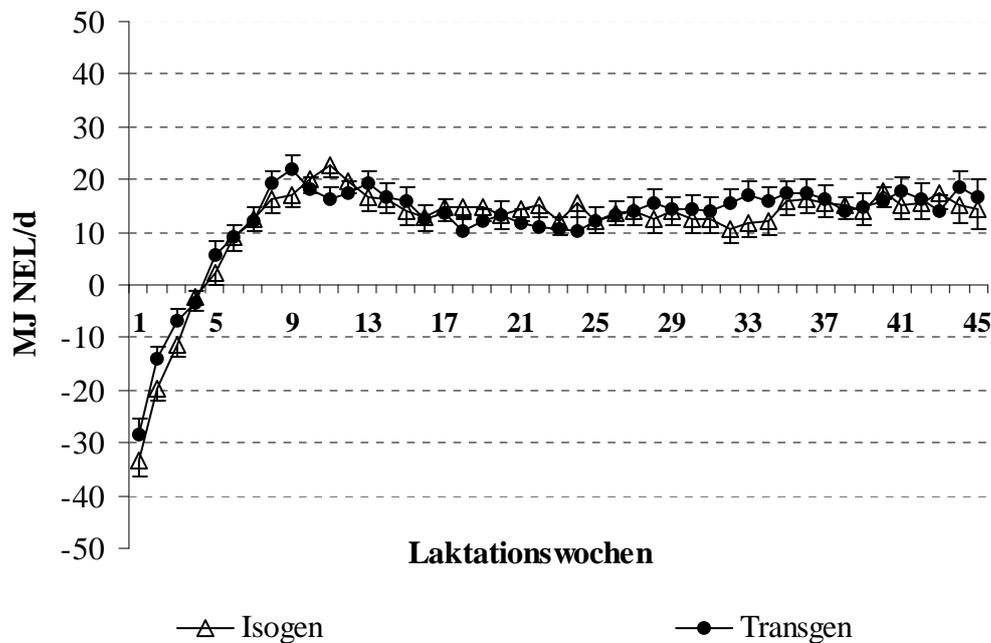


Abb. 20: Mittlere Energiebilanz (MJ NEL/d) der 1. Laktation im Versuch

In der Tabelle 45 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.

Tab. 45: 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
Ø 2. Laktation im Versuch (1- 29 LW)	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 bzw. -50 MJ NEL/d (siehe Abbildung 21). 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 21 ist erkennbar, dass zwischen den beiden Versuchsgruppen Unterschiede im Kurvenverlauf bestehen, welche signifikant abgesichert werden konnten ($P < 0,05$).

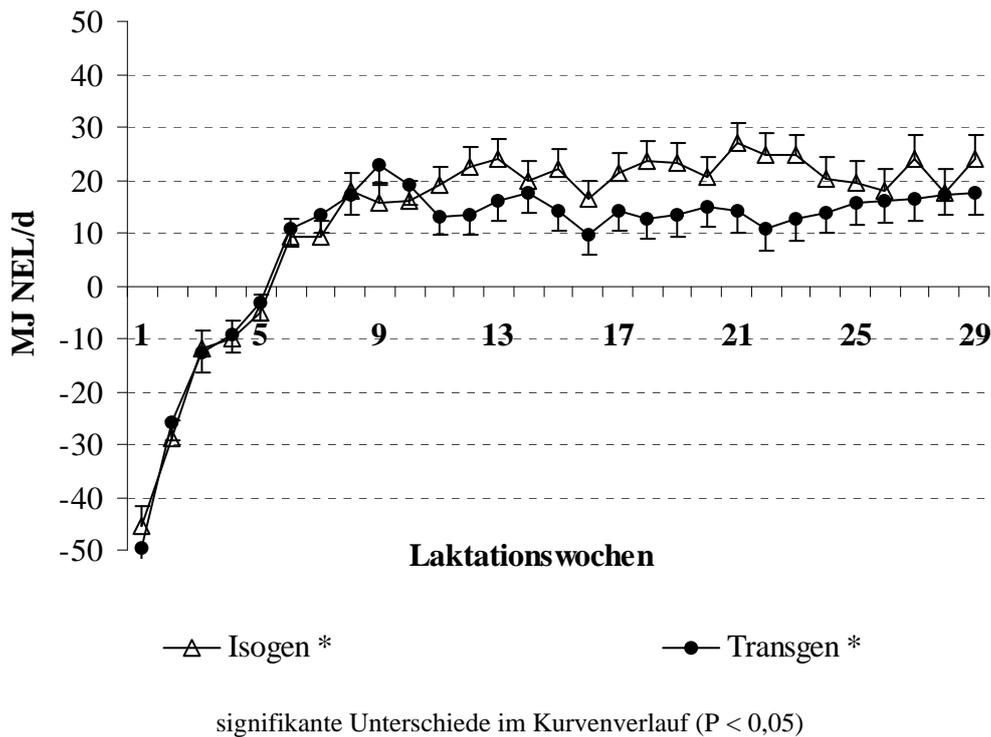


Abb. 21: Mittlere Energiebilanz (MJ NEL/d) der 2. Laktation im Versuch

3.3 Körperkonditionsparameter

3.3.1 Lebendmasse

Die durchschnittliche Lebendmasse der 1. Laktation im Versuch ist für die jeweiligen Laktationsabschnitte in der *Tabelle 46* 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 22* entnommen werden.

Tab. 46: 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	-
Ø 1. Laktation im Versuch (1- 45 LW)	688,3 ± 14,4	690,0 ± 14,0	0,9765

In der folgenden *Abbildung 22* 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 ($P > 0,05$).

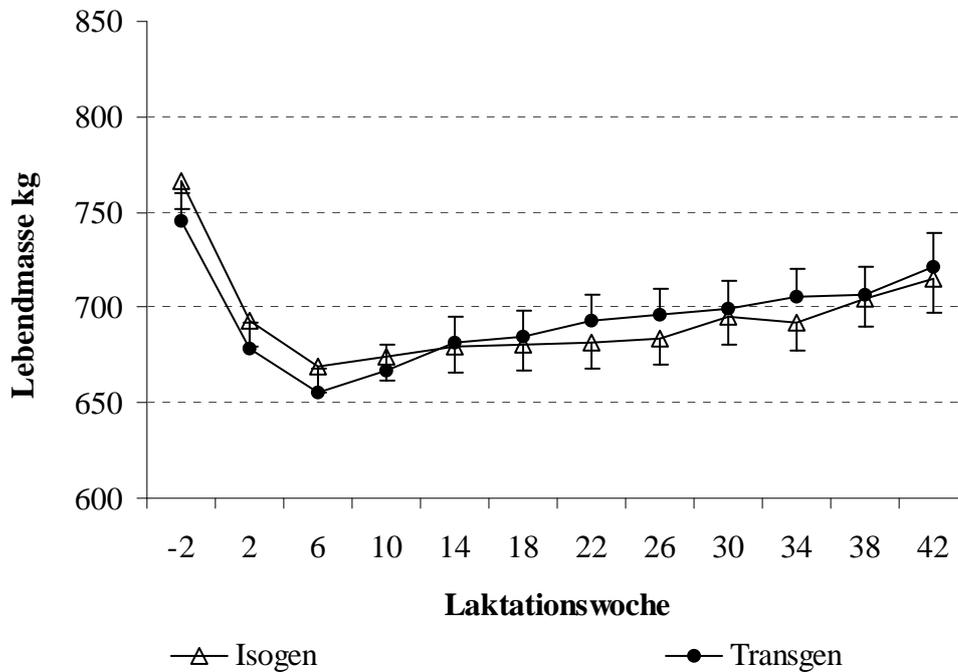


Abb. 22: Mittlere Lebendmasse (kg) der 1. Laktation im Versuch

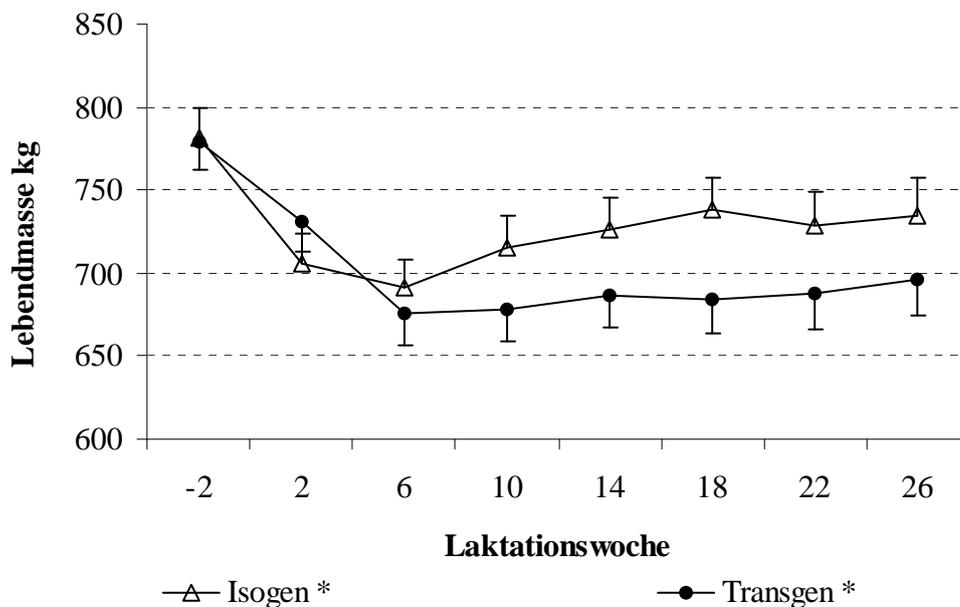
Die mittleren Lebendmassen der Tiere in der 2. Laktation im Versuch können der Tabelle 47 entnommen werden. Durchschnittlich wiesen die isogenen Tiere in der 2. Laktation eine Lebendmasse von 720 kg und die transgenen Tiere eine Lebendmasse von 691 kg auf.

Tab. 47: 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	-
<i>Ø</i> 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 23). Vor der Kalbung, wiesen die isogenen 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 deutliche höhere Lebend-

masseverluste 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 ($P < 0,05$)

Abb. 23: Mittlere Lebendmasse (kg) der 2. Laktation im Versuch

3.3.2 Body Condition Score (BCS)

Die Ergebnisse der Beurteilung der Körperkondition mit Hilfe des Body Condition Score (BCS) sind für die 1. Laktation im Versuch in der *Tabelle 48* und in der *Abbildung 24* dargestellt. Im Mittel wiesen die isogen und transgen gefütterten ähnliche Körperkonditionsnoten von 3,6 bzw. 3,5 auf.

Tab. 48: 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	-
Ø 1. Laktation im Versuch (1- 45 LW)	3,57 ± 0,10	3,53 ± 0,10	0,3953

Wie aus der *Abbildung 24* 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 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.

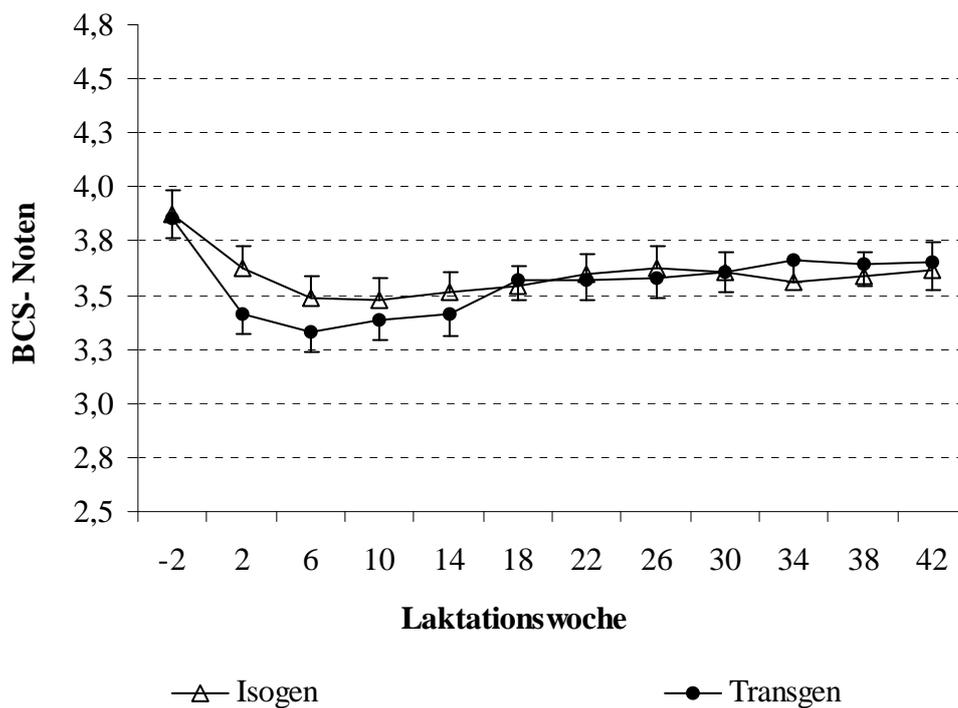


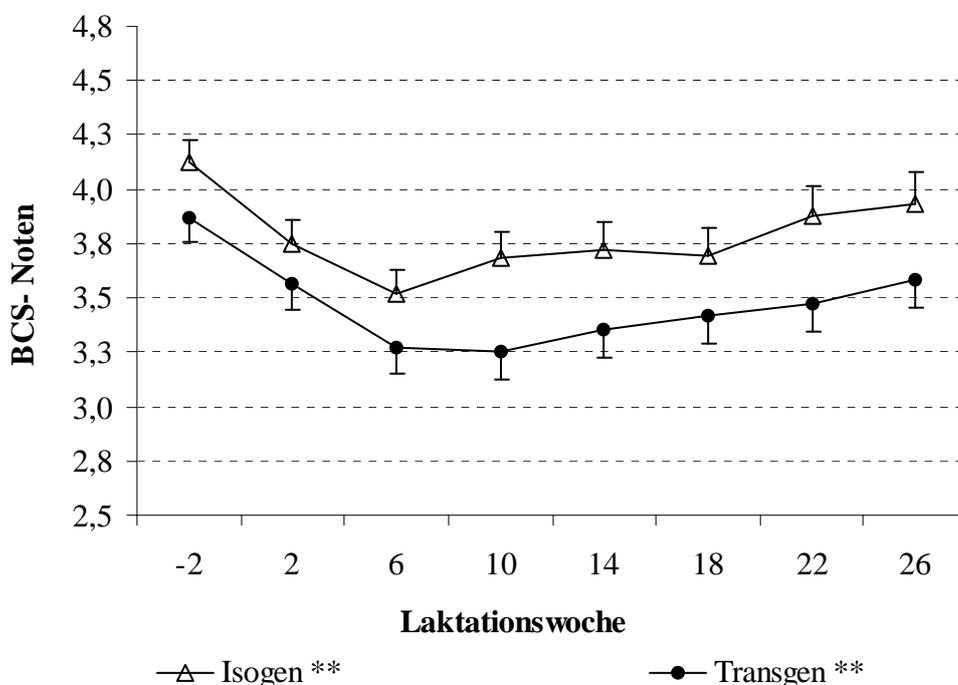
Abb. 24: Mittlere BCS - Noten der 1. Laktation im Versuch

Die durchschnittlichen BCS- Noten der 2. Laktation im Versuch sind für die beiden Laktationsabschnitte in der *Tabelle 49* 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 25* entnommen werden.

Tab. 49: 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	-
Ø 2. Laktation im Versuch (1- 29 LW)	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 25). Die isogen gefütterten Tiere bewegten sich bezüglich der BCS-Noten während der gesamten 2. Laktation (1 - 29 LW) auf einem relativ höheren Lebendmasse-niveau.



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

Abb. 25: 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 25 erkennbaren Unterschiede im Kurvenverlauf zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren konnten statistisch abgesichert werden ($P < 0,01$).

3.3.3 Rückenfettdicke (RFD)

Die Ergebnisse der Messung der Rückenfettdicke (RFD) der 1. Laktation im Versuch sind in der *Tabelle 50* sowie in der *Abbildung 26* 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.

Tab. 50: 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 26* 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 Tieren 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.

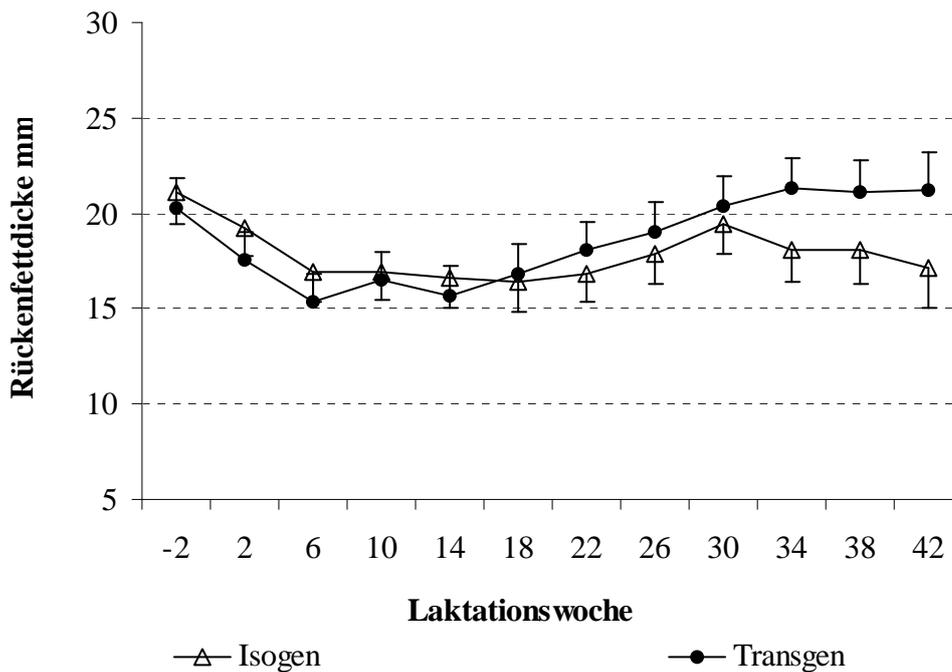


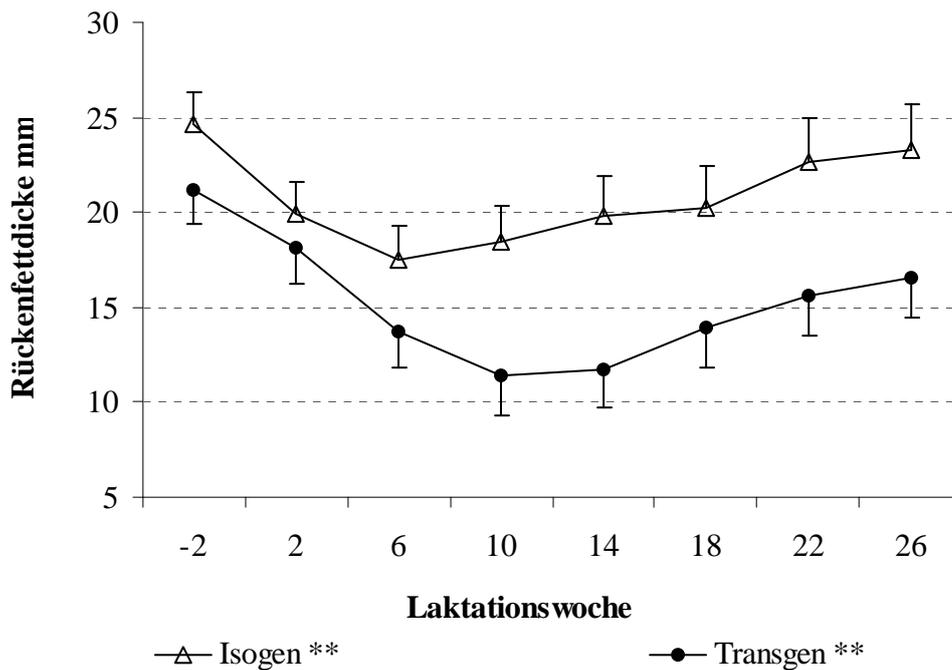
Abb. 26: Mittlere Rückenfettdicken (mm) der 1. Laktation im Versuch

In der nachfolgenden *Tabelle 51* 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 14,4mm auf. Eine graphische Darstellung des Laktationsverlaufes der Rückenfettdicke der 2. Laktation, kann der *Abbildung 27* entnommen werden.

Tab. 51: 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	-
Ø 2. Laktation im Versuch (1- 29 LW)	20,3 ± 2,0	14,4 ± 2,1	<0,0001

Aus der *Abbildung 27* 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 ($P < 0,01$)

Abb. 27: 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 ($P < 0,01$).

3.4 Stoffwechselfparameter

In den nachfolgenden Ausführungen werden die Ergebnisse der analysierten Stoffwechselfparameter jeweils für die 1. und 2. Laktation im Versuch dargestellt.

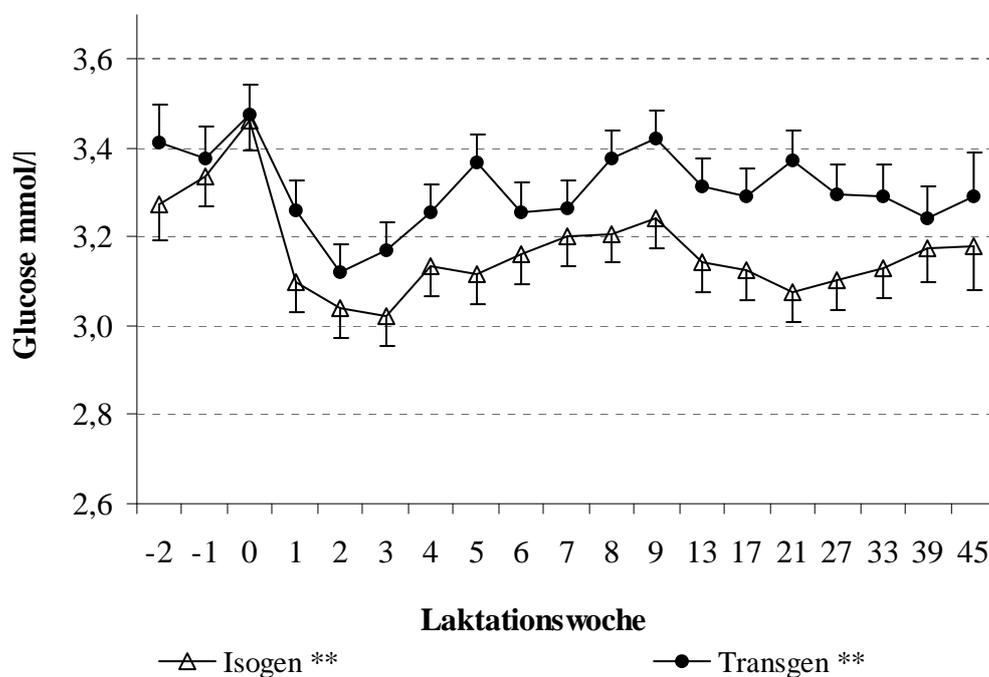
3.4.1 Glucosekonzentration im Blutplasma

Die mittleren Glucosekonzentrationen im Blutplasma der 1. Laktation im Versuch können für die jeweiligen Laktationsabschnitte der *Tabelle 52* 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.

Tab. 52: 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	-
Ø 1. Laktation im Versuch (1- 45 LW)	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 28* 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 transgen 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 ($P < 0,01$)

Abb. 28: Mittlere Glucosekonzentration im Blutplasma (mmol/l) der 1. Laktation im Versuch

In der *Tabelle 53* 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.

Tab. 53: 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	-
<i>Ø 2. Laktation im Versuch (1- 29 LW)</i>	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 29* 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 ($P > 0,05$).

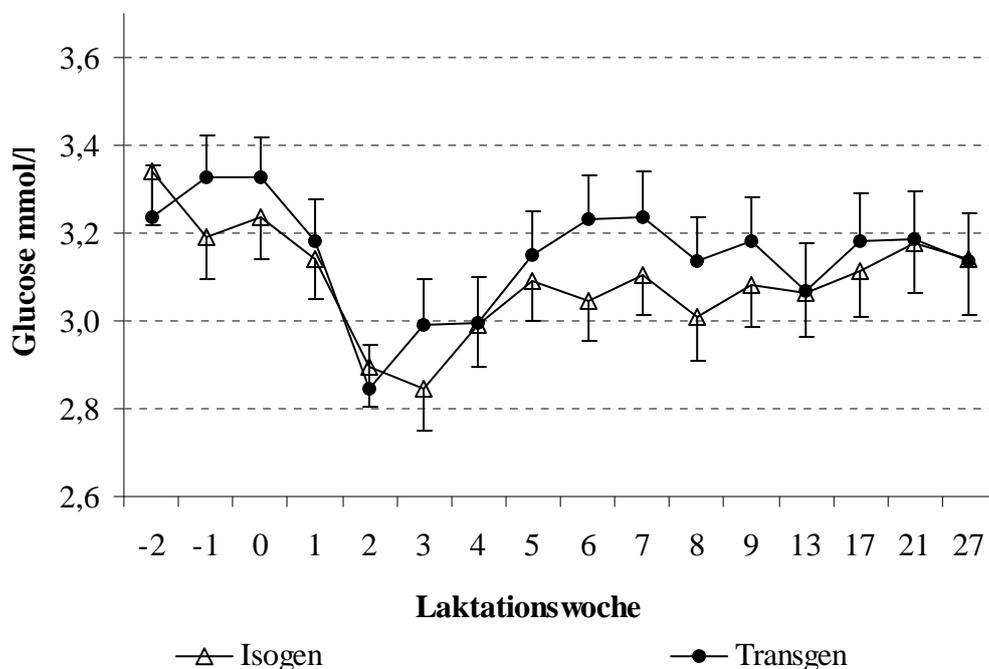


Abb. 29: Mittlere Glucosekonzentration im Blutplasma (mmol/l) der 2. Laktation im Versuch

3.4.2 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 54* 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.

Tab. 54: Mittlere Gehalte an freien Fettsäuren im Blutplasma ($\mu\text{mol/l}$) der 1. Laktation im Versuch

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	316 \pm 24	299 \pm 23	-
15 - 29 LW	261 \pm 24	265 \pm 24	-
30 - 45 LW	218 \pm 29	239 \pm 29	-
<i>Ø 1. Laktation im Versuch (1- 45 LW)</i>	287 \pm 25	281 \pm 24	0,9914

Ein Überblick über den Verlauf der NEFA Konzentrationen während der gesamten 1. Laktation im Versuch gewährt die *Abbildung 30*. 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 Energiedefizits 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 ($P > 0,05$).

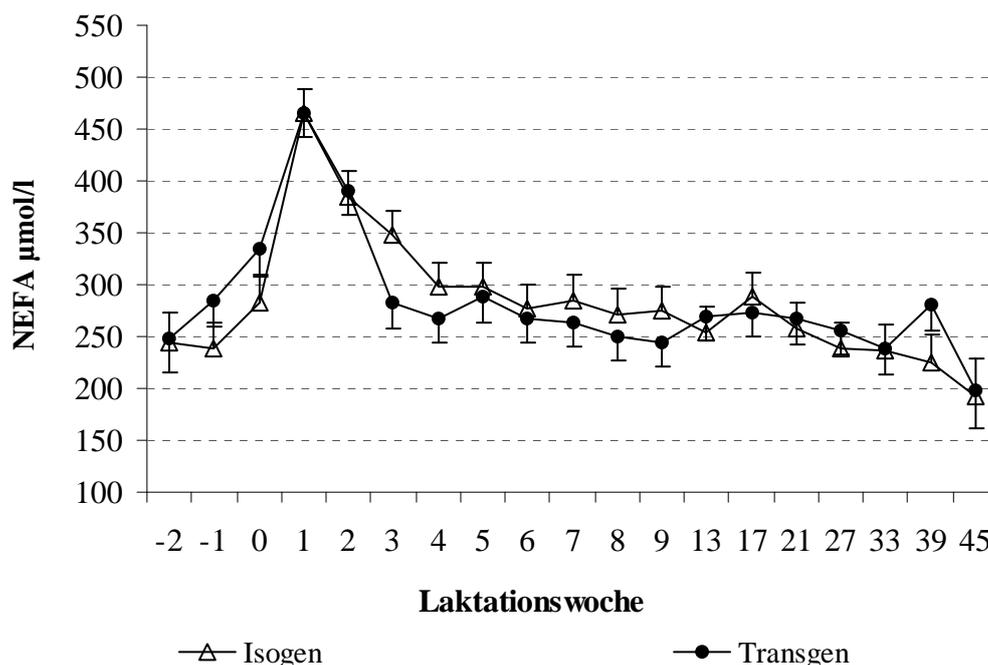


Abb. 30: Mittlere Konzentration an Freien Fettsäuren im Blutplasma ($\mu\text{mol/l}$) der 1. Laktation im Versuch

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 55).

Tab. 55: Mittlere Gehalte an freien Fettsäuren im Blutplasma ($\mu\text{mol/l}$) der 2. Laktation im Versuch

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	306 ± 29	305 ± 31	-
15 - 29 LW	242 ± 35	238 ± 34	-
$\bar{\emptyset}$ 2. Laktation im Versuch (1- 29 LW)	292 ± 30	290 ± 32	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 31). 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 ($P > 0,05$).

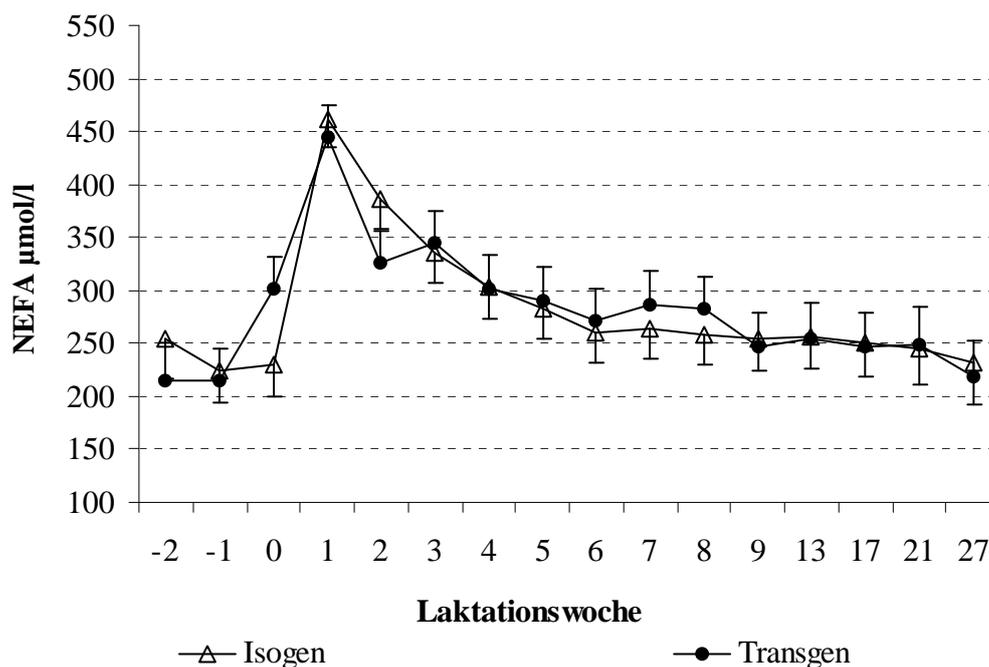


Abb. 31: Mittlere Konzentration an Freien Fettsäuren im Blutplasma ($\mu\text{mol/l}$) der 2. Laktation im Versuch

3.4.3 Beta-Hydroxybutyrat (BHB) im Blutplasma

In der *Tabelle 56* 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 32* entnommen werden.

Tab. 56: Mittlere Gehalte an Beta-Hydroxybutyrat im Blutplasma (mmol/l) der 1. Laktation im Versuch

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	0,46 \pm 0,03	0,43 \pm 0,03	-
15 - 29 LW	0,49 \pm 0,03	0,46 \pm 0,03	-
30 - 45 LW	0,45 \pm 0,04	0,45 \pm 0,03	-
\emptyset 1. Laktation im Versuch (1- 45 LW)	0,46 \pm 0,03	0,44 \pm 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 32*). Bei der isogenen Gruppe von 0,33 mmol/l auf 0,49 mmol/l und bei transgenen Gruppe von 0,30 mmol/l auf 0,46 mmol/l. Im weiteren Verlauf der Laktation bewegten sich die BHB

Konzentrationen bis zum Ende der Laktation bei beiden Versuchsgruppen auf einem Niveau von 0,4 - 0,5 mmol/l. Eine Prüfung des Kurvenverlaufes zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren auf ($P > 0,05$).

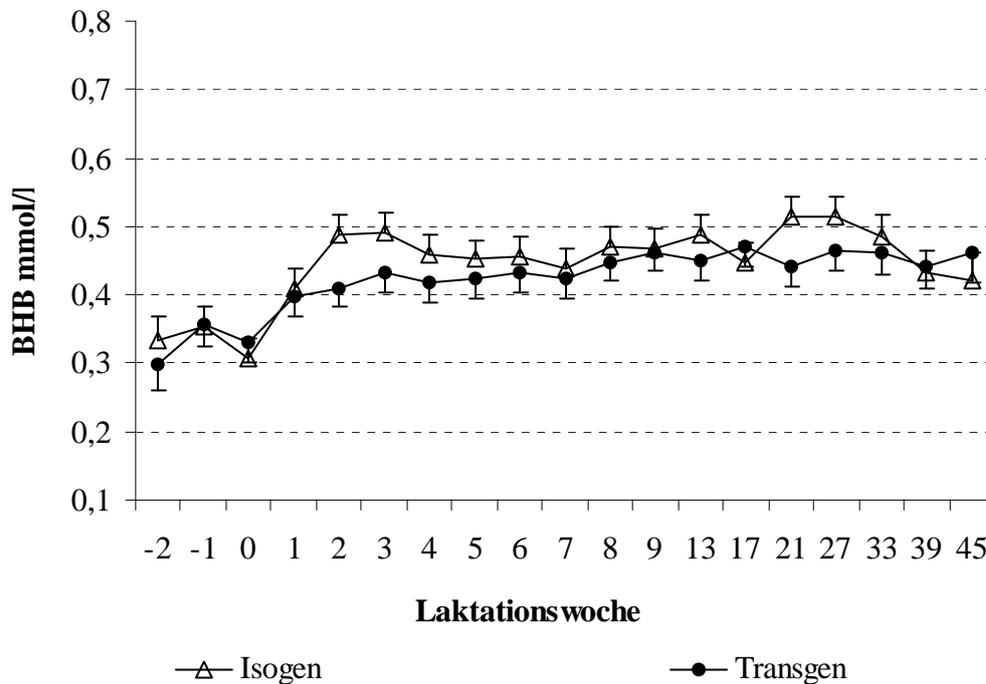


Abb. 32: Mittlere Konzentration an Beta-Hydroxybutyrat im Blutplasma (mmol/l) der 1. Laktation im Versuch

Die mittleren Gehalte an BHB im Blutplasma für die 2. Laktation im Versuch sind in der Tabelle 57 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.

Tab. 57: 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	-
Ø 2. Laktation im Versuch (1- 29 LW)	0,50 ± 0,04	0,49 ± 0,04	0,3043

In der Abbildung 33 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 ($P > 0,05$).

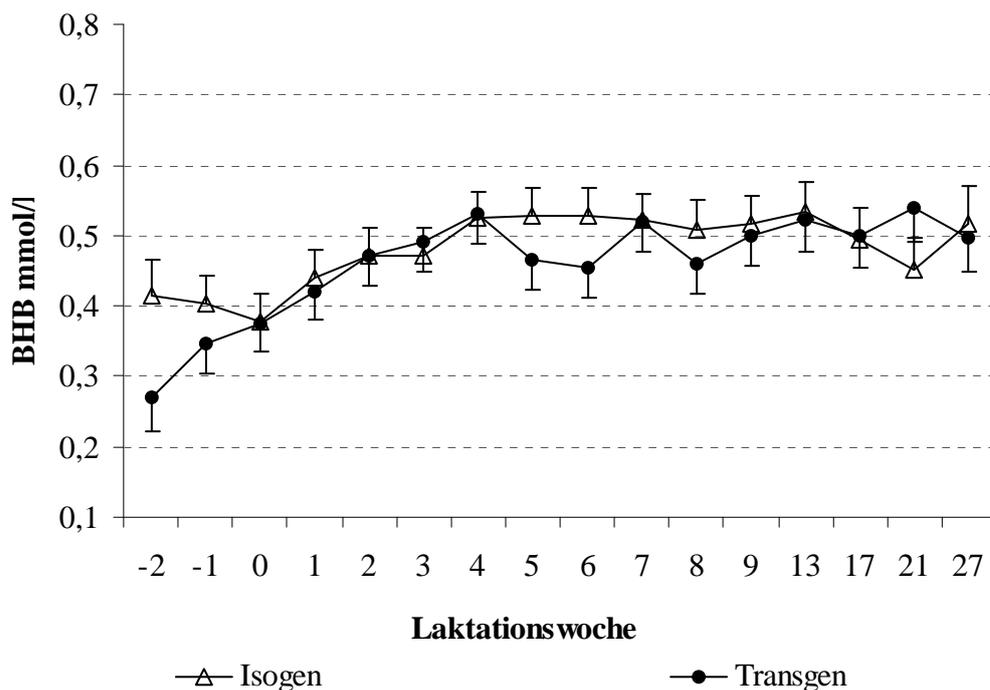


Abb. 33: Mittlere Konzentration an Beta-Hydroxybutyrat im Blutplasma (mmol/l) der 2. Laktation im Versuch

3.4.4 Aspartat-Amino-Transferase (AST)

In der nachstehenden *Tabelle 58* 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.

Tab. 58: 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 34* 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 transgen Gruppe keine signifikanten Unterschiede errechnet werden ($P > 0,05$).

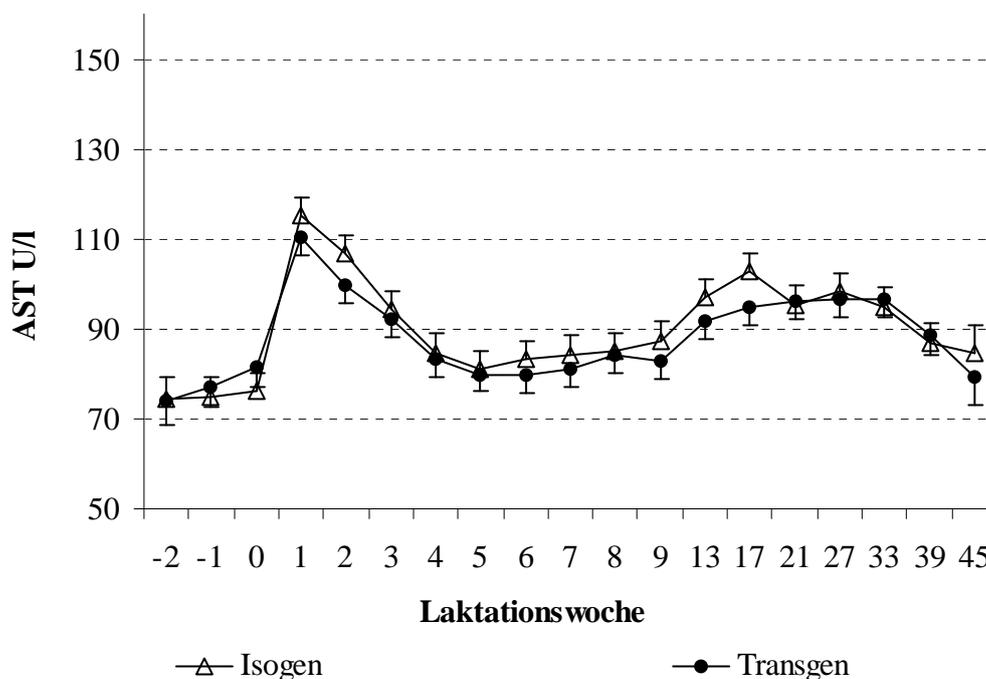


Abb. 34: Mittlere Konzentration an Aspartat-Amino-Transferase (AST) im Blutplasma (U/l) der 1. Laktation im Versuch

In der Tabelle 59 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 können der Abbildung 35 entnommen werden.

Tab. 59: Mittlere Gehalte an Aspartat-Amino-Transferase (AST) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch

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

Aus der Abbildung 35 ist ersichtlich, dass die AST Gehalte der 2. Laktation im Versuch ein 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 ($P > 0,05$).

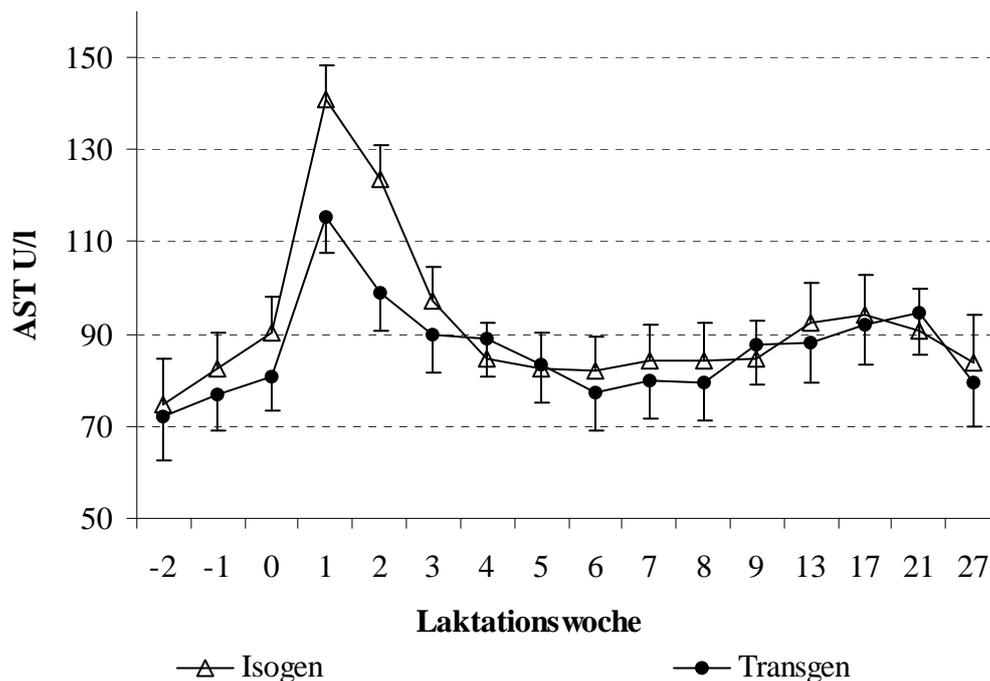


Abb. 35: Mittlere Konzentration an Aspartat-Amino-Transferase (AST) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch

3.4.5 Glutamat-Dehydrogenase (GLDH)

Die mittleren Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) Gehalte im Blutplasma der 1. Laktation im Versuch sind für die jeweiligen Laktationsdrittel in der *Tabelle 60* 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 36* entnommen werden.

Tab. 60: 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 36). 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 GLDH 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 ($P > 0,05$).

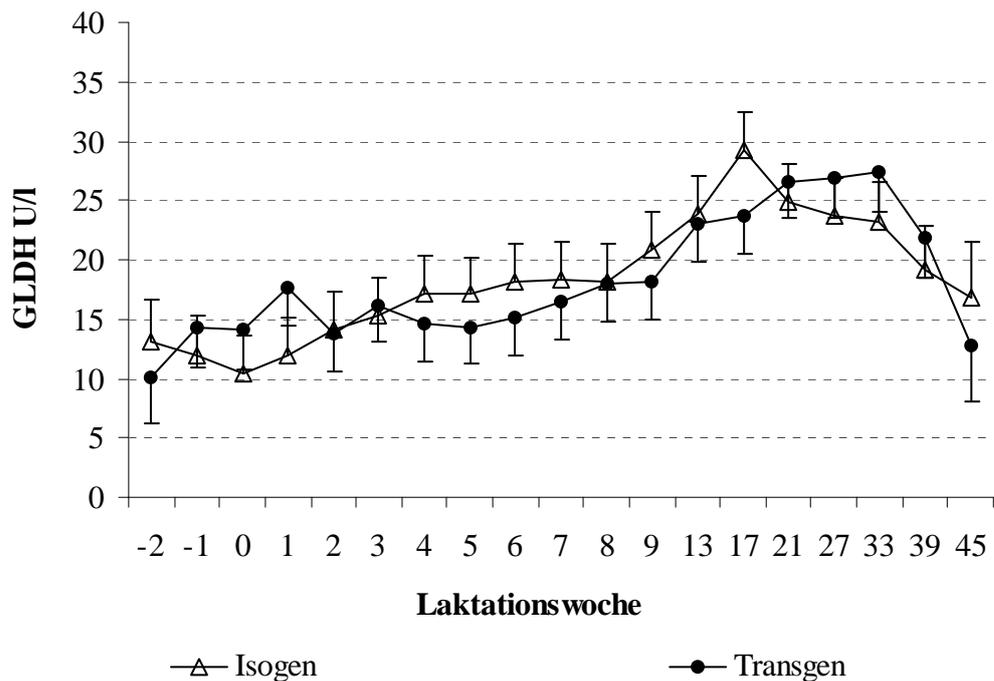


Abb. 36: Mittlere Konzentration an Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) im Blutplasma (U/l) der 1. Laktation im Versuch

In der Tabelle 61 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.

Tab. 61: 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 37* 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 ($P > 0,05$).

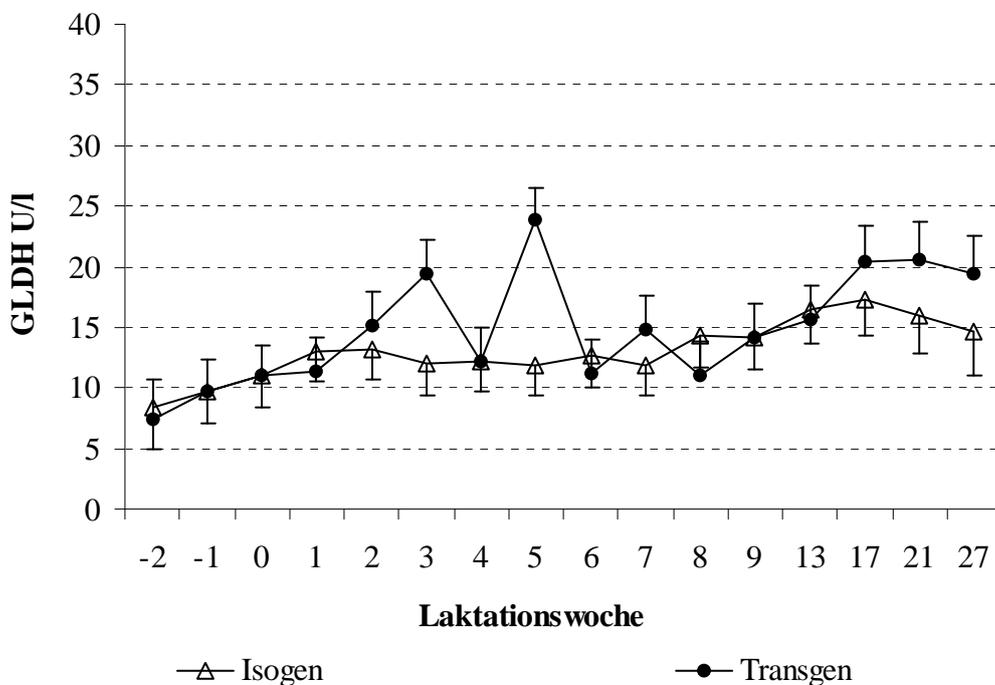


Abb. 37: Mittlere Konzentration an Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch

3.4.6 Gamma-Glutamyl-Transferase (γ -GT)

Im Mittel der 1. Laktation im Versuch wiesen die isogen gefütterten Tiere Gamma-Glutamyl-Transferase (γ -GT) Gehalte von 23,2 U/l und die transgen gefütterten Tiere Gehalte von 23,9 U/l auf (siehe Tabelle 62). Eine graphische Darstellung der γ -GT Konzentrationen im Laktationsverlauf kann der Abbildung 38 entnommen werden.

Tab. 62: Mittlere Gehalte an Gamma-Glutamyl-Transferase (γ -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	-
$\bar{\varnothing}$ 1. Laktation im Versuch (1-45 LW)	23,2 \pm 1,3	23,9 \pm 1,2	0,4263

Die Konzentration der γ -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 38). Die γ -GT Konzentrationen der isogen 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 ($P > 0,05$).

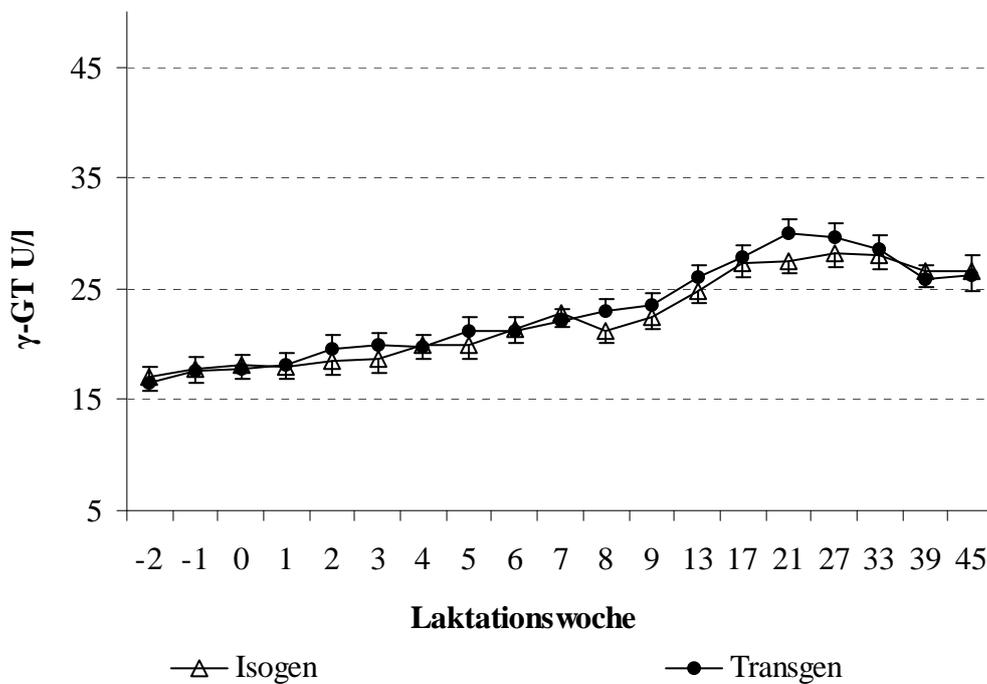


Abb. 38: Mittlere Konzentration an Gamma-Glutamyl-Transferase (γ -GT) im Blutplasma (U/l) der 1. Laktation im Versuch

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 γ -GT Konzentrationen wie in der 1. Laktation erreicht (siehe Tabelle 63).

Tab. 63: Mittlere Gehalte an Gamma-Glutamyl-Transferase (γ -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	-
$\bar{\varnothing}$ 2. Laktation im Versuch (1- 29 LW)	23,5 \pm 1,4	23,9 \pm 1,5	0,5754

Die Verlaufskonzentrationen der γ -GT Gehalte im Blutplasma der Tiere der 2. Laktation sind in der *Abbildung 39* dargestellt. Daraus ist zu entnehmen, dass die γ -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 ($P > 0,05$).

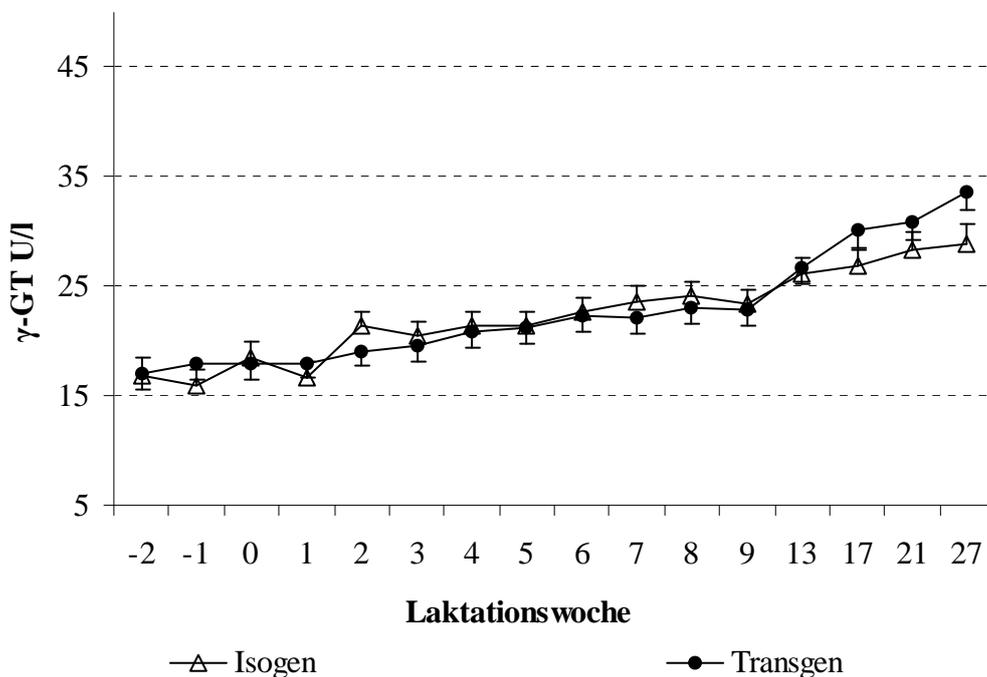


Abb. 39: Mittlere Konzentration an Gamma-Glutamyl-Transferase (γ -GT) im Blutplasma (U/l) der 2. Laktation im Versuch

Gesamt-Bilirubin

Die Ergebnisse der Gesamt-Bilirubin Analytik im Blutplasma sind für die 1. Laktation im Versuch in der folgenden *Tabelle 64* dargestellt. Im Mittel der gesamten Laktation wiesen beide Versuchsgruppen Gesamt-Bilirubin Gehalte von 0,12 mg/dl auf.

Tab. 64: Mittlere Gehalte an Gesamt-Bilirubin im Blutplasma (mg/dl) der 1. Laktation im Versuch

	Isogen	Transgen	P-Wert
1 - 14 LW	0,13 ± 0,01	0,13 ± 0,01	-
15 - 29 LW	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,01	-
30 - 45 LW	0,11 ± 0,01	0,10 ± 0,01	-
<i>Ø 1. Laktation im Versuch (1- 45 LW)</i>	0,12 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,1174

Wie der *Abbildung 40* 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 ($P > 0,05$).

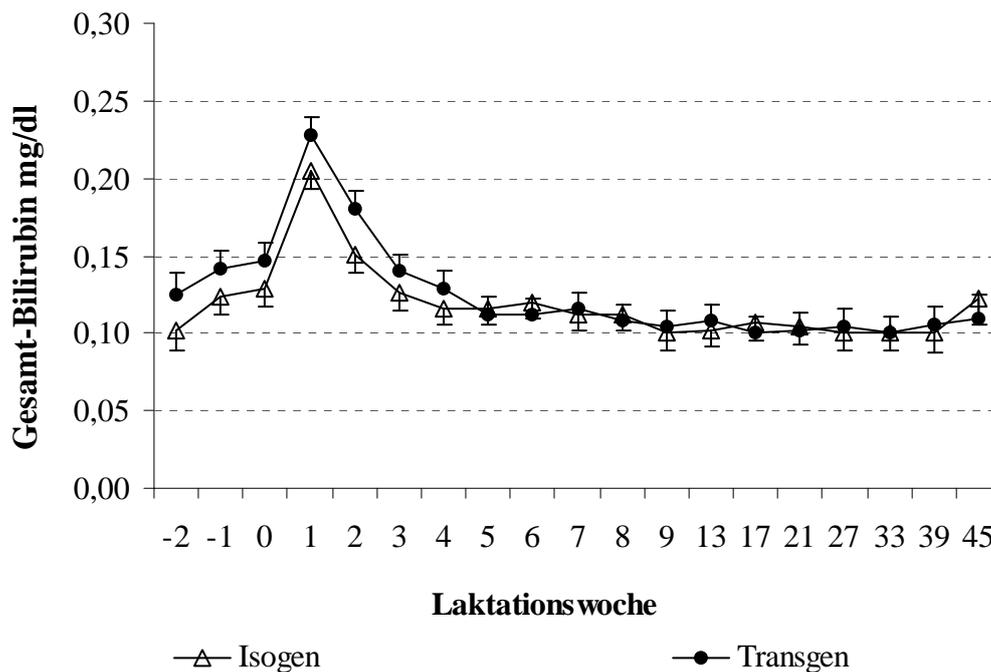


Abb. 40: Mittlere Konzentration an Gesamt-Bilirubin im Blutplasma (mg/dl) der 1. Laktation im Versuch

Wie der Tabelle 65 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.

Tab. 65: 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 41). 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 ($P < 0,05$).

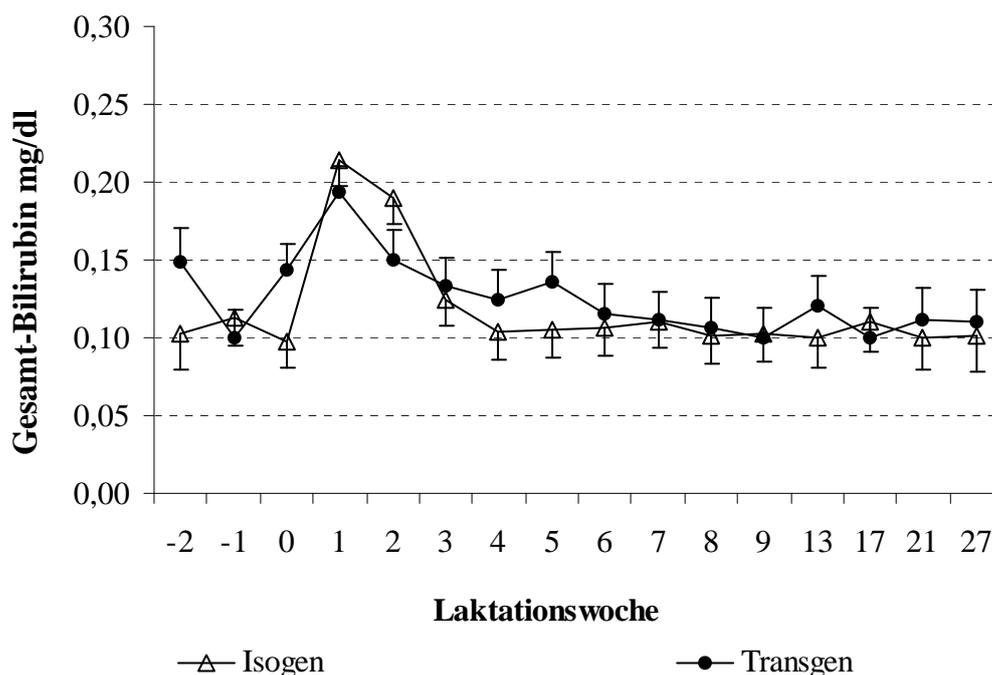


Abb. 41: Mittlere Konzentration an Gesamt-Bilirubin im Blutplasma (mg/dl) der 2. Laktation im Versuch

3.4.7 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 66* entnommen werden. Durchschnittlich wiesen die isogen gefütterten Tiere NSBA- Werte von 161 mmol/l und die transgen gefütterten Tiere Werte von 172 mmol/l auf. Somit lagen die NSBA Werte indem vom durchgeführten Labor angegebenen Referenzbereich 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 ($P > 0,05$).

Tab. 66: Mittlere NSBA-Gehalte im Harn (mmol/l) der 1. Laktation im Versuch

	Isogen	Transgen	P-Wert
3. LW	165 ± 19	152 ± 21	-
5. LW	145 ± 17	161 ± 18	-
9. LW	172 ± 17	196 ± 17	-
13. LW	162 ± 17	181 ± 17	-
Ø 1. Laktation im Versuch (1-14 LW)	161 ± 18	172 ± 18	0,8480

In der 2. Laktation im Versuch lagen die NSBA Werte im Mittel bei den isogen gefütterten Tieren bei 136 mmol/l und bei den transgen gefütterten Tieren bei 173 mmol/l (*siehe Tabelle 67*). Die NSBA Werte bewegten sich auch hier in den 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 ($P > 0,05$).

Tab. 67: Mittlere NSBA - Gehalte im Harn (mmol/l) der 2. Laktation im Versuch

	Isogen	Transgen	P-Wert
3. LW	151 ± 25	213 ± 27	-
5. LW	141 ± 25	152 ± 27	-
9. LW	121 ± 26	175 ± 27	-
13. LW	131 ± 27	153 ± 28	-
<i>Ø 2. Laktation im Versuch (1-14 LW)</i>	136 ± 26	173 ± 27	0,0570

3.5 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.

3.5.1 Differenzialblutbilder

Die Ergebnisse der angefertigten Differenzialblutbilder zu Beginn des Versuches sind in der nachstehenden *Tabelle 68* im Mittel dargestellt.

Tab. 68: Mittlere Konzentrationen der erfassten Blutparameter im Rahmen des Differenzialblutbildes zu Versuchsbeginn

Blutparameter	Einheit	Isogen	Transgen	Referenz*
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 ± 16	367 ± 16	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 ± 17	119 ± 18	bis 200
Eosinophile Granulozyten (absolut)	ul	534 ± 121	518 ± 124	300 - 1500
Segmentkernige (absolut)	ul	3345 ± 263	3774 ± 269	1000 - 3500
Lymphozyten (absolut)	ul	4593 ± 312	4724 ± 318	2500 - 5500
Monozyten (absolut)	ul	363 ± 40	312 ± 41	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 68* 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 69* aufgezeigt.

Tab. 69: Mittlere Konzentrationen der erfassten Blutparameter im Rahmen des Differenzialblutbildes zu Versuchende

Blutparameter	Einheit	Isogen	Transgen	Referenz*
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	393 ± 26	379 ± 26	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 ± 65	427 ± 62	300 - 1500
Segmentkernige (absolut)	ul	2898 ± 178	2607 ± 175	1000 - 3500
Lymphozyten (absolut)	ul	3013 ± 152	3301 ± 149	2500 - 5500
Monozyten (absolut)	ul	321 ± 31	327 ± 30	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 von Beginn bis zum Ende des Versuches zeigte ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen ($P = 0,6587$) auf.

3.5.2 Erkrankungen im Versuchszeitraum

In der nachfolgenden *Tabelle 70* 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 Mastitisserkrankungen, 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.

Tab. 70: Auftreten von Erkrankungen im Versuchszeitraum

Erkrankungen	Gesamt		Isogen		Transgen	
	%	Beh.	%	Beh.	%	Beh.
Erkrankungen der Reproduktionsorgane	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
Nachgeburtverhalten	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
Klauen und Gliedmaßenkrankungen	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
Eutererkrankungen	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
Stoffwechselerkrankung	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
Atemwegserkrankungen	2,0	4	1,0	2	1,0	2
Lungenentzündung	2,0	4	1,0	2	1,0	2
Erkrankungen der Verdauungsorgane	1,5	3	0,5	1	1,0	2
Acidose	0,5	1	0,5	1	-	-
andere	1,0	2	-	-	1,0	2
Gesamtbehandlungen	100	199	46,8	93	53,2	106

Beh. = Anzahl der Behandlungen

3.6 Fruchtbarkeitsparameter

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 71* 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 Besamungsaufwand (BA) im Mittel bei den isogen gefütterten Tieren in der 1. Laktation bei 2,29 bzw. bei 2,20 in der 2. Laktation. Die transgenen gefütterten Tiere wiesen dagegen einen BA 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.

Tab. 71: Mittlere Fruchtbarkeitskennzahlen und -parameter im Versuchszeitraum

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

Im vorhergehenden Kapitel 3 wurden die Ergebnisse des Versuchs dargestellt und statistisch gewichtet. Auf Basis dieser Daten erfolgt im Weiteren eine Einordnung der Ergebnisse und eine abschließende Betrachtung. Ausgangspunkt ist hierbei eine kritische Beleuchtung des Versuchsansatzes und des Versuchsablaufs. Die Schlussfolgerungen betreffen den im vorliegenden Versuch eingesetzten Bt-Mais MON810 bei Milchkühen. Eine Übertragbarkeit auf weitere genetisch modifizierte Pflanzen und damit Futtermittel ist im Einzelfall zu prüfen. Für eine weitergehende Diskussionsdiskussion der Versuchsergebnisse sei auf die Dissertation STEINKE (2009) verwiesen.

4.1 Versuchsanstellung und Versuchsablauf

Der Versuch hatte als Zielsetzung die Prüfung des langfristigen Einsatzes von Bt-Mais in der Milchviehfütterung im Hinblick auf das Tier, die resultierenden Lebensmittel und soweit möglich auf die anfallenden Exkremente. Der letzte Punkt wird hier nur eingeschränkt dargestellt, da die Untersuchungen und Auswertungen zur Wirkung der Gülle auf Boden und Aufwuchs noch nicht abgeschlossen sind (GRUBER et al. 2008). Die Prüfung des Übergangs von Cry1Ab-Protein und *cry1Ab*-DNA ist Thema der weiteren Berichtsteile.

Die Versuchsdauer betrug 25 Monate womit das Ziel eines langfristigen Einsatzes von Bt-Mais bei Milchkühen realisiert wurde. Eine längere Versuchstätigkeit war nicht vorgesehen und auch nicht möglich, da keine Maissilage und keine Maiscobts mehr zur Verfügung standen. Beschränkende Größen für die Versuchsausgestaltung waren die Tierzahl und die verfügbare Menge an Bt-Mais. Es war das Ziel, die Tierzahl und damit den erforderlichen GMO-Maisanbau auf das fachlich unbedingt erforderliche Maß zu beschränken. Um eine Vermischung von Futter, Milch und Tieren zu vermeiden erfolgte die Haltung der Versuchstiere in einem geeigneten Versuchsstall in Anbindehaltung.

Auf Grund der angeführten Punkte war ein Versuch mit 2 x 18 Tieren möglich. Um praxisrelevante Daten zu liefern, wurden Jung- und Altkühe in den Versuch eingestellt. Je Gruppe wurden 9 Jungkühe und 9 Altkühe mit einer mittleren Laktationszahl von $2,1 \pm 1,3$ in der isogenen und $1,8 \pm 1,3$ in der mit transgenem Mais gefütterten Gruppe aufgestellt. Trotz des relativ jungen Alters der beiden Herden war bei einer Versuchsdauer von 25 Monaten mit Abgängen zu rechnen. Wegen Unfruchtbarkeit oder Krankheit abgehende Tiere sollten wie in jedem Praxisbetrieb durch Jungkühe ersetzt werden. Über die Versuchszeit wurden in beiden Gruppen je 9 Tiere ausgetauscht. Bezogen auf das Jahr ist dies eine Remontierungsquote von 24 %. Dies ist als gute fachliche Praxis zu erachten. Für die Auswertungen standen somit je Gruppe 27 Tiere mit unterschiedlich langer Verweilzeit im Versuch zur Verfügung.

Der Versuch war darauf angelegt möglichst hohe Mengen an Cry1Ab-Protein und DNA in der Ration unterzubringen. Aus diesem Grund wurden sowohl Maissilage, Maiscobts als auch Maiskörner eingesetzt. Ansonsten wurden nur Komponenten verwendet die keine genetische Modifikation erwarten ließen. Als Eiweißergänzer wurde deshalb Rapsextraktionsschrot verwendet und zur Absicherung auf GMO untersucht. Die Maiscobts wurden verwendet, um den Maisanteil in der Ration höher ansetzen zu können und da ein hoher Gehalt an intaktem Cry1Ab-Protein erwartet wurde. Aus der *Tabelle 72* ist ersichtlich, dass diese Vermutung richtig war. In den Maiscobts beträgt der Gehalt an Cry1Ab-Protein $617 \text{ ng/g T} \pm 222$ und ist somit 3,2mal so hoch wie in der Maissilage mit $195 \text{ ng/g T} \pm 89$.

Der Unterschied ist durch den Abbau von Eiweiß während der Silierung zu erklären. Im Körnermais sind die Gehalte an Cry1Ab-Protein mit 237 ng/g Trockenmasse \pm 55 ebenfalls niedriger als in den Cobs. Dies erscheint logisch, da in den Körnern eher weniger Eiweiß exprimiert werden dürfte als in der Restpflanze.

Bei der *cry1Ab*-DNA zeigt sich keine Differenzierung im Niveau zwischen Maiscobs und Maiskörnern. Für die Silage zeigt sich wiederum ein starker Abbau, der durch die Silierung bedingt sein dürfte. Entscheidend für die Aussagefähigkeit des Versuchs ist die Abwesenheit von Cry1Ab-Protein und DNA in der isogenen Futterration und das relativ hohe Niveau bei den transgenen Rationen. Deutlich wird dies auch an den Daten der *Tabelle 73* mit den mittleren Werten in der eingesetzten Mischration. Für die Mischration ergibt sich ein mittlerer cry1Ab-Protein Wert von 332 ng/g T \pm 59. Für die Altmelkerration und die Ration der Trockensteher ergeben sich durch die Verdünnung mit Stroh dann rechnerisch Werte von 267 bzw. 228 ng cry1Ab-Protein je g T. Die isogenen Maisprodukte und die isogene Mischration zeigen keine cry1Ab-DNA und kein cry1Ab-Protein oberhalb der Bestimmbarkeit. Es ist damit gelungen die isogenen Futtermittel frei von Verunreinigungen durch Bt-Mais zu halten.

Tab. 72: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen, NEL, nutzbarem Rohprotein (nXP), ruminale-N-Bilanz, cry1Ab-Protein und cry1Ab-DNA in den eingesetzten Maisprodukten (Angaben in der Trockenmasse)

Behandlung Produkt	isogen			transgen		
	Maissilage	Maiscobs	Körnermais	Maissilage	Maiscobs	Körnermais
Anzahl Analysen	27	26	26	27	26	26
Trockenmasse, g/kg	361±30	905±11	885±11	351±26	907±11	895±11
Rohasche, g/kg	28±2,3	33±4,6	15±2,1	29±4,3	32±4,7	15±1,3
Rohfett, g/kg	31±5,4	28±5,8	41±8,7	28±3,3	30±4,7	40±4,2
Rohfaser, g/kg	176±11	170±10	23±3	190±15	164±9	21±2
Stärke, g/kg	322±19	305±35	644±66	291±33	307±27	657±50
ADF* _{org} , g/kg	188±9	193±11	27±5	229±26	195±7	24±2,2
NDF* _{org} , g/kg	370±17	434±54	105±17	402±37	393±22	94±9,5
NEL**, MJ/kg	6,74±0,34	6,99±0,06	8,75±0,08	6,67±0,34	7,01±0,04	8,81±0,19
nXP, g/kg	134±6,6	138±2,6	169±5,1	134±4,6	138±1,2	168±4,5
RNB, g/kg	-8,6±0,7	-8,9±0,8	-10,8±0,5	-8,0±1	-8,9±0,5	-11,2±0,3
Cry1Ab-Protein, ng/g	1,2±0,2***	0,4±0,0	1,3±2,0	195±89***	617±222	237±55
cry1Ab-DNA, Kopien/g****	0***	0	0	***	1.436.687	1.447.420

*reduzierte Anzahl Proben (Mischproben) Maissilagen: n = 7 isogen bzw. n = 10 transgen, Maiscobs je 4 und Körnermais je 5 Proben,

_{org} = organisch nach Veraschung

** kalkuliert auf Basis der an Hammeln ermittelten Verdaulichkeiten

*** n = 25; bei der isogenen Maissilage 2 Proben positiv mit 52.458 bzw. 83.397 Kopien/g Trockenmasse

**** Median

Der Maisanteil in der Mischration lag bei 71 % der Trockenmasse. In Kombination mit Leistungskraftfutter bzw. der Verdünnung durch Stroh bei den Altmelkern und den Trockenstehern ergeben sich über den ganzen Versuch Maisanteile von 60 bis 70 % der Trockenmasse. Trotz der hohen Anteile an Maisprodukten konnte durch die Zumischung von Stroh und die Zuteilung des Leistungskraftfutters nach Milchleistung eine den Empfehlungen entsprechende Rationsgestaltung gewährleistet werden.

Tab. 73: Mittlere analysierte Gehalte in den eingesetzten Mischrationen an Rohnährstoffen, nutzbarem Rohprotein, ruminaler-N-Bilanz sowie Cry1Ab-Protein und cry1Ab-DNA (Angaben in der Trockenmasse)

Behandlung	isogen	transgen
Anzahl Analysen	28	28
Trockenmasse, g/kg	494±28	490±31
Rohasche, g/kg	50±4,2	50±5,7
Rohfett, g/kg	29±3,4	28±2,9
Rohfaser, g/kg	191±15	196±16
Stärke, g/kg	212±26	208±24
ADF* _{org} , g/kg	212±12	213±19
NDF* _{org} , g/kg	397±40	395±31
NEL, MJ/kg	6,67±0,15	6,68±0,14
nXP, g/kg	143±3,3	143±2,4
RNB, g/kg	-1,8±0,9	-1,8±1,4
Cry1Ab-Protein, ng/g	1,9±1,0	332±59
<i>cry1Ab</i> -DNA, Kopien/g**	0	115.774

* reduzierte Probenzahl durch Mischproben: isogen 10 und transgen 13

_{org} – organisch nach Veraschung

** Median

Im Futterwert ergab sich zwischen den Gruppen kein Unterschied in den mittleren Gehalten der Maisprodukte sowie der Mischration und dem Leistungskraftfutter. Dies trotz der Probleme die im Erntejahr 2006 durch die Zerstörung einer transgenen Maisfläche in Grub kurz vor der Ernte resultierten. Der Ausfall an Maissilage konnte kompensiert werden durch Flächen der LfL aus dem Dauerversuch in Baumannshof und Schwarzenau. Nur durch Einsatz dieser Futtermengen konnte die Versuchsdauer von 25 Monaten gewährleis-

tet werden. Die Futterwerte dieser Maispartien und die hygienische Beschaffenheit waren auch bedingt durch Maisbeulenbrand beeinträchtigt. Durch die relativ kurze Einsatzzeit dieser Maissilagen über ca. 13 Wochen und einem energetischen Ausgleich durch Körnermais ergaben sich jedoch über die gesamte Versuchszeit keine Verschiebungen im mittleren Futterwert wie die Ergebnisse der *Tabellen 72 und 73* zeigen. Bei den ansonsten für den Versuch gezielt angelegt bzw. ausgewählten Flächen wurde ein einheitliches pflanzenbauliches Regime gefahren. Probleme mit einem nennenswerten Befall mit Maiszünsler traten nicht in Erscheinung. Während der Lagerung und Verfütterung der Maisprodukte traten ebenfalls keine Beeinträchtigungen zwischen den Versuchsfuttern auf. Nacherwärmungen am Siloanschnitt traten nicht in Erscheinung. Nachgehalten wurde dies über wöchentliche Messungen der Temperatur am Siloanschnitt (RICHTER et al. 2009).

Es bleibt somit festzuhalten, dass mit Erfolg ein Fütterungsversuch über 25 Monate angestellt werden konnte. Die eingesetzten Maisprodukte unterschieden sich nur im Cry1Ab-Protein und der *cry1Ab*-DNA. Durch die Rationsgestaltung konnte eine hohe Versorgung der Kühe mit Cry1Ab-Protein und DNA in der Versuchsgruppe gewährleistet werden.

4.2 Einordnung des Versuchs

Ausgangspunkt für den Versuch waren offene Fragen zur langfristigen Wirkung der Verfütterung von Bt-Mais bei Milchkühen auf Leistung und Stoffwechselgeschehen. Aus der bisher vorliegenden Literatur sind diese nicht zu beantworten, da nur Versuche mit relativ kurzer Fütterungsdauer publiziert sind. Aus der *Tabelle 74* sind die Versuche mit Bt-Mais bei Verfütterung an Milchkühe ersichtlich. Die Versuchszeiten betragen 21 bis 91 Tage. Je Gruppe wurden 4 bis 24 Kühe verwendet bei Bt-Maisanteilen in der Ration von 35 bis 76 % der Trockenmasse. Der vorliegende Versuch liegt somit hinsichtlich Tierzahl und Maisanteil im oberen Bereich und unterscheidet sich in der Laufzeit mit 25 Monaten grundlegend.

Insgesamt wurden zur 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 weltweit über 100 Fütterungsstudien publiziert. Bei den Studien wurden ausschließlich Futtermittel aus GMO 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., 2005, 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) wurden in den Fütterungsstudien Verdaulichkeiten, zootechnische Leistungsparameter und die Tiergesundheit erfasst.

Tab. 74: Literaturübersicht zu Fütterungsversuchen an Milchkühen mit Bt-Mais

Autoren	Event	Bt-Mais % der TM	Kuhzahl je Gruppe	Dauer, Tage
Rutzmoser et al. (1999)	PactolCB	42	12	70
Barriere et al. (2001)	Bt176	70	24	91
Folmer et al. (2000 und 2002)	Bt11	68	4	21
Calsamiglia et al. (2003)	MON810	45	4	28
Yonemochi et al. (2003)	CBH351	35	4	35
Donkin et al. (2003)	MON810	76	6	21
Faust et al. (2003 und 2007)	Herculex TM TC1507	k.A.	10	28
Calsamiglia et al. (2007)	lot1746AIX	45	8	28

k. A. – keine Angabe

Die Versuchsdauer der einzelnen Studien erstreckte sich in Abhängigkeit der Versuchsfrage über unterschiedliche Zeiträume. Während Bilanzversuche über einen Zeitraum von ca. 10 - 30 Tage verliefen, erstreckten sich Mastversuche in der Regel über einen längeren Zeitraum von ca. 250 Tagen bei Mastrindern bzw. ca. 100 Tagen bei Mastschweinen. Im Milchviehbereich wurden dagegen, wie bereits dargestellt, nur Kurzzeitstudien (21 - 91 Tage) durchgeführt. 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.

Die Prüfung von Bt-Mais bot sich an, da in der EU bisher ausschließlich Bt-Mais kommerziell angebaut wird. Das dominierende Anbauland der EU war im Jahr 2007 Spanien mit 75.150 ha, gefolgt von Frankreich (21.200 ha), Tschechien (5.000 ha), Portugal (4.199 ha), Deutschland (2.685 ha), Slowakei (900 ha), Rumänien (350 ha) und Polen (320 ha) (TRANSGEN, 2008). Der Versuch wurde mit MON810 durchgeführt. 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. Der MON810 gehört zu den GVP der 1. Generation.

Bei diesen Pflanzen wird von einer sogenannten substanziellen Äquivalenz ausgegangen. Der Begriff der substanziellen 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 substanziell äquivalent betrachtet, wenn außer der modifizierten DNA und dem eventuell exprimierten Protein keine Unterschiede im Vergleich zu einem konventionellen Lebensmittel bzw. Lebensmit-

telbestandteil auftreten. Diese Lebensmittel können dann bezüglich ihrer Sicherheit analog zu dem bestehenden Lebensmittel eingeschätzt werden. Die substanzielle Äquivalenz oder auch wesentliche Gleichwertigkeit wurde in der Folgezeit auch weitgehend auf Futtermittel aus GMO der 1. Generation übertragen.

4.3 Tierleistung

Im Versuch wurden im Prinzip 2 Betriebe mit je 18 Kühen unter gleichen Bedingungen mit und ohne Bt-Mais verglichen. Über die gesamte Versuchszeit betrug die Milchleistung ohne die nicht erfasste Biestmilch 7.420 kg Milch je Kuh und Jahr in der isogen gefütterten Gruppe und 7.460 kg in der mit transgenen Maisprodukten gefütterten Gruppe. Die Milchinhaltsstoffe betragen 3,9 % Milchfett und 3,6 % Milcheiweiß in der isogenen und 4,1 % Milchfett und 3,7 % Milcheiweiß in der transgen gefütterten Gruppe. Insgesamt lag das Leistungsniveau damit im oberen Bereich bei Fleckviehtieren und war für beide Gruppen vergleichbar. Bei den Fett- und Eiweißgehalten ist zu beachten, dass ein Teil der Tiere ohne eigene Vorleistung als Jungkuh eingeteilt wurde und bei den Milchkühen tendenziell höhere Vorleistungen bei den transgen gefütterten Tieren vorlagen (*siehe Tabelle 2*). Aus den vorliegenden Futteranalysen und der Futteraufnahme sind die Ergebnisse nicht zu erklären. Die Unterschiede werden daher als zufallsbedingt erachtet und sind für eine Studie mit 2 x 18 Tieren über 25 Monate mit gleicher Fütterung in die natürliche Streuung von Wiederholungen einzuordnen.

Um im Versuch etwaige langfristige Effekte ausfindig zu machen, erfolgte eine umfassende Analyse der Daten bezüglich des Einflusses im Lauf der Laktation und den aufeinanderfolgenden Laktationen im Versuch. Hierbei wurden aufwändige statistische Verfahren, wie sie in der Tierzucht Anwendung finden, genutzt. Die Auswertung erlaubte es auch Teilleistungen mit in die Auswertung einzubeziehen. Im Ergebnis fanden sich bei den Milchinhaltsstoffen vereinzelt signifikante Unterschiede zwischen den Tiergruppen. Diese waren jedoch nicht sachlogisch auf den eingesetzten Bt-Mais zurückzuführen, da sich weder in der Literatur noch durch die ermittelten Futterdaten Erklärungsansätze ergaben. Zufällige Unterschiede zwischen den Tiergruppen werden als ursächlich erachtet.

In Zusammenschau mit der in *Tabelle 74* aufgeführten Literatur ist festzuhalten, dass der Einsatz von Bt-Mais bei Gewährleistung gleicher Maisqualitäten zu keinen Differenzen in der Futteraufnahme und der tierischen Leistung führt. Die angenommene substanzielle Äquivalenz ist aus dieser Sicht somit als gegeben zu erachten.

Dies zeigte sich neben der Futteraufnahme und Milchleistung auch in den Daten zur Lebendmasse und zur Körperkondition. Niveau und Entwicklung waren vergleichbar für beide Tiergruppen. Die Tiere hatten eine für Fleckviehkühe passende Körperkondition und Rückenfettdicke (SPIEKERS et al. 2008). Insgesamt waren die Tiere energetisch passend versorgt. Von daher waren die Vorgaben für eine günstige Stoffwechselsituation gegeben.

4.4 Stoffwechselgesundheit, Fruchtbarkeit

Im Versuch lag ein Hauptaugenmerk auf die Erfassung eventueller Beeinträchtigungen von Gesundheit und Fruchtbarkeit durch die Verfütterung von Bt-Mais. Neben der Erfassung von Krankheitsdaten erfolgte daher eine intensive Untersuchung des Stoffwechselschehens über Untersuchungen in Blutplasma und Harn. Zur Beurteilung der Fruchtbarkeit wurden ergänzend die Gehalte an Progesteron ermittelt.

Zur Einordnung der Daten ist die Haltung der Tiere in einem Anbindestall über alle Phasen der Produktion und die intensive Betreuung bezüglich der Fruchtbarkeit zu beachten.

Um einen Tieraustausch im Interesse der Aussagefähigkeit des Versuchs möglichst zu vermeiden, wurden alle Tiere soweit vertretbar wieder besamt und und falls angezeigt behandelt. Die Haltung der Tiere im Anbindestall während Laktation und Trockenstezeit und möglichst auch zur Kalbung erfolgte aus Gründen der Versuchstechnik, um durchgängig die verschiedenen Rationen mit und ohne Bt-Mais füttern und erfassen zu können. Erkrankungen im Bereich der Klauen und auch des Euters sind hierdurch befördert worden.

Wie eingangs dieses Kapitels schon ausgeführt, wurden in beiden Gruppen 9 Tiere ausgetauscht auf Grund von Erkrankungen oder Unfruchtbarkeit. Bei den erfassten Krankheiten zeigten sich ebenfalls keine relevanten Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen. Auf Grund der geringen Tierzahl je Gruppe sind diese Daten wie auch bei der Fruchtbarkeit mit der entsprechenden Vorsicht hinsichtlich der statistischen Relevanz zu beurteilen. Um hier bessere und weitergehende Aussagen zu ermöglichen, wurden gezielt Stoffwechseluntersuchungen durchgeführt.

Im Bereich der Fruchtbarkeit zeigen die ergänzend bestimmten Progesteronwerte in der Milch, dass ein vergleichbares Zyklusgeschehen vorlag, dies bei insgesamt nicht optimaler Fruchtbarkeitslage.

Zur Beurteilung der Stoffwechselsituation wurde zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende ein Blutbild erstellt. Hinweise auf eine Beeinträchtigung sind daraus nicht ersichtlich. Die Beurteilung ist teils durch unterschiedliche Referenzwerte erschwert. Ein Einfluss des Bt-Maises ist jedoch insgesamt nicht ersichtlich. Zum weiteren Stoffwechselgeschehen wurde der Energiestoffwechsel, der Leberstoffwechsel und der Nettosäurebasenhaushalt (NSBA) im Harn besonders betrachtet.

- Energiestoffwechsel

Um Aussagen über den Energiestoffwechsel der Tiere treffen zu können, wurden die Konzentrationen an Glucose, freien Fettsäuren (NEFA) und β -Hydroxybutyrat (BHB) im Blutplasma bestimmt. Alle Kennwerte liegen weitgehend innerhalb der angegebenen Referenzwerte. Belastungen oder Entgleisungen des Stoffwechsels sind nicht ersichtlich. Die höheren Gehalte an Blutglucose weisen auf eine bessere Energieversorgung bei der mit Bt-Mais gefütterten Gruppe hin. Dies korrespondiert leicht mit den Milcheiweißgehalten. Aus den Futterwerten und der realisierten Futteraufnahme findet sich hierfür keine Erklärung.

Insgesamt günstig sind die Werte für das β -Hydroxybutyrat. Diese zeigen, dass Probleme mit Ketose in beiden Gruppen nicht gegeben waren. Die Gehalte an freien Fettsäuren zeigten für beide Versuchsgruppen den gleichen Verlauf. Zum Energiestoffwechsel zeigen sich insgesamt somit keine Beeinträchtigungen durch die Verfütterung von Bt-Mais. Wie auf Grund der insgesamt guten Energieversorgung zu erwarten waren auch keine Probleme im Energiestoffwechsel ersichtlich.

- Leberstoffwechsel

Zur Beurteilung des Leberstoffwechsels wurden die Aktivitäten an Aspartat-Aminotransferase (AST), die Glutamat-Dehydrogenase (GLDH), die Gamma-Glutamyl-Transferase (γ -GT) und das Gesamtbilirubin gemessen. In allen Größen zeigten sich keine Differenzen zwischen den Fütterungsgruppen und die Werte lagen innerhalb der jeweili-

gen Referenzbereiche. Relevante Störungen im Leberstoffwechsel waren somit für beide Gruppen nicht ersichtlich.

- NSBA im Harn

Über die Ermittlung der NSBA sollten fütterungsbedingte Störungen im Säure-Basen-Haushalt erkannt werden. Dies gilt z.B. für die Pansenacidose. Ein Vergleich der ermittelten Daten mit den Referenzwerten in der Literatur zeigte, dass die überwiegende Anzahl der Werte im physiologischen Bereich liegt. Ein Einfluss der Verfütterung von Bt-Mais war nicht ersichtlich.

Eine Ausgangshypothese des Versuchs war, dass Bt-Mais über das Cry1Ab-Protein negativ auf das Stoffwechselgeschehen und die Gesundheit einwirken kann. Unter den im Versuch vorliegenden Bedingungen war eine Beeinträchtigung von Stoffwechselgeschehen, Gesundheit und Fruchtbarkeit nicht ersichtlich. Bezüglich der Fruchtbarkeit ist die beschränkte Aussage auf Grund der geringen Tierzahlen zu beachten.

4.5 Fazit

Mit dem vorliegenden Fütterungsversuch ist es gelungen langfristig hohe Mengen an Bt-Mais unter vergleichbaren Bedingungen an gut leistende Milchkühe einzusetzen. Durch den Einsatz von Maiscobts und Maiskörnern in Ergänzung zur Maissilage war eine hohe Aufnahme an Cry1Ab-Protein und *cry1Ab*-DNA gewährleistet. Etwaige Beeinträchtigungen im Bereich der Futteraufnahme, Milchleistung, Stoffwechselgeschehen, Gesundheit und Fruchtbarkeit hätten sich somit zeigen können. Trotz der relativ hohen Aufnahme an Cry1Ab-Protein war eine Beeinträchtigung in der Bt-Maisgruppe unter den gewählten Bedingungen nicht ersichtlich.

Die Tiere zeigten insgesamt eine gute Leistung und waren energetisch ausgefüttert und stoffwechselstabil. Auf Grund der beschränkten Tierzahl und dem erforderlichen Teraustausch über die gewählte lange Versuchsdauer ergeben sich teils Unterschiede in den Leistungsdaten die aus den Unterschieden zwischen Tiergruppen und der normalen Streuung im Versuch erklärbar sind. Für die eigentliche Versuchsfrage der Beeinträchtigung von Leistung, Gesundheit und Stoffwechsel sind diese jedoch von geringer Relevanz.

Der Versuch liefert einen guten Ansatz zur Beurteilung eines eventuellen Übergangs von Cry1Ab-Protein und *cry1Ab*-DNA in Milch und Blut sowie den Exkrementen, da über lange Zeit hohe Mengen mit dem Bt-Mais verfüttert werden konnten. Die Tiere wurden im Versuch gezielt nach Empfehlung versorgt. Wie sich eine eventuelle Stresssituation durch Unterversorgung etc. auswirken würde, kann anhand der vorliegenden Daten nicht beurteilt werden. Insgesamt passen sich die Daten gut in die bisherige Literatur ein. Für Bt-Mais MON810 wird die Hypothese der substantziellen Äquivalenz bestätigt.

5 Literaturverzeichnis

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.

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.

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.

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.

DLG (1997):

DLG-Futterwerttabellen – Wiederkäuer. 7. erweiterte und überarbeitete Auflage. DLG-Verlag Frankfurt am Main.

DLG (2005):

Kleiner Helfer für die Berechnung von Futterrationen – Wiederkäuer und Schweine. 11. vollkommen neu überarbeitete Auflage. DLG-Verlag Frankfurt am Main.

DOKIN, 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

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.

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.

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.

GfE (2001): Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Band 8. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag Frankfurt am Main.

GRUBER, H.; PAUL, V.; SPIEKERS, H.; MEYER, H.H.D.; MÜLLER, M. (2008): Was passiert mit dem BT-Protein aus GVO-Mais (MON810) im Boden? In: Pflanzenbau unter neuen Preis-Kosten-Bedingungen; LfL-Jahrestagung, Landshut. LfL Schriftenreihe 10 2008, 65.

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.

LUTZ, B.; WIEDEMANN, S. und ALBRECHT, C. (2005a):

Degradation of transgenic Cry1Ab DNA and protein in maize during the ensiling process. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 90:116-123.

LUTZ, B.; ALBRECHT, C. und MEYER, H.H.D. (2005b):

Degradation of transgenic Cry1Ab DNA and protein in maize during the ensiling process. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 90:116-123.

MEYER, H.H.D., GUEVEN, B., KARG, H.(1986): Enzymimmuntests (EIA) auf Mikrotitrationsplatten zur Progesteronbestimmung in Magermilchproben. *Wien. tierärztl. Mschr.* 73, 86-92.

NAUMANN, C. ; BASSLER, R. (1976):

VDLUFA-Methodenbuch. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, 6. Ergänzungslieferung 2006, VDLUFA-Verlag Darmstadt.

RICHTER, W.; ZIMMERMANN, N.; ABRIE, M.; SCHUSTER, M.; KÖLLN-HÖLLRIEGL, K.; OSTERTAG, J.; BAUER, J.; SPIEKERS, H. (2009): Hygiene bayerischer Silagen: Validierung einer Checkliste zum Controlling am Silo. Forschungsbericht der LfL für das Bayr. STMELF

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.

SPIEKERS, H., POTTHAST, V. (2004): Erfolgreiche Milchviehfütterung. 4. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt.

SPIEKERS, H.; STEINKE, K.; STEYER, M.; OBERMAIER, A.; ETTLE, T. (2008): Beurteilung der Körperkondition bei Fleckviehkühen. 120. VDLUFA-Kongress Jena 2008, Kongressband, VDLUFA-Schriftenreihe 64, im Druck.

STAUFENBIEL, R., MEIER, R., HACKBARTH, K.H., STAUFENBIEL, B., ROSSOW, N. (1992): Untersuchungen zum optimalen Fettansatz bei der Milchkuh. *Monatshefte der Veterinärmedizin* 47, 125-135

STEINKE, K. (2009): Langfristiger Einsatz von gentechnisch verändertem Mais (MON810) in der Milchviehfütterung im Hinblick auf Leistungs- und Stoffwechselfparameter, Fruchtbarkeit und Tiergesundheit. Dissertation der TUM, WZW, Department für Tierwissenschaften, in Vorbereitung.

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

TRANSGEN (2008): Anbau von GV-Mais: Anstieg auf 110.000 Hektar.

Transparenznetzwerk Gentechnik

http://www.transgen.de/anbau/eu_international/643.doku.html

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.