

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Lehrstuhl für Tierernährung

**Einfluss einer Zulage von pansengeschützter konjugierter Linolsäure (CLA) in
Kombination mit Propylenglykol oder pansengeschütztem Fett auf
Leistungsmerkmale, Stoffwechselfparameter und den Energiestatus
frischlaktierender Milchkühe**

Torben Liermann

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

Doktors der Agrarwissenschaften

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.- Prof. Dr. H.-R. Fries

Prüfer der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. F. J. Schwarz
2. Univ.- Prof. Dr. H. H. D. Meyer

Die Dissertation wurde am 30.01.2008 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt am 06.06.2008 angenommen.

Meiner Familie

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. F. J. Schwarz für die Überlassung des Themas, die Bereitstellung der Arbeitsmöglichkeiten sowie die freundliche Betreuung und stets gewährte Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit.

Weiterhin möchte ich mich besonders bei Frau und Herrn Ochsendorf für die jederzeit gewährte Hilfsbereitschaft und sehr gute Zusammenarbeit während der Versuchsdurchführung sowie bei allen anderen Mitarbeitern des Versuchsgutes Hirschau bedanken.

Bei Simone Kessel möchte ich mich für die sehr gute Zusammenarbeit und gewährten Unterstützung während der Versuchstätigkeit und Laboranalytik bedanken.

Danken möchte ich auch allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts und der Versuchsanlage für Tierernährung für die jederzeit freundliche Unterstützung.

Der Firma BASF – Frau A. M. Pfeiffer und Herrn W. Koch – gilt mein besonderer Dank für die Bereitstellung der konjugierten Linolsäure sowie Unterstützung der statistischen Auswertung dieser Studie.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	1
2 Material und Methoden.....	3
2.1 Versuchsplanung und Versuchsaufbau.....	3
2.1.1 Versuchsbeschreibung.....	3
2.1.2 Untersuchungszeitraum und –parameter.....	4
2.1.3 Tiermaterial und Tierhaltung.....	6
2.1.3.1 Tierhaltung.....	6
2.1.3.2 Tiermaterial.....	6
2.2 Versuchsdurchführung.....	7
2.2.1 Bedarfsermittlung und Rationsgestaltung.....	7
2.2.1.1 Futtermittel und Futtervorlage.....	7
2.2.1.2 Trockenstehende Kühe.....	8
2.2.1.3 Laktierende Kühe.....	8
2.2.1.3.1 Versuch I (2005).....	9
2.2.1.3.2 Versuch II (2006).....	12
2.3 Ermittlung der Messgrößen.....	15
2.3.1 Futtermittel.....	15
2.3.1.1 Probennahme und Probenvorbereitung.....	15
2.3.1.2 Bestimmung der Futteraufnahme.....	16
2.3.1.3 Analyse der Roh Nährstoffgehalte.....	16
2.3.1.4 Berechnung der Energie- und Roh Nährstoffversorgung.....	17
2.3.1.4.1 Silagen.....	17
2.3.1.4.2 PMR.....	18
2.3.1.4.3 Kraffuttermischungen LKF und AKF.....	18
2.3.1.4.4 Futterzusätze Versuch I.....	18
2.3.1.4.5 Futterzusätze Versuch II.....	18
2.3.1.4.6 Gesamttrockenmasseaufnahme.....	19
2.3.1.4.7 Energiebilanzen.....	19
2.3.2 Milch.....	20
2.3.2.1 Probennahme und Probenvorbereitung.....	20
2.3.2.2 Milchinhaltstoffe.....	20
2.3.2.3 Milchleistung.....	21
2.3.3 Blut.....	21
2.3.3.1 Probennahme und Probenvorbereitung.....	21
2.3.3.2 Untersuchungsparameter.....	22
2.3.3.3 Blutanalytik.....	22

2.3.4 Körperkondition und Fruchtbarkeit.....	22
2.3.4.1 Lebendmasse	22
2.3.4.2 Body Condition Score	23
2.3.4.3 Ultraschallmessung von Rückenfett- und Rückenmuskeldicke	23
2.3.4.4 Tiergesundheit	23
2.3.4.5 Fruchtbarkeit	24
2.4 Statistische Auswertung.....	25
3 Ergebnisse.....	26
3.1 Versuch I.....	26
3.1.1 Futtermittel und Rationen	26
3.1.1.1 Maissilage	26
3.1.1.2 Grassilage.....	27
3.1.1.3 AKF	28
3.1.1.4 PMR.....	29
3.1.1.5 LKF	30
3.1.2 Futteraufnahme und Leistungsparameter.....	31
3.1.2.1 Futteraufnahme.....	31
3.1.2.1.1 Grund- und Krafffutteraufnahme der Versuchsgruppen	31
3.1.2.1.2 Gesamt-Trockenmasseaufnahme der Versuchsgruppen	31
3.1.2.1.3 Aufnahme an konjugierter Linolsäure und Propylenglykol.....	32
3.1.2.2 Milchleistung und Milchinhaltstoffe.....	34
3.1.2.2.1 Milchmenge	34
3.1.2.2.2 Milchinhaltstoffe.....	35
3.1.2.3 Nährstoff- und Energieversorgung	38
3.1.2.3.1 Nährstoff- und Energieaufnahme	38
3.1.2.3.2 Nährstoff- und Energiebilanz.....	39
3.1.3 Stoffwechselfparameter und Körperkondition.....	42
3.1.3.1 Blutparameter	42
3.1.3.1.1 Glucosekonzentration im Blutplasma	42
3.1.3.1.2 Freie Fettsäuren (NEFA) im Blutplasma.....	43
3.1.3.1.3 Beta-Hydroxybutyrat (BHB) im Blutplasma.....	44
3.1.3.1.4 Leberenzyme im Blutplasma	45
AST	45
GLDH	46
γ-GT	47
Gesamt-Bilirubin.....	48
3.1.3.2 Körperkonditionsparameter.....	49

3.1.3.2.1 Tiergewichte	49
3.1.3.2.2 Body Condition Score	50
3.1.3.2.3 Ultraschallmessung von Rückenmuskel- und Rückenfettdicke ...	50
3.1.3.2.4 Tiergesundheit	52
3.1.3.2.5 Fruchtbarkeitsparameter	52
3.2 Versuch II	54
3.2.1 Futtermittel und Rationen	54
3.2.1.1 Maissilage	54
3.2.1.2 Grassilage	55
3.2.1.3 AKF	56
3.2.1.4 PMR	57
3.2.1.5 LKF	59
3.2.2 Futteraufnahme und Leistungsparameter	60
3.2.2.1 Futteraufnahme	60
3.2.2.1.1 Grund- und Krafffutteraufnahme der Versuchsgruppen	60
3.2.2.1.2 Gesamt-Trockenmasseaufnahme der Versuchsgruppen	60
3.2.2.1.3 Aufnahme an konjugierter Linolsäure und pansengeschütztem Fett	61
3.2.2.1.4 Entwicklung der Futteraufnahme nach Absetzen der Zulagen ...	62
3.2.2.2 Milchmenge und Milch Inhaltsstoffe	64
3.2.2.2.1 Milchmenge	64
3.2.2.2.2 Milch Inhaltsstoffe	65
3.2.2.3 Entwicklung der Milchleistung und Milch Inhaltsstoffe nach beendeter Zulage von CLA bzw. CLA und RPF	68
3.2.2.4 Nährstoff- und Energieversorgung	71
3.2.2.4.1 Nährstoff- und Energieaufnahme	71
3.2.2.4.2 Nährstoff- und Energiebilanz	72
3.2.3 Stoffwechsel und Körperkondition	75
3.2.3.1 Blutparameter	75
3.2.3.1.1 Glucose im Blutplasma	75
3.2.3.1.2 Freie Fettsäuren (NEFA) im Blutplasma	76
3.2.3.1.3 Beta-Hydroxybutyrat (BHB) im Blutplasma	77
3.2.3.1.4 Leberenzyme im Blutplasma	78
AST	78
GLDH	79
y-GT	80
Gesamt-Bilirubin	81

3.2.3.2 Körperkondition.....	83
3.2.3.2.1 Tiergewichte.....	83
3.1.3.2.3 Body Condition Score.....	84
3.1.3.2.3 Ultraschallmessung.....	85
3.1.3.2.4 Tiergesundheit.....	86
3.1.3.2.5 Fruchtbarkeitsparameter.....	86
4 Diskussion.....	88
4.1 Bedeutung von CLA für die Milchfettsynthese bei Milchkühen.....	88
4.2 Einfluss von CLA–Zulagen auf Leistungsparameter und den Energistoffwechsel von Milchkühen.....	95
4.2.1 Definition von CLA–Zulagen.....	95
4.2.2 Futter- und Energieaufnahme.....	100
4.2.3 Milchmenge und –inhaltsstoffe.....	101
4.2.4 Lebendgewicht und Körperkondition.....	107
4.2.5 Energiebilanz.....	109
4.3 Einfluss von CLA–Zulagen auf Fruchtbarkeit und Stoffwechselfparameter....	113
4.3.1 Fruchtbarkeit.....	113
4.3.2 Stoffwechselfparameter.....	115
4.4 Bedeutung von Propylenglykol– oder Fettzulagen in Ergänzung zu CLA hinsichtlich Leistungs– und Stoffwechselfparameter.....	120
4.4.1 Propylenglykol.....	120
4.4.2 Zulage pansengeschützter Fette.....	121
4.5 Schlussfolgerungen.....	124
5 Zusammenfassung.....	126
6 Summary.....	129
7 Literaturverzeichnis.....	132
8. Anhang.....	149

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anzahl und Kenndaten der Versuchstiere in Versuch I und II.....	7
Tabelle 2: Zusammensetzung der Mischration (PMR) im Versuch I (g/kg T).....	9
Tabelle 3: Zusammensetzung des Ausgleichskraftfutters (AKF) im Versuch I (g/kg T)	9
Tabelle 4: Zusammensetzung des Leistungskraftfutters (LKF) im Versuch I (g/kg T)	10
Tabelle 5: Kraftfuttermengen (kg) und Zulagen (g) im Versuch I.....	11
Tabelle 6: Zusammensetzung der Mischration (PMR) im Versuch II (g/kg T).....	12
Tabelle 7: Zusammensetzung des Ausgleichskraftfutters (AKF) im Versuch II (g/kg T)	13
Tabelle 8: Zusammensetzung des Leistungskraftfutters (LKF) im Versuch II (g/kg T)	13
Tabelle 9: Kraftfuttermengen (kg) und Zulagen (g) im Versuch 2006.....	15
Tabelle 10: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ/kg T) in der Maissilage	26
Tabelle 11: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ/kg T) in der Grassilage	27
Tabelle 12: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ/kg T) im Ausgleichskraftfutter (AKF).....	28
Tabelle 13: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ/kg T) in der Mischration (PMR).....	29
Tabelle 14: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ/kg T) im Leistungskraftfutter (LKF)	30
Tabelle 15: Grund- und Kraftfutterraufnahmen (PMR, LKF) im Versuchsmittel (kg T/d)	31
Tabelle 16: Mittlere Aufnahmen (g/d) an CLA-Vormischung (CLA-VM), t10,c12-CLA und Propylenglykol im Versuchsverlauf.....	33
Tabelle 17: Milchwahnhstoff- (mg/l) und Lactosegehalte (%) im Versuchsmittel	37
Tabelle 18: Mittlere Energie- (MJ NEL/d) und nXP-Aufnahmen (g/d) im Versuchsverlauf.....	38
Tabelle 19: Mittlere nXP- und ruminale Stickstoffbilanzen (g/d) im Versuchsverlauf	39
Tabelle 20: Mittleres Intervall (in Tagen, d) von der Kalbung bis zum Erreichen einer ausgeglichenen Energiebilanz (EB (+/-) der drei Behandlungen	41
Tabelle 21: Auftreten von Erkrankungen	52

Tabelle 22: Fruchtbarkeitsparameter	53
Tabelle 23: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ/kg T) in der Maissilage	54
Tabelle 24: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ /kg T) in der Grassilage	56
Tabelle 25: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ/kg T) im Ausgleichskraftfutter (AKF)	57
Tabelle 26: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ/kg T) in der Mischration (PMR).....	58
Tabelle 27: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ/kg T) im Leistungskraftfutter (LKF)	59
Tabelle 28: Grund- und Kraftfutteraufnahmen (PMR, LKF) im Versuchsmittel (kg T/d)	60
Tabelle 29: Mittlere Aufnahmen (g/d) an CLA-Vormischung (CLA-VM), t10,c12-CLA und pansengeschütztem Fett (RPF) im Versuchsverlauf	62
Tabelle 30: Grund- und Kraftfutteraufnahmen (PMR, LKF) im Versuchsmittel (kg T/d) nach Absetzen der CLA- und RPF-Zulagen von der 15. bis 26. Versuchwoche	63
Tabelle 31: Milchharnstoff- (mg/l) und Lactosegehalte (%) im Versuchsmittel	68
Tabelle 32: Mittlere Energie- (MJ NEL/d) und nXP-Aufnahmen (g/d) im Versuchsverlauf.....	71
Tabelle 33: Mittlere nXP- und ruminale Stickstoffbilanzen (g/d) im Versuchsverlauf	73
Tabelle 34: Mittleres Intervall (in Tagen, d) von der Kalbung bis zum Erreichen einer ausgeglichenen Energiebilanz (EB (+/-) der drei Behandlungen	74
Tabelle 35: Auftreten von Erkrankungen	86
Tabelle 36: Fruchtbarkeitsparameter	87
Tabelle 37: Übersicht zu Einsatzmenge (g/d) und –dauer (d) von pansengeschützter konjugierter Linolsäure (CLA) in Fütterungsversuchen an Milchkühen.	99

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht der Behandlungen und Zulagen in Versuch I und II.....	4
Abbildung 2: Schematische Darstellung des Untersuchungszeitraums und der Zeitpunkte der Probennahme der verschiedenen Versuchsparameter	5
Abbildung 3: Zusammensetzung pansengeschütztes Fett (RPF) im Versuch II (g/kg T).....	14
Abbildung 4: Mittlere Gesamt-Trockenmasseaufnahme (kg/d) im Versuchsverlauf .	32
Abbildung 5: Mittlere Milchleistungen (kg/d) im Versuchsverlauf.....	34
Abbildung 6: Mittlerer Milchfettgehalt (%) im Versuchsverlauf.....	35
Abbildung 7: Mittlerer Milcheiweißgehalt (%) im Versuchsverlauf	36
Abbildung 8: Mittlere Milchfett- und Milcheiweißleistung (g/d) im Versuchsverlauf...	37
Abbildung 9: Mittlere Energiebilanz (MJ NEL/d) im Versuchsverlauf.....	40
Abbildung 10: Mittlere Blutplasmakonzentration an Glucose (mmol/l) im Versuchsverlauf.....	42
Abbildung 11: Mittlere Blutplasmakonzentration an Freien Fettsäuren (NEFA in $\mu\text{mol/l}$) im Versuchsverlauf	43
Abbildung 12: Mittlere Blutplasmakonzentrationen an Beta-Hydroxybutyrat (BHB in mmol/l) im Versuchsverlauf	44
Abbildung 13: Mittlere Blutplasmagehalte der Aspartat-Amino-Transferase (AST in U/l) im Versuchsverlauf	45
Abbildung 14: Mittlere Blutplasmagehalte der Glutamat-Dehydrogenase (GLDH in U/l) im Versuchsverlauf	46
Abbildung 15: Mittlere Blutplasmagehalte der Gamma-Glutamyl-Transferase (γ -GT in U/l) im Versuchsverlauf	47
Abbildung 16: Mittlere Blutplasmagehalte an Gesamt-Bilirubin (U/l) im Versuchsverlauf.....	48
Abbildung 17: Mittlere Lebendgewichte (kg) im Versuchsverlauf	49
Abbildung 18: Mittlere Körperkonditionsnoten (BCS) im Versuchsverlauf	50
Abbildung 19: Mittlere Rückenfett- (RFD in mm) und Rückenmuskeldicken (RMD in mm) im Versuchsverlauf.....	51
Abbildung 20: Mittlere Gesamt-Trockenmasseaufnahme (kg/d) im Versuchsverlauf	61
Abbildung 21: Gesamt T-Aufnahme (kg/d) im Versuchsmittel nach Absetzen der CLA- und RPF-Zulagen von der 15. bis zur 26. Versuchwoche	63
Abbildung 22: Mittlere Milchleistungen (kg/d) im Versuchsverlauf.....	64

Abbildung 23: Mittlerer Milchfettgehalt (%) im Versuchsverlauf.....	65
Abbildung 24: Mittlerer Milcheiweißgehalt (%) im Versuchsverlauf	66
Abbildung 25: Mittlere Milchfett- und Milcheiweißleistung (g/d) im Versuchsverlauf.	67
Abbildung 26: Milchmenge (kg/d) im Versuchsmittel nach Absetzen der CLA- und RPF-Zulagen von der 15. bis zur 26. Versuchswoche	69
Abbildung 27: Milchfett- und Milcheiweißgehalt (%) im Versuchsmittel nach Absetzen der CLA- und RPF-Zulagen von der 15. bis zur 26. Versuchswoche	69
Abbildung 28: Milchfett- und Milcheiweißleistung (g/d) im Versuchsmittel nach Absetzen der CLA- und RPF-Zulagen von der 15. bis zur 26. Versuchswoche	70
Abbildung 29: Mittlere Energiebilanz (MJ NEL/d) im Versuchsverlauf.....	74
Abbildung 30: Mittlere Blutplasmakonzentration an Glucose (mmol/l) im Versuchsverlauf.....	75
Abbildung 31: Mittlere Blutplasmakonzentration an Freien Fettsäuren (NEFA) ($\mu\text{mol/l}$) im Versuchsverlauf	76
Abbildung 32: Mittlere Blutplasmakonzentrationen an Beta-Hydroxybutyrat (BHB in mmol/l) im Versuchsverlauf	78
Abbildung 33: Mittlere Blutplasmagehalte der Aspartat-Amino-Transferase (AST in U/l) im Versuchsverlauf	79
Abbildung 34: Mittlere Blutplasmagehalte der Glutamat-Dehydrogenase (GLDH in U/l) im Versuchsverlauf	80
Abbildung 35: Mittlere Blutplasmagehalte der Gamma-Glutamyl-Transferase (γ -GT in U/l) im Versuchsverlauf	81
Abbildung 36: Mittlere Blutplasmagehalte an Gesamt-Bilirubin (U/l) im Versuchsverlauf.....	82
Abbildung 37: Mittlere Lebendgewichte (kg) im Versuchsverlauf	83
Abbildung 38: Mittlere Körperkonditionsnoten (BCS) im Versuchsverlauf	84
Abbildung 39: Mittlere Rückenfett- (RFD in mm) und Rückenmuskeldicken (RMD in mm) im Versuchsverlauf.....	85
Abbildung 40: Formierung und Biosynthese von CLA im Wiederkäuer aus Linolsäure (C18:2) und α -Linolensäure (C18:3) (<i>Kennelly und Bell, 2007</i>).....	89
Abbildung 41: Wege der Biohydrogenierung von Linolsäure (C18:2) und α -Linolensäure (C18:3) im Pansen (<i>nach Hartfoot und Hazlewood, 1997</i>).....	90

Abbildung 42: Wege der Biohydrogenierung und endogenen Synthese von cis-9, trans-11 CLA durch Δ^9 -Desaturase im Pansen und Gewebe (<i>Bauman et al., 2003</i>).	91
Abbildung 43: Einflussfaktoren auf den CLA-Gehalt im Milchfett (<i>mod. nach Jahreis et al., 1999a; Bauman et al., 2001</i>).	93
Abbildung 44: Einfluss einer direkten Labmageninfusion von CLA Isomeren auf den Milchfettgehalt (<i>Baumgard et al., 2000</i>).	94
Abbildung 45: Beziehung zwischen Änderung der Milchfettleistung (%) und der Dosis an trans-10, cis-12 CLA (g/d) bei direkter Labmageninfusion (<i>de Veth et al., 2004</i>).	96

Abkürzungsverzeichnis

α LA	α -Linolenic Acid
ad lib.	ad libitum
ADF	acid detergent fiber
ADL	acid detergent lignin
AKF	Ausgleichskraftfutter
a.p.	ante partum
AST	Aspartat Aminotransferase
BCS	Body Condition Score
BH	Biohydrogenierung
BHB	Beta-Hydroxybuttersäure
bzw.	beziehungsweise
C	Kohlenstoff
ca.	circa
CLA	Conjugated Linoleic Acid
cm	Zentimeter
d	Tag
DIM	days in milk
d.h.	das heißt
dl	Deziliter
EB	Energiebilanz
etc.	et cetera
Fa.	Firma
FFS	flüchtige Fettsäuren
FM	Frischmasse
FS	Fettsäure
g	Gramm
GE	Bruttoenergie
GLDH	Glutamat Dehydrogenase
i. d. T	in der Trockenmasse
KB	Künstliche Besamung
kg	Kilogramm
KM	Körnermais
l	Liter
LA	Linoleic Acid
LM	Lebendmasse
LKF	Leistungskraftfutter
Log	Logarithmus
max.	maximal
ME	umsetzbare Energie
MFD	Milchfett Depression
mg	Milligramm
min	Minute
MJ	Megajoule
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mmol	Millimol
MUFA	monounsaturated fatty acid
n	Anzahl / Stichprobenumfang

NEFA	Nicht-veresterte Fettsäuren
NEL	Netto Energie Laktation
NfE	N-freie Extraktstoffe
NDF	neutral detergent fiber
nXP	nutzbares Rohprotein
P	Signifikanzniveau
PG	Propylenglykol
PMR	Partielle Mischration
p.p.	post partum
PUFA	polyunsaturated fatty acid
RA	rumenic acid
RFD	Rückenfettdicke
RMD	Rückenmuskeldicke
RNB	Ruminale Stickstoffbilanz
RPF	Pansengeschütztes Fett
SD	standard deviation
T	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz
tFA	Trans-Fettsäuren
TMR	Totalmischration
TU	Trächtigkeitsuntersuchung
tVA	Trans-Vaccensäure
U	Unit
VLDL	Very low density lipoprotein
VMS	Voluntary milking system
vs.	versus
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XL	Rohfett
XP	Rohprotein
XS	Rohstärke
γ-GT	Gamma – Glutamyl Transferase
z.B.	zum Beispiel
%	Prozent
°C	Grad Celsius
μmol	Mikromol

1 Einleitung

Die postpartale Phase von hochleistenden Milchkühen ist von deutlichen Änderungen im Energie- und Nährstoffbedarf geprägt. Diese kennzeichnen sich durch eine meist stark ausgeprägte negative Energiebilanz (EB) bedingt durch hoch einsetzende Milchleistung und einer verzögert steigenden Futteraufnahme (*Grummer, 1995*). Für Tagesgemelke von 35 – 45 kg sollte daher eine tägliche Gesamtfutteraufnahme von 23 – 25 kg erzielt werden (*Breves und Rodehutsord, 1999*). Leistungsstarke Milchkühe sind aufgrund ihres hohen Energiebedarfs oftmals nicht in der Lage genügend Energie über die Ration aufzunehmen, was wiederum zu verminderten Milchleistungen führt (*Harvatine und Allen, 2006*). Die Anpassung an metabolische Veränderungen, die sich in dieser Periode innerhalb sehr kurzer Zeit vollziehen, kann zusätzlich noch durch Fehler im Fütterungsmanagement und der Rationsgestaltung verschärft werden. Schwerwiegende Folgen sind häufig massive Stoffwechselprobleme (*Hayirli und Grummer, 2004*), die sich wiederum nachhaltig negativ auf den Gesundheitsstatus, die Milchleistung und Fruchtbarkeit (*Goff und Horst, 1997; Drackley, 1999; Lucy et al. 1992*) im Verlauf der Laktation auswirken können.

Die Mobilisation von Körperreserven dient laktierenden Kühen zur partiellen Minderung der Energielücke bei hoch einsetzenden Milchleistungen postpartum (p.p.). Für Milchkühe wird somit die Milchleistung bzw. der Energiestatus bestimmend für die Höhe der Gesamtfutteraufnahme (*Roseler et al., 1997*), die es vorrangig zu maximieren gilt. Da die Gesamtfutteraufnahme aber der limitierender Faktor einer bedarfsgerechten Energieversorgung ist (*Schwarz, 2000*), sollten alle möglichen fütterungstechnischen Maßnahmen angewendet werden, um das Ausmaß und die Schwere einer negativen EB zu Laktationsbeginn zu minimieren.

Klassischerweise belaufen sich diese Maßnahmen in der Rationsgestaltung auf die Anhebung der Energiedichte durch höhere Konzentratgaben oder Fettzulagen (*Schingoethe und Casper, 1991; van Knegsel et al., 2007*). Weiterhin können spezielle Futterzusätze eine Rolle spielen, die wiederum zu einer zusätzlichen Energieversorgung oder Stoffwechselstabilisation beitragen. Hier haben Zulagen wie Propylenglykol (PG) oder pansengeschütztes Fett (RPF) mittlerweile weite Verbreitung in der Fütterungspraxis gefunden. PG als glucoplastische Verbindung unterstützt die energetische Versorgung, indem es die Gluconeogenese verbessert (*Nielsen und Ingvarsen, 2004*). RPF wird zur zusätzlichen Erhöhung der

Energiedichte der Ration und zusätzlichen Energieversorgung eingesetzt (*McNamara et al., 2003*).

Ein alternativer Ansatz zur Verbesserung der EB zu Laktationsbeginn ist darin zu sehen, den Energieoutput der laktierenden Hochleistungskuh zu senken. Die energiereichste Komponente der Milch ist das Milchfett (*Tyrrell und Reid, 1965*) und diese hat wiederum einen entscheidenden Einfluss auf die kalkulierte EB. Neue Erkenntnisse liefert der Einsatz von pansengeschützter konjugierter Linolsäure (CLA) aufgrund der milchfettensenkenden Eigenschaft dieses Zusatzes, um so möglicherweise den Energieoutput durch Hemmung der Milchfettsynthese im Euter zu senken und zu einer verbesserten EB beizutragen (*Griinari und Bauman, 2006*).

Die vorliegende Arbeit hatte das Ziel, die Auswirkungen einer Zulage von pansengeschützter CLA bzw. CLA in Kombination mit PG oder RPF auf Leistungsmerkmale, Stoffwechselfparameter und den Energiestatus frischlaktierender Milchkühe zu untersuchen.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchsplanung und Versuchsaufbau

Die vorliegende Arbeit will vorrangig Fragen der Energieversorgung der leistungsstarken Milchkuh zu Laktationsbeginn unter besonderer Betrachtung einer verminderten Energieausscheidung bzw. einer möglichen „Energieumverteilung“ untersuchen. Hierzu wurden zwei Milchviehfütterungsversuche (Versuch I und Versuch II) über jeweils 35 Versuchswochen durchgeführt, in denen der Einfluss verschiedener Futterzusätze untersucht wurde. Die Versuchsdurchführung erfolgte an der Milchviehherde (Rasse: Red Holstein x Fleckvieh) des Versuchsgutes Hirschau der Technischen Universität München. Dabei wurden in Versuch I (Zeitraum März bis November 2005) 50 Tiere bzw. in Versuch II (Zeitraum März bis November 2006) 53 Tiere einem intensiven Untersuchungsprogramm unterzogen. Die Versuchsanstellung wurde nach einem vollständig randomisierten Block-Design durchgeführt. Die Blockbildung der Kühe in Abhängigkeit der Versuchsbehandlung erfolgte nach Leistung der vorausgehenden Laktation, Anzahl der Laktationen und voraussichtlichem Abkalbetermin. Status- und leistungsähnliche Tiere wurden zufällig jedem Block zugeteilt. Im Untersuchungszeitraum wurden Energie- und Nährstoffaufnahme, Milchmenge und Milchinhaltsstoffe, verschiedene Untersuchungsparameter des Blutes, die Körperkondition und Daten zur Tiergesundheit erfasst.

2.1.1 Versuchsbeschreibung

Beide Versuche wurden nach demselben Versuchsschema angelegt. In beiden Versuchsjahren wurden alle vor Versuchsbeginn zur Kalbung anstehenden Tiere ausgewählt und jeweils einer von drei Behandlungsgruppen, wie aufgeführt, zugeteilt. Es wurden einer Kontrollgruppe jeweils zwei Zulagegruppen gegenübergestellt, so dass insgesamt drei Behandlungen pro Versuch untersucht werden konnten. Sämtliche Haltungs- und Fütterungsbedingungen waren jeweils für alle Tiere gleich. Die Versuchsgruppen differenzierten sich somit nur durch die unterschiedlichen Fütterungszulagen.

Versuch I: In Versuch I (Zeitraum März bis November 2005) wurde der Einfluss der Zulage von pansengeschützter konjugierter Linolsäure (CLA) bzw. der Kombination CLA + Propylenglykol (PG) einer Kontrolle (keine Zulage) gegenübergestellt. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die Versuchsgruppen. Dabei wurden alle Kühe, die im Zeitraum von März bis August zur Abkalbung anstanden, in Abhängigkeit des Kalbedatums, möglichst gleichmäßig für die drei Behandlungsgruppen, in den Versuch gestellt.

Versuch II: Der Versuch II (Zeitraum März bis November 2006) war identisch zu Versuch I angelegt. In diesem Versuch wurde die Zulage PG gegen RPF ausgetauscht, so dass einer Kontrolle (keine Zulage) die Zulage CLA sowie die Kombination CLA + RPF gegenübergestellt wurde. Auch in diesem Versuch wurden alle Abkalbungen von März bis August herangezogen. Ende des Versuchs war ebenfalls im November.

	Behandlung 1	Behandlung 2	Behandlung 3
Versuch I	Kontrolle	CLA-1	CLA + PG
Zulage	---	40 g CLA	40 g CLA + 200 g PG
Versuch II	Kontrolle	CLA-2	CLA + RPF
Zulage	---	40 g CLA	40 g CLA + 700 g RPF

Abbildung 1: Übersicht der Behandlungen und Zulagen in Versuch I und II

2.1.2 Untersuchungszeitraum und –parameter

Der Untersuchungszeitraum eines jeden Tieres erstreckte sich von der zweiten Woche ante partum (a.p.) bis zum Abschluss der 14. Laktationswoche (~ 100 Laktationstage). In diesem Zeitraum wurden verschiedene Leistungs- und Stoffwechselfparameter nach einem regelmäßigen Versuchsschema erhoben, wie aus Abbildung 2 zu ersehen ist.

Dabei wurde die Futteraufnahme täglich erfasst und daraus, mit den Analyseergebnissen von zweimal wöchentlichen Futterproben, die Energie- und Nährstoffversorgung errechnet. Weiterhin wurde unter Berücksichtigung der täglichen Milchleistung eine Energie- und Nährstoffbilanz erstellt.

Lakt.- woche	Futterauf- nahme	Futterprobe	Milch- leistung	Milchprobe	Blutprobe	Lebend- masse	BCS	Ultra- schall
-2					■		■	■
-1					■		■	■
1	■	■ ■	■	■ ■	■	■	■	■
2	■	■ ■	■	■ ■	■	■	■	■
3	■	■ ■	■	■ ■	■	■		
4	■	■ ■	■	■ ■	■	■	■	■
5	■	■ ■	■	■ ■	■	■		
6	■	■ ■	■	■ ■	■	■	■	■
7	■	■ ■	■	■ ■	■	■		
8	■	■ ■	■	■ ■	■	■	■	■
9	■	■ ■	■	■ ■				
10	■	■ ■	■	■ ■	■	■	■	■
11	■	■ ■	■	■ ■				
12	■	■ ■	■	■ ■	■	■	■	■
13	■	■ ■	■	■ ■				
14	■	■ ■	■	■ ■	■	■	■	■

Abbildung 2: Schematische Darstellung des Untersuchungszeitraums und der Zeitpunkte der Probennahme der verschiedenen Versuchsparameter

Blutproben wurden ab der zweiten Woche a.p. bis zur 8. Woche postpartum (p.p.) wöchentlich und danach 14-tägig genommen. Die Beurteilung der Körperkondition wurde durch tägliche automatische Tierwiegung, sowie durch Ermittlung des Body Condition Score (BCS) und Ultraschallmessung der Rückenfett- und Rückenmuskeldicke in Intervallen von ein bzw. zwei Wochen bestimmt.

2.1.3 Tiermaterial und Tierhaltung

2.1.3.1 Tierhaltung

Die gesamte Milchviehherde des Versuchsgutes Hirschau der Technischen Universität München wird in einem vierreihigen Boxenlaufstall mit ca. 100 Hochboxen und planbefestigten Laufflächen gehalten. Der Milchviehlaufstall ist aufgrund zweier unterschiedlicher Melksysteme in zwei Hälften geteilt. Die Verteilung der Herde erfolgt in etwa gleichmäßig auf beide Gruppen, wobei die eine Hälfte mit einem automatischen Melksystem (VMS, Fa. DeLaval) und die andere Hälfte in einem Fischgrätenmelkstand (2 x 6, Fa. DeLaval) mit automatischer Tiererkennung und Milchmengenerfassung gemolken wird.

Für die Versuche I und II wurden alle Tiere ausschließlich über den gesamten Versuchszeitraum bis zur 14. Laktationswoche in der Melkstandgruppe der Gesamtherde gehalten, um Einflüsse unterschiedlicher Melksysteme ausschließen zu können. Eine Umverteilung der Tiere geschah erst nach Beendigung der Versuchsperiode. Die Versuchskühe wurden in Regel morgens ab 5:00 Uhr und abends ab 16:00 Uhr gemolken. Die Fütterung erfolgte an einem Außenfutterschiff mit 25 Fressplätzen je Gruppe, mit Einzeltiererkennung und Wiegetrögen (System Landtechnik Weihenstephan). Somit lag das Fressplatz/Tierverhältnis bei ca. 1:2. Leistungskrafffutter wurde über Abrufstationen im Stall zugeteilt. Die Haltung der zur Kalbung anstehenden Trockensteher erfolgte in Tiefstreuboxen. Abgekalbte Kühe wurden während der Kolostralmilchphase in eingestreuten Abkalbebuchten in unmittelbarer Nähe des Melkstandes gehalten.

2.1.3.2 Tiermaterial

Die Herde des Versuchsgutes Hirschau umfasst etwa 100 Milchkühe der Rasse Red Holstein x Fleckvieh. Durch mittlerweile mehrjährige Einkreuzung liegt der genetische Anteil von Red Holstein bei >90 %. Aus dieser Gesamtherde konnten für den Versuch I 50 Milchkühe (31 mehrkalbige und 19 einkalbige Tiere), sowie für Versuch II 53 Milchkühe (40 mehrkalbige und 13 einkalbige Tiere) herangezogen werden. Um eine größere Tierzahl zu erreichen, wurden auch alle zur Kalbung stehenden Färsen mit in den Versuch aufgenommen. Tabelle 1 gibt einen Überblick der wichtigsten Kenndaten der Versuchskühe in Versuch I und Versuch II.

Tabelle 1: Anzahl und Kenndaten der Versuchstiere in Versuch I und II

	Versuch I			Versuch II		
	Kontrolle	CLA – 1	CLA + PG	Kontrolle	CLA – 2	CLA + RPF
Kühe (n)	10	11	10	13	14	13
Färsen (n)	7	6	6	4	4	5
Laktationszahl (n)	2,1	2,3	2,4	2,5	2,3	2,5
Vorleistung (kg)	7719	7715	7703	8254	8222	8275
Gewicht 1.W. p.p. (kg)	659	665	673	677	657	664

2.2 Versuchsdurchführung

2.2.1 Bedarfsermittlung und Rationsgestaltung

Vor jeweils jedem Versuchsbeginn in den Jahren 2005 und 2006 wurde eine Berechnung der Rationen nach den Empfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (*GfE 2001*) und den Futterwerttabellen der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (*DLG 1997*) durchgeführt.

2.2.1.1 Futtermittel und Futtervorlage

Sämtliche für die Versuche I und II eingesetzten Silagen und Heu wurden auf dem Versuchsgut Hirschau erzeugt. Die Maissilagen aus den Erntejahren 2004 und 2005 waren Ende der Teigreife geerntet, und wie im Betrieb üblich, in Hochsilos einsiliert worden. Die Entnahme der Maissilage zur Fütterung erfolgte mit einer Obenentnahmefräse. Dabei wurde zur schnelleren Befüllung des Mischwagens immer aus zwei Hochsilos gleichzeitig entnommen. An Grassilagen wurden 1. und 2. Aufwüchse, sowie zwischendurch ein 4. Aufwuchs, der Erntejahre 2004 und 2005 verwendet. Diese wurden praxisüblich geerntet und in Flachsilos einsiliert. Die Entnahme erfolgte direkt mit dem Futtermischwagen per Entnahmefräse. In der betriebseigenen Mahl- und Misanlage wurden alle Kraftfuttermischungen selbst hergestellt. Einmal wöchentlich wurden das Ausgleichskraftfutter (AKF), als ein Bestandteil der Grundration der Milchkühe, und das Leistungskraftfutter (LKF) gemischt und in Silos gelagert. Die an die Milchkühe ad libitum gefütterte teilaufgewertete Mischration (PMR), bestehend aus Maissilage, Grassilage, AKF und Heu, wurde täglich mit dem betriebseigenen, selbstfahrenden Futtermischwagen (Vertikalmischer, Fa. Faresin) hergestellt. Die Grundfuttervorlage erfolgte in beiden Versuchen einmal täglich um 9:30 Uhr in die automatischen Wiegetröge am

Außenfutterschiff. Vor der Fütterung wurden die Tröge von Restfutter geleert und gesäubert. Das LKF wurde über im Stall installierte Abrufstationen tierindividuell vorgelegt. Im Melkstand erfolgte keine zusätzliche Kraftfuttergabe. Ebenso konnten über separate Dosierbehälter auf den Abrufstationen die Zulagen CLA, PG und RPF den Versuchstieren tierindividuell zugeteilt werden. In den Abkalbe- und Krankenbuchten wurde die Mischration einmal täglich vorgelegt und LKF zweimal täglich nach dem Melken von Hand gefüttert.

2.2.1.2 Trockenstehende Kühe

Die Rationsgestaltung und Fütterung der trockenstehenden Kühe erfolgte in zwei Phasen. Die Frühtrockensteher (8 – 3 Woche a.p.) erhielten eine energiearme Mischration aus Mais- und Grassilage, Stroh und einer Mineralergänzung. Der angestrebte Energiegehalt dieser Ration lag bei 5,5 MJ NEL/kg T und 125 g nXP/kg T bei insgesamt ausgeglichener RNB. Auf eine genaue Rationsbeschreibung wird hier verzichtet, da diese Phase außerhalb der Untersuchungszeiträume lag.

In der zweiten Phase der Trockenstehzeit (Anfütterungsphase, 3 – 1 Woche a.p.) erhielten die Tiere in den Versuchen I und II zur Vorbereitung auf die Laktation jeweils dieselbe Mischration, welche dann auch während der Laktation als PMR gefüttert wurde. Eine genaue Beschreibung der Rationen findet sich im nächsten Abschnitt (2.2.1.3 Laktierende Kühe).

2.2.1.3 Laktierende Kühe

Für die vor jedem Versuch durchgeführte Rationsberechnung der laktierenden Kühe wurden folgende Bedarfswerte (*GfE 2001*) für ein Lebendgewicht von 650 kg bei 4 % Fett und 3,4 % Eiweiß zugrunde gelegt:

Erhaltung: 440 g nXP und 37,7 MJ NEL

Leistung: 86 g nXP und 3,30 MJ NEL

2.2.1.3.1 Versuch I (2005)

Mischration (PMR)

Die in Versuch I eingesetzte PMR wurde aus Maissilage, Grassilage, Heu und AKF gemischt. In Tabelle 2 sind die Zusammensetzung und der zur Rationsgestaltung unterstellte Futterwert der PMR dargestellt.

Tabelle 2: Zusammensetzung der Mischration (PMR) im Versuch I (g/kg T)

Komponente	Anteil %	MJ NEL	XP (g)	nXP (g)	RNB (g)
Maissilage	50,5	6,68	76,9	133	-8,9
Grassilage	28,0	5,91	192	138	8,5
Heu	6,0	5,59	124	129	-0,7
AKF	15,5	7,90	287	213	11,7
PMR	100	6,59	144	146	0,18

Die sehr maisbetonte Grundration wurde mit einem Ausgleichskraftfutter mit hohem Rohproteinanteil (318 g/kg T) gemischt, um insgesamt in der PMR auf eine nahezu ausgeglichene RNB zu kommen. Tabelle 3 zeigt die einzelnen Komponenten aus denen sich das AKF zusammensetzte. Hier wurden neben der Hauptkomponente Sojaextraktionsschrot Erbsen als Proteinkomponente gewählt.

Ausgleichskraftfutter (AKF)

Tabelle 3: Zusammensetzung des Ausgleichskraftfutters (AKF) im Versuch I (g/kg T)

Komponente	Anteil %	MJ NEL	XP (g)	nXP (g)	RNB (g)
Sojaextraktionsschrot	46,5	8,65	510	315	31,1
Weizen	29,5	8,53	138	170	-5,1
Erbsen	16,0	8,52	251	186	10,5
Mineralfutter	4,0	-	-	-	-
Futterkalk	2,0	-	-	-	-
Viehsalz	2,0	-	-	-	-
AKF	100	7,88	318	227	14,6

Die PMR enthielt insgesamt einen Energiegehalt von 6,59 MJ NEL bei einem nXP Gehalt von 146 g/kg T und war somit bedarfsgerecht abgestimmt.

Bei einer unterstellten Futteraufnahme von 16 kg T pro Tag lag der errechnete Milcherzeugungswert nach MJ NEL und nXP bei 21,0 bzw. 22,0 kg Milch/Tag. Ab einer Milchleistung von 21 kg wurde somit LKF ergänzt.

Leistungskraftfutter (LKF)

Das erzeugte LKF hatte bei einer Energiekonzentration von 8,18 MJ NEL/kg T einen Rohproteingehalt von 214 g/kg T und war in der RNB leicht positiv. Aus Tabelle 4 sind die Rationsbestandteile des LKF ersichtlich.

Tabelle 4: Zusammensetzung des Leistungskraftfutters (LKF) im Versuch I (g/kg T)

Komponente	Anteil %	MJ NEL	XP (g)	nXP (g)	RNB (g)
Sojaextraktionsschrot	25,0	8,53	510	315	31,1
Weizen	23,0	8,53	170	138	-5,1
Körnermais	22,0	8,49	118	176	-9,2
Zuckerrübenschnitzel	15,5	7,61	126	163	-6,0
Gerste	12,5	8,02	124	163	-6,2
Mineralfutter	2,0	-	-	-	-
LKF	100	8,18	214	200	2,3

Der energetische Milcherzeugungswert des LKF (i.d.T.) lag bei 2,53 kg/Tag und nach nXP ergaben sich 2,34 kg/Tag. Die LKF Ergänzung oberhalb von 21 kg Milch/Tag betrug 0,5 kg Frischmasse (FM) LKF je kg Milch. Die geringfügige Überversorgung wurde bewusst vorgenommen, um die gleichzeitige Verdrängung der PMR durch Kraftfutter auszugleichen.

Konjugierte Linolsäure (CLA-1)

Die Zulage der CLA erfolgte in Form eines freifließenden, sprühgetrockneten Granulats. Bei der CLA handelte es sich um das Produkt Lutrell® (Fa. BASF-AG, Ludwigshafen). Dieses Produkt ist als Omega-6-Fettsäure Methyl Ester (Gehalt C18:2 ca. 10 %) deklariert, der industrietechnisch aus Sonnenblumenöl hergestellt wird. Das CLA – Granulat ist mit hydrogeniertem Pflanzenfett ummantelt, um das

Produkt pansenstabil zu machen. Um die Aufnahme von 40 g/Kuh/Tag gewährleisten zu können, wurde die CLA mit einer Menge von 160 g geschrotetem Körnermais (KM) aufgemischt und diese Vormischung (CLA-VM) mit 200 g/Kuh/Tag über separate Feindosierer in den Abrufstationen zu den täglichen LKF Gaben gleichzeitig zudosiert. Diese Form der Aufmischung und Zuteilung wurde gewählt, um zum einen mögliche negative Effekte, z.B. durch Pelletierung etc., ausschließen zu können. Durch die Beschaffenheit von KM war eine ähnliche Struktur wie das CLA-Granulat gegeben, so dass Entmischungseffekte nicht beobachtet werden konnten und keinerlei Akzeptanzprobleme auftraten. Die Menge von 40 g/Kuh/Tag wurde in der 1. Woche p.p. (ab 5. Laktationstag) über die Abrufstationen gefüttert.

Propylenglykol (PG)

Das im Versuch I eingesetzte Propylenglykol wurde als handelsübliche Ware über die BayWa AG, Freising bezogen. Die Verabreichung erfolgte in flüssiger Form über spezielle Flüssigdosierer (DeLaval LD1000). Die Zuteilung geschah durch aufsprühen auf das LKF zeitgleich mit der Dosierung der CLA bei jedem einzelnen Stationsbesuch der Versuchstiere. Insgesamt wurden 200 g/Tier/Tag ab der 1. Woche p.p. bis zur 14. Woche p.p. eingesetzt.

Krafftuttermengen und Zulagen

Die eingesetzten LKF Mengen wurden nach einem automatischen Anfütterungsprogramm festgelegt und konnten über das Herdenmanagementprogramm (Alpro®, DeLaval) gesteuert werden. Die Anfütterungsphase nach der Kalbung betrug 42 Tage, wobei die tägliche Startkrafftuttermenge um ca. 120 g/Tag bis auf die maximale Menge gesteigert wurde. Aus Tabelle 5 sind die für die drei Behandlungsgruppen unterschiedlichen Anfütterungsmengen und Zulagen im Versuch I ersichtlich.

Tabelle 5: Krafftuttermengen (kg) und Zulagen (g) im Versuch I

	Behandlung 1	Behandlung 2	Behandlung 3
Gruppe	Kontrolle	CLA – 1	CLA + PG
Krafftuttermenge	3,4 kg → 8,4 kg	3,2 kg → 8,2 kg	3,0 kg → 8,0 kg
Zulage CLA	--	40g CLA	40g CLA
Zulage PG	--	--	200g PG
Mischungszusatz	--	160g KM	160g KM
Summe max.	8,4 kg	8,4 kg	8,4 kg

In der Kontrollgruppe wurde das LKF von anfänglich 3,4 auf max. 8,4 kg gesteigert, ohne weitere Zulage. In der zweiten Behandlung wurde das LKF von 3,2 auf 8,2 kg erhöht. Zusammen mit der CLA-VM von 200 g/Tag ergab sich somit eine gleiche Maximalmenge von 8,4 kg. Die dritte Behandlung wurde von 3,0 auf 8,0 kg gesteigert und mit 200 g CLA-VM + 200 g PG wurde auch hier die Maximalmenge auf 8,4 kg eingestellt. Insgesamt wurde in den Gruppen CLA – 1 und CLA + PG immer LKF durch die entsprechende Menge an Zulage ausgetauscht.

2.2.1.3.2 Versuch II (2006)

Mischration (PMR)

Die gefütterte PMR im Versuchsjahr 2006 unterschied sich nur geringfügig in den Anteilen der Komponenten gegenüber 2005. Die wiederum sehr maisbetonte Ration konnte durch das AKF insgesamt mit einer RNB von –1 wiederum nahezu ausgeglichen werden. Die gefütterte PMR im Versuch II hatte einen Energiegehalt von 6,62 MJ NEL und einen nXP Gehalt von 147 g/kg T, wie aus Tabelle 6 zu ersehen ist.

Tabelle 6: Zusammensetzung der Mischration (PMR) im Versuch II (g/kg T)

Komponente	Anteil %	MJ NEL	XP (g)	nXP (g)	RNB (g)
Maissilage	50,0	6,75	70	132	-10,0
Grassilage	28,0	6,01	190	139	8,1
Heu	7,0	5,57	122	128	-0,9
AKF	15,0	7,82	299	221	12,5
PMR	100	6,62	141	147	-1

Ausgleichskraftfutter (AKF)

Änderungen in der AKF Zusammensetzung (siehe Tabelle 7) ergaben sich durch den hauptsächlichen Einsatz von Sojaextraktionsschrot als Proteinkomponente. Die PMR war somit nach Energie- und nXP-Gehalt bei 16 kg T-Aufnahme/Tag auf 21,2 bzw. 22,3 kg Milch ausgelegt. Oberhalb von 21 kg Milch wurde LKF zugeteilt.

Tabelle 7: Zusammensetzung des Ausgleichskraftfutter (AKF) im Versuch II (g/kg T)

Komponente	Anteil %	MJ NEL	XP (g)	nXP (g)	RNB (g)
Sojaextraktionsschrot	51,2	8,53	487	306	29,0
Weizen	33,2	8,50	128	168	-6,3
Gerste	7,9	8,01	113	160	-7,3
Mineralfutter	4,7	-	-	-	-
Futterkalk	2,0	-	-	-	-
Viehsalz	1,0	-	-	-	-
AKF	100	7,82	301	225	12,1

Leistungskraftfutter (LKF)

Das LKF zeigte in den Rationsbestandteilen im Versuch II keine großen Abweichungen zum Versuch I, wie aus Tabelle 8 zu sehen ist. Mit Gehalten von 8,02 MJ NEL und 190 g nXP/kg T ergab sich ein Milcherzeugungswert von 2,49 bzw. 2,21 kg Milch. Die RNB war mit 1 leicht positiv und sicherte somit die Versorgung mit Rohprotein.

Tabelle 8: Zusammensetzung des Leistungskraftfutter (LKF) im Versuch II (g/kg T)

Komponente	Anteil %	MJ NEL	XP (g)	nXP (g)	RNB (g)
Sojaextraktionsschrot	25,1	8,53	487	306	29,0
Körnermais	21,8	8,58	88	158	-11,2
Weizen	19,8	8,50	128	167	-6,3
Zuckerrübenschnitzel	15,4	7,38	79	145	-10,5
Gerste	14,9	8,01	113	159	-7,3
Mineralfutter	2,0	-	-	-	-
LKF	100	8,02	195	190	1

Die Ergänzung mit LKF betrug im Versuch II ebenfalls 0,5 kg Frischmasse LKF je kg Milch, ab einer Milchleistung von 21 kg/Tag.

Konjugierte Linolsäure (CLA-2)

Der Einsatz der konjugierten Linolsäure war in Versuch II, sowohl in der Form des Produktes als auch in der Herstellung der Mischung in Kombination mit KM, identisch zum Versuch I (siehe Abschnitt 2.2.1.3.1).

Pansengeschütztes Fett (RPF)

Bei dem in Versuch II eingesetzten pansengeschützten Fett (Dunafett 100, Fa. Euroduna, Barmstedt) handelte es sich um ein sprühkristallisiertes, reines Fettpulver auf Basis von raffiniertem und gehärtetem Palmöl (Triglyceride). Die folgende Abbildung 3 zeigt die Inhaltsstoffe des Produktes laut Herstellerangabe:

Dunafett 100	
Trockenmasse (%)	99,5
Rohprotein (%)	0,0
Rohfett (%)	99,0
NfE (%)	0,0
Rohasche (%)	0,5
Energiegehalt MJ NEL	20,5
Fettsäureprofil	C12:n – C14:n 0,5 – 3 %; C16:0 40 – 50 %, C18:0 50 – 60 %
Schmelzpunkt ° C	55 - 62
Jodzahl	max. 20

Abbildung 3: Zusammensetzung pansengeschütztes Fett (RPF) im Versuch II (g/kg T)

Die Einsatzmenge betrug in diesem Versuch 700 g/Tier/Tag. Dazu wurde das Fett in einer Teilmenge LKF aufgemischt und über einen separaten Dosier zum gefütterten LKF und der CLA – VM zeitgleich über die Abrufstationen an die Versuchskühe verabreicht. Die Einsatzmenge des Fettes wurde über die Steuerung des Fütterungsprogramms von der 1. Woche p.p. bis zur 6. Woche p.p. von 100 auf 700 g/Tier/Tag gesteigert.

Krafftuttermengen und Zulagen

Tabelle 9 zeigt die im Versuch II eingesetzten Krafftuttermengen und Zulagen. Die Zuteilung erfolgte genauso wie bereits in Versuch I beschrieben. Die Startmengen an LKF unterscheiden sich, bedingt durch die geänderten Zulagen, geringfügig. Die Anfütterungsphase war mit 42 Tagen die gleiche wie in Versuch I und die Höchstmenge wurde auf 8,2 kg LKF festgelegt. Beim RPF – Einsatz wurde die Menge an Fett ebenso über 6 Wochen von 100 g/Tag auf max. 700 g/Tag erhöht.

Tabelle 9: Krafftuttermengen (kg) und Zulagen (g) im Versuch 2006

	Behandlung 1	Behandlung 2	Behandlung 3
Gruppe	Kontrolle	CLA – 2	CLA + PG
Krafftuttermenge	3,2 kg → 8,2 kg	3,0 kg → 8,0 kg	2,9 kg → 7,3 kg
Zulage CLA	--	40g CLA	40g CLA
Zulage RPF	--	--	100g → 700g RPF
Mischungszusatz	--	160g KM	160g KM
Summe max.	8,2 kg	8,2 kg	8,2 kg

2.3 Ermittlung der Messgrößen

2.3.1 Futtermittel

2.3.1.1 Probennahme und Probenvorbereitung

Von allen verwendeten Silagen, Heu und Mischrationen wurden in beiden Versuchsjahren in regelmäßigen Abständen Futterproben gezogen. Bei Mais- und Grassilage wurde eine wöchentliche Mischprobe von zwei Einzelproben, die direkt aus den Futterstöcken entnommen wurden, hergestellt. Von der PMR wurde ebenfalls eine wöchentliche Analysenprobe aus zwei Einzelproben, die entlang des gesamten Futtertisches entnommen wurden, gemischt. Bei der wöchentlichen Herstellung der Krafftuttermischungen in der betriebseigenen Mahl- und Mischanlage erfolgte die Probennahme für LKF und AKF von jeweils einer Probe pro Woche. Alle entnommenen Futterproben wurden homogen vermischt und in Teilmengen von ca. 800 g in Beutel gefüllt. Von jeder Futterprobe wurde einzeln der T – Gehalt im Umlufttrockenschrank bei 60 ° C bis zur Gewichtskonstanz bestimmt. Aus dem Verhältnis von Einwaage zu Rückwaage konnte die TS errechnet werden. Das Restwasser wurde pauschal mit 2 % veranschlagt und durch einen Korrekturfaktor

von 0,98 berücksichtigt. Für die weitere Roh Nährstoffanalytik wurden die Einzelproben nach der T – Bestimmung in einer Analysenmühle (Brabander, Siebweite 1,1 mm) vermahlen und anschließend zu 2-wöchigen (Maissilage, Grassilage, PMR) bzw. 4-wöchigen Mischproben (AKF und LKF) zusammengefasst. Entsprechend der wöchentlichen Zusammenstellung wurden die TS Werte gemittelt. Bis zur Laboranalyse wurden alle Mischproben in Polyethylenflaschen kühl und trocken gelagert.

2.3.1.2 Bestimmung der Futteraufnahme

Die tägliche Aufnahme der PMR konnte für jedes Tier, durch das Fütterungssystem mittels automatischer Wiegetröge (Landtechnik Weihenstephan), einzeln erfasst werden. Jedes Tier hatte Zugang zu jedem Wiegetrog, so dass insgesamt alle einzelnen Fressbesuche an den Trögen computergesteuert zu einer gesamten Tagesaufnahme an FM zusammengefasst wurden. Die Aufnahme je Tier und Tag wurde auf Basis einer Microsoft Access-Datenbank gespeichert. Die Erfassung der täglichen Aufnahme an LKF erfolgte über die Dosierung in den Abrufstationen für jedes Einzeltier separat, wurde täglich überprüft und als Microsoft Excel-Datei über das Herdenmanagementprogramm (Alpro®, DeLaval) abgespeichert. Die Erhebung dieser Daten erfolgte für jedes Tier ab dem 5. Tag nach der Kalbung, sobald die Tiere wieder mit in der Gesamtherde gehalten wurden. Während der Transit- und Biestmilchphase und im Falle von Erkrankungen, da die Tiere dann in Tiefstreubuchten ohne Futtererfassung gehalten wurden, war keine Datenerfassung zur Futteraufnahme möglich.

2.3.1.3 Analyse der Roh Nährstoffgehalte

Sämtliche aufbereitete Futtermittelproben wurden auf ihre Roh Nährstoffgehalte hin im Labor des Lehrstuhls für Tierernährung Weihenstephan nach den Vorschriften der Weender Futtermittelanalyse untersucht. Nach der VDLUFA Vorschrift Methodenbuch III, nach *Naumann und Bassler (1976)*, wurden die Gehalte an Roh Nährstoffen XA, XL, XF und NfE bestimmt. Die Rohproteinanalytik XP wurde in der Abteilung Bioanalytik des Zentralinstituts für Ernährungs- und Lebensmittelforschung der Technischen Universität München nach der Methode Kjeldahl gemessen. Der Stärkegehalt XS wurde nach *Brandt et al. (1987)* und die Gehalte an Gerüstsubstanzen NDF und ADF nach der Vorschrift von *van Soest (1991)* bestimmt.

2.3.1.4 Berechnung der Energie- und Rohnährstoffversorgung

2.3.1.4.1 Silagen

Zur Schätzung der Energiedichte der in den Versuchen I und II eingesetzten Silagen an Nettoenergie-Laktation (NEL) wurde folgende Gleichung nach *GfE (2001)* herangezogen:

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

wobei:

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

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

$$\text{GE (MJ)} = 0,0239 * \text{g XP} + 0,0398 * \text{g XL} + 0,0201 * \text{g XF} + 0,0175 * \text{g XX}$$

Die zur Berechnung benötigten Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe wurden aus den *DLG Futterwerttabellen für Wiederkäuer (1997)* entnommen.

Um die Versorgung mit nutzbarem Rohprotein zu ermitteln wurden die Gehalte in den Silagen nach *GfE (2001)* mit folgender Gleichung geschätzt:

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

wobei:

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

Die ruminale Stickstoffbilanz wurde ebenfalls nach *GfE (2001)* folgendermaßen errechnet:

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

2.3.1.4.2 PMR

Die Kennzahlen zum Rohnährstoff-, Energiegehalt (MJ NEL) sowie Futterwert der eingesetzten Milchviehration PMR (nXP – Gehalt) errechneten sich aus den Untersuchungsergebnissen der eingesetzten Komponenten und den jeweiligen Anteilen in der Gesamtration. Die Berechnung von RNB (g) und UDP (g/kg T) erfolgte genauso wie im vorherigen Abschnitt beschrieben unter Einbezug der Ergebnisse der Rohproteinanalyse.

2.3.1.4.3 Krafftuttermischungen LKF und AKF

Der Energiegehalt und Futterwert der eingesetzten Krafftuttermischungen AKF und LKF wurde anhand von Tabellenwerten der Einzelkomponenten in *DLG (1997)* berechnet. Auch hier wurden die Ergebnisse der Rohnährstoffanalytik aus der Weender-Analyse zum Vergleich gegenübergestellt.

2.3.1.4.4 Futterzusätze Versuch I

Konjugierte Linolsäure (CLA-1)

Die eingesetzte CLA Mischung wurde in Hinsicht auf Futterwert und als Bestandteil der Gesamtration insofern in die Berechnung mit einbezogen, dass der eingesetzte Anteil an KM energetisch mit berücksichtigt wurde und die täglich aufgenommene Menge an CLA – VM mit in die Gesamt T – Aufnahme eingerechnet wurde.

Propylenglykol (PG)

Die energetische Bewertung des Zusatzes Propylenglykol erfolgte nach *DLG (2005)* und wurde einheitlich mit 9,8 MJ NEL/kg berücksichtigt.

2.3.1.4.5 Futterzusätze Versuch II

Konjugierte Linolsäure (CLA-2)

(siehe 2.3.1.4.4)

Pansengeschütztes Fett (RPF)

Die energetische Berechnung des eingesetzten pansengeschützten Fettes erfolgte aus den analysierten Rohnährstoffgehalten in Verbindung mit den in einem Hammelversuch ermittelten Verdaulichkeitswerten. Die Errechnung der Energiedichte erfolgte anhand der in Abschnitt 2.3.1.4.1 beschriebenen Schätzgleichungen. Der Energiegehalt des eingesetzten Produktes betrug bei einem

T – Gehalt von 99%, einem XL Gehalt von 990 g/kg T und einer ermittelten Verdaulichkeit von 78 % 14,84 MJ NEL/kg T.

2.3.1.4.6 Gesamttrockenmasseaufnahme

Die Gesamttrockenmasseaufnahme wurde bei jedem Versuchstier einzeln ermittelt. Für die Berechnung aus den Aufnahmemengen der PMR wurde die tägliche Frischmasseaufnahme mit dem dazugehörigen T – Gehalt multipliziert. Je Kuh und Versuchswoche wurde daraus ein Mittelwert gebildet. Die Erfassung der T – Aufnahme des LKF erfolgte gleichermaßen und wurde mit den PMR – Aufnahmen zu einem Mittelwert an Gesamttrockenmasse je Tier und Woche addiert.

2.3.1.4.7 Energiebilanzen

Der Energiebedarf für jedes Tier errechnete sich wöchentlich aus der Summe von Erhaltungs- und Leistungsbedarf. Für die Versuchswochen 1 – 14 wurde so die Energie- und Nährstoffversorgung der Versuchstiere berechnet und in Bilanzen dem Bedarf gegenübergestellt. Dabei wurden folgende Bedarfswerte für Erhaltung und Leistung nach *GfE (2001)* zugrundegelegt.

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

nXP (g) = 440

Leistungsbedarf/kg Milch: $\text{MJ NEL} = 0,95 + 0,37 * \% \text{ XL} + 0,21 * \% \text{ XP}$

nXP (g) = 86

Nach gleichem Verfahren der Berechnung der Energiebilanz wurde auch für die Versorgung mit nXP eine Bilanz aus Versorgung und Bedarf berechnet.

Diese Bilanzen wurden für jedes Versuchstier aus den Mittelwerten der Futteraufnahme, den zugehörigen Trockensubstanz- und Nährstoffgehalten, der durchschnittlichen Milchleistung und unter Einbezug der Lebendmasse je Versuchswoche errechnet.

2.3.2 Milch

2.3.2.1 Probennahme und Probenvorbereitung

Von den laktierenden Versuchskühen wurden 2 x wöchentlich Milchproben genommen. Die Milchprobennahme im Melkstand erfolgte einmal am Dienstagmorgen und einmal am Donnerstagabend/Freitagmorgen. Dabei wurden die Milchproben zu verschiedenen Analysezwecken genommen:

- Milchproben zur Milchinhaltsstoffbestimmung, 1 x wöchentlich (Donnerstagabend/Freitagmorgen)
- Milchprogesteronproben zur Fruchtbarkeits- und Zyklusbeurteilung, 2 x wöchentlich (jeweils Dienstagmorgen und Freitagmorgen)
- Milchproben zur Fettsäuremusteranalytik, 1 x wöchentlich (Donnerstagabend/Freitagmorgen)

Die Entnahme der Milchproben im Melkstand erfolgt mit Hilfe von Sammelbehältern, mit denen aus der Milchleitung eines jeden Melkzeuges über den gesamten Melkvorgang eine repräsentative Milchprobe abgeleitet wurde. Zur Bestimmung der Milchinhaltstoffe wurde von jedem Tier am Donnerstagabend und Freitagmorgen eine errechnete Mischprobe, nach den Richtlinien des Landeskuratorium für tierische Veredelung Bayern, aus den einzelnen Gemelken hergestellt. Diese wurde in vom Milchprüfing Bayern bereitgestellten unsterilen Probenflaschen mit Natriumacid-haltiger Konservierungsflüssigkeit gefüllt.

Für die Analytik des Fettsäuremusters wurde eine identische Mischprobe hergestellt, diese dann aber in unsterile Polyethylenflaschen ohne Konservierungsmittel gefüllt und bei -20 °C eingefroren. Die Milchproben für die Bestimmung der Progesteronkonzentration wurden aus dem Gesamtgemelk gewonnen und ca. 12 ml in unsterile Probenröhrchen gefüllt und ebenfalls bei -20 °C gelagert.

2.3.2.2 Milchinhaltstoffe

Zur Analyse von Fett, Eiweiß, Lactose, Harnstoff und somatischen Zellen wurden die Proben an den Milchprüfing Bayern e.V. geschickt, wo sie im Zentrallabor Wolnzach untersucht wurden. Die Messung von Milchfett, -eiweiß, -lactose und -harnstoff erfolgte mittels Infrarotspektroskopie (Milkoscan, Foss A/S, Dänemark) und die

Bestimmung der somatischen Zellgehaltes durch floureszenzoptische Zählung (Fossomatic, Foss A/S, Dänemark).

Die Analyse der Milchprogesteronkonzentration wurde entsprechend der Methode nach Meyer *et al.* (1986) im Labor des Instituts für Physiologie der Technischen Universität München in Weihenstephan durchgeführt. Aus den Messwerten wurden Profile zum Verlauf der Progesteronkonzentration erstellt und mit den ebenfalls erhobenen Brunst- und Besamungsdaten Aussagenkriterien zur Fruchtbarkeit getroffen.

2.3.2.3 Milchleistung

Die tägliche Milchleistung wurde im Melkstand einzeltierspezifisch, vollautomatisch erfasst und über das Herdenmanagementprogramm in Excel-Dateien abgespeichert und täglich überprüft. Im Falle von medikamentös behandelten Tieren oder zur Zeit der Biestmilchphase wurde die Milchleistung über einen dafür vorgesehenen Standeimer mit Milchmengenskala erfasst. Die Tageswerte der Milchleistung wurden zu Mittelwerten je Tier und Versuchswoche zusammenfasst.

2.3.3 Blut

In beiden Versuchsjahren wurden Blutproben zur Analyse verschiedener Stoffwechselfparameter im Blutplasma von Wiederkäuern genommen. Die Blutentnahmen erfolgten in beiden Versuchen identisch nach dem bereits gezeigten Schema (Abschnitt 2.1.2).

2.3.3.1 Probennahme und Probenvorbereitung

Die Blutproben wurden einmal wöchentlich, immer dienstags, bei den Versuchskühen entnommen. Die Probennahme fand vor der täglichen Fütterung zwischen 8 und 10 Uhr statt. Die Blutgewinnung aus der Vena jugularis externa erfolgte mittels Vacuette®-System (Fa. Greiner Bio-One GmbH, Essen). Pro Tier wurden drei EDTA-Röhrchen á 9 ml (Ethylen Diamin Tetraazetat) und ein Glucose Röhrchen á 4 ml (Natrium Fluorid) befüllt und umgehend auf Eis gekühlt. In den Labors des Lehrstuhls für Tierernährung erfolgte unmittelbar nach Probennahmeende die Aufbereitung der Proben. Diese wurden mittels Tischzentrifuge (Fa. Hermle, Z323) für 15 min bei 3000g (Plasma) zentrifugiert und anschließend in Eppendorf Cups (1,5 ml) aliquotiert, beschriftet und bis zur Analytik bei -20 °C gelagert.

2.3.3.2 Untersuchungsparameter

Für folgende Untersuchungsparameter im Blutplasma von Wiederkäuern wurde eine Analytik durchgeführt:

Glucose

Freie Fettsäuren (NEFA)

β – Hydroxybutyrat (BHB)

Leberenzyme: Aspartat Aminotransferase (AST), Glutamat Dehydrogenase (GLDH), Gamma – Glutamyl Transferase (γ -GT), Gesamt Bilirubin

2.3.3.3 Blutanalytik

Die Blutanalysen von Glucose, NEFA und BHB wurden direkt in den Labors des Lehrstuhls für Tierernährung durchgeführt. Für die Bestimmung der Parameter wurden die Proben bei Raumtemperatur aufgetaut und die Gehalte im Plasma durch quantitativ enzymatische Test-Kits mit anschließender photometrischen Messung (Photometer Rosys Anthos 2010) bestimmt. Die Glucosekonzentration im Na-Fluorid Plasma wurde mittels Glucosetest (Fa. Randox Laboratories, Krefeld) gemessen. Die Gehalte an NEFA und BHB im EDTA-Plasma wurden ebenfalls nach enzymatischen Methodentests (NEFA C, Wako Chemicals, Neuss und D-3-Hydroxybuttersäure, R-Biopharm AG, Darmstadt) ermittelt. Für Bestimmung der Gehalte an Leberenzymen AST, GLDH, GGT und Gesamt-Bilirubin wurden 14-tägig Plasmaproben zur Analytik an das VetMed-Labor in Ludwigsburg verschickt.

2.3.4 Körperkondition und Fruchtbarkeit

2.3.4.1 Lebendmasse

Die Erfassung der Lebensmassen der Versuchstiere erfolgte durch eine automatische Waage (Landtechnik Weihenstephan), die innerhalb einer der beiden Abrufstationen fest installiert war. Bei jedem Besuch der Kraftfutterstation wurde so das Gewicht automatisch erfasst und als Tagesmittel in der Microsoft-Access Datenbank gespeichert. Die Tagesmittelwerte wurden zu einem Wochenmittelwert zusammengefasst.

2.3.4.2 Body Condition Score

Die Bestimmung der Körperkondition eines jeden Tieres erfolgte, in Abständen des gezeigten Wochenschemas (Abschnitt 2.1.2), in Anlehnung an das Body Condition Scoring nach *Edmonson (1989)*. Die Körperkonditionsbeurteilung erfolgte immer durch zwei Personen, wobei aus den zwei Einzelbewertungen ein BCS Wert für jedes Tier übereinstimmend ermittelt wurde.

2.3.4.3 Ultraschallmessung von Rückenfett- und Rückenmuskeldicke

Neben der Erfassung von Lebendmasse und BCS konnte auch noch die Messung von Rückenfett- (RFD) und Rückenmuskeldicke (RMD) mittels Ultraschall mit in die Beurteilung der Veränderung der Körperkondition mit einfließen. Die Messungen wurden in Anlehnung an die Methode nach *Bruckmaier et al. (1998)* durchgeführt. Hierzu wurde ein Ultraschallgerät (SonoVet 2000, Kretztechnik) des Lehrstuhls für Physiologie der Technischen Universität München in Weihenstephan verwendet. Die Erfassung der RFD und RMD erfolgte auf jeder rechten Körperseite der Tiere in Höhe des 5. Lendenwirbels rechtwinklig zur Wirbelsäule. Der Bereich des Messpunktes wurde geschoren und Paraffin als Kontaktmittel zwischen Haut und Messkopf eingesetzt. Gemessen wurde mit einem 5,5 cm langen Linearschallkopf im Frequenzbereich von 5 MHz. Der Ultraschallkopf wurde dabei an zwei nebeneinander gelegene Bereiche angelegt und die gemessenen Ultraschalbilder zur späteren Ausmessung auf einer Speicherkarte gesichert. Mit der dorsal gelegenen Messung wird die RMD und mit der ventral gelegenen Messung wird die RFD bestimmt.

2.3.4.4 Tiergesundheit

Alle Erkrankungen, Stoffwechselstörungen und erfolgten Behandlungen wurden in eigenen Aufzeichnungen und im Bestandsbuch des Betriebes dokumentiert. Zur Auswertung wurden die Krankheiten in verschiedene Kategorien eingeteilt.

- Erkrankungen der Klauen und Gliedmaßen
Hierzu wurden alle Fälle gezählt, bei denen eine Behandlung durch den Tierarzt oder Klauenpfleger erforderlich wurde.
- Mastitis
Alle durchgeführten antibiotischen Therapien bei akuten Mastitiden.

- Erkrankungen der Reproduktionsorgane
Hierzu wurden alle Fälle von Nachgeburtsverhalten, Eierstockzysten und Gebärmutterentzündungen gezählt, die tierärztlich behandelt wurden.
- Gebärparese
Hierzu wurden alle Fälle gezählt, die nach der Kalbung wegen Festliegens tierärztlich behandelt wurden.
- Akute Stoffwechselstörungen
Hierzu zählten alle klinischen Fälle von Ketosen und Acidosen oder anderen Störungen des Stoffwechsels während der Laktation, bei denen ebenfalls eine tierärztliche Behandlung erforderlich wurde.

2.3.4.5 Fruchtbarkeit

Die tierärztliche Bestandsbetreuung, im Rahmen eines umfassenden Fruchtbarkeitsmanagementprogramms, erfolgt auf dem Versuchsbetrieb Hirschau durch die Klinik für Wiederkäuer der Ludwig-Maximilians-Universität München in Oberschleißheim. Die Bestandsbetreuung umfasst sowohl die Durchführung der künstlichen Besamung (KB) und Trächtigkeitsuntersuchung (TU) als auch die 14-tägige gynäkologische Untersuchung aller abgekalbten Milchkühe. Im Falle von auftretenden gynäkologischen Problemen (siehe Abschnitt 2.3.4.4) wurden diese Tiere tierärztlich behandelt oder einer nötigen hormonellen Therapie unterzogen. In Zusammenhang mit der Wiederbelegung der Kühe nach erfolgter Rastzeit, in der Regel etwa 60 Tage p.p., bzw. der Durchführung der KB durch die Klinik für Wiederkäuer, wurde ebenfalls ein spezielles Programm zur Brunsteinleitung angewendet. Von dieser Behandlung waren aber sämtliche Versuchstiere in den Versuchen I und II vorerst ausgeschlossen, um in Zusammenhang mit den für jedes Einzeltier erstellten Progesteronprofilen und in Kombination mit allen KB und TU Daten, Aussagen zum Fruchtbarkeitsstatus der Versuchskühe treffen zu können. Hier sollten auch mögliche positive Einflüsse der verschiedenen Zulagen in beiden Versuchen, wie Anzahl der Tage bis zur 1. Ovulation oder einem möglicherweise verbesserten Besamungserfolg untersucht werden.

2.4 Statistische Auswertung

Alle erfassten Daten wurden entsprechend ihrer Erhebung im jeweiligen Versuchsschema vor der statistischen Verrechnung zu wöchentlichen Mittelwerten reduziert. Die Auswertung der Leistungs- und Stoffwechselfparameter wurde anhand eines Gemischten Modells (Mixed Model) mit der MIXED Prozedur für wiederholte Messungen mit der Software SAS JMP V7.0.1 (SAS, 2001) durchgeführt.

Das gewählte Modell enthielt folgende Haupteffekte:

Fixer Effekt im Modell

- das Einzeltier

Zufällige Effekte im Modell waren

- die Behandlung (Versuch I: 1 – Kontrolle, 2 – CLA , 3 – CLA + PG;
Versuch II: 1 – Kontrolle, 2 – CLA, 3 – CLA + RPF,
jeweils als die drei Ausprägungen),
- die Versuchswoche (Woche 1 – 14),
- die Tierart (einkalbige oder mehrkalbige Tiere)
- Beginn der Behandlung im Versuchsjahr (modelliert als kontinuierlicher Parameter)

Nach vorangegangener Prüfung wurden Interaktionsbedingungen nicht mit in das Modell einbezogen. Weiterhin wurden die Daten nach der Modellanpassung auf ihre Verteilung hin überprüft. Bei 7 Parametern (RFD, NEFA, BHB, Bilirubin, GLDH, AST und γ -GT) wurde zur genaueren Modellanpassung eine Log-Transformation durchgeführt, um annähernd Normalverteilung zu erhalten.

Alle Parameter wurden per Tukey HSD Test auf Unterschiede zwischen den Behandlungen getestet. Das Signifikanzlevel wurde auf $P < 0,05$ festgelegt.

3 Ergebnisse

3.1 Versuch I

3.1.1 Futtermittel und Rationen

3.1.1.1 Maissilage

Im Zeitraum des ersten Versuchs wurden vier verschiedene Maissilagen eingesetzt, die alle zum Erntezeitpunkt gegen Ende der Teigreife einsiliert wurden. Dabei wurden die Maissilage 1/2 und 3/4 jeweils zeitgleich zu gleichen Anteilen in die PMR eingemischt. In Tabelle 10 sind die Roh Nährstoffgehalte der Maissilagen dargestellt.

Tabelle 10: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ/kg T) in der Maissilage

Woche	T	XA	XL	XF	XP	nXP	RNB	NEL
	%				g/kg T			MJ/kg T
Maissilage 1/2								
1 – 2	41,2	30,3	37,0	177,0	76,7	132,8	-9,0	6,71
3 – 4	41,6	30,4	37,0	171,1	75,1	132,4	-9,2	6,72
5 – 6	39,8	30,6	31,9	170,0	77,2	132,4	-8,8	6,69
7 – 8	36,6	35,0	32,3	183,4	75,8	132,0	-9,0	6,67
9 – 10	36,8	38,2	29,0	193,6	75,8	131,5	-8,9	6,60
11 – 12	34,1	50,2	28,0	221,7	82,1	132,9	-8,1	6,56
13 – 14	39,7	28,7	35,2	157,7	76,7	132,7	-9,0	6,74
15 – 16	42,7	28,9	33,5	161,7	77,9	132,8	-8,8	6,70
17 – 18	43,5	32,6	31,4	173,1	76,3	132,0	-8,9	6,68
19 – 20	44,6	30,2	31,4	155,7	78,1	132,7	-8,7	6,72
21 – 22	42,1	31,2	32,6	163,8	77,2	132,5	-8,9	6,71
Maissilage 3/4								
23 – 24	41,9	31,9	32,6	171,9	75,3	131,9	-9,1	6,69
25 – 26	40,9	32,2	29,6	169,8	74,9	131,5	-9,0	6,68
27 – 28	39,9	34,0	29,6	172,6	73,9	131,2	-9,2	6,68
29 – 30	37,0	35,2	29,4	184,9	75,0	131,4	-9,0	6,65
31 – 32	36,0	34,0	29,4	174,8	77,4	132,1	-8,8	6,67
33 – 34	34,6	34,4	33,0	187,6	76,8	132,3	-8,9	6,66
35 – 36	37,7	35,1	33,0	177,7	76,8	132,3	-8,9	6,68
37 – 38	37,6	32,0	31,8	156,5	77,5	132,6	-8,8	6,73
Mittel	39,4	33,4	32,0	175,0	76,7	132,2	-8,9	6,68
SD	3,1	4,8	2,5	15,4	1,7	0,5	0,2	0,04

Der Futterwert der Maissilagen war von sehr guter, homogener Qualität. Leichte Schwankungen in den Rohnährstoffgehalten begründeten sich durch gleichzeitigen Einsatz von zwei Maissilagen und den daraus erstellten Mischproben. Bei einem mittleren Rohfasergehalt von 175,0 g/kg T ergab sich ein hoher Energiegehalt über den Versuchszeitraum von im Mittel 6,68 MJ NEL/kg T. Der nXP Gehalt betrug im Mittel 132,2 g/kg T und die RNB lag bei -8,9 g/kg T.

3.1.1.2 Grassilage

An Grassilage wurden im Versuch I drei verschiedene Schnitte der Erntejahre 2004 bzw. 2005 verfüttert. Die mittleren Gehalte an Rohnährstoffen und Energie sind aus der

Tabelle 11: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ/kg T) in der Grassilage

Woche	T	XA	XL	XF	XP	nXP	RNB	NEL
	%				g/kg T			MJ/kg T
Grassilage 2. Schnitt								
1 – 2	45,3	91,2	39,8	239,7	196,9	139,3	9,2	5,89
3 – 4	45,3	92,6	39,8	249,9	184,2	136,9	7,6	5,87
5 – 6	37,6	91,1	42,6	246,5	209,3	141,7	10,8	5,90
7 – 8	38,6	91,1	39,8	239,8	207,0	141,1	10,6	5,90
9 – 10	35,3	97,0	39,7	260,6	206,6	139,7	10,7	5,78
Grassilage 4. Schnitt								
11 – 12	32,1	102,8	39,6	281,4	206,2	138,3	10,9	5,67
13 – 14	44,5	122,8	40,0	248,1	191,2	135,9	8,8	5,73
15 – 16	39,1	107,1	39,6	244,7	186,0	135,0	8,2	5,74
17 – 18	37,9	101,1	45,6	304,0	189,0	135,6	8,5	5,66
19 – 20	42,3	100,0	45,6	248,6	185,9	135,6	8,1	5,75
21 – 22	43,3	119,0	40,5	260,0	181,0	134,0	7,5	5,71
23 – 24	49,9	100,7	40,5	252,1	172,9	132,7	6,4	5,73
25 – 26	52,0	116,4	30,7	250,0	164,0	130,1	5,4	5,69
27 – 28	48,2	161,4	30,7	218,0	146,0	127,1	3,0	5,76
Grassilage 1. Schnitt								
29 – 30	34,5	135,7	24,5	177,5	227,0	149,4	12,4	6,35
31 – 32	33,5	120,6	24,5	179,7	179,9	140,9	6,2	6,36
33 – 34	37,9	93,6	33,1	193,7	199,2	145,2	8,6	6,36
35 – 36	38,7	105,3	33,1	232,8	204,2	145,8	9,3	6,27
37 – 38	37,0	109,1	32,4	213,2	211,4	147,2	10,3	6,31
Mittel	40,7	108,3	37,0	239,0	192,0	138,5	8,6	5,92
SD	5,7	18,0	6,2	31,7	18,9	5,8	2,2	0,26

Tabelle 11 ersichtlich. Nach einem anfänglich eingesetzten 2. Schnitt von guter Qualität musste nach der 10. Versuchswoche auf einen 4. Schnitt umgestellt werden, der aber für die Gestaltung der Gesamtration mit dem hohen Maisanteil noch einen ausreichend guten Futterwert hatte. Insgesamt waren die T-Gehalte des 2. und 4. Schnittes recht hoch mit teilweise mittleren Gehalten über 40 % T. Ab der 29. Versuchswoche wurde der 1. Schnitt aus dem Erntejahr 2005 in der Ration verwendet. Neben einem idealen T – Gehalt von ca. 35 – 36 % und sehr guten Energiegehalten von teilweise über 6,3 MJ NEL/kg T war der 1. Schnitt im Futterwert auch deutlich besser in Bezug auf die nXP- und Rohfasergehalte. Insgesamt wurde durch den Einsatz dieser drei verschiedenen Aufwüchse in der Gesamtration über den Versuchszeitraum ein mittlerer T – Gehalt von 40,7 % realisiert. Der Energiegehalt ist mit im Mittel 5,92 MJ NEL/kg T neben einem mittleren nXP Gehalt von 138,5 g/kg T und einem Rohfasergehalt von 239 g/kg T, trotz des Einsatzes eines 4. Schnittes in der Ration, noch als ausreichend gut zu bewerten.

3.1.1.3 AKF

In Tabelle 12 sind die mittleren Rohnährstoffgehalte sowie die Gehalte an Nettoenergie, RNB und UDP des eingesetzten Kraffutters in der Grundration dargestellt. Für das AKF errechneten sich Gehalte von 7,90 MJ NEL/kg T, 213,4 g nXP/kg T bei einem Rohproteingehalt von im Mittel 286,6 g/kg T.

Tabelle 12: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ/kg T) im Ausgleichskraftfutter (AKF)

Woche	T	XA	XL	XF	XP	nXP	RNB	NEL
	%				g/kg T			MJ/kg T
1 – 4	88,7	139,4	9,90	51,3	286,4	213,4	11,7	7,90
5 – 8	89,3	133,3	11,00	59,9	302,4	218,4	13,4	7,90
9 – 12	89,6	127,5	13,30	58,1	339,3	230,0	17,5	7,90
13 – 16	90,0	120,4	8,80	60,8	292,3	215,2	12,3	7,90
17 – 20	89,7	119,1	8,90	57,1	288,6	214,1	11,9	7,90
21 – 24	89,8	137,0	9,50	56,5	278,5	210,9	10,8	7,90
25 – 28	90,0	140,0	10,70	55,9	258,9	204,7	8,7	7,90
29 – 32	88,6	143,7	12,10	44,9	238,3	198,2	6,4	7,90
33 – 36	88,0	139,7	9,10	41,6	294,4	215,9	12,6	7,90
37 – 38	88,5	125,6	10,30	47,0	288,3	214,0	11,9	7,90
Mittel	89,2	132,9	10,36	53,64	286,6	213,4	11,7	7,90
SD	0,70	8,7	1,5	6,5	26,4	8,3	2,9	0,0

Mit Ausnahme von zwei Ausreißern in den Versuchswochen 9 – 12 und 29 – 32 war der Rohproteingehalt einheitlich, jedoch im Niveau teilweise unter den angestrebten 318 g RP/kg T aus der Rationsberechnung. Die Ursache hierfür ist in abweichenden Rohproteingehalten des eingesetzten Sojaextraktionsschrotes zu sehen. Insgesamt konnte das AKF mit einem RNB Wert von 11,7 g/kg T zum Ausgleich der Stickstoffbilanz der PMR nahezu beitragen. Anhand der übrigen Rohnährstoffgehalte (XA, XL, XF) und den dazugehörigen geringen Standardabweichungen lässt sich auf eine gute Homogenität des AKF schließen.

3.1.1.4 PMR

Die Analyseergebnisse der gefütterten PMR sind aus der Tabelle 13 zu ersehen.

Tabelle 13: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ/kg T) in der Mischration (PMR)

Woche	T	XA	XL	XF	XS	XP	nXP	RNB	NEL	NDF	ADF
	%	g/kg T						MJ/kg T		% i.d. T	
1 – 2	49,7	64,7	31,3	215,8	164	141	147	-0,9	6,60	31,1	17,5
3 – 4	48,2	61,7	31,3	199,2	164	151	146	0,8	6,60	31,1	17,5
5 – 6	47,4	60,8	30,6	202,2	183	136	148	-1,9	6,59	30,4	16,6
7 – 8	43,7	67,7	30,6	203,6	183	141	148	-1,2	6,58	30,4	16,6
9 – 10	41,2	68,2	29,0	204,4	161	145	149	-0,6	6,53	32,3	18,4
11 – 12	41,3	57,1	29,0	219,9	161	162	149	2,2	6,48	32,3	18,4
13 – 14	42,3	77,1	27,7	223,8	159	149	146	0,4	6,57	33,3	18,7
15 – 16	46,5	73,1	27,7	205,7	159	139	146	-1,1	6,56	33,3	18,7
17 – 18	49,0	68,8	32,5	199,6	205	137	146	-1,4	6,52	30,8	16,6
19 – 20	48,6	72,9	32,5	192,9	205	137	146	-1,5	6,57	30,8	16,6
21 – 22	47,6	72,5	35,4	198,0	191	141	145	-0,5	6,55	31,7	17,5
23 – 24	48,6	72,1	35,4	207,8	191	139	144	-0,8	6,54	31,7	17,5
25 – 26	47,9	80,1	28,1	205,1	186	147	142	0,8	6,53	34,0	18,9
27 – 28	47,5	75,8	28,1	192,6	186	148	146	0,2	6,54	34,0	18,9
29 – 30	40,5	80,0	23,3	195,0	215	163	146	2,6	6,69	33,0	18,2
31 – 32	39,9	68,4	23,3	190,0	215	130	144	-2,3	6,71	33,0	18,2
33 – 34	41,1	73,3	26,6	192,0	183	140	148	-1,4	6,70	30,7	17,2
35 – 36	42,0	75,4	26,6	194,0	183	150	149	0,2	6,69	30,7	17,2
37 – 38	43,4	73,3	29,1	194,3	192	150	149	0,2	6,72	30,4	17,3
Mittel	45,1	70,7	29,4	201,9	183	145	147	-0,3	6,59	31,8	17,7
SD	3,45	6,3	3,3	9,6	18,5	8,5	1,9	1,3	0,07	1,26	0,82

Zur Beschreibung der eingesetzten PMR wurden nach Weender Analyse die Rohnährstoffgehalte XA, XL, XF und XP, sowie die errechneten Parameter nXP, RNB und der Energiegehalt bestimmt. Zur weiteren Charakteristik der Gesamtration wurden in der PMR, und nachfolgend auch im LKF, die Gehalte an Stärke (XS) und der Gerüstsubstanzen NDF und ADF analysiert. Der XF-Gehalt der PMR betrug im Mittel 201,9 g/kg T. Durch analysierte NDF- und ADF-Gehalte von durchschnittlich 31,8 und 17,7 % i. d. T. war eine ausreichende Strukturwirksamkeit der Grundration gegeben. Der analysierte Stärkegehalt der PMR lag mit im Mittel 183 g/kg T eher niedrig, dies ist aber auf die anfänglich niedrigen Stärkegehalte zurückzuführen. Etwa ab 17. Versuchswoche liegen die Gehalte in einem zu akzeptierenden Bereich. Der errechnete mittlere Energiegehalt von 6,59 MJ NEL/kg T wurde durch den Einsatz des 4. Schnittes etwas beeinträchtigt, so dass insgesamt aber die Vorgaben der Rationsplanung erfüllt wurden. Die RNB war mit im Mittel $-0,3$ g/kg T leicht negativ.

3.1.1.5 LKF

Im LKF konnten die nach vorangegangener Rationsberechnung angestrebten XP-

Tabelle 14: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ/kg T) im Leistungskrafffutter (LKF)

Woche	T	XA	XL	XF	XS	XP	nXP	RNB	NEL	NDF	ADF
	%				g/kg T				MJ/kg T	% i.d. T	
1 – 4	88,1	80,3	15,7	52,2	380	235	207	4,52	8,18	10,4	4,33
5 – 8	88,3	59,4	18,6	62,7	427	195	193	0,30	8,18	10,8	4,48
9 – 12	88,8	60,5	20,8	62,4	399	223	203	3,24	8,18	11,2	4,71
13 – 16	89,4	59,8	11,4	66,8	404	208	198	1,70	8,18	12,8	6,39
17 – 20	89,2	57,6	19,2	68,9	416	199	195	0,78	8,18	12,5	5,78
21 – 24	88,2	63,9	19,5	67,9	406	209	198	1,75	8,18	11,5	5,34
25 – 28	88,7	56,2	16,5	63,1	412	212	199	2,09	8,18	11,2	5,24
29 – 32	88,0	62,2	9,3	65,7	448	223	203	3,24	8,18	16,5	5,19
33 – 36	87,8	69,6	12,5	57,5	390	219	201	2,80	8,18	11,1	4,96
37 – 38	88,2	69,7	14,0	57,2	402	220	202	2,94	8,18	12,0	5,15
Mittel	88,5	63,6	15,8	62,7	409	214	200	2,3	8,18	12,0	5,2
SD	0,54	7,2	3,8	5,2	19,1	12,0	4,1	1,3	0,00	1,74	0,61

und nXP-Gehalte, mit analysierten 214 g bzw. 200 g/kg T, fast realisiert werden, wie aus Tabelle 14 zu sehen ist. Auch hier ist wieder der Einfluss des Sojaextraktionsschrotes zu nennen, welches im LKF aber einen niedrigeren Anteil ausmachte. Die RNB ist mit 2,3 g/kg T leicht positiv. Der mittlere XS-Gehalt lag mit 409 g/kg T auf einem guten Niveau und konnte somit zu einer ausreichenden Stärkeversorgung in Hinblick auf die Gesamtration beitragen. Der energetische Futterwert des LKF betrug 8,18 MJ NEL. Die Gehalte an NDF und ADF lagen im Mittel bei 12,0 und 5,2 % i. d. T.

3.1.2 Futteraufnahme und Leistungsparameter

3.1.2.1 Futteraufnahme

3.1.2.1.1 Grund- und Krafftutteraufnahme der Versuchsgruppen

Aus Tabelle 15 können die Mengen an aufgenommener Grundration PMR und dem LKF im Mittel der 14 Versuchswochen entnommen werden. Dabei ergaben sich keine Unterschiede ($P > 0,1$) zwischen den jeweiligen PMR Aufnahmen von 12,0 kg, 12,5 kg und 12,4 kg T/d für die drei Behandlungsgruppen. Auch beim LKF zeigte sich eine gleich hohe T – Aufnahme von 5,29, 5,44 und 5,24 kg/d ($P > 0,1$).

Tabelle 15: Grund- und Krafftutteraufnahmen (PMR, LKF) im Versuchsmittel (kg T/d)

Futtermittel	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + PG	
	kg T/d	SD	kg T/d	SD	kg T/d	SD
PMR (1-14 W.)	12,0	1,6	12,5	2,0	12,4	2,3
LKF (1-14. W.)	5,29	0,9	5,44	1,0	5,24	0,8

3.1.2.1.2 Gesamt-Trockenmasseaufnahme der Versuchsgruppen

In der Erfassung der Gesamt – Trockenmasseaufnahmen der drei Behandlungsgruppen ergaben sich mittlere Werte von 17,3 kg T für die Kontrolle, 17,9 kg T für die CLA Gruppe und 17,7 kg T für die CLA + PG Gruppe. Signifikante Unterschiede konnten hier im Mittel der Versuchswochen nicht abgesichert werden ($P > 0,1$), wie aus der Abbildung 4 zu erkennen ist. Die Zulage von CLA bzw. CLA + PG hatte somit keinen signifikanten Einfluss auf die Höhe und Entwicklung der Futteraufnahme im Verlauf der Versuchswochen. Die Futteraufnahmen stiegen ab der 1. Woche p.p. mit ca. 12 – 13 kg T bis zur 7. Woche auf etwa 18 – 20 kg T an und blieben dann auf diesem Niveau.

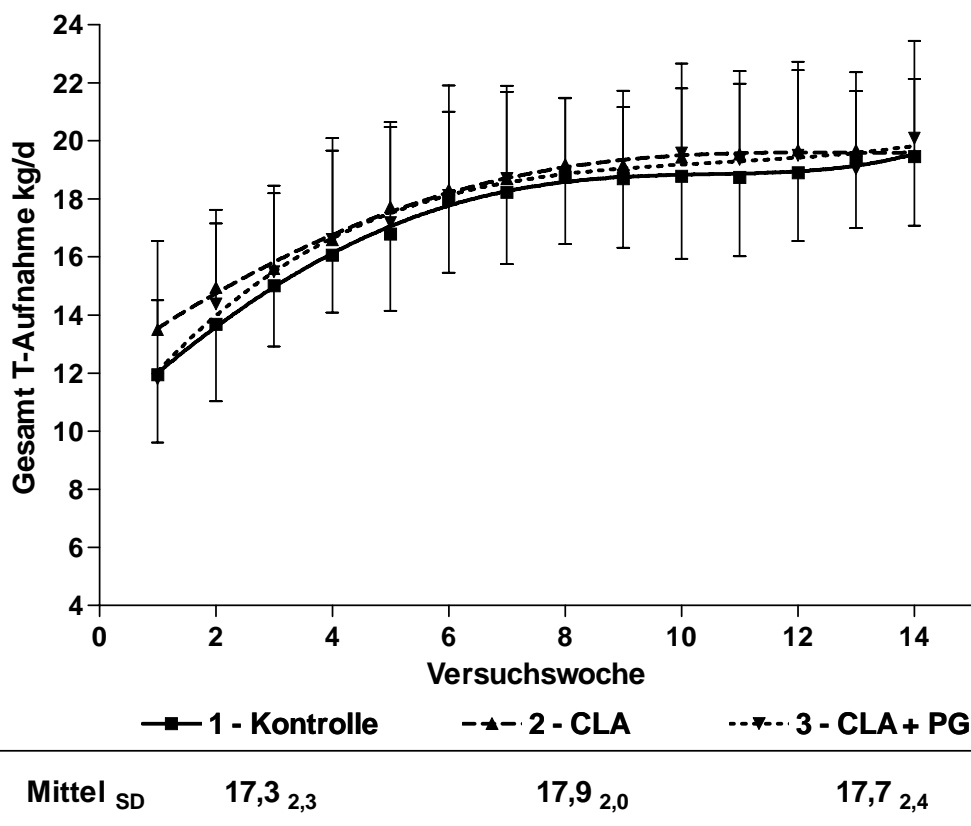


Abbildung 4: Mittlere Gesamt-Trockenmasseaufnahme (kg/d) im Versuchsverlauf

3.1.2.1.3 Aufnahme an konjugierter Linolsäure und Propylenglykol

Die Dosierung der CLA-VM in den beiden Zulagegruppen erfolgte immer parallel zur Verabreichung der täglichen Menge an LKF. Von der Versuchsanstellung her war es das Ziel, den Versuchstieren 200 g/Kuh/d an FM zu verabreichen. Dies entsprach einer theoretischen Dosis von ca. 4 g/Kuh/d des für den Versuch relevanten Isomers trans-10, cis-12 CLA. Die Anfütterungsphase wurde deshalb so gewählt, dass die maximale LKF Menge ab der 6. Woche p.p. den Tieren zur Verfügung stand. Die komplette Menge an CLA-VM wurde also nur bei vollständigem Verzehr der täglichen LKF Menge aufgenommen. Die Dosierung des Propylenglykols erfolgte auf dieselbe Art und Weise. Deshalb wurden die täglichen Kraffuttermengen in den drei Gruppen auch auf ca. 8 kg begrenzt. In Tabelle 16 sind die mittleren absoluten Aufnahmen an CLA-VM, dem Isomer trans-10, cis-12 CLA, sowie Propylenglykol dargestellt.

Tabelle 16: Mittlere Aufnahmen (g/d) an CLA-Vormischung (CLA-VM), t10,c12-CLA und Propylenglykol im Versuchsverlauf

Woche	Behandlung 1	Behandlung 2		Behandlung 3		
	1 – Kontrolle	2 – CLA		3 – CLA + PG		
		CLA-VM g T/d	t10,c12 CLA g/d	CLA-VM g T/d	t10,c12 CLA g/d	PG g FM/d
1	-	180	3,6	152	3,0	164
2	-	176	3,5	181	3,6	199
3	-	175	3,5	179	3,6	196
4	-	167	3,3	174	3,5	193
5	-	175	3,5	175	3,5	193
6	-	165	3,3	170	3,4	183
7	-	169	3,4	169	3,4	187
8	-	167	3,3	170	3,4	185
9	-	171	3,4	170	3,4	188
10	-	167	3,3	172	3,4	184
11	-	166	3,3	174	3,5	190
12	-	170	3,4	165	3,3	179
13	-	171	3,4	169	3,4	183
14	-	167	3,3	170	3,4	185
Mittel	-	170	3,4	171	3,4	186

Für die beiden Zulagegruppen 2 – CLA und 3 – CLA + PG ergaben sich im Mittel Aufnahmen von 170 g bzw. 171 g CLA-VM/Kuh/d. Dies entsprach letztendlich einer aufgenommenen, wirksamen Menge an trans-10, cis-12 CLA von jeweils 3,4 g/Kuh/d. Diese Abweichungen von den theoretisch vorausgesetzten 4 g/Kuh/d ergaben sich aus nicht vollständig abgerufenen Krafftuttermengen, Unregelmäßigkeiten im Verzehr und aufgetretenen Zwischenfällen durch Krankheit etc. An Propylenglykol wurden im Mittel 186 g FM/Kuh/d aufgenommen.

3.1.2.2 Milchleistung und Milch Inhaltsstoffe

3.1.2.2.1 Milchmenge

In der nachfolgenden Abbildung 5 sind die ermittelten Milchmengen der drei Behandlungsgruppen graphisch dargestellt. Die Milchleistungen der Zulagegruppen

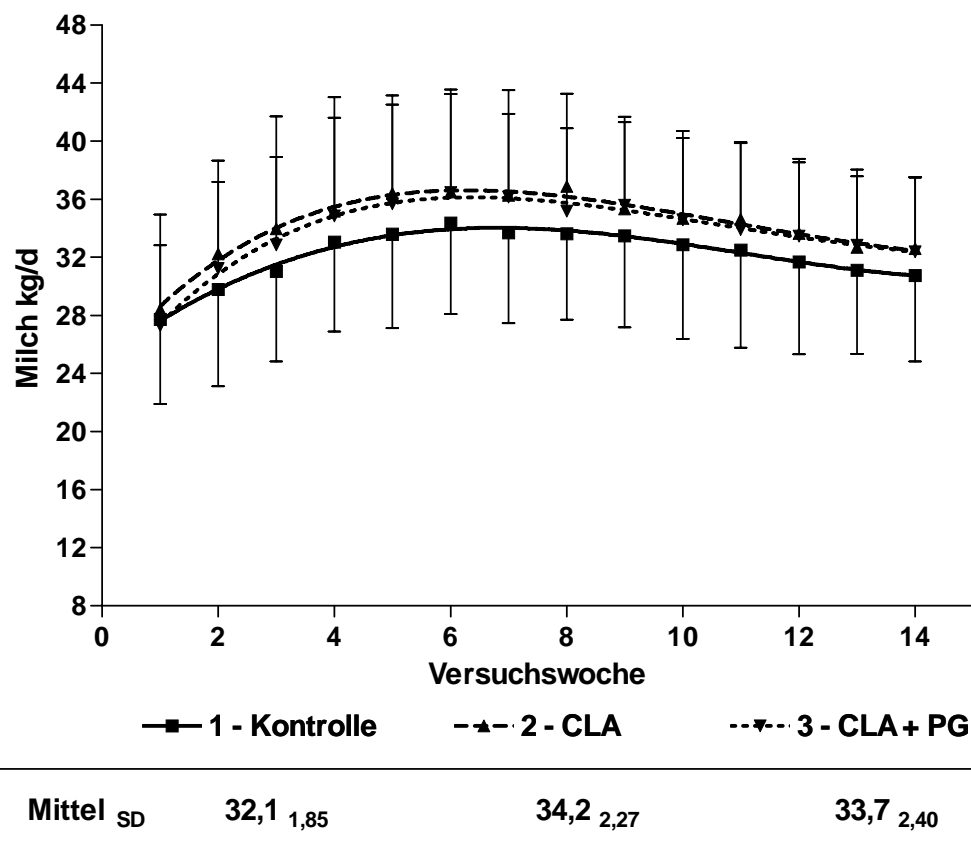
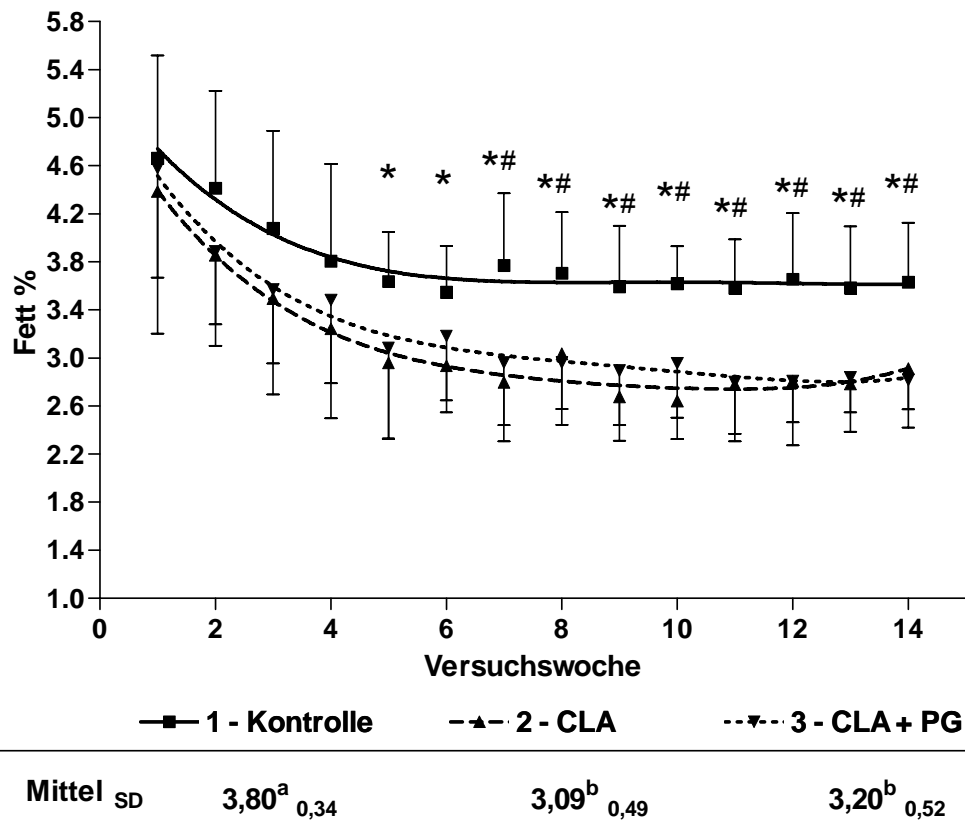


Abbildung 5: Mittlere Milchleistungen (kg/d) im Versuchsverlauf

wiesen im Gegensatz zur Futteraufnahme tendenzielle Unterschiede zugunsten von CLA bzw. der Kombination CLA + PG auf. Im Verlauf der Laktation zeigten sich diese Unterschiede nach anfänglichen Einsatzleistungen von 27,7 kg, 28,4 kg und 27,3 kg Milch am deutlichsten zwischen der 3. und 9. Versuchswoche. In der Spitze der mittleren Milchleistung wurden in den Zulagegruppen Milchmengen von über 36 kg erreicht im Gegensatz zu ca. 34 kg in der Kontrollgruppe. Dabei wurden im Versuchsmittel in der Kontrollgruppe 32,1 kg im Unterschied zur CLA – Gruppe mit 34,2 kg und 33,7 kg in der CLA + PG Gruppe erreicht. Die Zulage von CLA bzw. CLA + PG führte somit zu einer tendenziellen Milchleistungssteigerung von +2,1 kg (7%) bzw. +1,6 kg (5%) ($P < 0,1$).

3.1.2.2.2 Milchinhaltstoffe

In der Darstellung der Milchfettgehalte (Abbildung 6) ist zu erkennen, dass die Zulage von CLA einen senkenden Einfluss auf den Fettgehalt der Milch ausübte. Nach anfänglichen Fettgehalten in der ersten Woche p.p. von 4,4 – 4,6 % für die jeweiligen Gruppen sind sowohl in der Gruppe 2 – CLA als auch in der Gruppe 3 – CLA + PG bereits ab der zweiten Woche p.p. deutlich niedrigere Gehalte zu verzeichnen.



ab unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, ($P < 0,05$)

* kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen 1 - Kontrolle und 2 - CLA, ($P < 0,05$)

kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen 1 - Kontrolle und 3 - CLA + PG, ($P < 0,05$)

Abbildung 6: Mittlerer Milchfettgehalt (%) im Versuchsverlauf

In der Kontrollgruppe konnte allgemein zwar auch ein relativ niedriger Fettgehalt mit im Mittel ca. 3,6 % ab der 5. Woche p.p. festgestellt werden, jedoch ist dieser als herden- und fütterungsspezifisch zu betrachten. Der Effekt der Zulage bzw. die eindeutige Hemmung der Milchfettsynthese durch CLA in den Gruppen 2 und 3 kommt besonders ab der 5. Woche p.p. durch mittlere Fettgehalte von teilweise deutlich unter 3 % zum tragen. Insgesamt konnte der Milchfettgehalt im Versuch um etwa 17,5 % gesenkt werden, mit im Mittel 3,09 % und 3,20 % in Gruppe 2 und 3 im Gegensatz zu 3,80 % in der Kontrollgruppe. Dieser Effekt wurde statistisch signifikant abgesichert ($P < 0,05$). Der größere Unterschied im Versuchsverlauf

zwischen Kontrolle und Zulagen kommt in der Veränderung der Milchfettgehalte erst in der zweiten Hälfte des Untersuchungszeitraumes ab der 7. Woche p.p. deutlicher zum Ausdruck.

In Abbildung 7 sind die Ergebnisse für die analysierten Milcheiweißgehalte dargestellt. Ausgehend von einem Eiweißgehalt in der ersten Woche p.p. von 3,5 bis 3,6 % für alle drei Versuchsgruppen, sanken im Versuchsverlauf die Gehalte in allen Behandlungen auf ein sehr niedriges Niveau von teilweise unter 3 % ab.

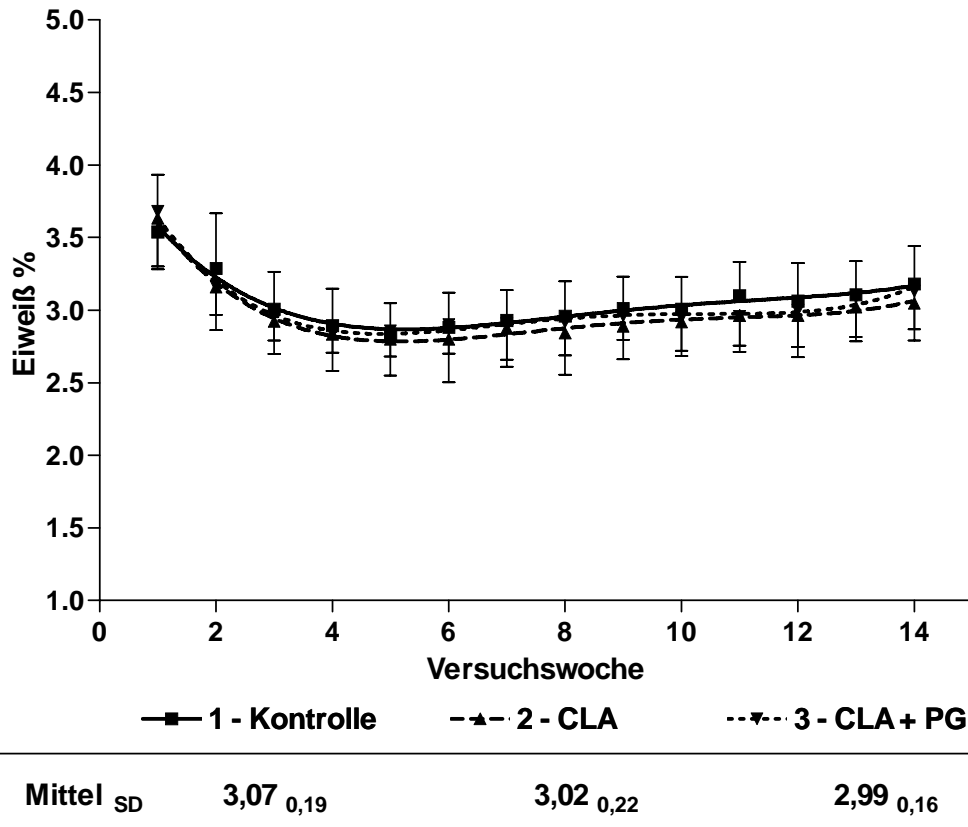


Abbildung 7: Mittlerer Milcheiweißgehalt (%) im Versuchsverlauf

Im Versuchsmittel ergaben sich Werte von 3,07 % für die Kontrolle, 3,02 % bei CLA Zulage und 2,99 % bei der Kombination CLA + PG. Daraus ist zu erkennen, dass die Eiweißgehalte durch CLA bzw. CLA + PG Supplementierung nicht beeinflusst wurden.

Für die Milchfettleistung (Abbildung 8, linke Seite) ergaben sich Werte von im Mittel 1213 g/d für die Kontrolle, 1050 g/d für Gruppe 2 und 1067 g/d für Gruppe 3. Die Milchfettleistung über den gesamten Versuchszeitraum gesehen war in den beiden Zulagegruppen signifikant niedriger als in der Kontrollgruppe ($P < 0,05$). In der Milcheiweißleistung (Abbildung 8, rechte Seite) konnten mit jeweils 971 g/d, 1013 g/d und 1011 g/d keine Unterschiede zwischen den Gruppen abgesichert werden, so

dass auch hier kein Einfluss durch die CLA – Zulage festgestellt werden konnte.

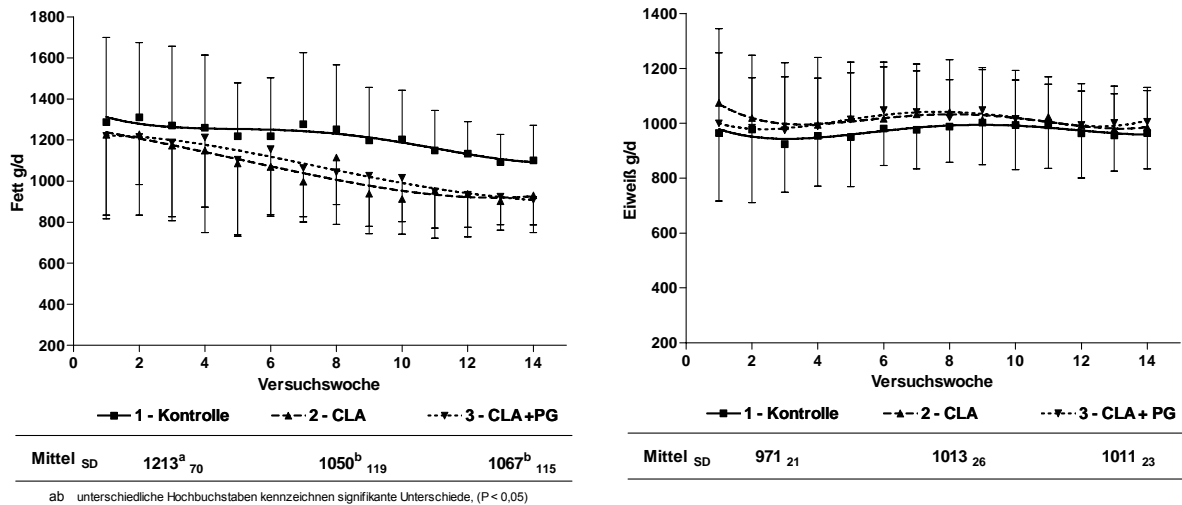


Abbildung 8: Mittlere Milchfett- und Milcheiweißleistung (g/d) im Versuchsverlauf

Die in Tabelle 17 abgebildeten Harnstoffwerten von jeweils 253, 261 und 243 mg/l für die drei Behandlungen charakterisieren eine ausreichende Rohproteinversorgung der Behandlungen. Der analysierte Laktosegehalte war mit 4,81 bzw. 4,80 % in allen drei Gruppen gleich.

Tabelle 17: Milchharnstoff- (mg/l) und Lactosegehalte (%) im Versuchsmittel

	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + PG	
	Harnstoff mg/l	Lactose %	Harnstoff mg/l	Lactose %	Harnstoff mg/l	Lactose %
Mittel (1-14 W.)	253	4,81	261	4,80	243	4,81
SD	12	0,06	14	0,08	16	0,05

3.1.2.3 Nährstoff- und Energieversorgung

3.1.2.3.1 Nährstoff- und Energieaufnahme

Entsprechend dem Verlauf der Futteraufnahme kann auch die Entwicklung der Energieaufnahme beschrieben werden. Aus Tabelle 18 zeigt sich, dass die anfangs nur mäßigen Energieaufnahmen der drei Behandlungen von 83, 93 und 82 MJ NEL/d bis zur 8. Woche p.p. anstiegen und ab diesem Zeitpunkt in eine Plateauphase übergingen. Erst hier wurden die Maximalwerte von 139 – 144 MJ NEL/d erreicht. Die Energieaufnahme ergab Mittelwerte von 123, 127 und 126 MJ NEL/d für die Kontrolle, Gruppe 2 und Gruppe 3. Die Aufnahme an nXP stieg in gleicher Art und Weise an. Maximale Aufnahmewerte wurden auch hier erst gegen Ende der Versuchsperiode erreicht. Im Mittel errechneten sich identische nXP-Aufnahmen von 2825, 2871 und 2821 g/d für die drei Behandlungen.

Tabelle 18: Mittlere Energie- (MJ NEL/d) und nXP-Aufnahmen (g/d) im Versuchsverlauf

Woche	Behandlung 1				Behandlung 2				Behandlung 3			
	1 – Kontrolle				2 – CLA				3 – CLA + PG			
	NEL MJ/d	SD	nXP g/d	SD	NEL MJ/d	SD	nXP g/d	SD	NEL MJ/d	SD	nXP g/d	SD
1	83	16	1900	353	93	22	2094	491	82	19	1817	414
2	96	18	2189	409	104	18	2346	416	102	19	2245	427
3	106	14	2424	318	109	17	2478	408	110	20	2433	458
4	114	14	2606	314	116	21	2661	510	118	24	2636	538
5	120	18	2761	414	125	20	2869	463	123	22	2758	510
6	129	17	2975	380	129	20	2948	459	130	25	2935	590
7	131	17	3018	384	133	20	3026	473	134	22	3034	505
8	134	16	3074	380	136	16	3084	377	135	17	3029	408
9	133	17	3066	408	136	18	3073	422	135	17	3026	380
10	135	20	3095	468	137	17	3105	400	140	22	3126	503
11	133	19	3057	458	138	17	3114	403	139	22	3106	504
12	135	17	3083	407	139	21	3141	484	139	21	3108	474
13	138	17	3140	397	139	19	3142	434	136	18	3043	421
14	139	18	3162	418	138	18	3114	409	144	23	3192	529
Mittel	123	16	2825	366	127	16	2871	376	126	18	2821	413

3.1.2.3.2 Nährstoff- und Energiebilanz

Das Ausmaß der nXP – Bilanz zu Beginn der Versuchsperiode, wie in Tabelle 19 gezeigt, war mit –968 g, –914 g und –1067 g/d stark negativ. Besonders in der ersten Woche ist diese Ausprägung auf die noch unzureichende Futteraufnahme zurückzuführen.

Tabelle 19: Mittlere nXP- und ruminale Stickstoffbilanzen (g/d) im Versuchsverlauf

Woche	Behandlung 1				Behandlung 2				Behandlung 3			
	1 – Kontrolle				2 – CLA				3 – CLA + PG			
	nXP g/d	SD	RNB g/d	SD	nXP g/d	SD	RNB g/d	SD	nXP g/d	SD	RNB g/d	SD
1	-968	345	-4	11	-914	392	-6	14	-1067	360	12	31
2	-740	368	5	25	-710	284	-1	14	-724	434	3	20
3	-422	274	11	34	-550	310	3	17	-545	384	1	17
4	-335	267	8	31	-445	281	12	23	-407	371	4	10
5	-184	221	3	20	-261	203	14	21	-335	336	3	14
6	-46	244	9	22	-181	221	15	20	-255	354	16	25
7	22	216	7	19	-133	287	13	23	-191	294	15	25
8	55	314	4	16	-141	276	8	19	-85	364	9	22
9	20	181	8	17	-7	297	4	14	-150	223	9	20
10	68	233	12	23	18	314	1	16	32	270	2	13
11	47	236	17	24	6	332	5	20	62	345	11	19
12	146	246	15	19	132	372	3	21	81	354	12	25
13	227	246	16	22	154	298	8	25	11	331	5	20
14	240	271	18	25	119	387	9	25	159	392	-2	16
Mittel	-134	62	9	6	-208	331	6	6	-244	348	7	6

Im Verlauf der ersten Wochen p.p. verringerten sich die nXP-Defizite und erreichten in der Kontrolle ab der 6./7. Woche p.p. eine ausgeglichene Bilanz. In den beiden Zulagegruppen setzte sich die negative Bilanz um zwei bis drei Wochen zeitverzögert fort und ging ab der 8./9. Woche in ein ausgeglichenes Niveau über. Im Versuchsmittel ergaben sich durchschnittliche Bilanzen von –135 g für die Kontrolle, –209 g für die CLA – Zulage und –245 g für die Kombination CLA + PG. Die RNB bewegte sich bis auf wenige Ausnahmen zu Beginn der Versuchsperiode

ausschließlich im positiven Bereich zwischen 0 und 18 g/d. Die Mittelwerte für die RNB der drei Gruppen betragen 9, 6 und 7 g/d.

Für alle drei Behandlungsgruppen zeigte sich zu Versuchsbeginn ein stark ausgeprägtes Energiedefizit von im Mittel -40 bis -50 MJ NEL NEL/d. Von Woche zu Woche verringert sich die negative Energiebilanz mit steigender Futteraufnahme in allen Gruppen kontinuierlich, war aber in der Kontrollgruppe etwas stärker und länger ausgeprägt, wie aus Abbildung 9 zu erkennen ist.

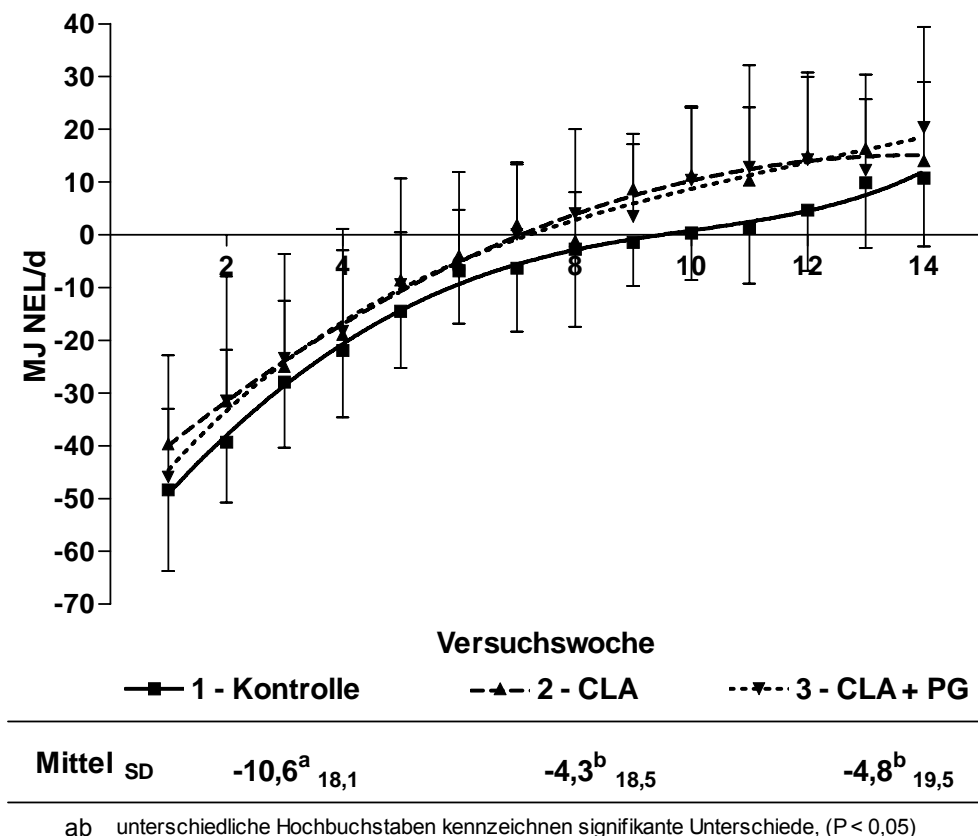


Abbildung 9: Mittlere Energiebilanz (MJ NEL/d) im Versuchsverlauf

Die Versuchstiere der Kontrollgruppe kamen im Gegensatz zur Gruppe 2 und 3 um etwa 2 Wochen verzögert in eine ausgeglichene Energiebilanz. Für alle Behandlungen ergab sich über die gesamte Versuchsperiode gesehen eine negative Energiebilanz. Im Mittel konnte die Differenz von $-10,6$ MJ NEL für die Kontrolle zu $-4,3$ MJ NEL für 2 – CLA und $-4,8$ MJ NEL für 3 – CLA + PG signifikant verringert werden ($P < 0,05$). Entscheidend für den Unterschied zwischen Kontrolle und CLA – Zulagen ist das frühere Erreichen einer ausgeglichenen Energiebilanz im Versuchsverlauf. Die folgende Tabelle 20 zeigt, dass sich das Intervall von der

Kalbung bis zur ausgeglichenen EB durch CLA bzw. CLA + PG Zulage um ca. 14 Tage verringert. Aufgrund der hohen Standardabweichungen und der geringen Tierzahl konnten aber keine Unterschiede abgesichert werden.

Tabelle 20: Mittleres Intervall (in Tagen, d) von der Kalbung bis zum Erreichen einer ausgeglichenen Energiebilanz (EB (+/-) der drei Behandlungen

	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + PG	
	d	SD	d	SD	d	SD
Tage bis EB (+/-)	59	20	46	17	45	19

3.1.3 Stoffwechselfparameter und Körperkondition

3.1.3.1 Blutparameter

Mit der Erfassung der Blutparameter wurde im Gegensatz zu den Fütterungs- und Leistungsparametern bereits 2 Wochen vor dem erwarteten Abkalbetermin begonnen, um so genauere Aussagen zur Veränderung der Stoffwechsellage um den geburtsnahen Zeitraum treffen zu können.

3.1.3.1.1 Glucosekonzentration im Blutplasma

In Abbildung 10 sind die analysierten Glucosekonzentrationen im Blutplasma aufgezeichnet. Dabei ist zu erkennen, dass nach anfänglichen Werten zum Zeitpunkt der zweiten Woche a.p. von knapp unter 4 mmol/l in allen drei Behandlungen die Blutzuckerspiegel einheitlich auf ihr niedrigstes Niveau bis in der zweiten und dritten Versuchswoche p.p. absanken. Es werden Minimalwerte von jeweils ca. 3,10 mmol erreicht. Bis zur 14. Woche p.p. stiegen die Konzentrationen an Glucose wieder stetig auf ein Niveau von über 3,75 mmol/l an.

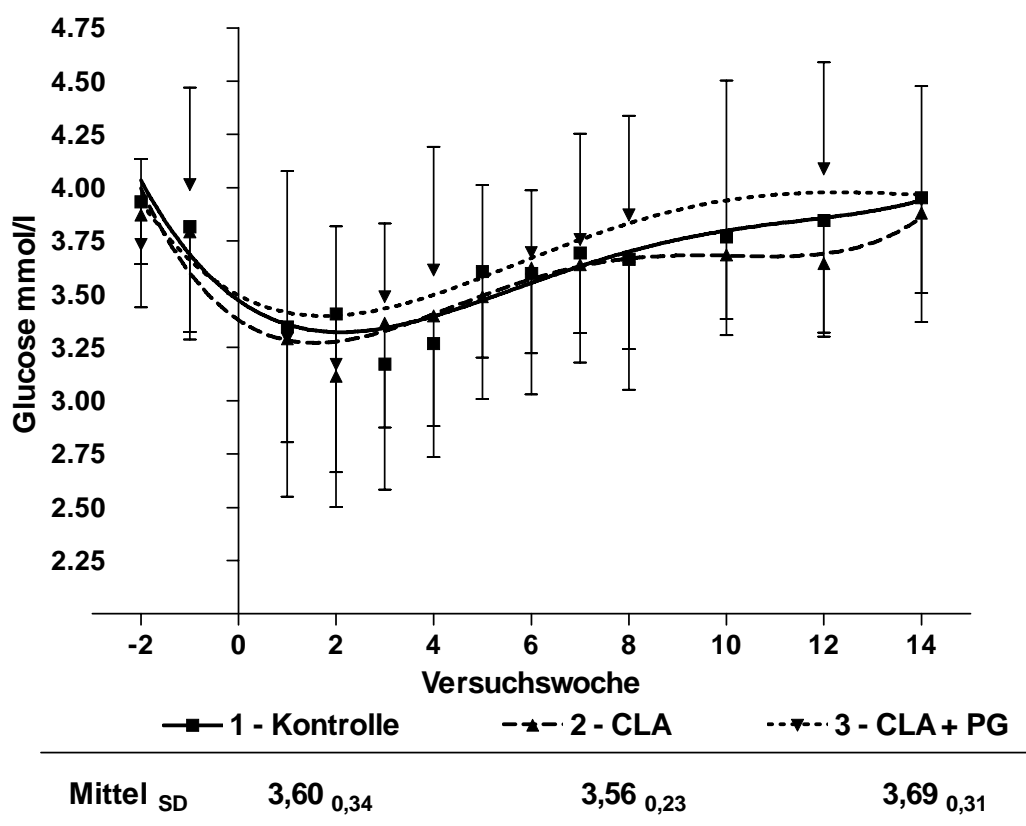


Abbildung 10: Mittlere Blutplasmakonzentration an Glucose (mmol/l) im Versuchsverlauf

Bei der kombinierten Zulage CLA + PG ist dabei in der Tendenz zu erkennen, dass die mittleren Glucosekonzentrationen im Versuchsverlauf etwas höher liegen. Mit im Mittel über alle Messwerte hinweg von 3,60 mmol/l, 3,56 mmol/l und 3,69 mmol/l zeigten sich jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungen.

3.1.3.1.2 Freie Fettsäuren (NEFA) im Blutplasma

Freie Fettsäuren spiegeln die Mobilisation von Körperfett im Zusammenhang mit einem auftretenden Energiedefizit wieder. Bei den Messungen der Blutplasmakonzentrationen (Abbildung 11) ab der zweiten Woche a.p. zeigten alle Gruppen zunächst leicht ansteigende Werte, wobei sich in den Zulagegruppen CLA bzw. CLA + PG in der 2. und 3. Versuchswoche zwei scharfe, kurze NEFA-Peaks herausstellten. Die Konzentrationen fielen aber sofort wieder auf ein gleiches Niveau bzw. verliefen gleichmäßig abfallend für alle Behandlungen bis Versuchsende. Im Mittel ergaben sich für die NEFA Konzentrationen mit 483 $\mu\text{mol/l}$ für die Kontrolle, 503 $\mu\text{mol/l}$ für 2 - CLA und 515 $\mu\text{mol/l}$ für 3 - CLA + PG keine Unterschiede ($P > 0,1$).

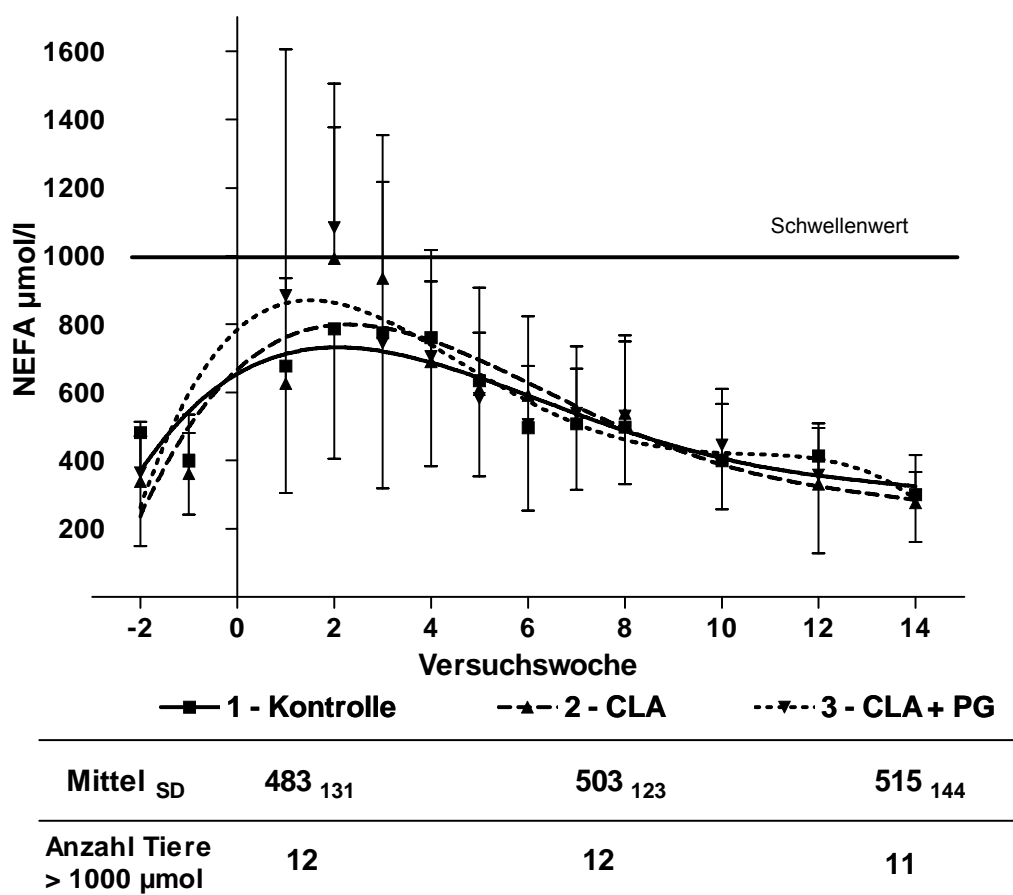


Abbildung 11: Mittlere Blutplasmakonzentration an Freien Fettsäuren (NEFA in $\mu\text{mol/l}$) im Versuchsverlauf

Betrachtet man die Häufigkeiten an Einzeltieren (1 – Kontrolle, n = 12; 2 – CLA, n = 12 und 3 – CLA + PG, n = 11), die einen festgelegten Schwellenwert von 1000 $\mu\text{mol/l}$ überschritten haben, so lassen sich keine Rückschlüsse auf längerfristig, pathologischen NEFA Konzentrationen im in Abhängigkeit der Behandlung ziehen.

3.1.3.1.3 Beta-Hydroxybutyrat (BHB) im Blutplasma

Die Konzentrationen an BHB im Blutplasma (siehe Abbildung 12) stiegen ebenfalls, wie schon die NEFA Konzentrationen, von einem anfangs niedrigen Niveau von ca. 0,4 mmol/l auf Maximalwerte in der zweiten und dritten Woche p.p an. Diese lagen im Bereich von etwa 0,6 mmol/l, so dass von keiner akuten ketotischen Belastung (Schwellenwert 1,0 mmol) in allen drei Behandlungen ausgegangen werden konnte. Die ab der dritten Woche p.p. leicht fallen BHB – Konzentrationen verliefen für die Gruppe 1 und 2 ziemlich identisch. In Gruppe 3 deutete sich an, dass die BHB Verlaufskurve von der 3. bis 9. Woche p.p. im Niveau etwas niedriger gegenüber den anderen beiden Gruppen verlief.

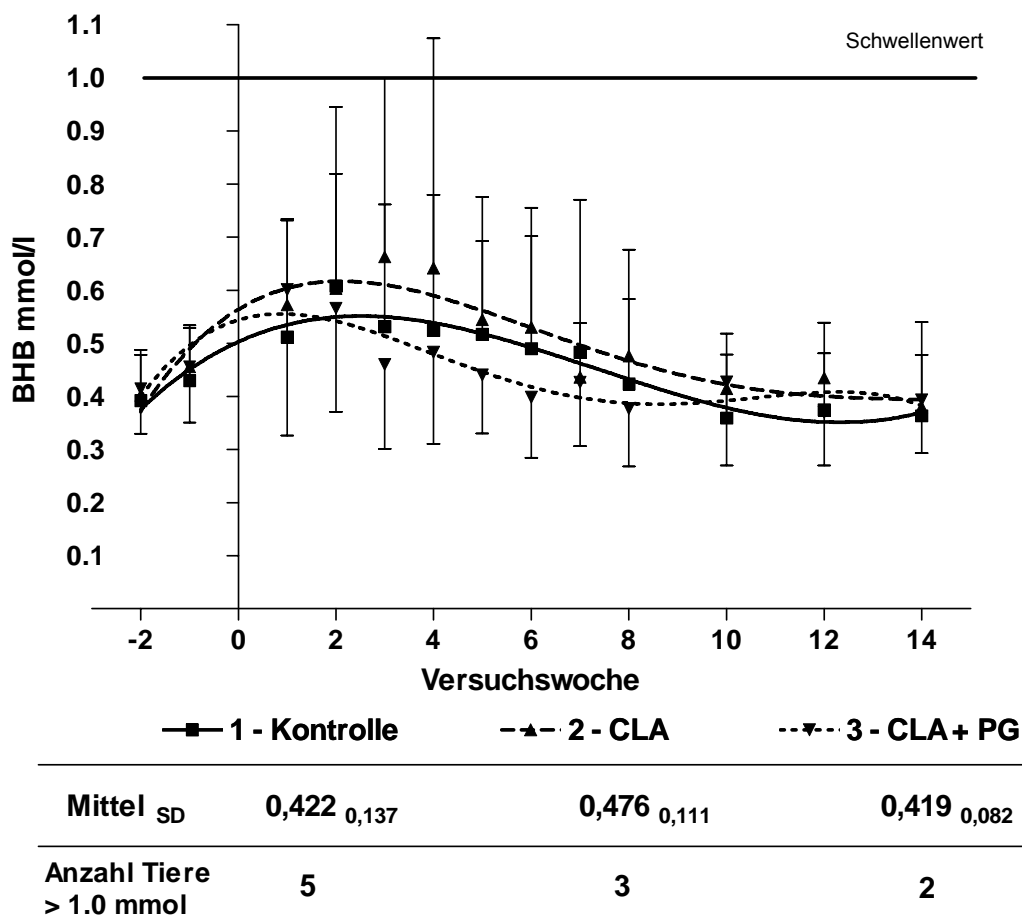


Abbildung 12: Mittlere Blutplasmakonzentrationen an Beta-Hydroxybutyrat (BHB in mmol/l) im Versuchsverlauf

Im Mittel über alle Messwerte von BHB im Blutplasma über die gesamte Versuchsdauer ergaben sich zwischen den Gruppenmittelwerten keine signifikanten Unterschiede mit jeweils 0,422 mmol für die Kontrolle, 0,476 mmol für 2 – CLA und 0,419 mmol/l für 3 – CLA +PG. Anhand der aufgeführten Häufigkeiten von Einzeltieren, die kritische BHB Konzentrationen aufwiesen, ist in der Tendenz mit $n = 2$ für 3 – CLA + PG und $n = 3$ für 2 – CLA gegenüber $n = 5$ für 1 – Kontrolle abzuleiten, dass die Kombination CLA + PG zu einer etwas gemäßigteren und stabileren Stoffwechsellage beitragen könnte.

3.1.3.1.4 Leberenzyme im Blutplasma

AST

In Abbildung 13 sind die Gehalte des aktiven Leberenzyme Aspartat-Amino-Transferase (AST) dargestellt. Für das Enzym AST zeigten sich in den beiden

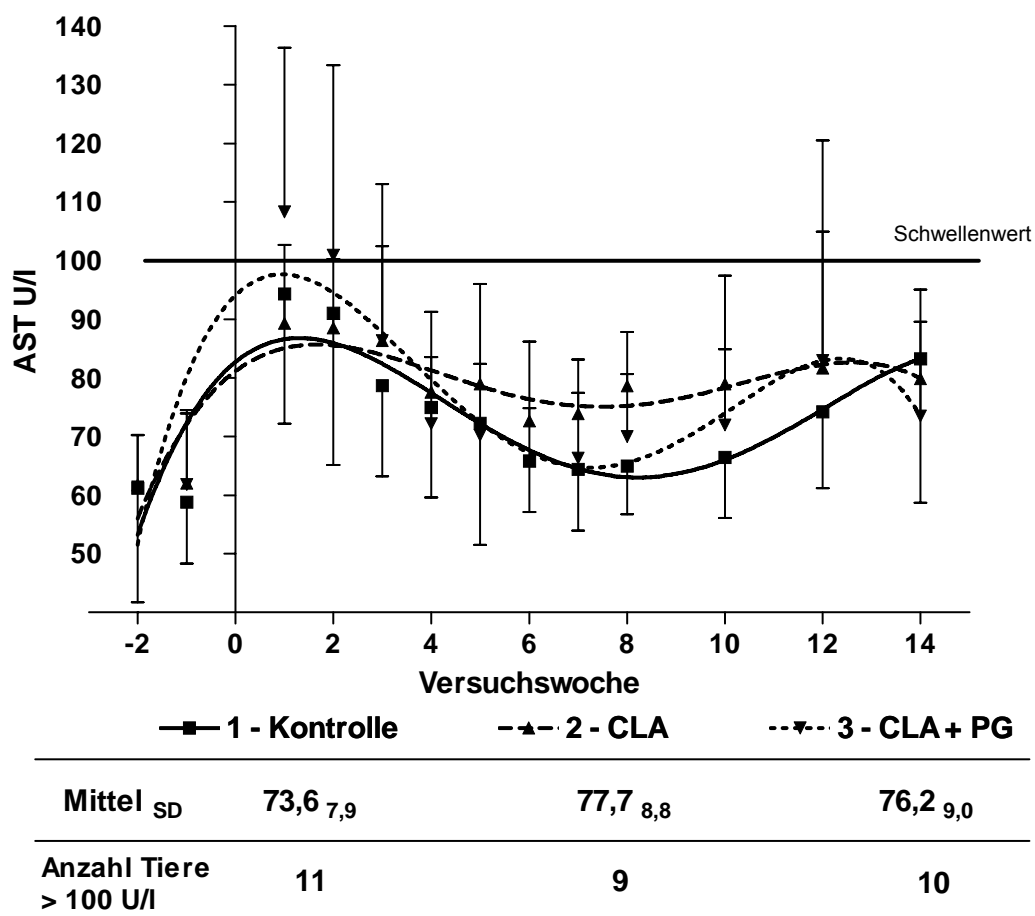


Abbildung 13: Mittlere Blutplasmagehalte der Aspartat-Amino-Transferase (AST in U/l) im Versuchsverlauf

Wochen vor der Abkalbung die geringsten Werte mit etwas über 60 U/l. Die Konzentrationen lagen für alle drei Behandlungen auf etwa gleichem Niveau. In der ersten und zweiten Woche nach der Kalbung kam es bei allen Versuchsgruppen zu einer starken Erhöhung der Aktivität dieses Enzyms, was sich mit teilweise deutlichen gestiegenen Konzentrationen über 90 U/l in einem kurzen Peak über zwei Wochen äußerte. Ab der 4. Woche p.p. sanken alle Behandlungen wieder auf ein gleichmäßiges Niveau ab und blieben auf diesem bis zum Ende des Versuchs. Im Mittel ergaben sich Konzentrationen des Enzyms AST von 73,6 U/l, 77,7 U/l und 76,2 U/l. Die CLA bzw. CLA + PG Zulage übte keinen signifikanten Einfluss aus. Unterschiede in der Anzahl an Überschreitungen des Schwellenwertes von 100 U/l gab es mit $n = 11$, $n = 9$ und $n = 10$ zwischen den Behandlungen nicht.

GLDH

Die Aktivität der Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) hatte in den Wochen -2 und -1 ihre niedrigsten Werte. Diese stiegen mit der Kalbung leicht an (siehe Abbildung 14).

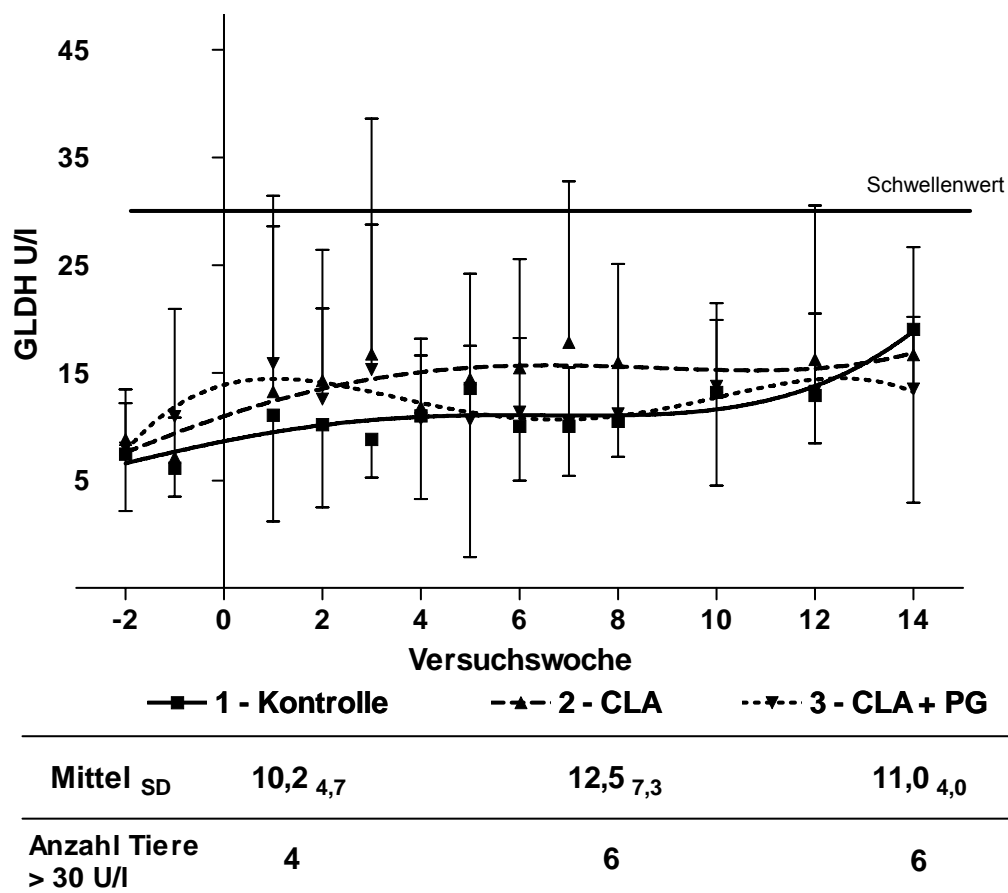


Abbildung 14: Mittlere Blutplasmagehalte der Glutamat-Dehydrogenase (GLDH in U/l) im Versuchsverlauf

Im weiteren Verlauf ergaben sich keine größeren Anstiege in der Aktivität der GLDH. Die höchsten Konzentrationen zeigten sich zum Ende der Versuchsperiode. Die mittleren Gehalte an aktivem GLDH unterschieden sich mit 10,2 U/l, 12,5 U/l und 11,0 U/l nicht voneinander ($P > 0,1$). In der Anzahl der Überschreitungen des Schwellenwertes von 30 U/l zeigten sich mit $n = 4$ für die Kontrolle und $n = 6$ für die beiden Zulagegruppen keine Unterschiede.

y-GT

Das Enzym Gamma-Glutamyl-Transferase (y-GT) zeigte über den gesamten Versuchszeitraum von der -2. bis zur 14. Woche für alle drei Gruppen eine geringe Aktivität mit mittleren Werten zwischen 18 und 25 U/l. Die Verlaufskonzentration stellen sich in der folgenden Abbildung 15 dar. Die Mittelwerte waren bei diesem Enzym mit 21,4 U/l, 21,6 U/l und 22,1 U/l absolut identisch.

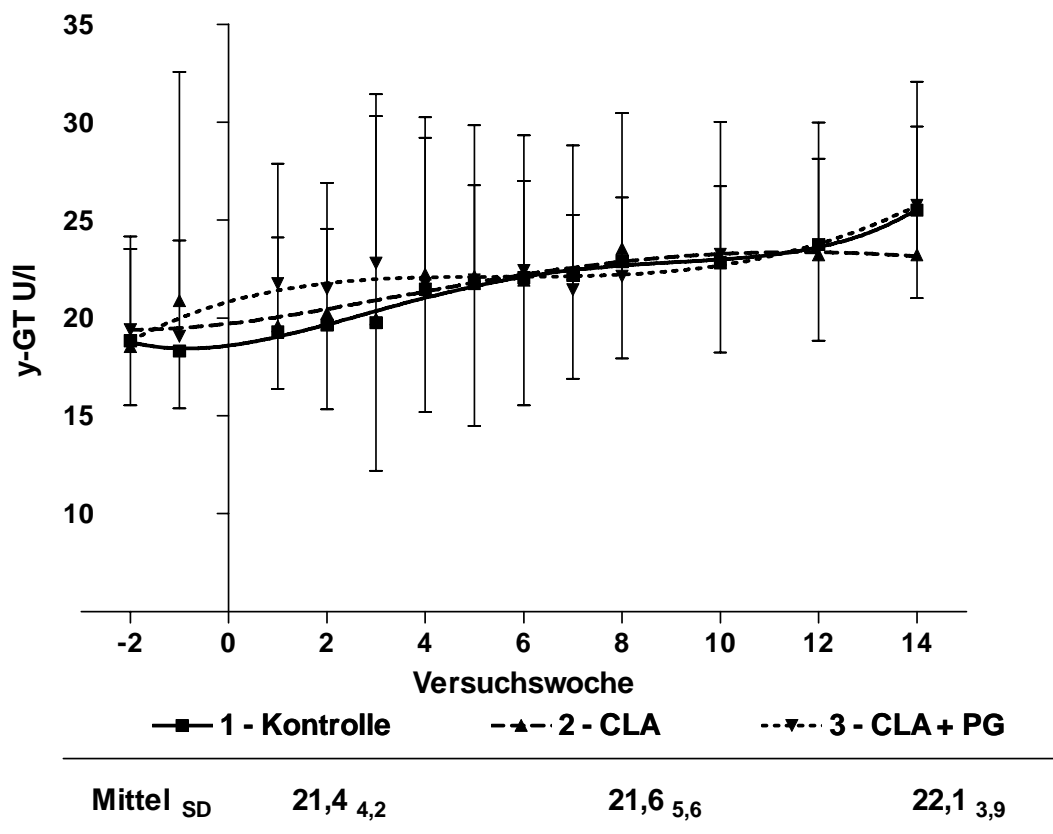


Abbildung 15: Mittlere Blutplasmagehalte der Gamma-Glutamyl-Transferase (y-GT in U/l) im Versuchsverlauf

Gesamt-Bilirubin

Die Analytik der Gesamt-Bilirubin Gehalte ergab in der 2. Woche a.p. die niedrigsten Konzentrationen in allen Gruppen von ca. 0,15 mg/dl. Aus Abbildung 16 ist zu sehen, wie die gemessenen Bilirubin Werte bis zum Peak in der 1./2. Woche auf Werte von ca. 0,25 – 0,30 mg/dl ansteigen. Danach fallen alle Gruppen wieder gleichmäßig ab bis zur 8. Woche p.p. In den weiteren Wochen ergaben sich keine Differenzen im Versuchsverlauf. Die mittleren Bilirubin Konzentrationen von 0,18 mg/dl für die Kontrolle, 0,17 mg/dl für 2 – CLA und 0,20 mg/dl für 3 – CLA + RPF waren nicht verschieden voneinander ($P > 0,1$).

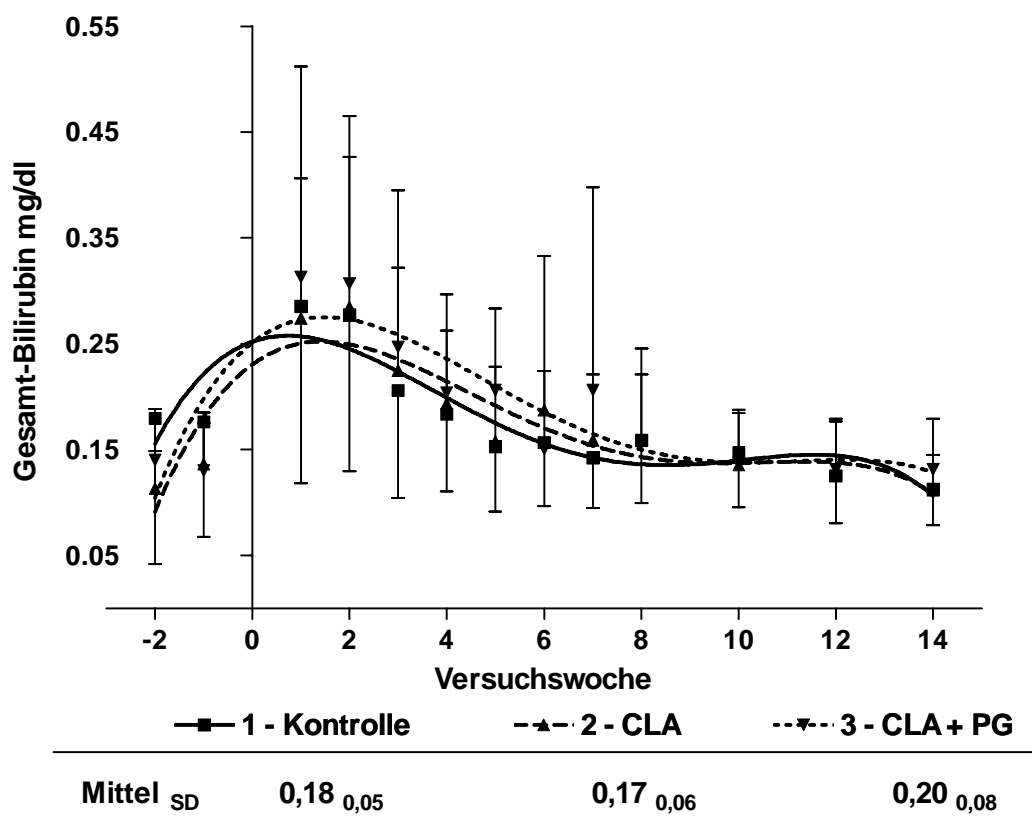


Abbildung 16: Mittlere Blutplasmagehalte an Gesamt-Bilirubin (U/l) im Versuchsverlauf

3.1.3.2 Körperkonditionsparameter

3.1.3.2.1 Tiergewichte

In der Veränderung der Lebendmassen konnten im Verlauf der Laktation für 1 – Kontrolle, 2 – CLA und 3 – CLA + PG insgesamt ähnliche Tendenzen festgestellt werden. Die folgende Abbildung 17 verdeutlicht die Gewichtsentwicklung über den Versuchszeitraum. Die drei Behandlungen gingen mit einem mittleren Gewicht nach der Kalbung von jeweils 659, 665 und 673 kg in den Versuch. Bis zur 6./7. Versuchswoche wurden für die drei Gruppen Gewichtsverluste aufgrund der Mobilisation von Körperfett von ca. 25, 35 und 30 kg gemessen. Ab diesem Zeitpunkt der Laktation stabilisierte sich die Gewichtsreduktion und war bis zum Ende gleichbleibend. Im Niveau lag die Gruppe 2 gegen Ende des Versuchs etwas niedriger. In den mittleren Gewichten von 642, 633 und 650 kg konnten keine signifikanten Unterschiede errechnet werden ($P > 0,1$).

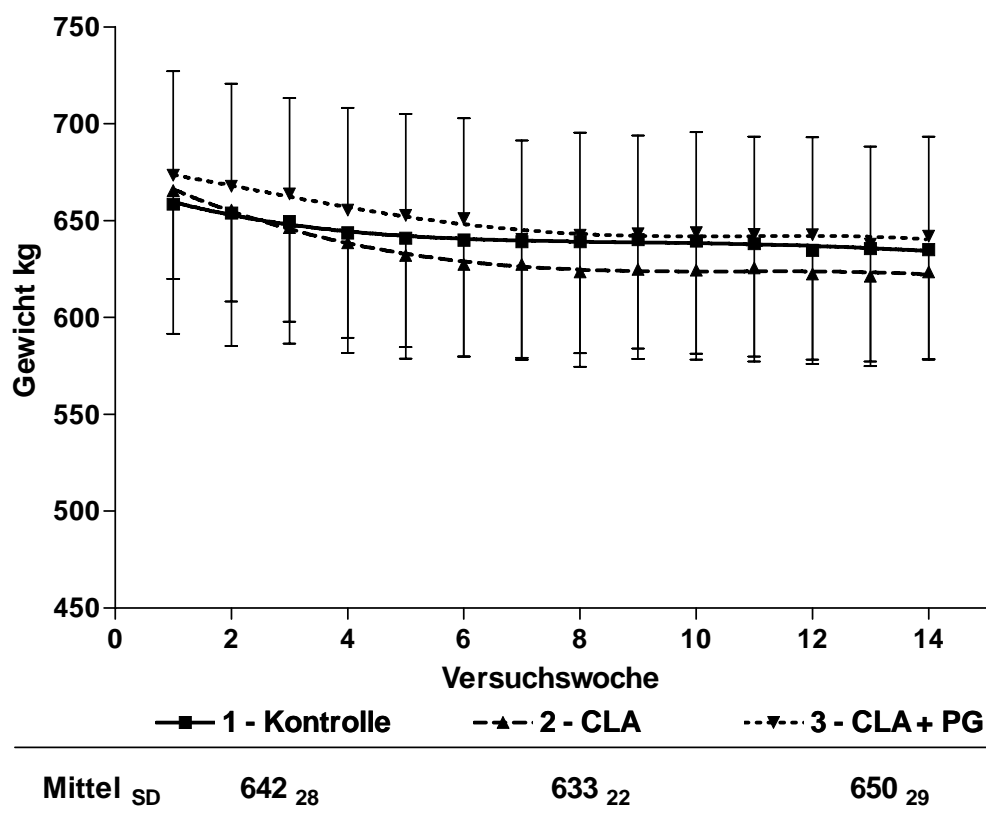


Abbildung 17: Mittlere Lebendgewichte (kg) im Versuchsverlauf

3.1.3.2.2 Body Condition Score

Anhand der in Abbildung 18 dargestellten Körperkonditionsnoten ist zu erkennen, dass alle Versuchstiere vor der Abkalbung ähnlich konditioniert in den Versuch gestellt wurden. Die BCS Noten waren in Woche 2 a.p. mit ca. 4,0 – 4,1 für alle Gruppen identisch. Dabei ist zu Versuchsbeginn im Mittel eine leichte Überkonditionierung aller Tiere festzustellen. Bis zur Woche 6 p.p. war der Verlust an BCS – Noten von durchschnittlich 1,5 für alle Behandlungen als hoch zu bezeichnen. Ab der 6 bzw. 8 Woche zeigte sich, wie auch schon bei der Gewichtsveränderung, kein weiterer Rückgang in der Konditionsbeurteilung. Die mittleren BSC Noten befanden sich mit 3,0 bzw. 2,8 in allen Gruppen auf etwa gleichem Niveau.

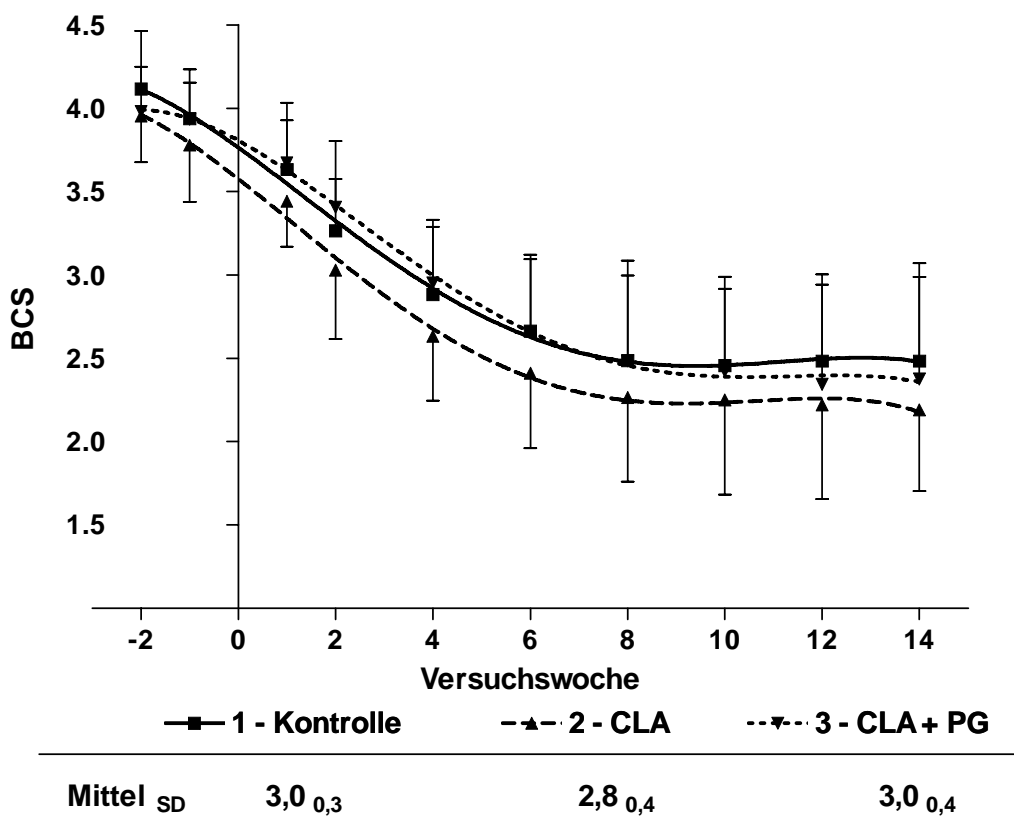


Abbildung 18: Mittlere Körperkonditionsnoten (BCS) im Versuchsverlauf

3.1.3.2.3 Ultraschallmessung von Rückenmuskel- und Rückenfettdicke

Aus der per Ultraschall durchgeführten Erfassung der Rückenmuskel- und Rückenfettdicke zeigten sich unterschiedliche Ausprägungen in der Ausstattung mit so genannten Körperreserven für die Versuchsgruppen, wie aus Abbildung 19 zu sehen ist. Verglichen mit der Darstellung der Tiergewichte ergaben sich hier ähnliche Tendenzen in der Veränderung der Körperkondition. Der Durchmesser des Rückenmuskels war bei der Kontrolle, 2 – CLA und 3 – CLA + PG zum Zeitpunkt vor

der Abkalbung (-2. Woche) mit 36,0 mm, 39,5 mm und 43,7 mm unterschiedlich ausgeprägt. Der größten Abbau an RMD im Verlauf der Laktation wurde in Gruppe 2 mit ca. 10 mm festgestellt. Dabei war die größte Abnahme von der Woche 2 a.p. bis Woche 8 p.p. mit fast 9 mm zu verzeichnen, darüber hinaus war die Abnahme nur noch geringfügig. In den Gruppen 1 und 3 war der Rückgang an RMD von Woche 2 a.p. bis Woche 6 p.p. am stärksten mit etwa 6 bzw. 7 mm. Bis zum Ende der 14. Woche wurde eine weitere Abnahme von knapp 2 mm festgestellt, die vom Ausmaß aber nicht mehr so stark ausfiel. Über den gesamten Verlauf ergaben sich mittlere,

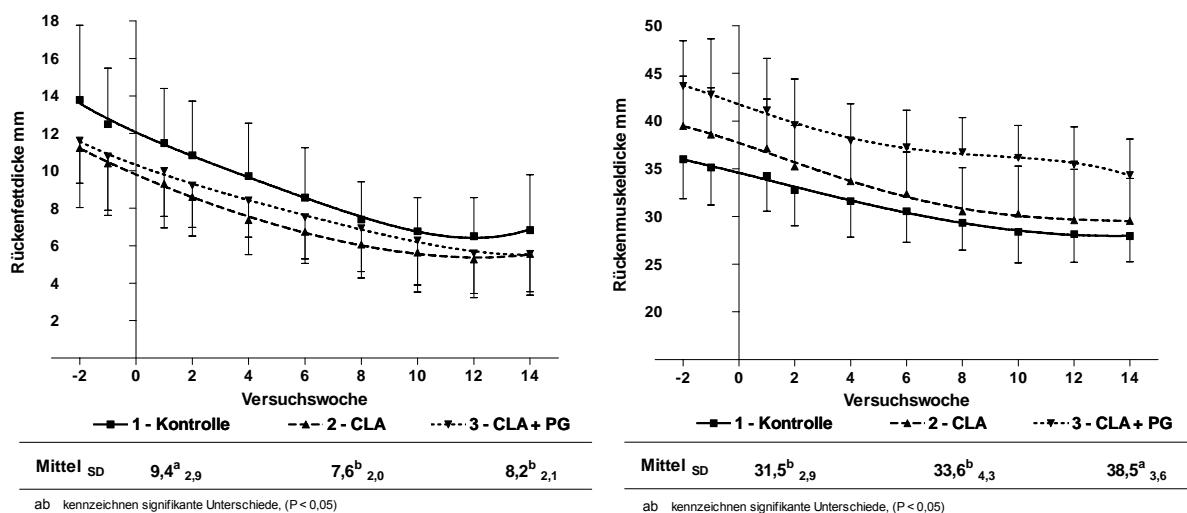


Abbildung 19: Mittlere Rückenfett- (RFD in mm) und Rückenmuskeldicken (RMD in mm) im Versuchsverlauf

statistisch signifikante unterschiedliche Rückenmuskeldicken von 31,5 und 33,6 mm für Gruppe 1 und 2 im Gegensatz zu 38,5 mm in Gruppe 3 (P < 0,05). Bei der Betrachtung der Rückenfettdicken zeigte sich ein etwas anderes Bild zwischen den Versuchsgruppen. Gruppe 1 mit der geringsten RMD zu Versuchsbeginn hatte die anfänglich stärkste Fettabdeckung mit 13,7 mm im Gegensatz zu 11,2 und 11,6 mm bei den Zulagen. Im Verlauf der Versuchswochen sind Abnahmen an Rückenfett bis zur 8. Woche, von 6,4 mm, 5,1 mm und 4,7 mm für Behandlung 1, 2 und 3 festgestellt worden. Ab diesem Zeitpunkt zeigten sich in den Gewichtsveränderungen und im BCS keine Änderungen mehr. Die Reduzierung an Rückenfett setzte sich aber noch geringfügig weiter fort bis zum Versuchsende aller drei Behandlungsgruppen. Insgesamt konnten Differenzen zwischen Versuchsbeginn und -ende für Kontrolle, 2 – CLA und 3 – CLA + PG von 6,9 mm, 5,6 mm und 6 mm festgestellt werden. Die Mittelwerte über den Versuchszeitraum unterschieden sich jedoch signifikant

gegenüber der Kontrollgruppe mit 9,4 mm im Mittel, im Vergleich zu 7,6 mm und 8,2 mm für die Zulagen an CLA und CLA + PG ($P < 0,05$).

3.1.3.2.4 Tiergesundheit

Die Häufigkeiten an aufgetretenen Erkrankungen der Versuchstiere sind in der folgenden Tabelle 21 aufgeführt. Mit 38 % sind hier Erkrankungen der Klauen und Gliedmaßen an erster Stelle zu nennen. Die häufigsten Fälle traten dabei in Gruppe 3 auf ($n=9$). Gruppe 2 hatte die niedrigsten Krankheitsfälle ($n = 4$). Mastitiserkrankungen traten mit 24 % insgesamt am zweithäufigsten auf. Nachfolgend mit jeweils 10 % kam es zu Milchfieber und Beeinträchtigungen der Reproduktionsorgane. Stoffwechselstörungen bildeten mit 2 % das am geringsten aufgetretene Krankheitsbild.

Tabelle 21: Auftreten von Erkrankungen

Erkrankung		Behandlung			Gesamt
		1 – Kontrolle	2 – CLA	3 – CLA + PG	
	%	n	n	n	n
Klauen u. Gliedmaßen	38	6	4	9	19
Mastitis	24	5	4	3	12
Gebärparese	10	1	1	3	5
Reproduktionsorgane	10	3	2	0	5
Stoffwechselstörungen	2	0	1	0	1

3.1.3.2.5 Fruchtbarkeitsparameter

Aus den zweimal wöchentlich gewonnenen Progesteronproben und den dokumentierten Daten aus dem Fruchtbarkeitsmanagement-Programm konnten verschiedene Angaben zur Beurteilung der Fruchtbarkeit gemacht werden. In Tabelle 22 sind die Tierzahlen zu den verschiedenen Kriterien aufgeführt. Bei insgesamt 47 von 50 Versuchstieren konnte mittels Milchprogesterontest und durch die Aufzeichnung von Progesteronprofilen eine stattgefunden 1. Ovulation festgestellt werden. Insgesamt 6 Tiere wurden in der weiteren Bestandsführung aufgrund einer noch stattfindenden IBR Sanierung auf dem Versuchsbetrieb Hirschau nicht wieder zur Besamung zugelassen. Bei einer recht hohen Anzahl, mit jeweils 3, 4 und 2 Tieren der einzelnen Versuchsgruppen, konnte keine Brunst während der 14

Versuchswochen beobachtet werden. Durch die tierärztliche Fruchtbarkeitsüberwachung wurden in allen Behandlungen insgesamt 3 Tiere per Brunsteinleitung behandelt. Letztendlich konnten 29 Tiere in dieser Zeit künstlich besamt werden, von denen innerhalb der ersten 100 Laktationstage 16 Tiere als erfolgreich wiederbelegt und somit positiv trächtig untersucht werden konnten.

Tabelle 22: Fruchtbarkeitsparameter

Parameter	Behandlung 1	Behandlung 2	Behandlung 3	Gesamt (n = 50) n
	1 – Kontrolle (n = 17) n	2 – CLA (n = 17) n	3 – CLA + PG (n = 16) n	
1. Ovulation festgestellt	17	16	14	47
Tage bis 1. Ovulation	34 d	28 d	28 d	
Abgang, keine KB	1	4	1	6
Keine Brunst erkannt	3	4	2	9
Brunsteinleitung erfolgt	2	1	0	3
KB erfolgt in 14 W.	11	7	11	29
TU+ in 14 W.	6	5	5	16

Durch die Zulage von CLA bzw. CLA + PG ergaben sich keine positiven Einflüsse auf ein bessere Wiederbelegungsrate. Betrachtet man aber die Anzahl der Tage bis zur ersten einsetzenden Ovulation, die unabhängig von einer subjektiven Brunstbeobachtung definiert wurden, so zeigte sich, dass mit 34 Tagen in der Kontrolle gegenüber 28 Tagen in beiden Zulagegruppen ein positiver Einfluss auf das Auftreten der Ovulation nach der Kalbung durch den Zusatz von CLA in der Ration zu erkennen war.

3.2 Versuch II

3.2.1 Futtermittel und Rationen

3.2.1.1 Maissilage

Im Versuchsjahr 2006 kamen in der Grundration insgesamt 6 verschiedene Maissilagen (1-6) zum Einsatz. Die Ernte erfolgte wiederum zum Ende der Teigreife. Aufgrund der Entnahme per Fräse aus den betriebseigenen Hochsilos wurden die Maissilagen 1/2, 3/4 und 5/6 wieder zu gleichen Anteilen in die PMR eingemischt.

Tabelle 23: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ/kg T) in der Maissilage

Woche	T	XA	XL	XF	XP	nXP	RNB	NEL
	%				g/kg T			MJ/kg T
Maissilage 1/2								
1 – 2	42,0	31,3	33,1	174,3	76,9	133,9	-9,12	6,74
3 – 4	41,7	29,7	33,9	174,6	74,8	133,7	-9,42	6,76
5 – 6	41,5	30,0	33,9	184,1	73,2	133,1	-9,60	6,74
7 – 8	41,3	33,9	31,5	161,6	64,6	131,4	-10,7	6,73
9 – 10	41,1	33,6	31,5	172,8	71,2	132,0	-9,74	6,72
11 – 12	40,9	30,5	30,6	161,3	65,6	130,9	-10,4	6,73
Maissilage 3/4								
13 – 14	41,9	31,7	30,6	165,7	63,8	129,6	-10,5	6,72
15 – 16	42,6	32,4	33,6	159,3	67,8	131,3	-10,2	6,75
17 – 18	41,3	34,8	33,6	176,7	70,7	131,8	-9,77	6,73
19 – 20	40,4	33,4	33,9	164,6	65,4	131,0	-10,5	6,76
21 – 22	41,3	34,2	33,9	163,6	69,3	134,7	-10,5	6,75
23 – 24	41,7	31,7	33,8	166,4	71,3	132,0	-9,70	6,74
Maissilage 5/6								
25 – 26	37,1	34,1	33,8	175,0	69,9	131,6	-9,87	6,75
27 – 28	37,6	31,4	35,6	170,9	74,5	133,5	-9,44	6,78
29 – 30	39,8	30,7	35,6	170,8	66,0	132,1	-10,6	6,78
31 – 32	42,6	33,4	34,6	187,6	66,7	131,5	-10,4	6,75
33 – 34	42,1	28,6	34,6	170,4	64,4	130,4	-10,6	6,76
35 – 36	40,8	30,5	35,0	169,3	70,0	131,3	-9,80	6,76
Mittel	41,0	31,9	33,5	170,1	69,7	132,3	-10,0	6,75
SD	1,50	1,72	1,48	7,31	4,53	1,73	0,51	0,02

Die Futterqualität konnte auch bei diesen Silagen als sehr gut eingestuft werden, wie aus Tabelle 23 zu erkennen ist. Mit im Mittel 6,75 MJ NEL/kg T wurde ein sehr hohes Energieniveau erreicht. Der Rohfasergehalt lag im Mittel bei 170,1 g/kg T, der nXP – Gehalt bei 132,3 g/kg T und die RNB lag aufgrund des hohen Energiegehalts bei –10,0 g/kg T. Leichte Schwankungen in den Rohnährstoffgehalten begründeten sich hier durch die Erstellung von Mischproben aus den zwei jeweils zeitgleich eingesetzten Maissilagen. Insgesamt waren die Qualitäten der zur Verfügung stehen Maissilagen für den Zeitraum des Versuch sehr homogen.

3.2.1.2 Grassilage

Die mittleren Gehalte an Rohnährstoffen und Nettoenergie in der Grassilage sind in der Tabelle 24 abgebildet. In den ersten 10 Versuchswochen im Versuch II konnte als Graskomponente in der Grundration ein 1.Schnitt verwendet werden. Dieser unterschied sich qualitativ von dem ab der 11. Woche eingesetzten 2.Schnitt, so dass Veränderungen im Futterwert der Gesamtration in der Rationsberechnung ab diesem Zeitpunkt angepasst wurden. Die Grassilage hatte über den Versuchszeitraum eine durchgehend optimalen T-Gehalt von im Mittel 35,0 %. Der Energiegehalt war mit im Mittel 6,01 MJ NEL/kg T als qualitativ gut zu beurteilen. Die mittleren Gehalte für Rohfaser, nXP und RNB lagen bei 243,3 g/kg T, 139,3 g/kg T und 8,05 g/kg T. Insgesamt konnten an Grassilagen über den gesamten Versuchszeitraum recht gleichmäßige Qualitäten in Abhängigkeit des Schnittzeitpunktes eingesetzt werden.

Tabelle 24: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ /kg T) in der Grassilage

Woche	T	XA	XL	XF	XP	nXP	RNB	NEL
	%				g/kg T			MJ/kg T
Grassilage 1. Schnitt								
1 – 2	37,4	104,5	39,9	236,6	215,8	148,8	10,7	6,35
3 – 4	37,5	107,0	37,4	235,0	215,3	148,1	10,8	6,32
5 – 6	35,9	128,3	37,4	217,9	230,0	148,4	13,1	6,21
7 – 8	34,3	131,2	36,0	219,1	220,4	146,1	11,9	6,17
9 – 10	30,3	118,3	36,0	255,2	194,8	142,7	8,33	6,19
Grassilage 2. Schnitt								
11 – 12	31,8	110,0	30,4	264,4	173,9	134,2	6,35	5,85
13 – 14	33,8	104,2	30,4	247,2	155,3	131,7	3,78	5,87
15 – 16	31,7	92,9	36,5	276,3	168,8	135,8	5,28	5,97
17 – 18	34,8	108,9	36,5	258,9	168,0	134,0	5,44	5,89
19 – 20	40,0	118,7	40,2	248,8	181,1	135,7	7,26	5,87
21 – 22	36,9	113,7	40,2	249,4	179,7	136,0	6,99	5,90
23 – 24	34,3	133,8	36,3	240,4	179,8	133,4	7,43	5,75
25 – 26	33,7	136,5	36,3	241,1	174,7	132,2	6,80	5,73
27 – 28	35,1	108,9	36,9	254,0	163,3	133,2	4,82	5,89
29 – 30	36,8	100,9	36,9	235,3	181,0	137,5	6,96	5,97
31 – 32	36,9	94,3	37,9	268,5	186,9	139,1	7,64	6,00
33 – 34	38,9	105,8	37,9	237,5	177,7	136,4	6,60	5,94
35 – 36	29,1	102,1	42,2	228,6	196,6	140,8	8,93	6,02
Mittel	35,0	111,8	37,4	243,3	189,6	139,3	8,05	6,01
SD	2,93	12,5	3,09	16,9	2,17	5,98	2,57	0,18

3.2.1.3 AKF

In der folgenden Tabelle 25 sind die mittleren Rohnährstoffgehalte sowie die Gehalte an Nettoenergie und RNB des im Versuch II eingesetzten AKF aufgezeichnet. Energetisch konnte ein mittlerer Gehalt von 7,82 MJ NEL/kg T aus den Einzelkomponenten errechnet werden. Demgegenüber wurden mittlere Gehalte für XP und nXP von 298,1 g/kg T sowie 220,5 g/kg T analysiert. Es ist zu erkennen, dass im letzten Drittel des Versuchs (ca. ab 25. Versuchswoche) die aus der Rationsberechnung angestrebten 318 g XP und 227 g nXP nicht realisiert werden konnten und sich somit gegen Versuchende erniedrigte Werte ergaben. Eine Begründung hierfür lässt sich in möglichen Abweichungen der verwendeten Chargen an Sojaextraktionsschrot finden. Der RNB Gehalt des AKF betrug 12,4 g/kg T und

konnte somit zum Ausgleich der Stickstoffbilanz der Grundration beitragen. Insgesamt wurde eine gute Homogenität in der Bereitstellung des AKF über den gesamten Zeitraum erzielt.

Tabelle 25: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ/kg T) im Ausgleichskraftfutter (AKF)

Woche	T	XA	XL	XF	XP	nXP	RNB	NEL
	%				g/kg T			MJ/kg T
1 – 4	88,7	102,4	13,1	50,4	313,3	225,6	14,0	7,82
5 – 8	88,7	101,5	13,3	49,1	313,9	225,8	14,1	7,82
9 – 12	88,5	101,0	13,9	51,0	328,3	230,7	15,6	7,82
13 – 16	88,5	111,5	13,3	58,7	315,8	226,5	14,3	7,82
17 – 20	88,8	142,6	11,9	54,8	290,5	218,0	11,6	7,82
21 – 24	88,6	139,9	14,4	57,9	293,4	218,9	11,9	7,82
25 – 28	88,3	116,8	17,6	67,2	284,6	216,0	11,0	7,82
29 – 32	88,6	123,4	18,5	63,0	269,5	210,9	9,37	7,82
33 – 36	89,0	139,1	20,4	62,1	273,9	212,4	9,84	7,82
Mittel	88,7	119,8	15,1	57,1	298,1	220,5	12,4	7,82
SD	0,27	20,2	3,32	7,9	22,6	75,7	2,40	0,0

3.2.1.4 PMR

Die Grundration wurde auf ihre Rohnährstoffgehalte (siehe Tabelle 26) nach der Weender Analyse untersucht und überprüft. Die PMR konnte über den gesamten Zeitraum mit einem einheitlichen T-Gehalt von im Mittel 43,6% den Versuchstieren vorgelegt werden. Die Gehalte an Rohasche, –fett und –faser zeigten keine großen Schwankungen über die Versuchswochen und lagen im Mittel bei 68,6 g/kg T, 30,1 g/kg T und 200,7 g/kg T. Bei den analysierten XP- und nXP-Gehalten konnten die Vorgaben der Rationsberechnung im Mittel über die Fütterungsperiode eingehalten werden. Der mittlere XP-Gehalt betrug 143,4 g/kg T und der mittlere nXP-Gehalt 147,1 g/kg T. Im letzten Versuchsdrittel kam es jedoch zu leicht erniedrigten Rohproteingehalten in der Grundration. Der energetische Futterwert der Ration betrug im Mittel 6,62 MJ NEL/kg T. Die RNB war mit 0,7 g/kg T leicht negativ. Der mittlere XS – Gehalt der Ration lag bei 204 g/kg T. Die analysierten zweiwöchigen Mittelwerte ließen keine großen Schwankungen im Stärkegehalt der PMR erkennen. Insgesamt liegen die Stärkegehalte der PMR in einem nach Rationsplanung empfohlenen Bereich.

Tabelle 26: Mittlere Gehalte an Rohnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ/kg T) in der Mischration (PMR)

Woche	T	XA	XL	XF	XS	XP	nXP	RNB	NEL	NDF	ADF
	%	g/kg T						MJ/kg T		% i.d. T	
1 – 2	45,4	70,5	30,5	19,14	199	150,8	151,3	-0,1	6,71	32,9	19,5
3 – 4	43,3	74,2	30,9	19,02	199	148,9	151,2	-0,4	6,71	32,9	19,5
5 – 6	43,2	72,5	30,9	19,25	202	145,8	151,0	-0,8	6,67	31,7	18,2
7 – 8	45,3	75,0	25,9	19,72	202	145,6	149,3	-0,6	6,66	31,7	18,2
9 – 10	41,6	61,8	25,9	19,14	200	145,5	148,7	-0,5	6,66	32,5	18,0
11 – 12	43,8	65,2	25,5	21,27	200	142,5	147,3	-0,8	6,57	32,5	18,0
13 – 14	44,7	68,6	25,5	22,07	197	141,1	146,0	-0,8	6,57	32,8	18,6
15 – 16	43,7	64,8	28,8	20,72	197	143,8	145,2	-0,2	6,61	32,8	18,6
17 – 18	44,6	69,4	28,8	19,28	210	153,1	144,9	1,3	6,58	31,1	19,3
19 – 20	44,2	58,3	31,8	20,06	210	148,5	145,3	0,5	6,58	31,1	19,3
21 – 22	44,2	68,2	31,8	21,10	212	142,1	147,3	-0,8	6,59	32,5	19,5
23 – 24	45,0	65,3	30,2	19,99	212	130,4	145,2	-2,4	6,55	32,5	19,5
25 – 26	39,0	73,8	30,2	20,89	206	141,3	144,6	-0,5	6,54	32,7	20,1
27 – 28	42,0	70,6	32,4	19,30	206	141,3	144,9	-0,6	6,60	32,7	20,1
29 – 30	44,2	68,3	32,4	20,30	211	145,5	145,4	0,0	6,62	31,7	19,4
31 – 32	43,3	66,2	31,9	19,45	211	139,8	144,9	-0,8	6,62	31,7	19,4
33 – 34	44,4	72,7	31,9	19,73	201	132,5	143,6	-1,8	6,60	33,0	19,0
35 – 36	43,7	67,1	33,0	19,92	201	132,3	146,4	-2,3	6,63	33,0	19,0
Mittel	43,6	68,6	30,1	200,7	204	143,4	147,1	-0,7	6,62	34,4	19,1
SD	1,54	4,35	2,54	8,59	5,58	6,00	2,67	0,88	0,05	0,77	0,67

Die Ration lässt sich anhand der ermittelten Gerüstsubstanzzehalte NDF und ADF als ausreichend wiederkäuergerecht und strukturwirksam beurteilen. Im Mittel konnten Gehalte von 34,4 % NDF und 19,1 % ADF realisiert werden. Allgemein wurden für alle Rohnährstoffgehalte die Vorgaben der Rationsplanung in der Bereitstellung der PMR erfüllt.

3.2.1.5 LKF

Die Mischung und Beprobung des LKF erfolgte im vierwöchigen Rhythmus. Insgesamt konnte hier eine gute Mischgenauigkeit und Homogenität in der Bereitstellung erzielt werden. Die Rohrnährstoffgehalte sind in Tabelle 27 dargestellt. Der errechnete Energiegehalt ergab 8,02 MJ NEL/kg T. Die angestrebten Gehalte an XP und nXP aus der Rationsplanung konnten mit 201,0 und 191,8 g/kg T umgesetzt werden. Die Stickstoffbilanz lag mit 1,47 g/kg T im leicht positiven Bereich. An mittleren XA-, XL- und XF – Gehalten wurden 69,2 g/kg T, 20,3 g/kg T und 62,9 g/kg T analysiert. In Bezug auf den Stärkegehalt konnte mit im Mittel 427 g/kg T ein wünschenswerter Gehalt erreicht und die ausreichende Versorgung mit Stärke in der Gesamtration sichergestellt werden. Die analysierten Gehalte der Gerüstsubstanzen NDF und ADF betragen im LKF im Mittel 11,7 und 5,07 %.

Tabelle 27: Mittlere Gehalte an Rohrnährstoffen (g/kg T) und Nettoenergie (MJ/kg T) im Leistungskrafffutter (LKF)

Woche	T	XA	XL	XF	XS	XP	nXP	RNB	NEL	NDF	ADF
	%				g/kg T				MJ/kg T	% i.d. T	
1 – 4	88,7	57,8	21,1	59,4	423	208,5	194,4	2,26	8,02	10,8	4,51
5 – 8	88,8	58,9	21,3	59,1	442	206,1	193,5	2,00	8,02	11,0	5,51
9 – 12	88,6	65,7	21,1	55,7	429	192,4	188,8	0,57	8,02	11,2	5,05
13 – 16	88,4	70,6	19,6	53,8	431	188,3	187,4	0,14	8,02	12,0	5,10
17 – 20	88,4	64,7	19,7	67,1	423	191,8	188,6	0,50	8,02	12,1	4,98
21 – 24	88,2	60,6	21,5	69,8	419	191,1	188,4	0,43	8,02	12,0	4,78
25 – 28	88,0	67,7	20,1	63,0	426	206,2	193,6	2,01	8,02	12,2	5,23
29 – 32	88,2	88,2	18,6	68,4	438	212,1	195,6	2,64	8,02	12,0	5,55
33 – 36	88,3	88,8	19,8	70,4	411	213,0	195,9	2,73	8,02	11,6	5,32
Mittel	88,4	69,2	20,3	62,9	427	201,0	191,8	1,47	8,02	11,7	5,2
SD	0,28	13,7	1,40	8,24	9,65	12,3	4,22	1,29	0,00	0,53	0,61

3.2.2 Futteraufnahme und Leistungsparameter

3.2.2.1 Futteraufnahme

Im Versuch II lag die Grundfutteraufnahme, im Gegensatz zum Versuch I, allgemein auf einem höheren Niveau. Die Aufnahme an LKF war aufgrund des versuchsbedingt festgelegten Fütterungsschemas im Mittel gleich zwischen den Versuchsjahren. Daraus resultierte aber eine insgesamt etwas höhere Gesamt T – Aufnahme über die gesamte Versuchsperiode in 2006 (~ 1 – 1,5 kg/d).

3.2.2.1.1 Grund- und Krafffutteraufnahme der Versuchsgruppen

Die folgende Tabelle 28 zeigt die Mengen an aufgenommener Grundration PMR und dem LKF im Mittel der 14 Versuchswochen. Für die PMR ergaben sich im Mittel mit 13,7 kg, 13,6 kg und 13,3 kg keine Unterschiede ($P > 0,1$) zwischen den jeweiligen Aufnahmemengen für die drei Behandlungsgruppen. Die verzehrten Mengen an LKF waren mit 5,35 kg, 5,47 kg und 5,63 kg ebenfalls gleich ($P > 0,1$) zwischen den Behandlungen. Insgesamt wurde für die Versuchsanstellung ein gutes Futteraufnahmeniveau erreicht.

Tabelle 28: Grund- und Krafffutteraufnahmen (PMR, LKF) im Versuchsmittel (kg T/d)

Futtermittel	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + RPF	
	kg T/d	SD	kg T/d	SD	kg T/d	SD
PMR (1-14. W.)	13,7	1,2	13,6	1,2	13,3	1,0
LKF (1-14. W.)	5,35	1,1	5,47	1,2	5,63	1,2

3.2.2.1.2 Gesamt-Trockenmasseaufnahme der Versuchsgruppen

Anhand der Abbildung 20 lässt sich der Verlauf bzw. das Niveau der Gesamt T – Aufnahme über die Versuchsdauer im Versuch II erkennen. Ebenso sind die Gesamt-Mittelwerte der drei Behandlungen dargestellt. Die T – Aufnahme betrug im Mittel der Versuchsgruppen 19,1 bzw. 19,0 kg und war absolut identisch zwischen den Gruppen, d.h. die Zulagen übten keinen Einfluss auf die Gesamt T – Aufnahme aus. Im graphischen Verlauf charakterisiert sich die Futteraufnahme folgendermaßen: Von einem gleich niedrigen Niveau in der ersten Woche von ca. 13,5 kg T für alle Gruppen stiegen die Mengen bis zur 7./8. Woche auf ca. 20 kg T/d an. Dieses Niveau wurde danach allen Behandlungen im weiteren Verlauf gehalten

bzw. steigerte sich geringfügig. An den graphisch dargestellten Standardabweichungen ist zu erkennen, dass die mittlere T – Aufnahme in allen Behandlungen um über ± 4 kg/d stark streut. Dies ist zum Teil auf den entsprechenden Färsenanteil in den drei Gruppen zurückzuführen.

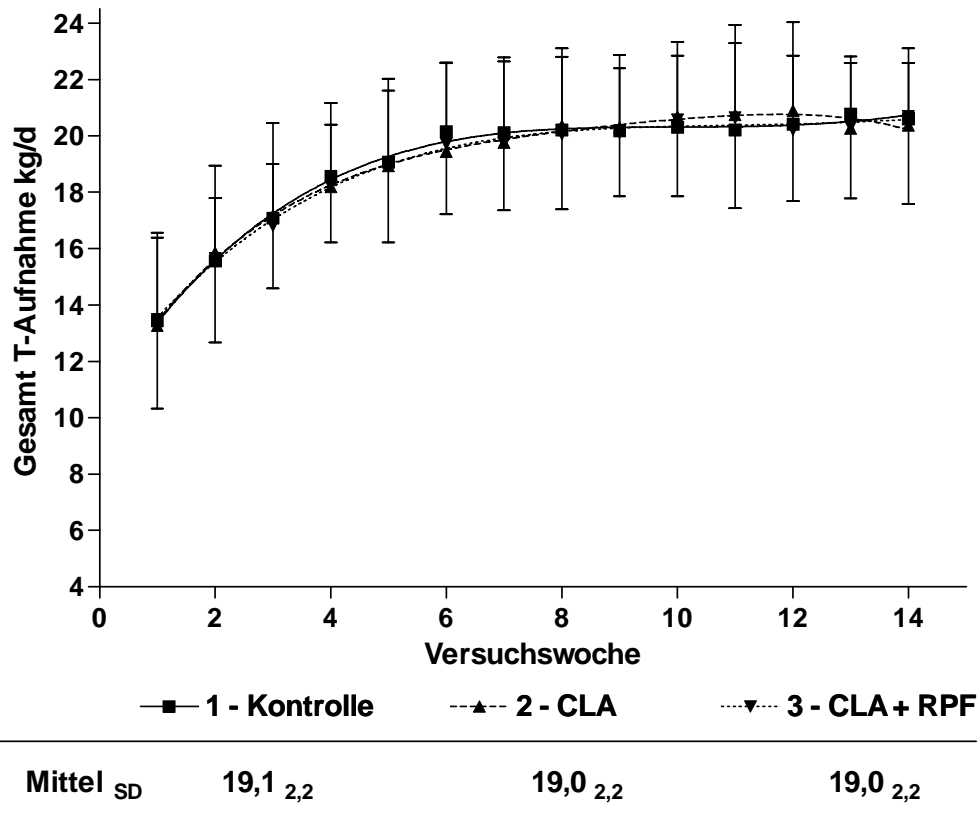


Abbildung 20: Mittlere Gesamt-Trockenmasseaufnahme (kg/d) im Versuchsverlauf

3.2.2.1.3 Aufnahme an konjugierter Linolsäure und pansengeschütztem Fett

Im Versuch II war es ebenso wie im Versuch I von der Versuchsanstellung her das Ziel, in Gruppe 2 und 3 ca. 200 g CLA-VM/Kuh/d zu verabreichen. Dies entsprach einer täglichen Menge von 40 g CLA bzw. 4 g des relevanten Isomers t10,c12-CLA. Aus Tabelle 29 ist zu sehen, dass an tatsächlich aufgenommenen Mengen in Gruppe 2 173 g CLA-VM bzw. 3,6 g t10,c12-CLA sowie in Gruppe 3 172 g CLA-VM und 3,6 g t10,c12-CLA erreicht wurden. Die Menge an pansengeschütztem Fett, die in Gruppe 3 kombiniert mit CLA verabreicht wurde, betrug im Mittel der 14 Wochen 506 g T/Kuh/d. Betrachtet man die ersten 7 Wochen, die Zeit in der die Menge an RPF von 100 g in Woche 1 auf 700 g in Woche 7 nach Anfütterungsprogramm gesteigert werden sollte, so konnten die nach Versuchsplan festgelegten Verzehrsmengen im Fütterungsversuch nahezu umgesetzt werden.

Tabelle 29: Mittlere Aufnahmen (g/d) an CLA-Vormischung (CLA-VM), t10,c12-CLA und pansengeschütztem Fett (RPF) im Versuchsverlauf

Woche	Behandlung 1	Behandlung 2		Behandlung 3		
	1 – Kontrolle	2 – CLA		3 – CLA + RPF		
		CLA-VM g T/d	t10,c12 CLA g/d	CLA-VM g T/d	t10,c12 CLA g/d	RPF g T/d
1	-	148	3,1	157	3,3	147
2	-	206	4,3	170	3,6	231
3	-	170	3,6	174	3,7	326
4	-	172	3,6	174	3,7	419
5	-	175	3,7	178	3,7	518
6	-	178	3,7	178	3,7	594
7	-	175	3,7	171	3,6	609
8	-	177	3,7	175	3,7	620
9	-	171	3,6	171	3,6	603
10	-	168	3,5	172	3,6	605
11	-	164	3,5	172	3,6	611
12	-	170	3,6	169	3,5	597
13	-	171	3,6	171	3,6	602
14	-	171	3,6	172	3,6	595
Mittel	-	173	3,6	172	3,6	506

3.2.2.1.4 Entwicklung der Futteraufnahme nach Absetzen der Zulagen

Die Erfassung der Fütterungsparameter erfolgte im Versuch II noch über die Zeit von 14 Wochen p.p. hinaus bis insgesamt zur 26. Woche p.p. Mit dem Erreichen der 15. Woche p.p. wurden in den Gruppen 2 und 3 die Zulagen CLA bzw. CLA+RPF abgesetzt. Durch die längerfristige Betrachtung sollten mögliche Auswirkungen bzw. Effekte nach der Fütterung von CLA bzw. CLA in Kombination mit RPF untersucht werden. In Tabelle 30 sind die jeweiligen mittleren Aufnahmen an PMR und LKF in kg T von der 15. bis zur 26. Versuchswoche zu sehen. Die mittlere T – Aufnahme an PMR betrug 16,7 kg für die Kontrollgruppe, 15,7 kg für Gruppe 2 und 15,5 kg für Gruppe 3 ($P > 0,1$). Die mittleren Aufnahmen an LKF lagen bei 3,40 kg, 3,90 kg und 4,10 kg T ($P > 0,1$). Insgesamt waren keine Einflüsse bzw. Unterschiede durch das Absetzen der Zulagen in der T – Aufnahme an PMR und LKF zwischen den Behandlungen auszumachen.

Tabelle 30: Grund- und Krafffutteraufnahmen (PMR, LKF) im Versuchsmittel (kg T/d) nach Absetzen der CLA- und RPF-Zulagen von der 15. bis 26. Versuchwoche

Futtermittel	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + RPF	
	kg T/d	SD	kg T/d	SD	kg T/d	SD
PMR (15-26. W.)	16,7	0,8	15,7	0,6	15,5	0,6
LKF (15-26. W.)	3,40	1,0	3,90	1,0	4,10	0,8

Die nachfolgende Abbildung 21 zeigt graphisch den Verlauf der Gesamt T – Aufnahme bis zur 26. Versuchwoche. Hier ist zu erkennen, dass bis zur 18. Woche zwischen den Gruppen absolut identische Verläufe in der Futteraufnahme zu verzeichnen sind. Bis zum Ende der 26. Woche ergaben sich im Verlauf geringfügige, numerische Unterschiede zwischen Kontrolle und den beiden Zulagegruppen, diese waren aber nicht signifikant abzusichern ($P > 0,1$). Anhand der mittleren Gesamt T – Aufnahmen mit 20,1 kg für 1 – Kontrolle und jeweils 19,6 kg T für 2 – CLA und 3 – CLA + RPF erkennt man das identische Futteraufnahmeniveau der drei Behandlungen über den Beobachtungszeitraum von der 15. bis 26. Wochen p.p. nach Absetzen der Zulagen.

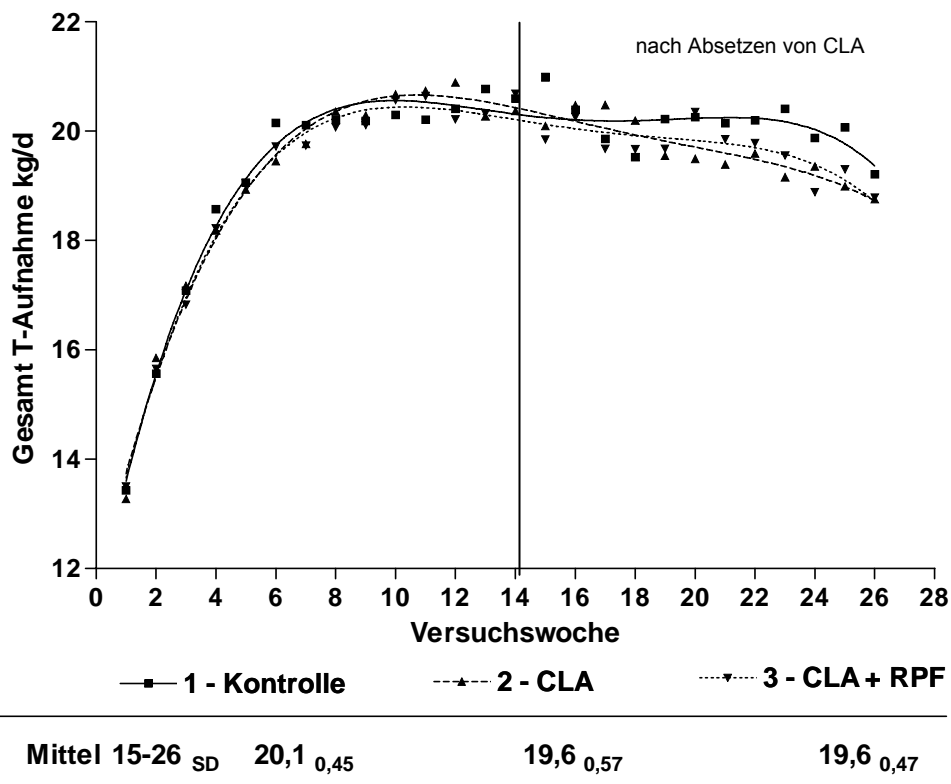


Abbildung 21: Gesamt T - Aufnahme (kg/d) im Versuchsmittel nach Absetzen der CLA- und RPF-Zulagen von der 15. bis zur 26. Versuchwoche

3.2.2.2 Milchmenge und Milchinhaltsstoffe

3.2.2.2.1 Milchmenge

Im Versuch II konnte im Vergleich zum Versuch I ein höheres Milchleistungsniveau erzielt werden. Dies ist zum Teil auch auf die höhere Futteraufnahme zurückzuführen. Der Verlauf der Milchleistung der drei Behandlungsgruppen lässt sich aus Abbildung 22 erkennen. Die Entwicklung der Milchleistung zwischen den Gruppen zeigte bis zur 8 – 9 Versuchswoche keine Unterschiede. Von ca. 30 kg Milch/Kuh/d steigerte sich die mittlere Milchmenge bis zum Peak der höchsten Leistung auf ein Niveau von fast 38 kg Milch/Kuh/d. Erst ab der 8. Woche differenzierten sich die Milchleistungen zwischen der Kontrolle und den beiden Zulagegruppen. Während die Kontrollgruppe stärker in der Milchleistung abfiel, zeigten die CLA – Zulage bzw. die Kombination CLA + RPF eine bessere Persistenz im Verlauf der Milchleistung. Somit ergab sich im Mittel eine um ~1 kg tendenziell erhöhte Milchleistung für 2 – CLA mit 35,9 kg und 3 – CLA + RPF mit 35,8 kg im Gegensatz zu 34,8 für 1 – Kontrolle. Insgesamt war die Streuung der mittleren Milchmengen über die Versuchswochen sehr stark ausgeprägt.

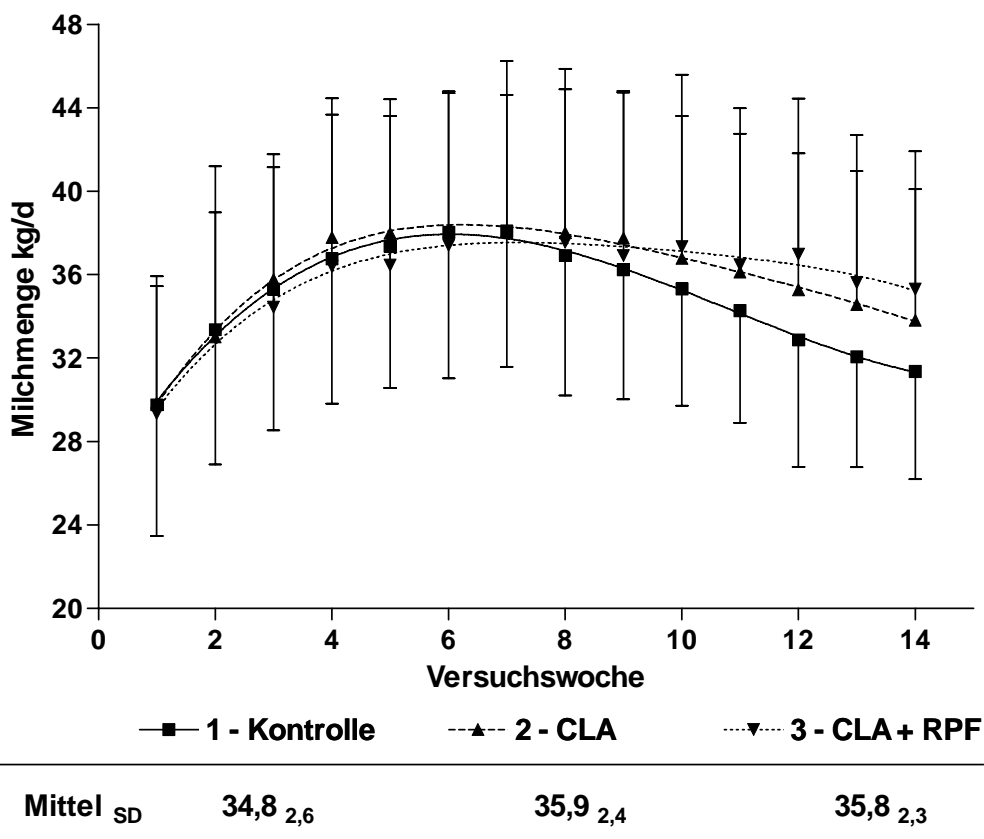
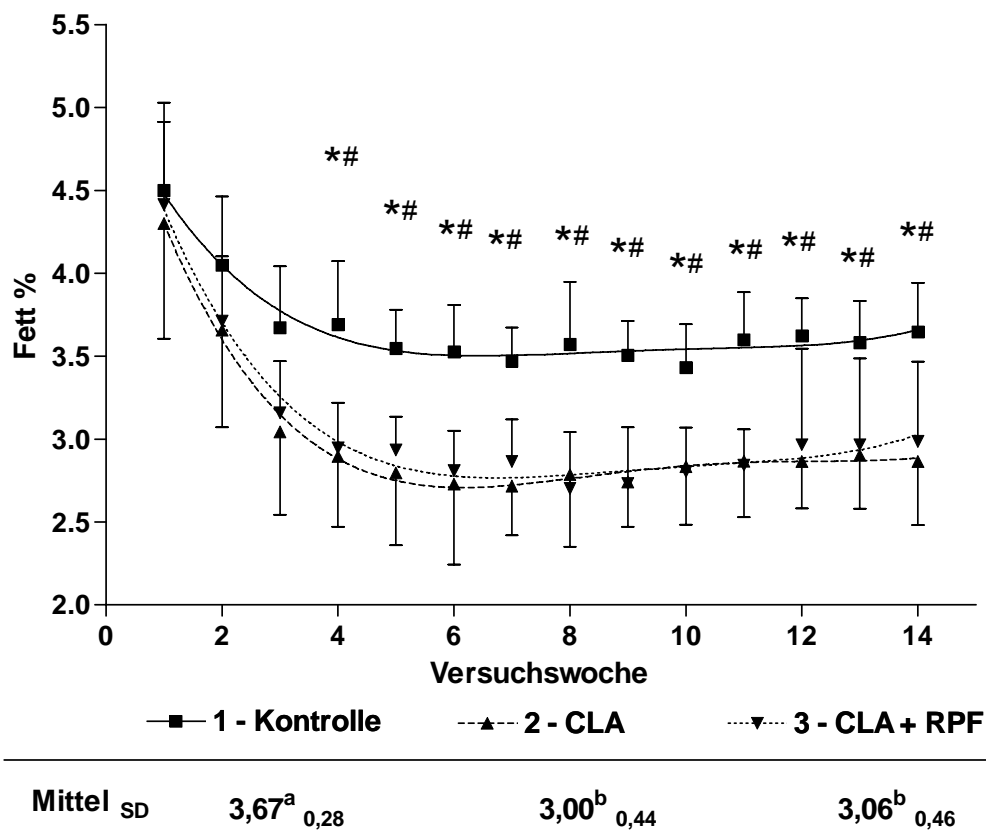


Abbildung 22: Mittlere Milchleistungen (kg/d) im Versuchsverlauf

3.2.2.2.2 Milchinhaltstoffe

Die milchfett senkende Eigenschaft der CLA – Zulage war auch im Versuch II, anhand des Verlaufs der Milchinhaltstoffe bzw. wie in Abbildung 23 gezeigt, zu erkennen. Im Versuchsmittel wurde eine um 17,5 %ige Absenkung des Fettgehaltes der beiden Zulagegruppen 2 – CLA und 3 – CLA + RPF erreicht. Dieser Effekt konnte im Mittel signifikant abgesichert werden ($P < 0,05$) mit 3,00 % bzw. 3,06 % für 2 – CLA und 3 – CLA + RPF im Vergleich zu 3,67 % für 1 – Kontrolle. Im Verlauf der Milchfettgehalte über die Versuchswochen ergab sich ein ähnliches Bild wie im Versuch I. Der Effekt der Zulage von CLA ist ab der 4. Woche als signifikant abzusichern gewesen ($P < 0,05$). Anfänglich befanden sich die Milchfettgehalte für alle drei Gruppen bei ca. 4,4 % Fett in Woche 1. Während die Gruppen 2 und 3 durch den Zulageneffekt auf ein Niveau von unter 3 % Fett absanken (ca. ab der 4. Woche), blieb die Kontrollgruppe auf einem höheren Niveau von über 3,5 % im Verlauf der Laktation.



ab unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, ($P < 0,05$)

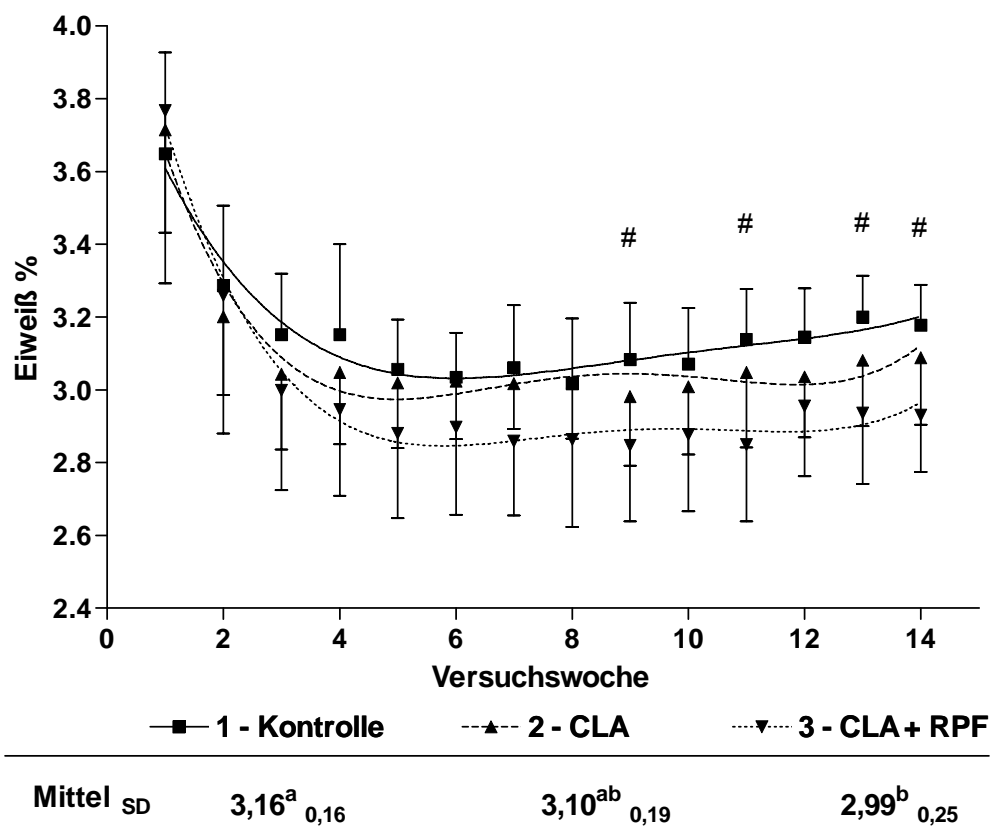
* kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen 1 - Kontrolle und 2 - CLA, ($P < 0,05$)

kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen 1 - Kontrolle und 3 - CLA + RPF, ($P < 0,05$)

Abbildung 23: Mittlerer Milchfettgehalt (%) im Versuchsverlauf

Signifikante Verlaufsunterschiede der Milchfettgehalte von Kontrolle und Zulagen wurden in diesem Versuch nicht unmittelbar nach CLA – Zulage, sondern erst ab der 4. Woche deutlich ($P < 0,05$).

Der Verlauf der analysierten Milcheiweißgehalte im Versuch II wird in der nachfolgenden Abbildung 24 gezeigt. Von einem gleichen Ausgangswert für alle drei Gruppen von ca. 3,7 % in der ersten Woche sanken die Eiweißgehalte insgesamt auf ein sehr niedriges Niveau von ca. 3 %. Während die Gruppen 1 – Kontrolle und 2 – CLA einen Gehalt von 3 % nicht unterschritten, so zeigt die Kombination von CLA + RPF geringere Milcheiweißgehalte, die als signifikant niedriger abgesichert werden konnten ($P < 0,05$). Hier ist der Einfluss auf einen verminderten Milcheiweißgehalt in der Rationsgestaltung mit der Komponente pansengeschütztem Fett zu sehen. Etwa ab der 6./7. Woche kam es zu einer leichten Stabilisierung im Verlauf der Milcheiweißgehalte aller Behandlungen.



ab unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, ($P < 0,05$)

kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen 1 - Kontrolle und 3 - CLA + RPF, ($P < 0,05$)

Abbildung 24: Mittlerer Milcheiweißgehalt (%) im Versuchsverlauf

Die analysierten Milcheiweißgehalte von 1 – Kontrolle mit 3,16 % und 2 – CLA mit 3,10 % lagen im Mittel signifikant höher ($P < 0,05$) gegenüber 3 – CLA + RPF mit 2,99%, so dass insgesamt durch die alleinige CLA – Zulage kein Effekt auf den

Milcheiweißgehalt festgestellt werden konnte, jedoch aber in Kombination mit RPF. Betrachtet man die Entwicklungen der Milchfett- und Milcheiweißleistungen in Abbildung 25, so ergibt sich folgendes Bild zwischen den Behandlungen. Bei der Milchfettleistung (linke Seite) traten entsprechend zum Verlauf der Milchfettgehalte Unterschiede zwischen 1 – Kontrolle und den Zulagen 2 – CLA sowie 3 – CLA + RPF auf. Die Gruppen 2 und 3 wiesen über die Versuchswochen insgesamt signifikant niedrigere Milchfettleistungen auf, mit im Mittel 1275 g/d für die Kontrolle im Gegensatz zu 1069 g und 1074 g für 2 – CLA sowie 3 – CLA + RPF ($P < 0,05$). Die Streuung der Milchfettleistung war in Anlehnung an die ebenfalls stark variierende Milchleistung entsprechend hoch.

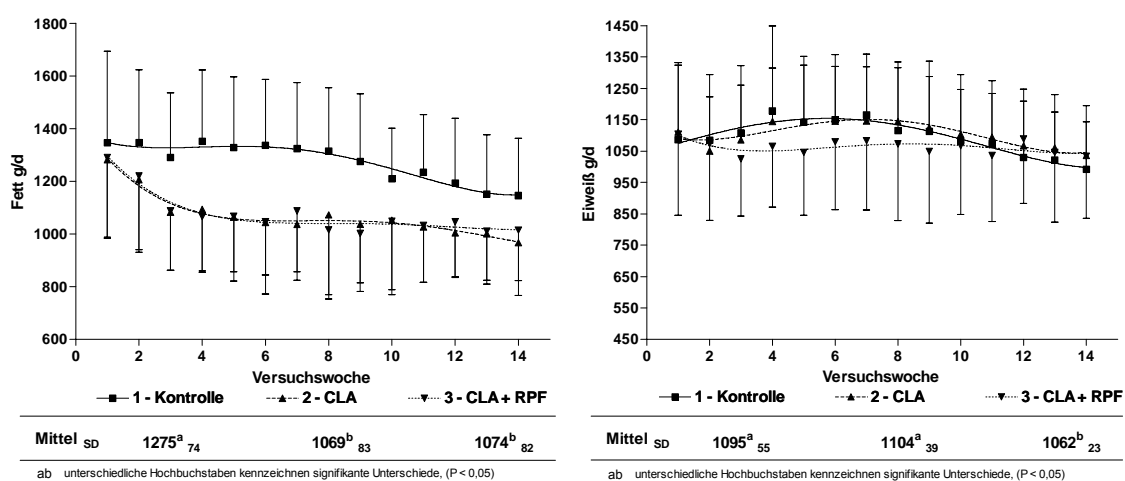


Abbildung 25: Mittlere Milchfett- und Milcheiweißleistung (g/d) im Versuchsverlauf

Die rechte Seite der Abbildung 25 zeigt die Milcheiweißleistung. Wie schon bei den Eiweißgehalten dargestellt, zeigte sich im Verlauf der mittleren Milcheiweißleistung ein geringer Unterschied zwischen 1 – Kontrolle und 2 – CLA im Vergleich zu 3 – CLA + RPF besonders von der 3. bis zur 9. Versuchswoche. Die ebenfalls für alle Gruppen stark streuenden Milcheiweißmengen waren im Mittel in der Gruppe 3 mit 1062 g im Gegensatz zu Gruppe 1 und 2 mit jeweils 1095 g und 1104 g signifikant erniedrigt ($P < 0,05$). Dieser Effekt ist auf den Einsatz des pansengeschützten Fettes und nicht auf die Zulage CLA zurückzuführen.

In den erhobenen Milchproben wurden weitere Inhaltsstoffe wie der Milchharnstoff- und der Milchlaktosegehalt analysiert. Diese sind in Tabelle 31 aufgeführt. Anhand des Milchharnstoffgehaltes lässt sich die Versorgungssituation an vorhandenem Rohprotein in der Ration erläutern. Die gemessenen Milchharnstoffgehalte spiegelten die bereits bei den Eiweißgehalten erwähnten Einflüsse des pansengeschützten

Fetts auf erniedrigte Gehalte in der Milch wider. Im Mittel lag der Milchharnstoffgehalt der Gruppe 3 mit 208 mg/l signifikant niedriger gegenüber den Gehalten der Gruppen 1 und 2 mit jeweils 252 und 250 mg/l ($P < 0,05$). Auf den Milchlaktosegehalt hatte die Zulage von CLA bzw. die Kombination von CLA + RPF keinen Einfluss. Es ergaben sich gleiche mittlere Gehalte von 4,85 %, 4,86 % und 4,81 % in den drei Gruppen ($P > 0,1$).

Tabelle 31: Milchharnstoff- (mg/l) und Lactosegehalte (%) im Versuchsmittel

	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + RPF	
	Harnstoff mg/l	Laktose %	Harnstoff mg/l	Laktose %	Harnstoff mg/l	Laktose %
Mittel (1-14 W.)	252 ^a	4,85	250 ^a	4,86	208 ^b	4,81
SD	12,8	0,07	20,1	0,08	12,6	0,06

ab - unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb einer Zeile ($P < 0,05$)

3.2.2.3 Entwicklung der Milchleistung und Milchinhaltsstoffe nach beendeter Zulage von CLA bzw. CLA und RPF

Von der Versuchsanstellung her wurde bereits bei der Erfassung der Futterparameter eine längerfristige Betrachtung über 14 Laktationswochen hinaus durchgeführt. Diese war auch bei den Leistungsparametern von besonderem Interesse bzw. welche Effekte sich nach dem Absetzen der verabreichten Zulagen CLA und RPF ergeben würden. In dem bereits gezeigten Verlauf der Milchmengen (siehe 3.2.2.2.1) war zu erkennen, dass der positive, tendenzielle Effekte der Zulage CLA bzw. die Kombination mit RPF erst in der zweiten Hälfte des Versuchszeitraums deutlicher wurde und die Milchleistung in den beiden Zulagegruppen höher lag im Gegensatz zur Kontrollgruppe. Aus der Abbildung 26 lässt sich dies durch die höheren Verlaufskurven erkennen. Darüber hinaus ist zu sehen, wie sich der Effekt der tendenziell erhöhten Milchleistung in den folgenden Versuchswochen bis zur 26. Woche p.p. fortsetzt. Nach Absetzen der CLA Zulage bzw. der Kombination CLA + RPF blieb die Milchleistung tendenziell erhöht ($P < 0,1$) und lag im Mittel von der 15. bis 26. Woche in den beiden Zulagegruppen mit 27,6 und 27,5 kg/d im Gegensatz zu 25,5 kg/d in der Kontrolle um ca. 2 kg/d höher.

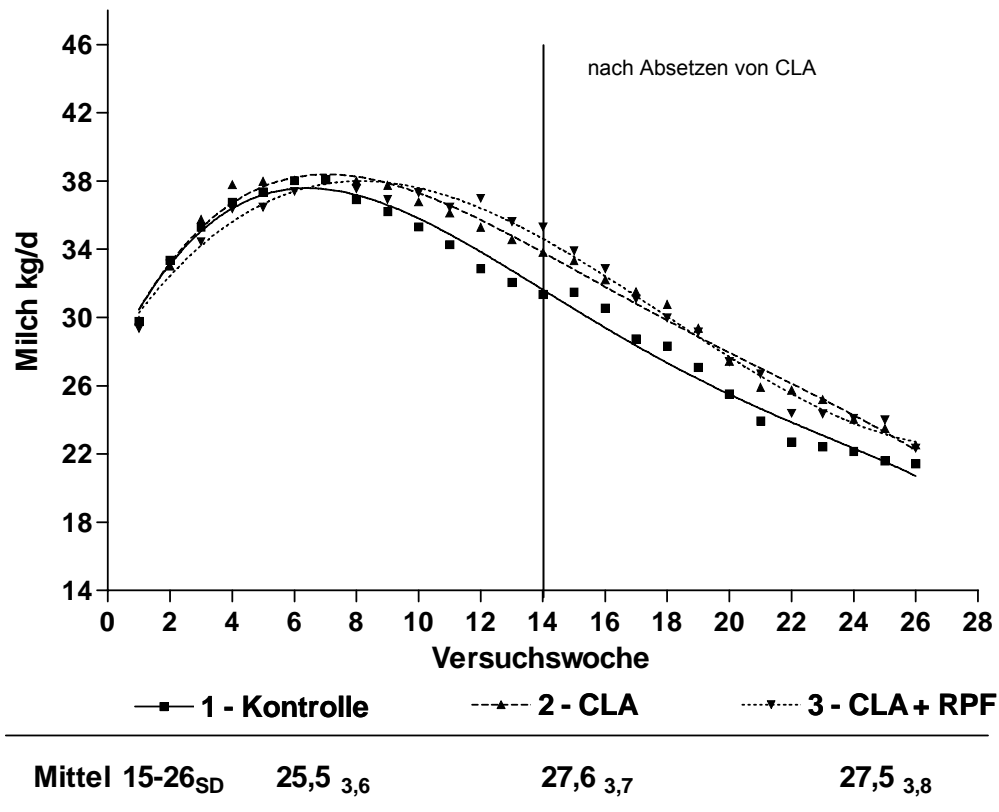


Abbildung 26: Milchmenge (kg/d) im Versuchsmittel nach Absetzen der CLA- und RPF-Zulagen von der 15. bis zur 26. Versuchswoche

Neben der Entwicklung der Milchleistung wurden auch die Milchhaltsstoffe Fett und Eiweiß weiterhin analysiert. In Abbildung 27 wird verdeutlicht, wie sich das Absetzen der Zulagen im weiteren Versuchverlauf ausgewirkt hat. In der Darstellung der Milchfettgehalte (linke Seite) ist zu erkennen, dass der milchfettsenkende Effekt von

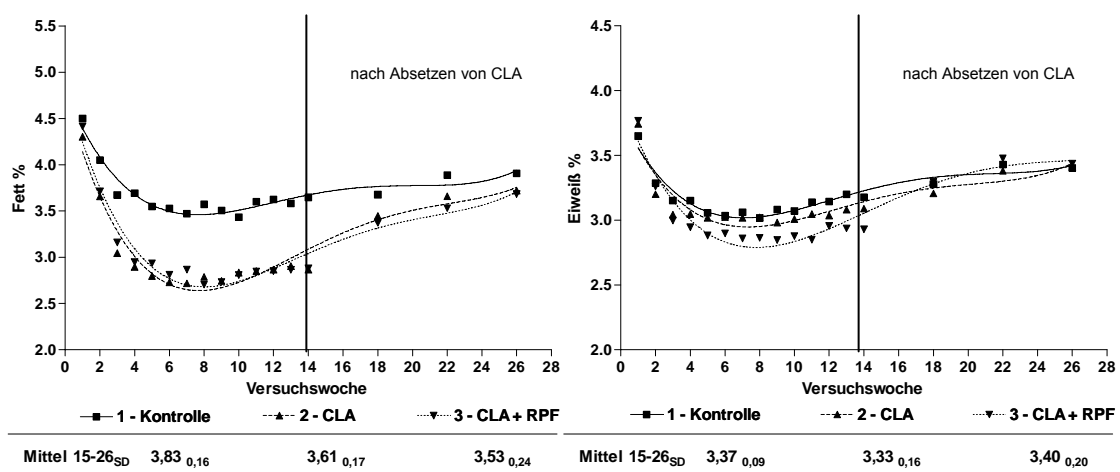


Abbildung 27: Milchfett- und Milcheiweißgehalt (%) im Versuchsmittel nach Absetzen der CLA- und RPF-Zulagen von der 15. bis zur 26. Versuchswoche

CLA wieder relativiert wird und sich die Milchfettgehalte der Gruppen 2 und 3 allmählich auf das Niveau der Kontrollgruppe einstellen. Diese Rückkehr zu einem „normalen“ Fettgehalt geschah aber nicht unmittelbar, sondern mit einer Verzögerung von 4 Wochen. Im Gegensatz zur Absenkung des Milchfettgehaltes, die bereits nach relativ kurzer Zeit zu verzeichnen war, so verlief die Anhebung der Milchfettgehalte deutlich zeitverzögert. Die mittleren Fettgehalte waren über den Zeitraum von der 15. bis 26. Woche p.p. in allen Gruppen mit jeweils 3,83 % für die 1 – Kontrolle 3,61 % für 2 – CLA und 3,53 % für 3 – CLA + RPF gleich.

Auf der rechten Seite der Abbildung 27 sind die Milcheiweißgehalte abgebildet. Hier war zu erkennen, dass es nach Beendigung der CLA – Zulage im Verlauf der Eiweißgehalte in der Milch keine Unterschiede zwischen den Behandlungen gab. Der zuvor erniedrigte Eiweißgehalt der Gruppe 3 glich sich nach Beendigung der Zulage RPF wieder an die Gruppen 1 und 2 an. Im Mittel lagen die Eiweißgehalte der Behandlungen bei 3,37 %, 3,14 % und 3,06 % im Zeitraum von der 15. bis 26. Versuchswoche.

Betrachtet man die Graphen der Milchfett- und Milcheiweißleistung in Abbildung 28, so ist zu erkennen, dass sich mit Ende der Fütterung von CLA und CLA + RPF die täglichen Milchfett- und Milcheiweißmengen im Verlauf ab der 14. Woche wieder aneinander anglichen. Die mittleren Milchfettleistungen zeigten in der Nachperiode keine signifikanten Unterschiede, ebenso wie die mittleren täglichen Eiweißmengen. Es ergaben sich unterschiedliche Verläufe zwischen 1 – Kontrolle, 2 – CLA und 3 – CLA + RPF aufgrund der höheren Milchleistung in der Nachperiode ($P > 0,1$).

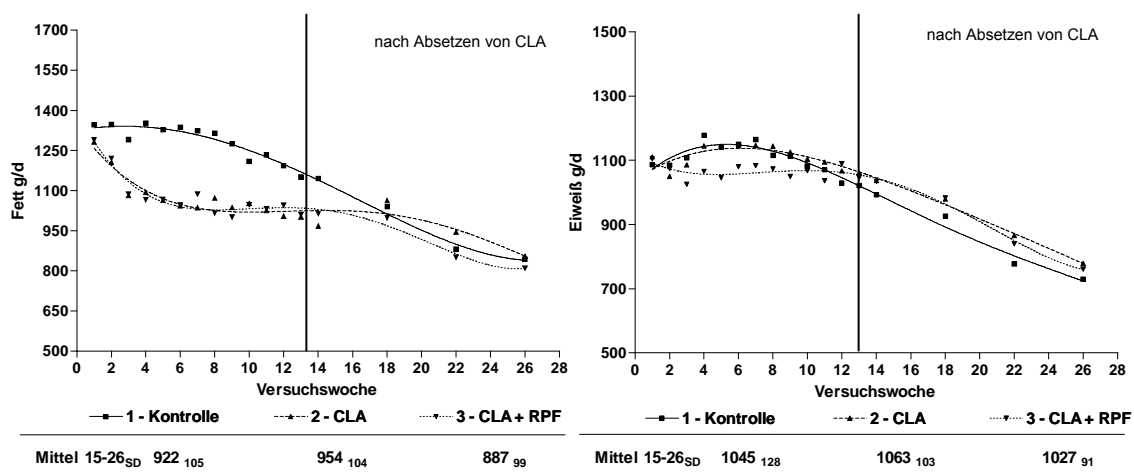


Abbildung 28: Milchfett- und Milcheiweißleistung (g/d) im Versuchsmittel nach Absetzen der CLA- und RPF-Zulagen von der 15. bis zur 26. Versuchswoche

3.2.2.4 Nährstoff- und Energieversorgung

3.2.2.4.1 Nährstoff- und Energieaufnahme

Der Verlauf und die absolute Höhe der täglichen Energieaufnahme war für alle Gruppen über die Versuchswochen identisch zur der bereits dargestellten Futteraufnahme. Das etwas höhere Futteraufnahmeniveau in Versuch II bedingte somit auch eine etwas höhere Energieaufnahme zu Versuchsbeginn. Die mittleren Energieaufnahmen, dargestellt in Tabelle 32, unterschieden sich mit im Mittel 93, 92 und 94 MJ NEL/d in der ersten Versuchswoche nicht zwischen den Behandlungen. Insgesamt war die Energieaufnahme jedoch nicht ausreichend, um das zu Laktationsbeginn stark ausgeprägte Energiedefizit zu mindern. Mit steigender Futteraufnahme stieg die Menge an zugeführter Energie in allen Gruppen gleich an. Ab etwa der 7./8. Woche wurde auch hier mit dem Erreichen der nahezu maximalen Futteraufnahme eine Art Plateauphase in der Energieaufnahme erreicht.

Tabelle 32: Mittlere Energie- (MJ NEL/d) und nXP-Aufnahmen (g/d) im Versuchsverlauf

Woche	Behandlung 1				Behandlung 2				Behandlung 3			
	1 – Kontrolle				2 – CLA				3 – CLA + RPF			
	NEL MJ/d	SD	nXP g/d	SD	NEL MJ/d	SD	nXP g/d	SD	NEL MJ/d	SD	nXP g/d	SD
1	93	21	2118	489	92	23	2054	527	94	20	2063	453
2	108	20	2453	468	110	21	2462	485	110	15	2396	341
3	119	17	2704	399	119	23	2681	523	120	15	2573	330
4	130	16	2950	376	127	21	2854	493	130	15	2784	339
5	134	20	3028	447	133	22	2986	504	137	18	2914	392
6	142	20	3214	446	137	22	3078	511	143	20	3019	438
7	142	19	3214	420	139	22	3130	495	143	20	3025	438
8	142	19	3229	427	143	17	3228	402	145	21	3069	459
9	142	16	3225	365	141	18	3196	418	145	16	3064	343
10	143	17	3236	381	145	19	3252	421	148	16	3129	342
11	142	19	3200	432	145	22	3251	487	149	19	3135	410
12	143	20	3221	445	146	22	3272	486	146	19	3071	415
13	145	21	3274	490	142	18	3178	398	146	17	3099	362
14	144	21	3242	491	142	16	3194	358	149	19	3161	389
Mittel	133	16	3022	355	133	16	2987	360	136	17	2893	329

Insgesamt lag ab diesem Zeitpunkt die Höhe der täglich aufgenommenen Energie bei ca. 145 MJ NEL für alle Behandlungen. Mit im Mittel 133, 133 und 136 MJ NEL/d konnten keine Unterschiede in der Energieaufnahme über die gesamte Versuchsperiode ausgemacht werden.

Die Aufnahmen an nXP in g/d stellten sich in gleicher Art und Weise wie die der täglichen Energieaufnahme dar. Ausgehend von einem Niveau von ca. 2000 – 2100 g nXP/d erreichten die Gruppe 1 und 2 ihre maximale nXP – Zufuhr von über 3200 g/d etwa ab der 7./8. Versuchswoche. Dem gegenüber lag die Gruppe 3 insgesamt in der Tendenz der Aufnahme um ca. 100 g nXP/d niedriger. Über die gesamte Versuchsdauer gesehen unterschieden sich die mittleren nXP – Aufnahmen mit 3022 g für 1 – Kontrolle, 2987 g für 2 – CLA und 2893 g für 3 – CLA + RPF nicht.

3.2.2.4.2 Nährstoff- und Energiebilanz

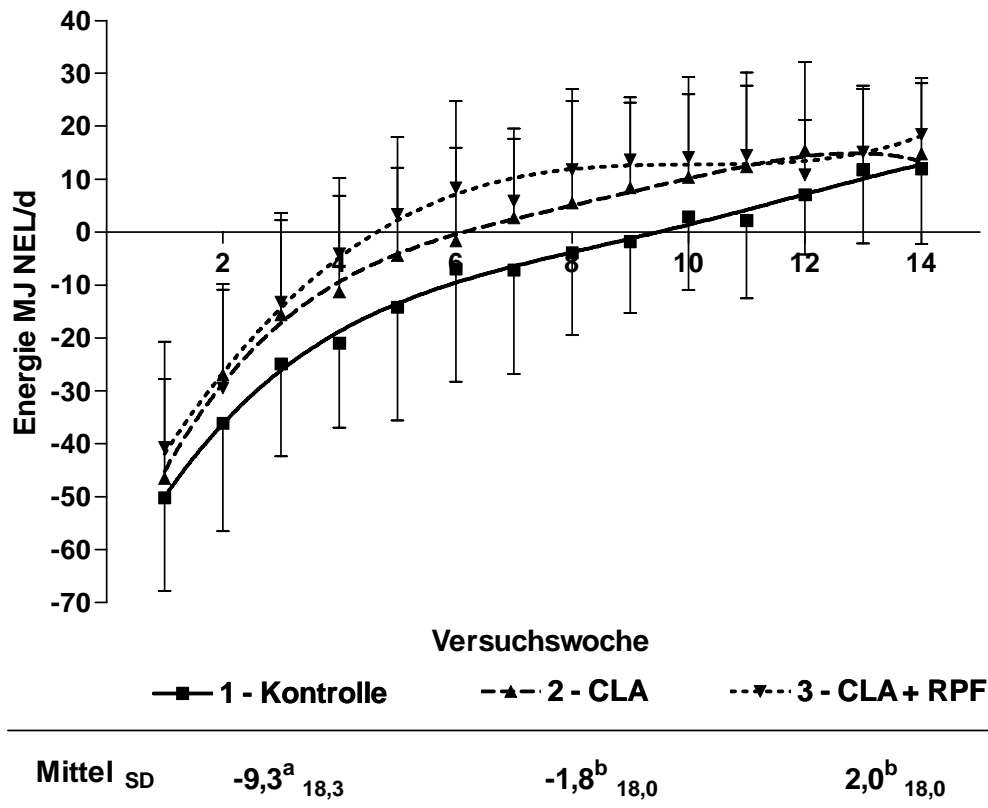
In der nachfolgenden Tabelle 33 sind die Bilanzen für nXP und die RNB jeweils in g/d dargestellt. Zu Beginn des Versuchs unterlagen alle Behandlungen einem stark ausgeprägten nXP – Defizit. Hier wurden Unterversorgungen von –805 g/d in der Kontrolle, –817 g/d in 2 – CLA und –720 g/d in 3 – CLA + RPF festgestellt. Das negative Ausmaß der nXP-Bilanz verbesserte sich im Laufe der Versuchswochen nur langsam, so dass in der Kontrollgruppe erst ab der 11./12. Versuchswoche eine ausgeglichene Bilanz erreicht wurde. Die Gruppe 2 ging erst ab der 13. Woche in einen ausgeglichenen Bilanzbereich über, während die Gruppe 3 sich über den gesamten Versuchszeitraum in einer negativen nXP-Bilanz befand. Im Mittel wurden für alle Gruppen negative nXP-Bilanzen errechnet. Die Kontrolle lag im Mittel bei einer Bilanz von –247 g/d, die CLA Zulage bei –368 g/d und die Kombination CLA + RPF bei sogar –454 g/d.

Tabelle 33: Mittlere nXP- und ruminale Stickstoffbilanzen (g/d) im Versuchsverlauf

Woche	Behandlung 1				Behandlung 2				Behandlung 3			
	1 – Kontrolle				2 – CLA				3 – CLA + RPF			
	nXP g/d	SD	RNB g/d	SD	nXP g/d	SD	RNB g/d	SD	nXP g/d	SD	RNB g/d	SD
1	-805	364	1	9	-817	349	-4	6	-720	477	-1	5
2	-689	458	0	6	-653	325	-5	8	-789	544	0	5
3	-595	513	-1	11	-655	362	-5	13	-658	456	-3	12
4	-518	448	-3	14	-646	456	-3	15	-604	459	-8	12
5	-438	544	-4	16	-531	411	-2	15	-480	465	-5	12
6	-287	546	-7	17	-505	434	1	14	-441	527	-3	14
7	-311	526	-5	15	-398	440	1	12	-501	457	-3	14
8	-201	428	0	10	-291	488	2	13	-413	452	6	11
9	-149	374	2	16	-300	536	2	16	-366	419	3	16
10	-65	386	1	19	-168	419	-2	19	-334	494	3	15
11	-14	364	-2	19	-113	510	-4	18	-327	354	2	15
12	119	289	-2	17	-24	466	-4	18	-365	322	-1	15
13	237	331	-2	15	-62	436	-7	14	-225	367	0	9
14	263	341	-7	10	16	407	-6	12	-139	296	1	12
Mittel	-247	336	-2	3	-368	272	-3	3	-454	186	-1	4

Die ersten Versuchswochen waren auch im Versuch II von einem stark ausgeprägten Energiedefizit aller drei Behandlungen mit im Mittel zwischen -40 und -50 MJ NEL/d gekennzeichnet. Mit steigender Futter- bzw. Energieaufnahme verbesserte sich die mittlere Energiebilanz insgesamt in allen Behandlungen. Der Unterschied im Verlauf der mittleren Energiebilanzen zwischen Kontrolle und den beiden Zulagegruppen ist aus Abbildung 29 ersichtlich. Über den gesamten Versuchszeitraum bis zur 14. Woche verlief die Kurve der Energiebilanz der Kontrollgruppe unterhalb der Kurven der CLA- bzw. CLA + RPF Gruppe. Die Kontrolle ging etwa ab der 9. Woche in eine ausgeglichene Energiebilanz über. Im Gegensatz dazu erreichte die Behandlung 2 etwa ab der 5./6. Woche und die Behandlung 3 nochmals eine Woche früher ein ausgeglichenes Energieniveau. Über die gesamte Versuchsperiode konnten die Unterschiede zwischen 1 – Kontrolle sowie 2 – CLA und 3 – CLA + RPF mit im Mittel $-9,3$ MJ NEL/d gegenüber $-1,8$ MJ NEL/d und $2,0$ MJ NEL/d signifikant abgesichert werden ($P < 0,05$). Die Standardabweichungen unterschieden sich nicht zwischen

den Behandlungen und streuten mit ± 18 MJ NEL/d in allen drei Gruppen gleich stark.



ab unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, ($P < 0,05$)

Abbildung 29: Mittlere Energiebilanz (MJ NEL/d) im Versuchsverlauf

Aus Tabelle 34 ist zu sehen, wie sich das Intervall bis zum Erreichen einer ausgeglichenen EB durch die Zulage CLA bzw. in Kombination mit RPF verkürzte. Die Kontrolle erreichte im Mittel nach 62 Tagen eine ausgeglichene EB. Demgegenüber konnte die CLA Gruppe dieses Intervall um 13 Tage verkürzen. Durch die Zulage von RPF verkürzten sich dieser Zeitraum nochmals um 15 Tage, so dass zwischen Kontrolle und 3 – CLA + RPF ein Unterschied von 28 Tagen im Erreichen einer ausgeglichenen EB festgestellt wurde.

Tabelle 34: Mittleres Intervall (in Tagen, d) von der Kalbung bis zum Erreichen einer ausgeglichenen Energiebilanz (EB (+/-) der drei Behandlungen

	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + RPF	
	d	SD	d	SD	d	SD
Tage bis EB (+/-)	62	20	49	17	34	19

3.2.3 Stoffwechsel und Körperkondition

3.2.3.1 Blutparameter

3.2.3.1.1 Glucose im Blutplasma

Die gemessenen Konzentrationen des Blutglucosespiegels sind in der Abbildung 30 aufgezeichnet. Im Verlauf der ersten beiden Wochen a.p. sowie der 1. und 2. Woche p.p. zeigen die Glucosekonzentrationen ein charakteristisches Bild. Ausgehend von einem zunächst gleichen Blutplasmagehalt von ca. 3,70 mmol/l fallen alle drei Behandlungen bis zur 2. Woche p.p. auf ihren niedrigsten Stand im Versuchsverlauf von knapp 3,25 mmol/l. Danach zeigen alle Behandlungen in der weiteren Entwicklung eine wieder ansteigende bzw. sich stabilisierende Tendenz. Die Gruppe 3 wies gegenüber der Gruppe 1 und 2 ab der 3. Woche p.p. einen leicht niedrigeren Blutglucosespiegel bis zum Ende der Versuchsperiode auf. Die berechneten Mittelwerte für 1 – Kontrolle von 3,50 mmol/l, 2 – CLA von 3,53 mmol/l und 3 – CLA + RPF mit 3,41 mmol/l unterschieden sich nicht zwischen den Behandlungen ($P > 0,1$).

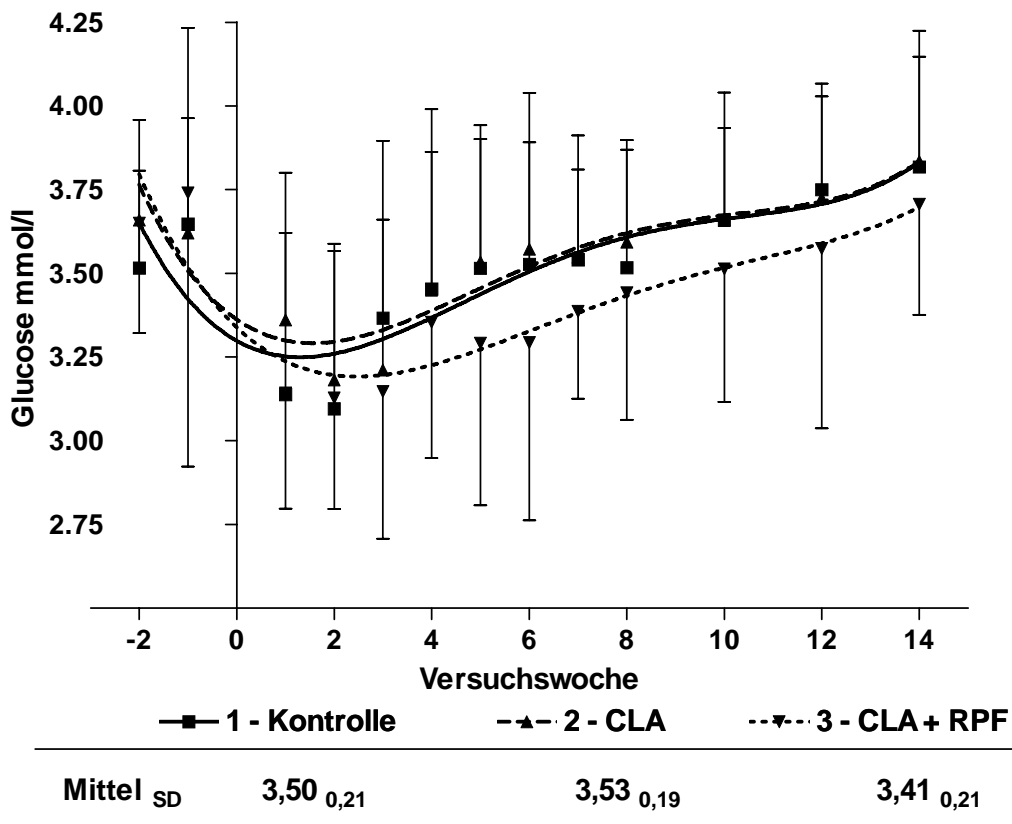
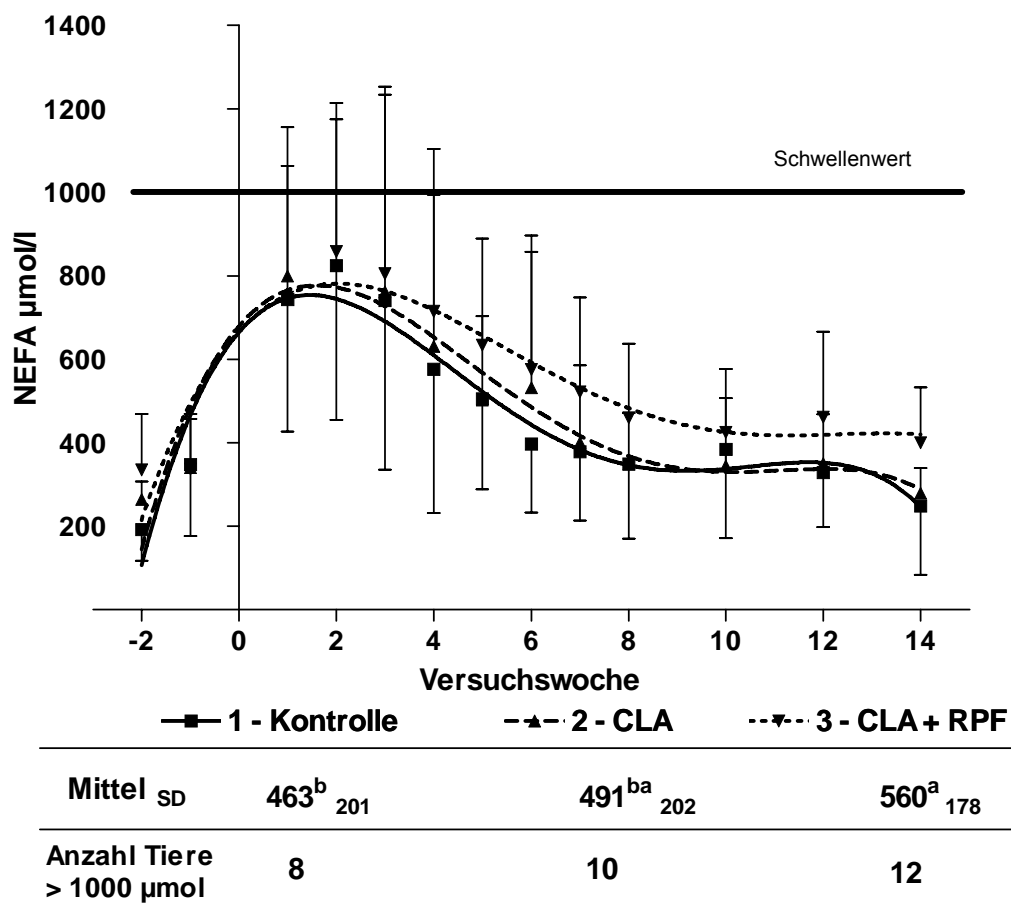


Abbildung 30: Mittlere Blutplasmakonzentration an Glucose (mmol/l) im Versuchsverlauf

3.2.3.1.2 Freie Fettsäuren (NEFA) im Blutplasma

Die gemessenen Blutplasmagehalte an nicht-veresterten freien Fettsäuren lagen zu Beginn der Versuchsperiode in der Woche 2 a.p. für alle drei Behandlungen auf einem gleich niedrigen Level von ca. 250 $\mu\text{mol/l}$ (siehe Abbildung 31). Mit Eintreten des Geburtszeitpunkts stiegen die Konzentrationen stark an und erreichten in der 2. Woche p.p. die maximalen Werte von bis zu 800 $\mu\text{mol/l}$ in allen drei Gruppen. Ab der 3./4. Woche p.p. fielen die Konzentrationen an NEFA wieder ab und stabilisierten sich in der Gruppe 1 und 2 im Gegensatz zur Gruppe 3 auf einem Niveau von ca. 400 $\mu\text{mol/l}$ bis zum Ende des Versuchszeitraumes. In Gruppe 3 ergab sich von Woche 3 eine um ca. 100 $\mu\text{mol/l}$ erhöhte Konzentration im Kurvenverlauf, so dass die Kombination von CLA + RPF in diesem Abschnitt zu höheren Gehalten an freien Fettsäuren im Blutplasma führte. Im Mittel über die gesamten Versuchswochen ergaben sich somit Unterschiede zwischen 1 – Kontrolle und 3 – CLA + RPF.



ab unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, ($P < 0,05$)

Abbildung 31: Mittlere Blutplasmakonzentration an Freien Fettsäuren (NEFA, $\mu\text{mol/l}$) im Versuchsverlauf

Über alle Messwerte hinweg hatte die Gruppe 3 mit 560 $\mu\text{mol/l}$ im Gegensatz zu Gruppe 1 und 2 mit jeweils 463 $\mu\text{mol/l}$ und 491 $\mu\text{mol/l}$ eine signifikant höhere Konzentration ($P < 0,05$).

Ausgehend von denen in der 2. Woche p.p. erreichten Maximalwerten von ca. 800 $\mu\text{mol/l}$ kam es bei Einzeltieren auch zu drastisch höheren Werten als im Mittel der Versuchstiere. Die Häufigkeiten an Überschreitungen einer physiologisch kritischen Grenze von 1000 $\mu\text{mol/l}$ sind ebenso in der Abbildung 31 dargestellt. Hier zeigte sich, dass in der Kontrollgruppe mit insgesamt $n = 8$ Beobachtungen gegenüber $n = 10$ und $n = 12$ Beobachtungen in den beiden Zulagegruppen anzahlmäßig weniger Kühe eine kritische NEFA Konzentration aufwiesen.

3.2.3.1.3 Beta-Hydroxybutyrat (BHB) im Blutplasma

Genauso wie bei der Darstellung der NEFA Blutplasmagehalte stellte sich auch bei der Analyse der BHB Konzentrationen ein ähnliches Bild zwischen den Behandlungen dar (siehe Abbildung 32). In der 2. Woche p.p. war die BHB Konzentration bei allen Gruppen gleich niedrig. Von ca. 0,45 mmol/l stiegen die Gehalte aller Gruppen auf knapp 0,6 mmol/l an. Die Kontrollgruppe erreichte dieses Maximum in der 2. Woche p.p. und fiel danach gleichmäßig bis zur 8. Woche p.p. wieder auf ihr Anfangsniveau ab. Die CLA Gruppe hatte ihr Maximum ca. eine Versuchswoche später mit ebenfalls 0,6 mmol/l . Der Abfall der BHB Konzentration verlief dann aber etwas gemäßiger und erreichte erst in der 12. Woche p.p. das Anfangsniveau. Etwas differenzierter im Verlauf stellte sich die Gruppe 3 dar. Hier wurde ein tendenziell geringfügig höheres Maximum erst in der 4./5. Woche p.p. erreicht, um dann in einem höheren Verlauf erst wieder in der Woche 12 p.p. das Konzentrationsniveau der anderen beiden Gruppen zu erreichen. Bei den Mittelwerten der drei Gruppen ergaben sich mit 0,493 mmol/l , 0,521 mmol/l und 0,546 mmol/l keine Unterschiede im Versuchsverlauf. In der Anzahl der Überschreitungen der kritischen Grenze für die Konzentration an BHB im Blutplasma von 1,0 mmol/l war zu erkennen, dass mit $n = 3$ Beobachtungen für die Kontrolle, $n = 5$ für 2 – CLA und $n = 4$ für 3 – CLA + RPF keine Aussagen eines erhöhten Ketoserisikos aufgrund von Einzeltierbeobachtungen gemacht werden konnten.

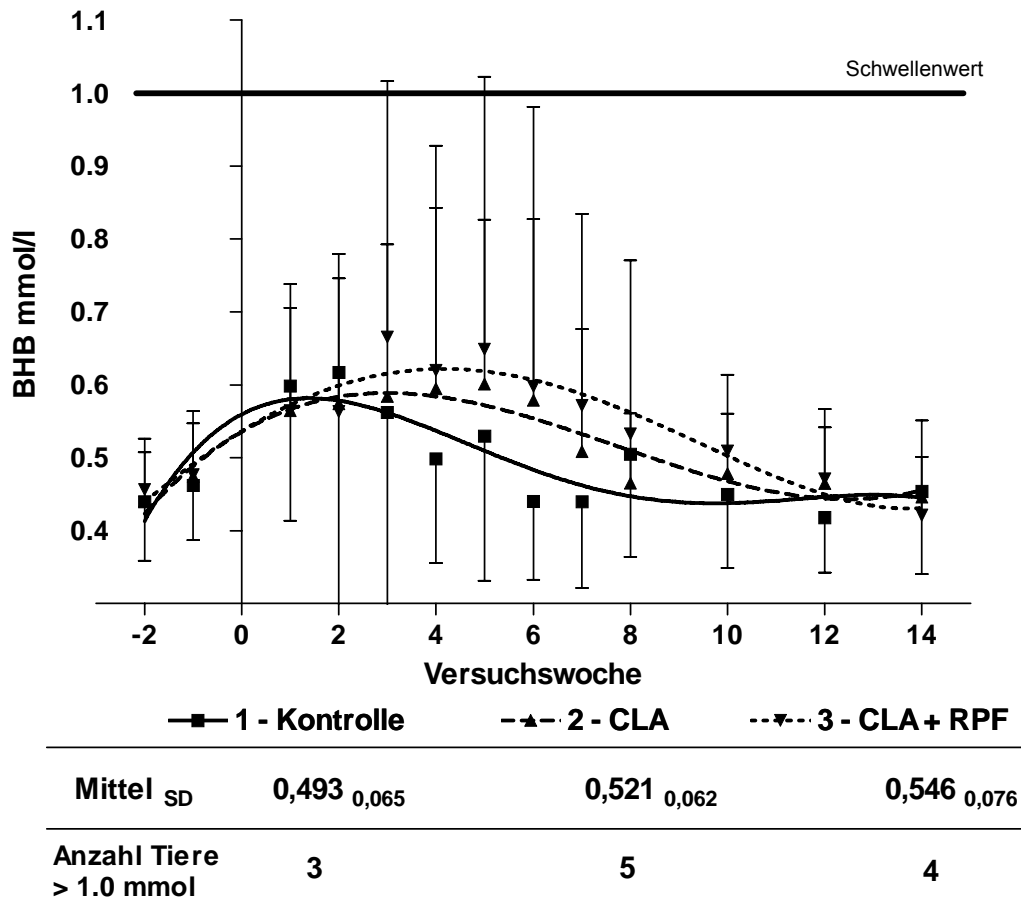


Abbildung 32: Mittlere Blutplasmakonzentrationen an Beta-Hydroxybutyrat (BHB, mmol/l) im Versuchsverlauf

3.2.3.1.4 Leberenzyme im Blutplasma

AST

Die analysierte AST-Aktivität im Blutplasma wird in der Abbildung 33 dargestellt. Insgesamt befanden sich die Gehalte im Versuch II auf einem höheren Konzentrationsniveau nahe unterhalb des Grenzbereichs von 100 U/l. Die niedrigsten Aktivitäten für alle Behandlungen wurden im Zeitraum vor der Kalbung mit Gehalten von ca. 60 U/l gemessen. Mit überschreiten des Geburtszeitpunktes stiegen die AST – Aktivitäten gleichermaßen in der Kontrolle als auch in den beiden Zulagegruppen an. In der 1. und 2. Woche p.p. konnte ein Peak für alle drei Gruppen mit Werten um die 100 U/l verzeichnet werden. Im weiteren Verlauf zeigten sich ebenfalls keine Unterschiede zwischen den Behandlungen. Alle AST Konzentrationen sanken zwischen der 7./8. Woche geringfügig ab (ca. 80 U/l).

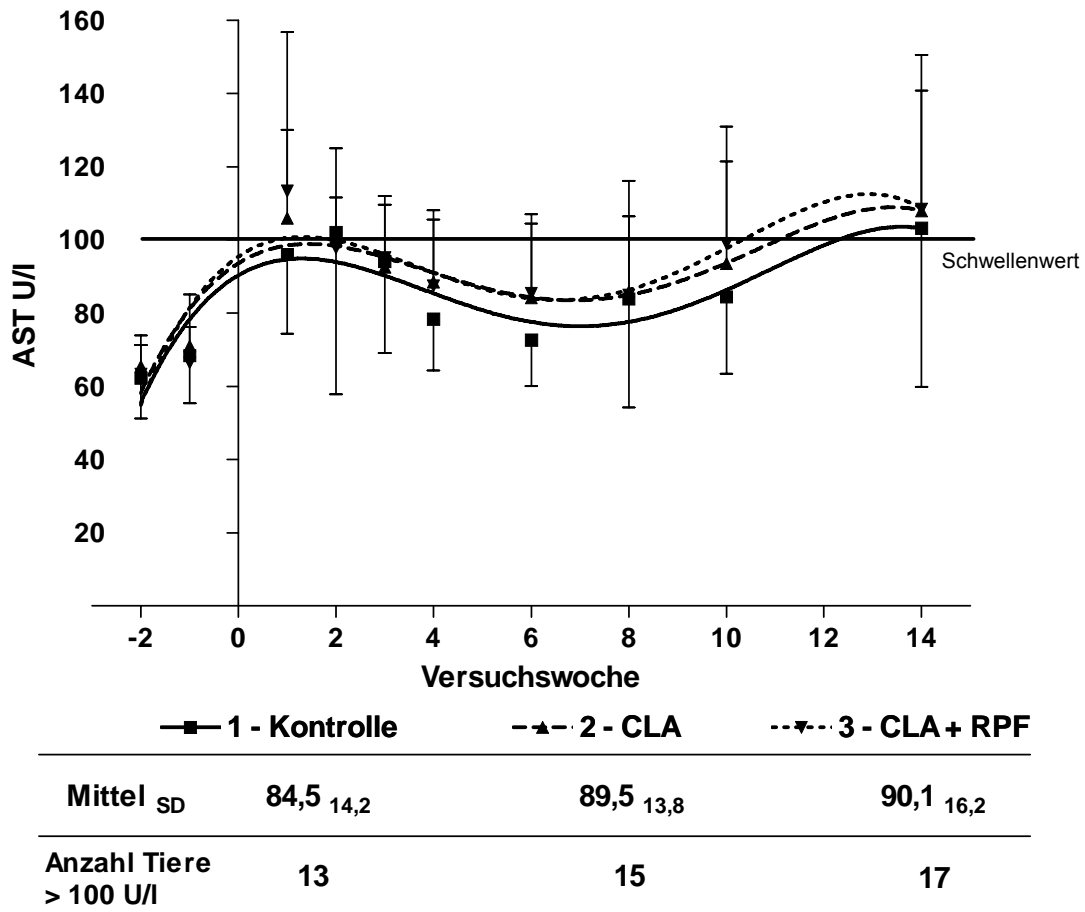


Abbildung 33: Mittlere Blutplasmagehalte der Aspartat-Amino-Transferase (AST in U/l) im Versuchsverlauf

Gegen Ende der Versuchsperiode stiegen die Gehalte wiederum an. Hier wurden Höchstwerte mit über 100 U/l analysiert. Im Mittel ergaben sich zwischen 1 – Kontrolle mit 84,5 U/l, 2 – CLA mit 89,5 U/l und 3 – CLA + RPF mit 90,1 U/l keine Unterschiede ($P > 0,1$). Über den gesamten Untersuchungszeitraum konnte eine starke Streuung der AST-Aktivitäten ausgemacht werden. In der Darstellung der Anzahl an Überschreitungen des Schwellenwertes von 100 U/l war zu erkennen, dass in der Gruppe 2 und 3 mit 15 und 17 Tieren im Gegensatz zu 13 Tieren in der Kontrolle ein tendenziell höheres Risiko an akuten Leberschäden bestand.

GLDH

Die Messung der Aktivität von GLDH (siehe Abbildung 34) wies ebenso wie bei der AST zu Beginn der Versuchsperiode in der –2. und –1. Woche die niedrigsten Gehalte von unter 10 U/l auf. Nach dem Geburtstermin stieg in allen Gruppen die GLDH Aktivität bis zur 6. Woche p.p. auf ca. 20 – 25 U/l an. Im letzten Drittel des Versuchszeitraums waren in der 3 – CLA + RPF Gruppe höhere Gehalte auszumachen, die sich in einem höheren Verlauf widerspiegeln. Die insgesamt

höchsten Konzentrationen wurden bei allen Gruppen in der 14. Woche p.p. gemessen. Die mittleren Gehalte unterschieden sich aufgrund der ebenso sehr großen Streuung der Werte mit 18,3 U/l für die Kontrolle, 18,9 U/l für 2 – CLA und 20,9 U/l nicht voneinander ($P > 0,1$). Die Kontrollgruppe wies jedoch mit $n = 7$ gegenüber $n = 11$ und $n = 12$ Tieren in den Zulagegruppen eine tendenziell niedrigere Häufigkeit an Grenzwertüberschreitungen über 30 U/l auf.

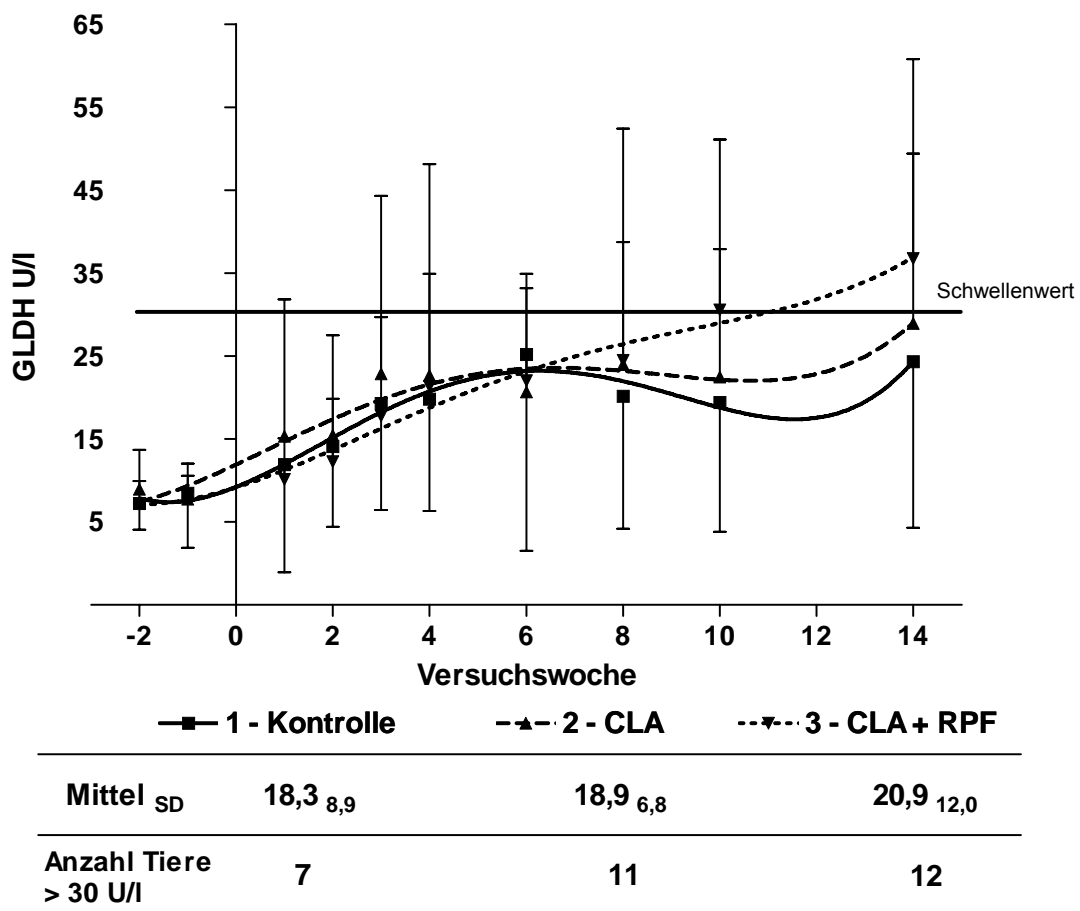


Abbildung 34: Mittlere Blutplasmagehalte der Glutamat-Dehydrogenase (GLDH in U/l) im Versuchsverlauf

y-GT

In der Abbildung 35 sind die Konzentrationen des Enzyms γ -GT dargestellt. Es ist zu erkennen, dass über den gesamten Zeitraum keine großen Änderungen in der Aktivität dieses Enzyms zu verzeichnen sind. Alle Behandlungen steigen von der –2. Woche mit den niedrigsten Werten von knapp 20 U/l in einem fast linearen Verlauf bis zur 14. Woche p.p. auf ca. 30 – 35 U/l. Dabei zeigte die Gruppe 3 im letzten Drittel des Versuchszeitraums einen tendenziell höheren Verlauf gegenüber der Gruppe 2 und 1. Im Mittel konnten zwischen den Behandlungen mit 22,5 U/l für die

Kontrolle, 21,7 U/l für 2 – CLA und 24,0 U/l für 3 – CLA + RPF keine Unterschiede abgesichert werden.

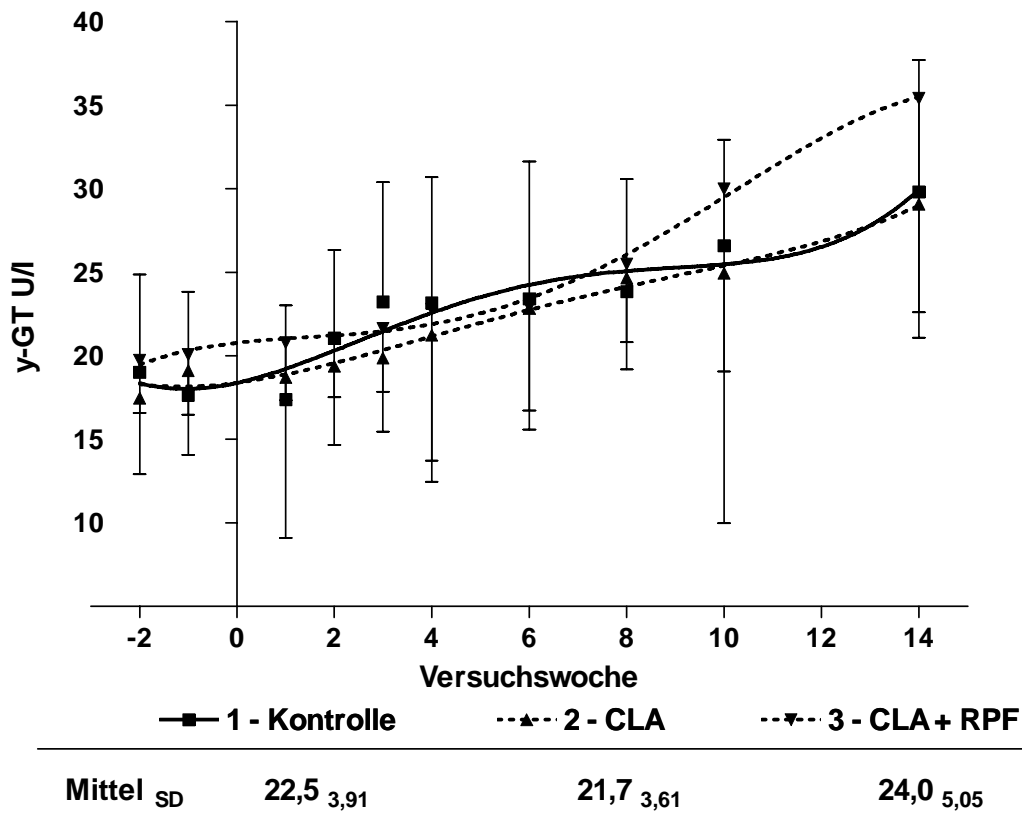


Abbildung 35: Mittlere Blutplasmagehalte der Gamma-Glutamyl-Transferase (γ -GT in U/l) im Versuchsverlauf

Gesamt-Bilirubin

Zu Versuchsbeginn in der 2. Woche a.p. wurden die niedrigsten Bilirubin Konzentrationen in allen Gruppen von ca. 0,1 mg/dl analysiert. Aus Abbildung 36 ist zusehen, wie die gemessenen Bilirubin Werte bis zum Peak in der 1./2. Woche von ca. 0,25 – 0,30 mg/dl ansteigen. Danach fallen alle Gruppen wieder gleichmäßig ab bis zur 7./8. Woche p.p. und verbleiben auf diesem Niveau von etwa 15 mg/dl. Unterschiede in den mittleren Bilirubin Konzentrationen von 0,19 mg/dl für die Kontrolle, 0,16 mg/dl für 2 – CLA und 0,18 mg/dl für 3 – CLA + RPF waren nicht auszumachen.

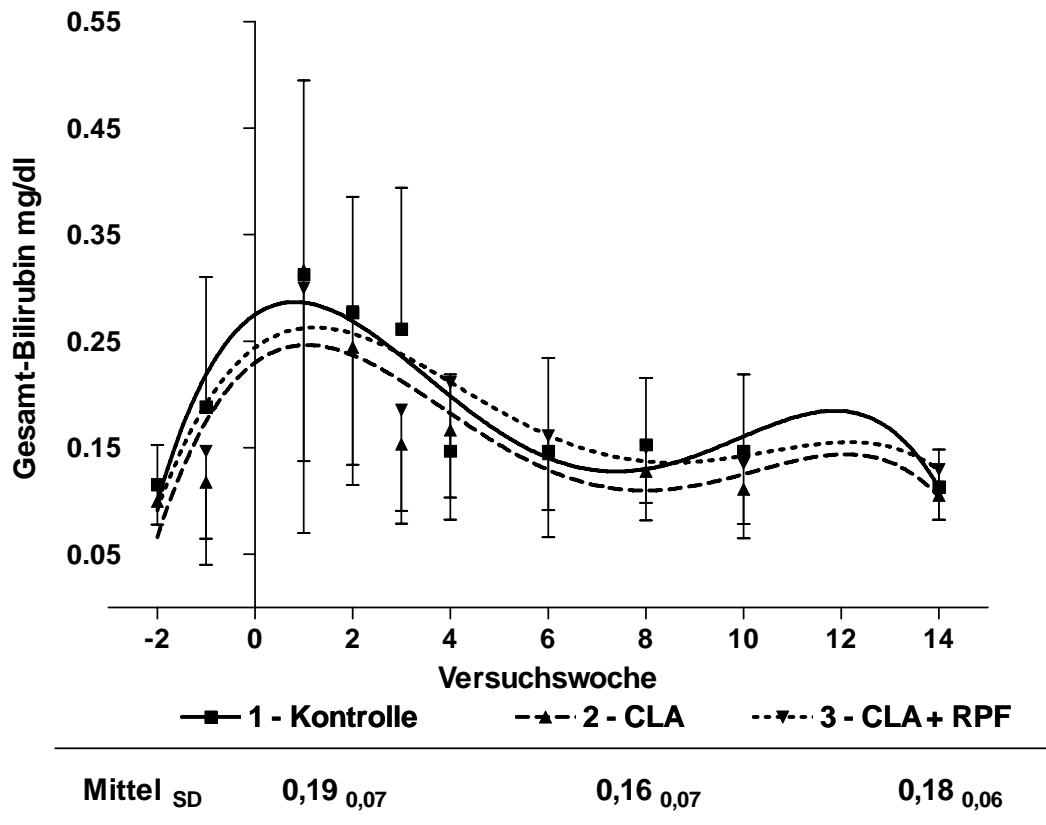


Abbildung 36: Mittlere Blutplasmagehalte an Gesamt-Bilirubin (U/l) im Versuchsverlauf

3.2.3.2 Körperkondition

3.2.3.2.1 Tiergewichte

Die graphische Darstellung der erfassten Tiergewichte ist in der Abbildung 37 zu sehen. Die Gewichtsentwicklung bzw. Abnahme der mittleren Lebendgewichte verlief von der ersten Woche p.p. zunächst für alle Behandlungen gleich. Hierbei war jedoch ein Niveauunterschied im Anfangsgewicht der Versuchstiere zu verzeichnen. Die Kontrollgruppe hatte ein mittleres Gewicht von ca. 675 kg zu Versuchsbeginn und dieses reduzierte sich im Verlauf bis zur 7./8. Woche p.p. um ca. 25 kg. Darüber hinaus stabilisierte sich der Abbau der Körperreserven. Die Gruppe 2 und 3 waren mit einem Anfangsgewicht von 650 kg im Mittel ca. 25 kg leichter. Die Lebendgewichtsveränderung vollzog sich von 650 kg auf einen Tiefstand von 630 kg in der 6./7. Versuchwoche. Im weiteren Verlauf kam es dann zu keiner weiteren Abnahme von Körperreserven. Die Gruppe 3 konnte im letzten Drittel der Versuchsperiode leicht steigende Tendenzen in der Gewichtsentwicklung verbuchen bzw. wieder geringfügig Körpersubstanz aufbauen.

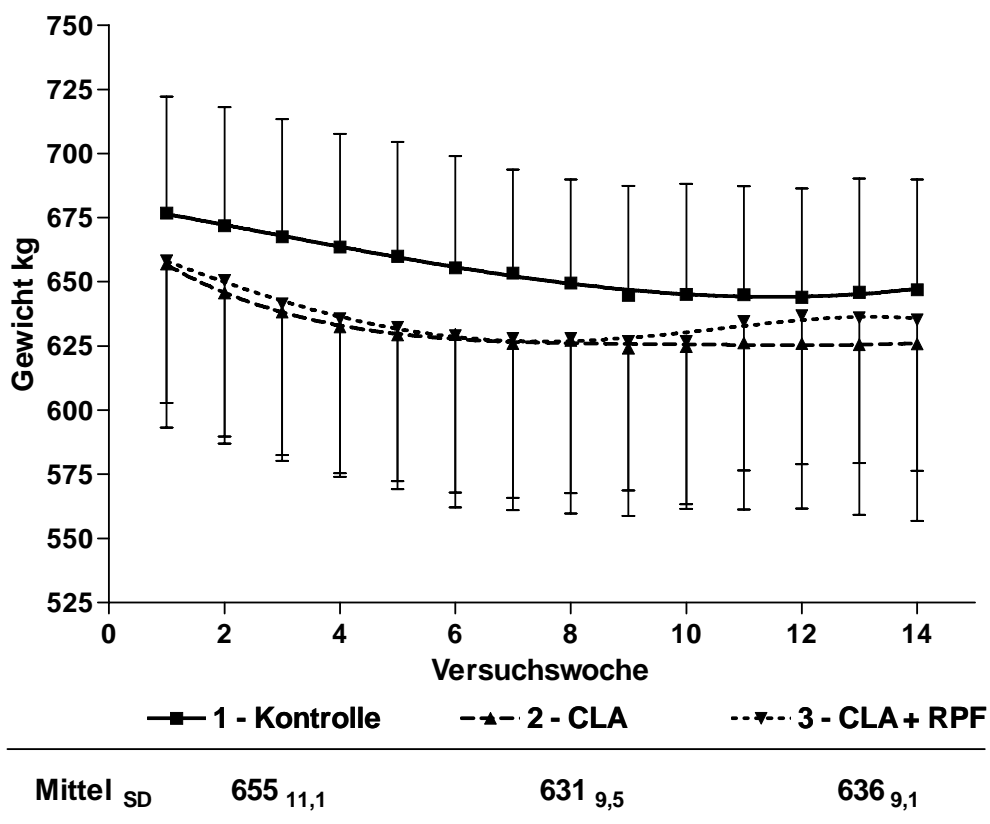


Abbildung 37: Mittlere Lebendgewichte (kg) im Versuchsverlauf

Im Mittel des Versuchs ergaben sich leichte Niveauunterschiede in den Tiergewichten von 655 kg für die Kontrolle, 631 kg für 2 – CLA und 636 kg für 3 – CLA + RPF ($P > 0,1$). Die absolute Gewichtsreduzierung war jedoch mit 20 – 30 kg in allen Behandlungen gleich, jedoch konnte bei Gruppe 2 und 3 eine tendenziell frühere Gewichtsstabilisierung festgestellt werden.

3.1.3.2.3 Body Condition Score

Eine zusätzliche Beschreibung der Körperkondition wurde anhand der Beurteilung nach Konditionsnoten durchgeführt. Diese sind in der Abbildung 38 aufgeführt. Zu Versuchsbeginn gingen alle Tiere der drei Behandlungen mit einer leichten Überkonditionierung bzw. einer durchschnittlichen Note von ca. 4,0 in den Versuch. Im Verlauf sanken alle drei Gruppen bis zu 8. Woche um bis zu 1,25 Noten auf Tiefstände von knapp 2,75. Im letzten Drittel des Versuchszeitraums stabilisierten sich die Körperkonditionsnoten aller Behandlungen wieder, so dass gegen Ende der Periode sowohl die Kontrolle als auch die Zulagegruppen auf einem Niveau von 3,0 BCS Noten lagen. In den mittleren Konditionsnoten unterschieden sich die Behandlungen mit 3,24, 3,14 und 3,19 nicht voneinander ($P > 0,1$).

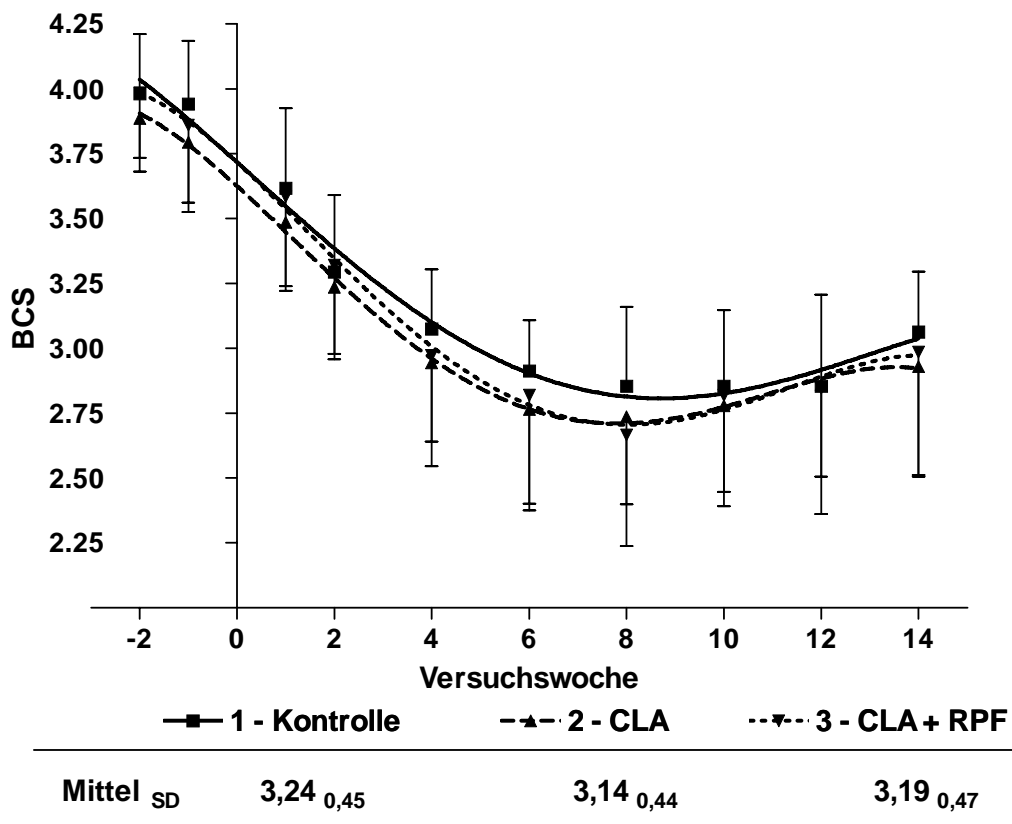


Abbildung 38: Mittlere Körperkonditionsnoten (BCS) im Versuchsverlauf

3.1.3.2.3 Ultraschallmessung

Rückenfett- und Rückenmuskeldicke

Die aus der Ultraschallmessung ermittelten Ergebnisse zur Bestimmung der Rückenmuskel- und Rückenfettdicke sind in der Abbildung 39 aufgeführt. Auf der linken Seite sind die Veränderungen der Rückenfettdicke im Versuchsverlauf dargestellt. In der 2. Woche a.p. ist ein anfänglicher Niveauunterschied in der Ausstattung der Tiere mit Auflagefett zwischen der Kontrolle mit ca. 15 mm und den beiden Zulagegruppen von jeweils 12 und 13 mm auszumachen. In der Kontrollgruppe reduzierte sich die Rückenfettdicke von der 2. Woche a.p. bis zur 6. Woche p.p. von 15 mm auf ca. 9 mm. In den Zulagegruppen reduzierte sich die gemessene RFD von jeweils 12 und 13 mm auf ca. 9 mm in der 6. Woche p.p., so dass zu diesem Zeitpunkt der Versuchsperiode alle Behandlungen die gleiche RFD aufwiesen. Bis zum Ende der 14. Woche nahm die RFD nochmals in allen Gruppen geringfügig um ca. 2 mm ab. Insgesamt zeigte sich in der Kontrolle eine mit 8 mm höhere Abnahme der RFD im Gegensatz zu den Zulagegruppen mit 5 und 6 mm. Die Mittelwerte an RFD der drei Behandlungen waren mit 11,1 mm, 9,79 mm und 10,4 mm im Versuchsverlauf identisch.

In der Ausprägung der RMD (siehe Abbildung 39, rechte Seite) war zu Versuchsbeginn ebenfalls ein Niveauunterschied von 42,5 mm in der Kontrolle gegenüber 41 mm in Gruppe 2 und 39 mm in Gruppe 3 auszumachen. Die Kontrollgruppe verlor im Versuchsverlauf bis zur Stabilisierung der Abnahme in der 6. Woche ca. 8,5 mm an RMD. Darüber hinaus konnte keine weitere Abnahme

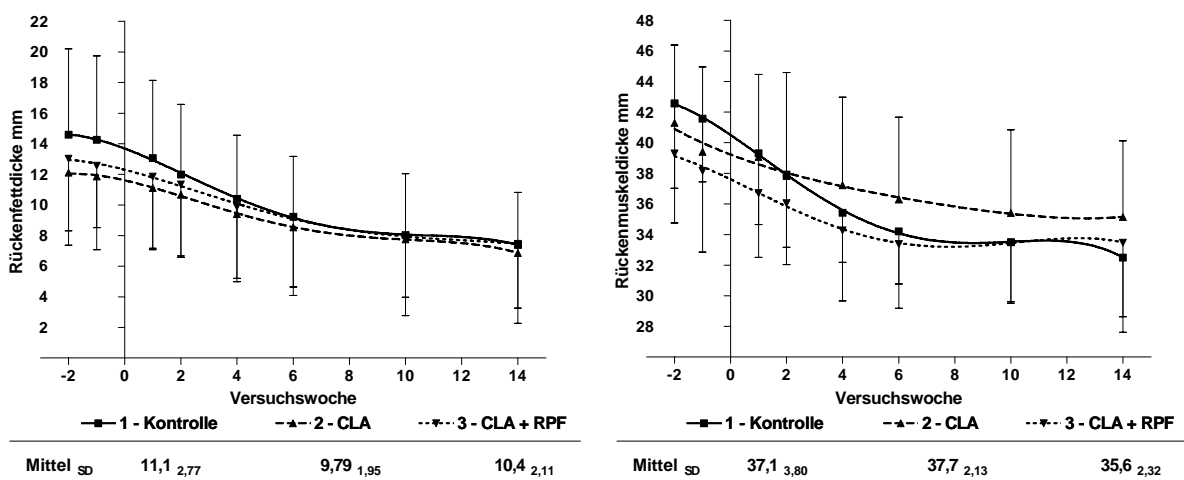


Abbildung 39: Mittlere Rückenfett- (RFD in mm) und Rückenmuskeldicken (RMD in mm) im Versuchsverlauf

festgestellt werden. In Gruppe 2 – CLA nahm die RMD insgesamt um 6 mm ab. Die deutlich flacher verlaufende Abnahme erreichte ihr Minimum jedoch erst in der 10. Woche p.p. Ausgehend von einer geringeren RMD zu Versuchsbeginn nahm die Gruppe 3 bis zur 6. Woche ca. 5 mm an Muskeldurchmesser ab. Der weitere Verlauf charakterisierte sich wie in Gruppe 1. An mittleren Rückenmuskeldicken wurden über die komplette Versuchperiode 37,1 mm für 1 – Kontrolle, 37,7 mm für 2 – CLA und 35,6 mm für 3 – CLA + RPF ermittelt ($P > 0,1$).

3.1.3.2.4 Tiergesundheit

In der Dokumentierung der Tiergesundheitsdaten (siehe Tabelle 35) stellte sich mit 23 % Mastitis als am häufigsten auftretende Erkrankung hervor. Bei insgesamt $n = 12$ Versuchstieren musste aufgrund von Mastitis medikamentös eingegriffen werden. Mit 21 % traten am zweithäufigsten Erkrankungen der Klauen- und Gliedmaßen auf ($n = 11$). Daran schlossen sich Störungen der Reproduktionsorgane mit 19 % ($n = 9$) an. An vierter Stelle wurde mit 9,5 % das auftreten von Gepärparese dokumentiert ($n = 5$). Stoffwechselstörungen traten bei den Versuchstieren jedoch mit 9,5 % genauso häufig auf ($n = 5$).

Tabelle 35: Auftreten von Erkrankungen

Erkrankung		Behandlung			Gesamt
		1 – Kontrolle	2 – CLA	3 – CLA + RPF	
	%	n	n	n	n
Mastitis	23	3	5	4	12
Klauen u. Gliedmaßen	21	4	2	5	11
Reproduktionsorgane	19	3	5	1	9
Gebärparese	9,5	3	0	2	5
Stoffwechselstörungen	9,5	3	1	1	5

3.1.3.2.5 Fruchtbarkeitsparameter

Genauso wie in Versuch I wurden auch in Versuch II Progesteronproben und die dokumentierten Daten der tierärztlichen Bestandsbetreuung, sowie aufgezeichneten künstlichen Besamungen zur Beschreibung der Fruchtbarkeitsparameter verwendet. Aus Tabelle 36 ist zu erkennen, dass anhand der erstellten Profile der Progesteronkonzentrationen insgesamt bei 48 der 53 Tiere eine stattgefundene 1. Ovulation festgestellt werden konnte. Mit 38 d bis zur 1. Ovulation hatte die Kontrollgruppe ein tendenziell längeres Intervall gegenüber 28 bzw. 30 d in Gruppe

2 – CLA und 3 – CLA + RPF ($P > 0,1$). Die Zahl an Versuchstieren bei den keine Brunst erkannt wurde war mit jeweils 5 Tieren in jeder Gruppe relativ hoch. Von den 48 Tieren, bei denen die 1. Ovulation stattgefunden hatte, konnten nur 30 Tiere innerhalb der 14 Versuchswochen zur KB zugelassen werden. Letztendlich ergab sich bei 16 der 30 Versuchstiere ein positives Ergebnis der Trächtigkeitsuntersuchung. Dabei zeigten die Zulagen CLA und CLA + RPF keinen positiven Einfluss auf die Wiederbelegungsrate, jedoch in der Tendenz einen positiven Effekt auf das Einsetzen der 1. Ovulation.

Tabelle 36: Fruchtbarkeitsparameter

Parameter	Behandlung 1	Behandlung 2	Behandlung 3	Gesamt (n = 53) n
	1 – Kontrolle (n = 17) n	2 – CLA (n = 18) n	3 – CLA + RPF (n = 18) n	
1. Ovulation festgestellt	15	17	16	48
Tage bis 1. Ovulation	38 d	28 d	30 d	
Abgang, keine KB	0	0	0	0
Keine Brunst erkannt	5	5	5	15
Brunsteinleitung erfolgt	0	3	0	3
KB erfolgt in 14 W.	10	9	11	30
TU+ in 14 W.	6	5	5	16

4 Diskussion

4.1 Bedeutung von CLA für die Milchfettsynthese bei Milchkühen

Das Milchfett ist neben dem Milcheiweiß der bedeutendste Hauptbestandteil der Milch. Darüber hinaus ist Fett die energiereichste Komponente in der Milch und verantwortlich für viele physikalische und verarbeitungstechnische Charakteristiken sowie sensorische Eigenschaften von Milch und Milchprodukten (*Bauman et al., 2001*). Die Milchfettzusammensetzung zeichnet sich dabei durch ein breites Spektrum an Fettsäuren aus. An ihrer Gesamtzahl sind weit über 400 einzelne Fettsäuren beteiligt von denen aber nur ein geringer Anteil einen Mengenanteil von 1% übersteigt. In der Form als kurz-, mittel- und langkettige sowie gesättigte und ungesättigte Fettsäuren, charakterisieren sie die Fettsäurezusammensetzung des Milchfettes und tragen entscheidend zum ernährungsphysiologischen Wert bei. Dabei wird seit einigen Jahren immer mehr auf die Bedeutung einzelner Fettsäuren hingewiesen. Sowohl im pflanzlichen als auch im tierischen Bereich werden Anstrengungen unternommen, um Nahrungsfette ernährungsphysiologisch in Richtung „functional food“ zu optimieren. Nach *Roberfroid (1999)* müssen „functional foods“ relevante, positive Effekte auf die Gesundheit und das Wohlbefinden ausüben oder eine Minderung verschiedener Gesundheitsrisiken bewirken.

Seit einigen Jahren finden konjugierte Linolsäureisomere (CLA) als Komponente dieser Nahrungsmittel zunehmend Beachtung. Die Bezeichnung Conjugated Linoleic Acid bezieht sich auf eine Mischung verschiedener Isomere, die sich von der Linolsäure (C18:2 cis-9,cis-12) ableiten und durch ihre Doppelbindungen charakterisiert werden, die im Falle von CLA aneinandergerückt (=konjugiert) sind. Das Vorhandensein von CLA in der Milch von Wiederkäuern ist seit mehr als über 60 Jahren bekannt. In frühen Untersuchungen von *Booth et al. (1933)* wurden bereits Unterschiede im Fettsäuremuster zwischen Sommer- und Winterbutter beschrieben. Nach der Entdeckung einzelner CLA – Isomere durch *Parodi (1977)* konnten in zahlreichen Studien auf molekularbiologischer Ebene und verschiedenen Tiermodellen positive physiologische Wirkungen von CLA belegt werden. Diese förderlichen Effekte, unter anderem, dass CLA eine krebshemmende und antioxidative Wirkung besitzt und den Glucose- und Fettstoffwechsel beeinflusst, sind in umfassenden Literaturübersichten beschrieben (*Pariza, 1999; Whigham et al., 2000; Belury, 2000; Parodi, 2002; Wahle et al., 2004; Park und Pariza, 2007*).

Mittlerweile sind eine Vielzahl unterschiedlicher CLA-Isomere identifiziert worden, die sich sowohl nach der Position der Doppelbindung (z.B. 7—9, 8—10, 9—11, 10—12) an den C-Atomen als auch nach ihrer geometrischen Position (cis—trans, trans—cis, cis—cis oder trans—trans) differenzieren. Der Begriff CLA umfasst mittlerweile insgesamt 28 verschiedene Positions- und Geometrie-Isomere (Collomb et al., 2006), dabei sind Untersuchungen zu den Eigenschaften und Wirkungen bzw. der verschiedenen cis-trans Konformationen noch lange nicht vollständig erforscht. CLA-Isomere sind der Gruppe der trans-Fettsäuren (tFA) zuzuordnen. Neben der industriellen Synthese entstehen tFA und CLA auf natürlichem Wege als Zwischenprodukt der im Pansen von Wiederkäuern stattfindenden Biohydrogenierung (BH) von mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA) (siehe Abbildung 40). Ein weitere Entstehungsquelle für CLA ist die im Eutergewebe ablaufende endogene Synthese (Griinari et al., 2000; Corl et al., 2001; Kay et al. 2004). Milchprodukte weisen daher den höchsten Gehalt an CLA's mit 0,7 – 1,2 % der Gesamtfettsäuren auf (Fritsche und Steinhart, 1998). Die vorherrschenden PUFA's im Futter von Wiederkäuern sind Linol- (LA) und α -Linolensäure (α LA), von

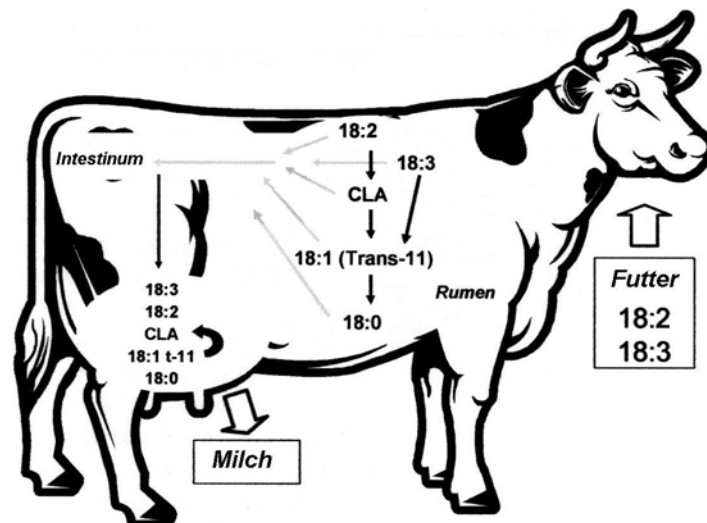


Abbildung 40: Formierung und Biosynthese von CLA im Wiederkäuer aus Linolsäure (C18:2) und α -Linolensäure (C18:3) (Kennelly und Bell, 2007).

denen die erstere als Hauptquelle vor allem Futterpflanzen entstammt und die zweite einen mengenmäßigen Großteil von Ölsaaten und Konzentratfuttermitteln ausmacht (Lock und Baumann, 2004). Der im Pansen stattfindende Fettstoffwechsel wird deshalb in erster Linie durch die Zusammensetzung der Ration, der Bereitstellung von Substraten und damit von der Futterquelle beeinflusst. Mikroorganismen sind in

erster Linie verantwortlich für den Ablauf der BH. Dieses ist in zahlreichen in vitro Studien belegt worden (Hartfoot und Hazlewood, 1997). Der vorangehende Schritt der BH ist die Lipolyse durch Hydrolasen von veresterten Triglyceriden, die mit dem Futter aufgenommen wurden. Das Ausmaß der Hydrolyse ist allgemein sehr hoch (>85%) und eine Vielzahl von Faktoren und Einflüssen sind in der Literatur bereits beschrieben (Doreu und Ferlay, 1994; Doreau und Chilliard, 1997).

Der Anfang der BH (siehe Abbildung 41) von Linol- und Linolensäure ist die Isomerisierung der cis-12 Doppelbindung zu einer trans-11 Doppelbindung. Dieser erste Schritt ist nach Kepler und Tove (1967) charakterisiert worden und wird auf Enzyme des Bakteriums *B. fibrisolvans* zurückgeführt. Im Falle von Linolsäure entsteht cis-9, trans-11 CLA, dem vorherrschenden Isomer in Wiederkäuerprodukten (Chin et al., 1994). Aufgrund seines mengenmäßig hohen Anteils von über 80% aller CLA-Isomere (Lock und Bauman, 2004) und seines Entstehungsortes wird dieses Isomer in der Literatur auch als „ruminic acid“ (RA) bezeichnet (Kramer et al., 1998). Ein weiteres Isomer ist trans-10, cis-12 CLA, einem mengenmäßig viel geringeren, aber ebenso physiologisch bedeutendem Isomer im Milchfett. Im weiteren Verlauf der BH wird cis-9, trans-11 CLA durch Reduktion in das Monoen trans-11 C18:1 (trans Vaccensäure, tVA) konvertiert und letztendlich zu Stearinsäure (C18:0) hydriert. An den Wegen der BH und der Hydrogenierung von PUFA sind jedoch verschiedene Bakterien-Gruppen beteiligt, die sich zu zwei Gruppen

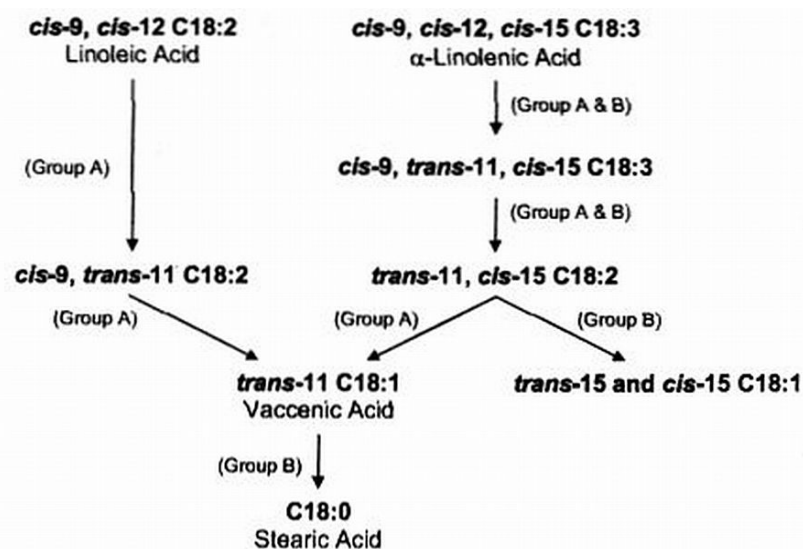


Abbildung 41: Wege der Biohydrogenierung von Linolsäure (C18:2) und α-Linolensäure (C18:3) im Pansen (nach Hartfoot und Hazlewood, 1997).

zusammenfassen lassen: 1. Gruppe A – LA und α LA werden zu tVA konvertiert und 2. Gruppe – trans-11 C18:1 wird als Substrat genutzt und Stearinsäure als Endprodukt produziert. Ein gemeinsames Produkt beider Wege ist tVA. Dabei sind die im Pansen vorherrschenden Bedingungen für die jeweiligen Bakterienpopulationen von entscheidender Bedeutung. Es wurde angenommen, dass die CLA des Milchfettes, wie auch die Isomere der trans Oktadecensäuren, aus der vollständigen BH im Pansen stammen und durch Absorption aus dem Gastrointestinaltrakt in die Milchdrüse bzw. in das Fettgewebe von Wiederkäuern gelangen (*Griinari und Baumann, 1999*). Diese Annahme führte aber zu Widersprüchen, da aus ersten Untersuchungen hervorging, dass cis-9, trans-11 CLA einerseits als Vorstufe für tVA vorlag und tVA wiederum als Substrat für CLA diente. Weitere Untersuchungen zeigten nämlich, dass erhöhte cis-9, trans-11 CLA Gehalte im Milchfett auftraten, obwohl unter den vorherrschenden Bedingungen als Ausgangssubstrat α LA anstatt LA vorlag (*Bauman et al., 2001; Stanton et al., 2003*) und aus dieser cis-9, trans-11 CLA gar nicht hydrogeniert wird. Dies wurde in mehreren Studien durch Zulage von pflanzlichen Ölen reich an α LA festgestellt (*Dhiman et al., 1999; Kelly et al., 1998; Lock und Garnsworthy, 2002*). Daraus schlussfolgerten *Griinari und Bauman (1999)*, dass die endogenen Synthese eine wichtige Quelle für cis-9, trans-11 CLA sein müsste. In einer weiteren Studie wurde von *Griinari et al. (2000)* der Beweis erbracht, dass CLA aus der endogenen Synthese im Gewebe herstammte. Im Milchdrüsengewebe wird cis-9, trans-11 CLA aus tVA via Δ^9 -Desaturase (Stearoyl-CoA-Desaturase) metabolisiert (siehe Abbildung 42).

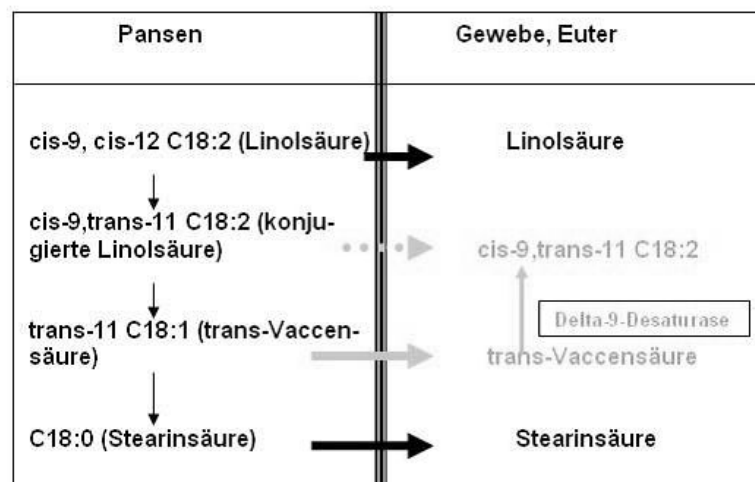


Abbildung 42: Wege der Biohydrogenierung und endogenen Synthese von cis-9, trans-11 CLA durch Δ^9 -Desaturase im Pansen und Gewebe (*Bauman et al., 2003*).

Die BH ist somit eine der beiden Entstehungsquellen für cis-9, trans-11 CLA, die andere findet im Eutergewebe durch das Enzym Δ^9 -Desaturase statt (*Park und Pariza, 2007*). Von *Bauman et al. (2003)* sind die Wege dieser entscheidenden Bedeutung der endogenen Synthese beschrieben worden. Aufgrund dieser Basis der im Pansen ablaufenden BH und im Gewebe stattfindenden Synthese ist das Milchfett von Wiederkäuern die reichste, natürlich vorkommende Quelle an CLA (*Collomb et al., 2006*).

In der Literatur wird eine breite Spanne an CLA – Gehalten von 2 bis 37 mg g⁻¹ Milchfett beschrieben (*Parodi, 1999; Stanton et al., 2003*), sowie Gehalte des Isomers cis-9, trans-11 CLA von 53,7 mg g⁻¹ (*Shingfield et al., 2006*) und 51,5 mg g⁻¹ (*Bell et al., 2006*) der Gesamtfettsäuren. Die große Spannweite an Werten ist auf verschiedene Faktoren zurückzuführen, die den CLA – Gehalt des Milchfettes relevant beeinflussen können. Allgemein ist der Gehalt an CLA in Produkten von Wiederkäuern, wie aus den Wegen der BH und Synthese zu erkennen ist, in erster Linie abhängig vom Ausmaß der Produktion an tVA und der Aktivität der Δ^9 -Desaturase. Durch umfangreiche Untersuchungen verschiedener Milchviehherden konnte gezeigt werden, dass der CLA – Gehalt im Milchfett unter anderem von der Spezies (*Jahreis et al., 1999a*), der Rasse, Parität und Laktationstadium (*Kelsey et al., 2003*), sowie auch auf tierindividuelle Unterschiede und die Tiergenetik (*Peterson et al., 2002*) zurückzuführen ist. Die einflussreichste Bedeutung ist aber der Zusammensetzung der gefütterten Ration zuzuschreiben (*Griinari und Bauman, 1999*). Die wichtigsten Kategorien sind nach *Jahreis et al. (1999a)* und *Bauman et al. (2001)* in der Abbildung 43 zusammengefasst.

Die erste Kategorie beinhaltet Lipide, die als Substrat für die BH bereitstehen und durch eine erhöhte CLA – Produktion im Pansen mehr CLA im Milchfett entstehen lassen. Der zweite Punkt bezieht sich auf Komponenten und Techniken der Fütterung, die die ruminale Bakterienpopulation in Ihrer Zusammensetzung beeinflussen und somit die BH modifizieren. Die dritte Kategorie beschreibt diätische Maßnahmen der Fütterung bzw. des Fütterungssystems, die eine Bereitstellung von Substraten mit einer Modifizierung der Bakterienpopulation kombinieren. Der positive Einfluss der Weidefütterung auf einen erhöhten Gehalt an CLA im Milchfett wurde in zahlreichen Experimenten bewiesen (*Jahreis et al., 1999b; Dhiman et al., 1999*).

Rationskomponenten	Effekt auf den CLA-Gehalt im Milchfett
„Fett-Substrat“ Ungesättigte vs gesättigte Fette Pflanzl. Öl, Herkunft Höhe der Zulage an pflanzl. Öl Ca-verseifte Fette / gehärtete Fette Ölreiche Samen	↑ bei ungesättigten FS ↑↑ Linolsäure-reiche Öle Dosisabhängig gering, abhängig von Anteil freier FS Eher geringer Effekt
„Modifizierung der Biohydrogenierung“ (Rationsgestaltung/Zulagen) Grundfutter-Krafftfutter-Verhältnis NSC-Gehalte (Zucker, Stärke) Restriktive Fütterung Zulage von Puffersubstanzen	↑ bei hohem Krafftfutteranteil geringer Effekt ↑ mit Restriktion geringer Effekt
„Fütterungssystem“ Weide vs „Stallfütterung“ (=Futterkonserven)	↑↑ bei Weidegang

Abbildung 43: Einflussfaktoren auf den CLA-Gehalt im Milchfett (mod. nach Jahreis et al., 1999a; Bauman et al., 2001).

Die unterschiedlichen Erkenntnisse der Erhöhung bzw. Erniedrigung des CLA – Gehalts im Milchfett gaben Anlass für weitere gezielte Untersuchungen zu den Wirkungsmechanismen und Einflüssen auf den CLA- und Milchfettgehalt. So wird z.B. die Wirkung von Pflanzenölen wahrscheinlich durch direkte Effekte auf die zur BH fähigen Bakterien vermittelt und durch die Futterzusammensetzung moduliert (Bauman et al., 2001). Konzentratreiche und rohfaserarme Diäten führen zu einer gesteigerten Produktion von trans-Oktadecensäuren im Pansen (Griinari und Bauman, 1999). Die Verschiebung des Grundfutter-Krafftfutter-Verhältnisses von 50:50 zu 20:80 bei gleichzeitiger Gabe von ungesättigten Fettsäuren ergab bei Griinari et al. (1998) einen Rückgang des CLA – Gehaltes im Milchfett. Desweiteren stellten Griinari et al. (1998) keine Zunahme der trans-Octadecensäuren, jedoch eine Profilverschiebung derselben im Milchfett fest. Das vorherrschende Isomer war hier die trans-10 C18:1. Dabei scheinen die trans Isomere der Ölsäure eine stark hemmende Wirkung auf die Milchfettsynthese und Sekretion zu besitzen (Chilliard et al., 2000). Nach Griinari et al. (1998) beschränkt sich die milchfettensenkende Wirkung von tFA auf bestimmte Isomere. Die trans-10 Isomere der Ölsäure entstehen im Pansen vor allem bei faserarmer Fütterung bei der Reduktion von trans-10, cis-12 CLA (Griinari und Bauman, 1999). Baumgard et al. (2000) zeigten, dass trans-10, cis-12 CLA verantwortlich für die Hemmung der Milchfettsynthese und damit für ähnliche Erscheinungen wie die der Milchfettdepression (MFD) war. In Abbildung 44

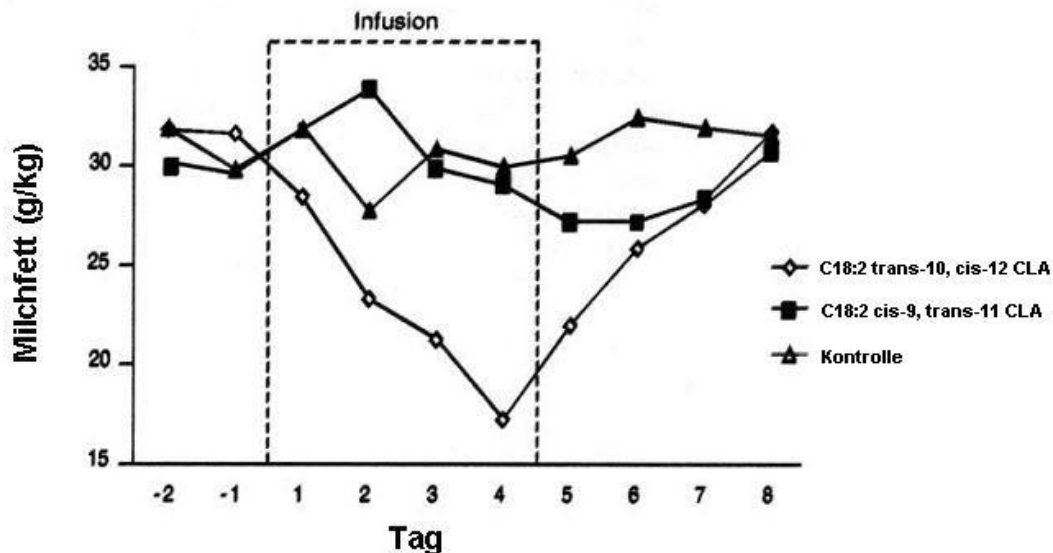


Abbildung 44: Einfluss einer direkten Labmageninfusion von CLA Isomeren auf den Milchfettgehalt (Baumgard et al., 2000).

sind Ergebnisse des direkten Vergleichs der Isomere cis-9, trans-11 und trans-10, cis-12 CLA dargestellt. Dabei konnten *Baumgard et al. (2000)* bei posttrimaler Infusion eine ca. 40 %ige Reduktion der Milchfettkonzentration feststellen, welche nur auf das Isomer trans-10, cis-12 CLA zurückzuführen war. Der Effekt setzte relativ schnell innerhalb von 24 h ein und nach dem Absetzen erreichten die Milchfettgehalte innerhalb kurzer Zeit wieder Normalniveau. Die Ursache für die Absenkung des Milchfettgehaltes sahen *Baumgard et al. (2000)* wahrscheinlich in der Beeinflussung lipogener Enzyme sowie in der Verminderung der Expression von Genen, die in die de-novo Synthese der Fettsäuren für die Milch involviert sind. Diese gesonderten Eigenschaften des trans-10, cis-12 Isomers, die unter ähnlichen Bedingungen auftreten wie bei der Theorie der MFD (*Bauman und Griinari, 2001; Bauman und Griinari, 2003*), lassen mit dieser Form der CLA eine gezielte Milchfettdepression durch entsprechende Zulage bewirken.

4.2 Einfluss von CLA-Zulagen auf Leistungsparameter und den Energiestoffwechsel von Milchkühen

4.2.1 Definition von CLA-Zulagen

Das trans-10, cis-12 Isomer konnte als potenter Inhibitor der Milchfettsynthese bei Milchkühen eindeutig nachgewiesen werden (*Baumgard et al., 2000*). Aus vorangegangenen Studien mit tFA's in Verbindung mit der Erscheinung einer MFD konnte bereits der Zusammenhang einer Verminderung der Milchfettsynthese (*Griinari et al., 1998, Bauman und Griinari, 2001*) hergestellt werden. Der spezifische Anstieg von trans-10 C18:1 wurde besonders durch Rationen die eine MFD hervorrufen beobachtet (*Bauman und Griinari, 2003*). Dieser typische „trans10 Shift“ als Hauptweg der BH unter MFD Bedingungen wurde nach *Griinari und Bauman (2006)* als charakteristisch bezeichnet.

Diese gesicherten Erkenntnisse und die genaue Analyse der Biohydrogenierungswege bzw. deren Abänderung konnten aus exakten Zulagen mit isolierten CLA – Isomeren gewonnen werden. Vergleiche von reinen CLA – Isomeren, die direkt in den Labmagen infundiert oder intravenös verabreicht wurden, sicherten die Milchfett-senkenden Eigenschaften von trans-10, cis-12 CLA (*Baumgard et al., 2000, 2002a; Looor und Herbein, 2003; Viswanadha et al., 2003*). In den Untersuchungen von *Baumgard et al. (2000, 2002a)* wurden Mengen an trans-10, cis-12 CLA von ~10g/d und in gesteigerter Dosis von 0, 3,5, 7 und 14 g/d appliziert. Dabei konnten Milchfettabsenkungen von ~40 % und 25 – 50 % erreicht werden. *Looor und Herbein (2003)* erzielten mit einer Infusion von 6 g innerhalb von 96 h eine 30 %ige Milchfett-senkung. Intravenöse Applikationen des trans-10, cis-12 Isomers bei *Vismanadha et al. (2003)* in ebenfalls gesteigerter Dosis von 0, 2, 4 und 6 g CLA (>95% t10,c12 CLA) riefen eine Reduktion der Milchfettsynthese bis zu 30 % hervor. Der zeitliche Ablauf der Milchfettabsenkung konnte in allen Studien als in etwa gleich beschrieben werden. Das Maximum der Absenkung wurde nach etwa 4 – 5 Tagen erreicht.

Aus einer Zusammenfassung mehrerer Studien mit gesteigerten Infusionen über einen entsprechenden Zeitraum entwickelten *de Veth et al. (2004)* ein exponentielles Fall-Modell zur Erklärung der Beziehung zwischen Änderung der Milchfettleistung im Zusammenhang mit der eingesetzten Dosis an trans-10, cis-12 CLA (siehe Abbildung 45). Aus der Dosis-Wirkungs-Beziehung ist zu erkennen, dass bereits

geringe Zulagen dieses Isomers zu einer entsprechenden Absenkung des Milchfettgehaltes führen. Bis zu einer Menge von 6 g CLA/d ist die Wirkung mit einem Rückgang der Synthese von bis 40 % entsprechend hoch. Eine zusätzliche Absenkung der Milchfettsynthese ist über diese Dosis hinaus nur noch geringfügig möglich.

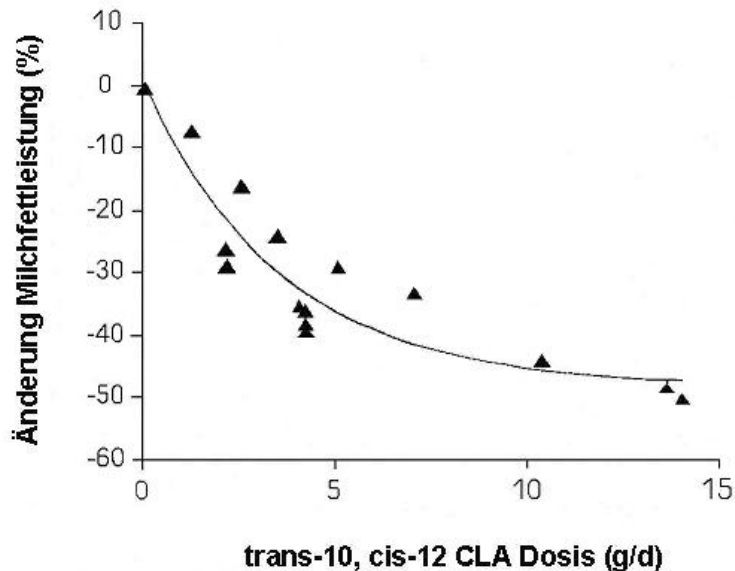


Abbildung 45: Beziehung zwischen Änderung der Milchfettleistung (%) und der Dosis an trans-10, cis-12 CLA (g/d) bei direkter Labmageninfusion (de Veth et al., 2004).

Weiterhin konnten *de Veth et al. (2004)* aus der Zusammenfassung mehrerer CLA – Studien einen linearen Zusammenhang zwischen der verabreichten Dosis an trans-10, cis-12 CLA und der analysierten Menge an trans-10, cis-12 CLA im Milchfett feststellen. Die Aufnahme im Eutergewebe und die Verwendung von trans-10, cis-12 CLA zur Milchfettsynthese stehen in einem konstanten Verhältnis zueinander. Es zeigte sich eine Transfer-Effektivität von 22 % über einen Dosisbereich von 0 bis 10 g/d an trans-10, cis-12 CLA und einem breiten Milchleistungsbereich von 20 bis 37 kg/d (*de Veth et al. (2004)*).

In der Zusammenfassung aller Studien mit direkter Infusion ist zu erwähnen, dass diese Untersuchungen an Milchkühen durchgeführt wurden, die sich bereits in der Mitte bzw. Ende der Laktation befanden. Wie sich CLA – Zulagen zu einem anderen Laktationsstadium (Frühlaktation) und in einer für die praktische Fütterung relevanten Zulageform auswirken, wurde in weiterführenden Studien untersucht. Der Effekt der kontrollierten Milchfettabsenkung bzw. der Reduzierung des Milchfettausstoßes stellt nach *Bauman et al. (2001)* eine möglicherweise geeignete Managementhilfe dar.

Basierend auf den Erkenntnissen mit direkter Verabreichung von CLA – Isomeren wurden in Feldversuchen die Möglichkeiten und Auswirkungen von gezielten Fütterungszulagen mit CLA untersucht.

Um geeignete Formen einer Zulage von CLA zum gezielten Einsatz herzustellen bedarf es vorerst der chemischen Herstellung und Isolierung der gewünschten CLA – Isomere aus natürlichen Quellen. Die Produktion beruht dabei auf der alkalischen Isomerisierung linolsäurehaltiger Pflanzenöle (z.B. Sonnenblumenöl) oder auf dem Einsatz selektiver Lipasen. Die Konzentration an CLA in den Endprodukten ist nach Untersuchungen von *Reaney et al. (1999)* direkt abhängig von der Konzentration der Linolsäure im Ausgangsmaterial. Die gewonnenen CLA-haltigen Öle weisen z.T. erhebliche Unterschiede in ihrem Isomerenprofil bzw. enthalten eine Vielzahl von Positionsisomeren. In Studien von *Nagao et al. (2003)* wird ein Verfahren auf der Basis von eingesetzten Lipasen beschrieben, mit dem durch selektive Veresterung ausschließlich cis-9, trans-11 und trans-10, cis-12 CLA Isomere isoliert werden können. Die fraktionierte Kristallisation mit Aceton ist ein weiteres Verfahren zur Herstellung von reinen cis-9, trans-11 und trans-10, cis-12 CLA Isomeren (*Berdeaux et al., 1998*).

Des Weiteren stellt sich die Frage nach der Vermeidung des Abbaus und Umwandlung der CLA – Isomere im Pansen bei direkter Fütterung und einer geeigneten Verabreichung in pansengeschützter Form. Nach *de Veth et al. (2004)* ist diese pansengeschützte Form notwendig, da die CLA – Isomere sonst dem Abbau im Pansen durch BH unterliegen. Mehrere Möglichkeiten des Pansenschutzes sind dabei bisher entwickelt und beschrieben worden (*Doreau et al., 1997; Wu und Papas, 1997*). Dazu gehören Ca-Salze oder Amide freier Fettsäuren, die weitestgehend unlöslich im Pansen sind. Nach der Passage durch den Pansen stehen diese für die Absorption im Dünndarm zur Verfügung. Allgemein werden diesen sogenannten „Ca-Seifen“ vereinzelt Akzeptanzprobleme zugeschrieben. Weitere Möglichkeiten des Pansenschutzes sind die chemische Behandlung (z.B. durch Formaldehyd) sowie die Umhüllung mit Proteinen geringer ruminaler Abbaubarkeit oder hydrogenierter Palmfette (Coating).

Die in dieser Arbeit eingesetzte und untersuchte Form von pansengeschützter konjugierter Linolsäure ist nach Herstellerspezifikation als Omega-6-Fettsäure Methyl Ester deklariert (Lutrell® pure Fa. BASF/Ludwigshafen), dessen Pansenschutz durch Ummantelung mit hydrogeniertem Palmfett erreicht wurde. Die in diesem Produkt

relevanten Mengen an CLA – Isomeren belaufen sich auf jeweils 10 % der beiden Isomere cis-9, trans-11 und trans-10, cis-12 CLA.

In Untersuchungen zur Stabilität pansengeschützter CLA (Umhüllung mit Protein-Matrix) von *Gulati et al. (2000)* ergaben sich deutliche Unterschiede zwischen ungeschützter und geschützter CLA und somit konnte die Effektivität des technisch hergestellten Pansenschutzes bestätigt werden. In dieser Studie zeigten sich in-vitro Abbaubarkeiten von 70 – 90 % der ungeschützten CLA (10 – 30 % wurden nicht hydrogeniert). In der geschützten CLA – Zulage lag die Rate der Hydrogenierung bei nur ca. 30 %, was insgesamt einen Pansenschutz von 70 % gewährte. Weiterführende Studien von *Perfield et al. (2004)* und *de Veth et al. (2005)* verglichen verschieden technische hergestellte pansengeschützte CLA Formen miteinander. In diesen Arbeiten wurden sowohl Amid- und fettummantelte CLA – Zulagen sowie Ca – Salze und Formaldehydbehandelte CLA – Supplemente in ihrer Wirksamkeit auf eine Milchfettabsenkung untersucht. Beide Autorengruppen bestätigten die Wirksamkeit der pansengeschützten Supplemente in einer jeweils von der Dosis abhängigen Wirkungswiese. *De Veth et al. (2005)* beschreiben jedoch, dass besonders beim Einsatz von Ca – Seifen eine geringere Transfer-Effektivität ins Milchfett im Gegensatz zu direkter Infusion vorliegt, wenn CLA über das Futter verabreicht wird. Hier werden in der Zusammenfassung mehrerer Studien Angaben von 1,9 bis 7,4 % gemacht, was wiederum einen Pansenschutz von 9 – 34 % repräsentiert (*de Veth et al. 2005*).

In Tabelle 37 wird ein Überblick über die in der Literatur beschriebenen Fütterungsversuche gegeben. Aus den bisher durchgeführten CLA – Studien stellte sich auch die Frage nach dem Zeitpunkt (Laktationsstadium) und der Dauer der CLA – Zulage. Wie bereits erwähnt, wurden die anfänglichen Arbeiten zur Charakterisierung der Milchfett senkenden Eigenschaft des trans-10, cis-12 Isomers an Kühen durchgeführt, die sich bereits in der Mitte oder Ende der Laktation befanden. In neueren Studien an Milchviehherden (*Bernal-Santos et al., 2003; Moore et al., 2004; Selberg et al., 2004; Shingfield et al., 2004; Castaneda-Gutierrez et al., 2005; Odens et al., 2007*) als auch in den Untersuchungen dieser Arbeit wurde der Einsatz von CLA zu Beginn der Laktation (Kalbung) in einem Zeitraum von 21 bis 105 Tagen analysiert (siehe Tabelle 37). Zu erkennen sind sowohl die unterschiedlichen Leistungsniveaus (21,9 – 44,3 kg/d) der verschiedenen Versuchherden, als auch die unterschiedlichen Einsatzmengen des relevanten

Isomers trans-10, cis-12 CLA (3,0 – 36,9 g/d). Dementsprechend verschieden fallen auch die erzielten Milchfettabsenkungen (2,8 – 44 %) in den einzelnen Studien aus.

Tabelle 37: Übersicht zu Einsatzmenge (g/d) und –dauer (d) von pansengeschützter konjugierter Linolsäure (CLA) in Fütterungsversuchen an Milchkühen.

	DIM Start	Dauer d	Kontrolle		t10, c12 CLA	
			Milchmenge kg/d	Milchfett %	Dosis g/d	MFD %
Giesy et al., 2002	93	5	42,3	3,5	4,3	11,4
					8,6	2,8
					17,3	25,8
					34,5	32,4
Perfield et al., 2002	227	140	30,4	3,8	8,8	22,8
Bernal-Santos et al., 2003	0	140	44,3	3,6	8,8	12,5
Moore et al., 2004	0	21	33,4	4,6	12,3	12,1
					24,6	21,9
					36,9	30,0
Selberg et al., 2004	0	49	40,3	3,5	15,1	13,8
Piperova et al., 2004	129	28	37,8	3,4	4,6	23,4
Shingfield et al., 2004	0	105	40,3	3,6	14,3	44
Castaneda-Gutierrez et al., 2005	0	63	43,4	3,8	9,2	11,5
					18,3	21,5
de Veth et al., 2005	202	7	21,9	3,6	10,0	34,4
Odens et al., 2007	0	40	35,6	4,3	3,0	18
					9,8	26
Eigene Untersuchungen	0	98	32,1	3,80	4,0	17,4
	0	98	34,8	3,67	4,0	17,5

4.2.2 Futter- und Energieaufnahme

Die Gesamtfuttermittelaufnahme aller Tiere im Versuch I der vorliegenden Arbeit (siehe Tabelle A-I, Anhang) lag mit $17,7 (\pm 2,4)$ kg T insgesamt auf einem mittlerem Niveau. Die mehrkalbigen Kühe nahmen im Mittel der ersten 100 Laktationstage $19,1 (\pm 1,6)$ kg T auf. Das Futtermittelaufnahmevermögen der Färsen war mit $15,3 (\pm 1,1)$ kg T um ca. 20 % verringert. Im Versuch II wurden im Mittel aller Versuchstiere $19,0 (\pm 2,1)$ kg T aufgenommen (siehe Tabelle A-XIV, Anhang). Die mehrkalbigen Kühe realisierten im Mittel sogar $20,0 (\pm 2,1)$ kg T, während die Färsen bei $16,0 (\pm 2,4)$ kg T lagen. Hieraus zeigt sich die besondere Problematik im Futtermittelaufnahmevermögen von erst- und mehrkalbigen Tieren. Färsen erreichen erst viel später ihre max. Futtermittelaufnahme und liegen etwa bei 80 % des Niveaus mehrkalbiger Kühe (*Ingvarsen und Andersen, 2000*). Das eigentlich Problem der Futter- bzw. Energieaufnahme liegt aber in der Verzögerung zwischen Peak der Milchleistung und Futtermittelaufnahme (*Moore und Mao, 1990; Rook et al., 1992; Fuentes-Pila et al., 2003*), so dass durch die nicht adäquat zur Milchleistung ansteigende Futtermittelaufnahme Milchkühe zu Laktationsbeginn in eine negative Energiebilanz geraten (*Ingvarsen und Andersen, 2000; Drackley, 2002*).

Im Rahmen der Versuchsdurchführung konnte die Erfassung der T-Aufnahme mittels automatischer Wiegetröge sehr exakt erfolgen. Diese Messung konnten aber erst nach Kalbung und Eingliederung der Tiere in die Gesamtherde durchgeführt werden. Während der Transitphase und um den Zeitpunkt der Kalbung herum konnten keine Daten zur T-Aufnahme erfasst werden. Gerade in dieser wichtigen Phase wird durch das Fütterungsregime der letzten Wochen a.p. die postpartale Futtermittelaufnahme beeinflusst (*Drackley, 1999*). Da nach *Grummer (1995)* die Futtermittelaufnahme vor und nach der Kalbung positiv miteinander korreliert, sollte schon vor der Kalbung mit Maßnahmen zur Förderung begonnen werden. Für die Versuchsanstellung mussten diese möglichen Einflüsse auf die Futtermittelaufnahme mit in Kauf genommen werden, da diese Fütterungsphase nach der betrieblichen Praxis durchgeführt wurde und nicht Bestandteil der Versuchsdurchführung war.

Wie bereits in den Ergebnissen dargestellt (siehe 3.1.2.1.2 und 3.2.2.1.2) hatte die Supplementierung von CLA bzw. die Kombination mit PG oder RPF in den Versuchen I und II keinen Einfluss auf die Gesamt T-Aufnahme ($P > 0,1$). Entsprechend der gleichen Futtermittelaufnahmen in beiden Versuchen ergaben sich auch

keine Unterschiede ($P > 0,1$) in den mittleren Energieaufnahmen (Versuch I: 123, 127 und 126 MJ NEL/d für 1 – Kontrolle, 2 – CLA und 3 – CLA + PG; Versuch II: 133, 133 und 136 MJ NEL/d für 1 – Kontrolle, 2 – CLA und 3 – CLA + RPF). Die in Versuch II leicht höhere Energieaufnahme resultierte aus dem leicht höheren Futteraufnahmeniveau. In der Literatur werden die eigenen Ergebnisse im Hinblick auf die Futteraufnahme weitestgehend bestätigt, dass durch die CLA Zulage kein Einfluss auf die T-Aufnahme festgestellt werden konnte (*Perfield et al., 2002; Bernal-Santos et al., 2003; Selberg et al., 2004, Moore et al., 2004; Castaneda-Gutierrez et al., 2005, Steingäß et al., 2005 und Odens et al., 2007*). Lediglich in der Studie von *Shingfield et al. (2004)* wird eine tendenziell erhöhte T-Aufnahme (22,2 vs. 24,6 kg T; $P = 0,06$) durch CLA Zulage beschrieben, was folglich auch zu einer erhöhten Energieaufnahme ($P = 0,08$) führt.

Im Versuch II wurde über den Beobachtungszeitraum von 14 Versuchswochen hinaus die T-Aufnahme weiterhin erfasst, um Aussagen über mögliche Veränderung nach der Verabreichung der Supplemente CLA und RPF treffen zu können. Auch nach dem Absetzen konnten keine Unterschiede ($P > 0,1$) in der Gesamt T-Aufnahme zwischen den Behandlungen festgestellt werden (siehe 3.2.2.1.4, Abbildung 21).

4.2.3 Milchmenge und –inhaltsstoffe

Der Effekt einer CLA Zulage auf die Milchleistung wird in bereits durchgeführten Fütterungsversuchen an Milchkühen unterschiedlich beschrieben. Der Peak der Milchleistung wird in Regel zwischen dem 40 bis 60 Laktationstag erreicht (*Staufenbiel, 1989; Staufenbiel und Schröder 2004*). *Baumgard et al. (2002b)* leiteten verschiedene potentielle energetische Möglichkeiten durch den Einsatz von CLA in der Früh-laktation im Hinblick auf die Tiergesundheit, günstigeren Energiestatus und verbesserter Reproduktionsleistung her. Durch mögliche energiesparende Effekte durch Verringerung der Abgabe von Energie in Form von Milchfett ins Euter wird auf eine gesteigerte Milchleistung hingewiesen.

In den eigenen Untersuchungen zeigten sich tendenzielle, positive Effekte auf die Milchleistung. In Versuch I konnte durch die Fütterung von CLA bzw. CLA + PG eine um 7 bzw. 5 % gesteigerte Milchleistung in den Behandlungsgruppen erzielt werden ($P < 0,1$). Die leicht verbesserte Milchleistung zeichnete sich im Milchkurvenverlauf etwa von der 3. bis zur 9. Laktationswoche ab, wie aus den Ergebnissen (siehe 3.1.2.2.1) zu sehen ist. Der Versuch II erbrachte im Niveau leicht höhere mittlere Milchleistungen (ca. 1 – 2 kg/d). Der Effekt von CLA fiel hier jedoch eher ab der Mitte

des Untersuchungszeitraumes positiv ins Gewicht, so dass in beiden Behandlungen mit CLA bzw. CLA + RPF eine im Mittel um 3,5 % erhöhte Milchleistung gegenüber der Kontrolle verzeichnet werden konnte ($P > 0,1$). Im Milchkurvenverlauf ist zu sehen, dass erst von der Woche 8 bis 14 p.p. die Effekte der CLA bzw. CLA + RPF Zulage ins Gewicht fallen. Gegen Ende des Beobachtungszeitraums in der 14. Woche konnten hier Unterschiede in der mittleren Milchleistung von 2,4 kg für 2 – CLA und 3,9 kg für 3 – CLA + RPF gegenüber der Kontrolle realisiert werden.

Insgesamt decken sich diese Ergebnisse mit denen in der Literatur beschriebenen Milchleistungswerten. In vom Milchleistungsniveau vergleichbaren Studien von *Perfield et al. (2002)*, *Moore et al. (2004)*, *Steingäß et al. (2005)*, *Brömmel et al. (2007)* und *Odens et al. (2007)* werden ähnlich tendenziell positive Effekte auf die Milchleistung beschrieben. Auch in einem höheren Milchleistungsbereich (40 – 43 kg Milch/d) wie bei *Castaneda et al. (2005)* und *Selberg et al. (2004)* konnten keine signifikanten Effekte abgesichert werden. Positiv auf die Milchleistung wirkte sich die CLA Zugabe in Untersuchungen von *Shingfield et al. (2004)* und *Bernal-Santos et al. (2003)* mit + 7 bzw. + 3 kg Milch/d in den Behandlungsgruppen aus. Demgegenüber wird in Ausführungen von *Kennelly und Bell (2007)* ein milchleistungssenkender Effekt beschrieben, der allerdings bei direkter Labmageninfusion von deutlich erhöhten Gaben an CLA Isomeren ($> 150\text{g/d}$) erzielt worden ist.

Betrachtet man die Entwicklung der Milchleistungen nach dem Absetzen von CLA und CLA + RPF, so lässt sich folgendes erkennen: Nach den Überlegungen von *Baumgard et al. (2002c)* könnte durch die CLA-Supplementierung das genetische Potenzial besser ausgeschöpft und die Tiere auf ein höheres Leistungspotential angehoben werden. In den dargestellten Ergebnissen ist zu sehen, dass sich die ab der 8. Woche positiv beeinflusste Milchleistungssteigerung nach dem Absetzen von CLA ab der 14. Woche fortsetzt. Im Untersuchungszeitraum von der 15. bis zur 26. Laktationswoche konnte eine im Mittel um 2 kg/d tendenziell erhöhte Milchleistung ($P < 0,1$) festgestellt werden.

Aufgrund der zuvor beschriebenen Eigenschaften des Linolsäureisomers trans-10, cis-12 CLA ist natürlich der Milchfettgehalt von besonderem Interesse. In beiden Versuchen zeigten die CLA Zulagen eindeutige Effekte durch Hemmung der Milchfettsynthese um ca. 17,5 %. Im breiten Spektrum der in der Literatur beschriebenen MFD durch CLA (siehe Tabelle 34) von 2,8 – 44 % liegen die eigenen

Ergebnisse im mittleren Bereich. Die Absenkung der Milchfettsynthese wird in den eigenen Untersuchungen mit einer eher niedrigeren Menge an trans-10, cis-12 CLA von ~4 g/d erreicht. In der Literatur werden zum Teil höheren Mengen beschrieben. Dies lässt auf eine hohe Effektivität des eingesetzten Präparats schließen. Ebenso ist anhand der dargestellten Milchfettgehalte zu erkennen, dass die Milchfettabsenkung nicht unmittelbar p.p., sondern in Versuch I erst ab der 5. Woche p.p. und in Versuch II ab der 4. Woche p.p. signifikant abzusichern war ($P < 0,05$). In Untersuchungen von *Perfield et al. (2002)*, *Moore et al. (2004)* und *Selberg et al. (2004)* wird diese Tatsache bestätigt und mit einer herabgesetzten Sensivität des Eutergewebes gegenüber diesem CLA-Isomer unmittelbar zu Laktationsbeginn beschrieben. Außerdem wird davon ausgegangen, dass bestimmte Gene, die für die Milchfettsynthese verantwortlich sind, während dieser Zeit als resistent zu betrachten sind (*Perfield et al., 2002*). Zu Laktationsbeginn stehen außerdem die Mobilisierung von Körperreserven aufgrund der negativen Energiebilanz und die Hemmung der de-novo Fettsäuresynthese durch trans-10, cis-12 CLA in einem gegensätzlichen Verhältnis zueinander. Durch den Körpersubstanzabbau werden ausreichend Vorstufen für die Fettsäuresynthese geliefert und somit kommt es zu einem Überlagerungsprozess mit der Unterdrückung der Milchfettsynthese durch CLA-Isomere. Hier könnte ein weiterer Erklärungsansatz für die nicht unmittelbar p.p. einsetzende MFD begründet sein.

Die alleinige Supplementierung von CLA hatte in den Versuchen I und II keinen Einfluss auf den Milcheiweißgehalt und die Milcheiweißleistung. Untersuchungen von *Perfield et al. (2002)* und *Bernal-Santos et al. (2003)* ergaben ebenfalls keine veränderten Milcheiweißgehalte durch die CLA Zulage. Demgegenüber berichten *Kay et al. (2007)*, dass durch CLA sowohl der Milcheiweißgehalt als auch die Milcheiweißleistung gesteigert werden können.

Die Auswirkungen von CLA auf die Hemmung der Milchfettsynthese sind in der Literatur ausreichend beschrieben. Wie verhalten sich die Milchinhaltsstoffe aber nach Beendigung der Zuführung des trans-10, cis-12 Isomers? Anhand der Erfassung der Milchleistung über den Zeitraum der Zulage von CLA hinaus konnte bereits eine positive Eigenschaft beschrieben werden. In der zuvor aufgeführten Studie von *Baumgard et al. (2000)* bei direkter Labmageninfusion von trans-10, cis-

12 CLA konnte gezeigt werden, dass einerseits die MFD sehr schnell einsetzt und andererseits auch die Anhebung der Milchfettgehalte nach beendeter Infusion relativ schnell (3 – 4 d) und unmittelbar eintritt. *Castaneda-Gutierrez et al. (2005)* konnten in einem Fütterungsversuch mit CLA ähnliche Tendenzen feststellen. Innerhalb von 14 Tagen nach beendeter CLA Fütterung erreichten alle Milchfettgehalte der Versuchgruppen wieder ein gleiches Niveau. In den eigenen Untersuchungen der Milchfettgehalte in der Nachperiode ohne CLA Zulage konnte ein etwas differenzierter Effekt festgestellt werden. Die Angleichung der Milchfettgehalte der beiden Zulagegruppen nach dem Absetzen von CLA geschah nicht sofort, sondern mit einer Verzögerung von ca. 4 Wochen. Im Mittel der Versuchswochen 15 – 26 p.p. konnten keine Unterschiede zwischen den Gruppen abgesichert werden, jedoch zeigten sich die mittleren Milchfettgehalte mit 3,61 und 3,53 % im Gegensatz zur Kontrolle mit 3,83 % tendenziell erniedrigt ($P < 0,1$).

Neben dem Milchfettgehalt ist die Milchfettzusammensetzung ein weiterer wichtiger Bestandteil der Milch, der durch den Einsatz von CLA deutlichen Veränderungen unterliegt. Die FS, die aufgrund ihres Mengenanteils das Milchfett besonders charakterisieren werden in erster Linie nach ihrem Ursprung gruppiert. Zum einen sind es die FS, die der de-novo Fettsäuresynthese entstammen ($<C16$), zum anderen FS die aus der Lieferung von Vorstufen bereitgestellt werden ($>C16$) und FS die aus beiden Quellen stammen ($C16$) (*McGuire und Bauman, 2002*). Durch den Einsatz von CLA bzw. bei einer CLA induzierten MFD wird insgesamt die Leistung aller FS im Milchfett vermindert (*Perfield et al., 2002; Bernal-Santos et al., 2003; Kay et al., 2007*). Nach *Baumgard et al. (2000)* ist dafür die Herabsetzung der Expression von Genen, die in die de-novo Fettsäuresynthese (AcetylCoA-Carboxylase, Fettsäuresynthetase) involviert sind, durch trans-10, cis-12 CLA verantwortlich. In Studien von *Castaneda-Gutierrez et al. (2005)* wird beschrieben, dass bereits ab der 1 Woche p.p. der Anteil von trans-10, cis-12 CLA im Milchfett ansteigt, obwohl wie oben beschrieben, eine sofortige Milchfettabsenkung noch nicht zu beobachten war. *Perfield et al. (2002)* konnten ebenfalls einen Anstieg von trans-10, cis-12 CLA im Milchfett in ihren Analysen des Milchfetts feststellen. Dabei wird auf die Transfer-Effektivität des CLA-Isomers hingewiesen, welche bei direkten Labmageninfusionen (10 bis 25 %) deutlich höher lag als bei Fütterungsversuchen (3 bis 7 %) (*Chouniard et al., 1999; Baumgard et al., 2001*). Dies lässt darauf schließen, dass ein gewisser

Teil im Pansen metabolisiert wird, obwohl die Isomere in pansengeschützter Form verabreicht wurden.

In den eigenen Untersuchungen wurden ebenfalls Milchproben von beiden Versuchsjahren zur Analyse sämtlicher FS- und CLA-Isomere gewonnen. Die genaue Fettsäuremusteranalyse ist aber kein Bestandteil dieser Dissertation, so dass zu diesem Zeitpunkt noch keine exakten Aussagen zum Fettsäuremuster der beiden CLA Studien gemacht werden können. Für eine tendenzielle Teilaussage zum Fettsäuremuster konnte aber auf bereits analysierte Proben zurückgegriffen werden, die in Studien von *Reicheneder (2008)* im Zeitraum April bis September des Versuchs II am gleichen Tiermaterial erhoben wurden. Eine Darstellung eines vorläufigen Fettsäuremusters findet sich im Tabellenanhang (siehe Tabelle A-IXX). Aus der Zusammenstellung sind ähnliche Tendenzen in der mengenmäßigen Veränderung der FS zu erkennen, wie sie ebenfalls in Literatur beschrieben werden. Nach *Peterson et al. (2003)* reduziert sich bei CLA induzierter MFD der Anteil aller FS im Milchfett. Die CLA Supplementierung bewirkt eine Verschiebung in der Fettsäurezusammensetzung des Milchfetts. Der Anteil kurz- (C4-C8) und mittelkettiger (C10-C14) FS sinkt proportional stärker ab und resultiert in einer Verschiebung zu einem höheren Gehalt an langkettigen FS (>C16) (*Baumgard et al., 2002b*). Diese Tendenz konnte aus den eigenen Daten ebenfalls bestätigt werden. In Untersuchungen von *Bernal-Santos et al. (2003)* kam es nach CLA Zulage bereits ab der 2. Woche p.p. zu dieser Verschiebung im FS und es erhöhte sich besonders der Anteil an trans-C18:1 FS. Ein anteiliger Anstieg dieser FS an den Gesamtfettsäuren war bei den eigenen Daten besonders in der Gruppe 3 CLA + RPF zu erkennen (1 – Kontrolle mit 1,64 % vs. 2 – CLA mit 2,05 % und 3 – CLA + RPF mit 2,88 %). Weiterhin erhöht sich der Anteil von cis-9, trans-11 CLA in den beiden Zulagegruppen geringfügig (1 – Kontrolle mit 0,49% vs. 2 – CLA mit 0,60 % und 3 CLA + RPF mit 0,61 %). Ein steigender Anteil von trans-10, cis-12 CLA, welches in der Kontrollgruppe mengenmäßig nicht quantifiziert wurde, konnte in den Zulagegruppen ebenfalls analysiert werden (1 – Kontrolle mit <0.01 % vs. 2 – CLA mit 0.04 % und 3 CLA + RPF mit 0.04 %). Bei *Castaneda-Gutierrez et al. (2005)* wurde bereits ab der ersten Woche p.p. trans-10, cis-12-CLA ins Milchfett überführt, d.h. eine mögliche verminderte Reaktion an MFD kann nicht auf eine unzureichende Aufnahme von CLA durch das Eutergewebe zurückzuführen sein. Eine relativ

schnelle Überführung von trans-10, cis-12 CLA ins Milchfett wird auch in Untersuchungen von *Perfield et al. (2002)* bestätigt.

In welchem Umfang die Verschiebung des Fettsäuremuster bzw. die Änderung der relativen Anteile sich vollzieht und wie schnell diese Verschiebung zu erkennen ist, lässt sich anhand der eigenen Proben nicht aussagen, da die Proben der Einzeltiere mit 2-3 Einzelproben zufällig über den Versuchsraum verteilt waren. Eine vollständige Beschreibung der Milchfettanalyse bleibt abzuwarten.

4.2.4 Lebendgewicht und Körperkondition

Laktierende Kühe sind durch Nutzung ihrer Körperenergiereiserven in der Lage bis zu 25 % ihrer 100 Tage Leistung energetisch aus Körperreserven zu bilden. Entscheidend ist dabei der Zeitraum über den die Einschmelzung von Körperfett erfolgt (Rossow, 2006). Hochleistungskühe zeichnen sich dadurch aus, dass sie ihre Fettreserven langsam über einen langen Zeitraum mobilisieren. Ein besonders wichtiger Gesichtspunkt, der vor allem Einfluss auf die Mobilisierung von Körperreserven im peripartalen Zeitraum ausübt, ist die Konditionierung der Kühe in der Transitphase. Eine übermäßige Konditionierung von Milchkühen beeinflusst deren Futteraufnahme deutlich negativ. Untersuchungen von *Bines und Morant (1983)* zeigen, dass magere Tiere bis zu 24 % mehr fressen als fette Kühe. Gehen Milchkühe deutlich überkonditioniert in die Laktation so kommt es zur Diskrepanz zwischen verminderter Futteraufnahme und einsetzender Milchleistung. Die Folge ist ein verstärktes Energiedefizit zu Laktationsbeginn. In der Früh-laktation ist die Mobilisation von Körpermasse zur Deckung der negativen EB ein physiologischer Vorgang.

Mit der Erfassung der Tiergewichte, der Körperkonditionsbewertung und der Messung von RFD und RMD sollten Rückschlüsse auf mögliche positive Einflüsse von CLA auf den Körperfettgehalt gezogen werden. Aus verschiedenen Studien an Ratten (*Azain et al., 2000*), Mäusen (*DeLany et al., 1999*) und Schweinen (*Dugan et al., 1997; Ostrowska et al., 1999*) konnten Erkenntnisse gewonnen werden, die CLA einen mindernden Effekt auf den Körperfettanteil zuschreiben. In jungen wachsenden Tieren hemmt trans-10, cis-12 CLA die Körperfettzunahme, vermindert aber nicht zwangsläufig den Körperfettanteil. Bei ausgewachsenen Tieren scheint trans-10, cis-12 CLA nicht anabol zu wirken. *Bauman et al. (2003)* weisen jedoch darauf hin, dass die eingesetzten Mengen an CLA in diesen Studien um ein 10-faches höher liegen in Bezug auf die metabolische Körpermasse als bei Untersuchungen an Wiederkäuern. Bei den ermittelten Tiergewichten in Versuch I und Versuch II ist zu Versuchsbeginn ein Niveauunterschied zwischen den Behandlungen zu erkennen. Die Gewichtsreduktion im Laufe der Laktation ist für alle Behandlungen mit 25 – 35 kg in Versuch I und 20 – 30 kg in Versuch II gleich. Die Abnahme der Tiergewichte hat in beiden Versuchen in etwa ab der 6. Versuchswoche ihren Tiefpunkt. Betrachtet man zusätzlich die BCS Werte, so ist zu erkennen, dass diese ihren Tiefpunkt erst ab der 8. Versuchswoche erreichen (Versuch I und II). Insgesamt nehmen die Versuchstiere

in Versuch I und II etwa 1,5 bzw. 1,25 Noten ab. Nach *Rossow (2006)* entspricht die Abnahme von 1 BCS Einheit etwa 60 kg Körpermasse. Die Aussage deckt sich nicht mit den im Versuch I und II ermittelten Gewichtsabnahmen von 25 bis 35 kg und 20 bis 30 kg. Diese Diskrepanz zwischen BCS und Tiergewichten zeigt die teilweise nur bedingte Vergleichbarkeit dieser Parameter auf bzw. deren Eignung zur genauen Quantifizierung der Energiebilanz zu Laktationsbeginn. Nach *Chilliard et al. (1991)* wird der BCS als kumulative Energiebilanz über den Betrachtungszeitraum angesehen, obwohl die Konditionsbenotung nur schwach mit der EB korreliert. *Kertz et al. (1991)* sehen aufgrund erhöhter Futteraufnahmemengen im Verdauungstrakt die Lebendgewichtsveränderung als ungeeignet für die EB an. Nach *Kirchgessner (1997)* lässt sich der Wert der geschätzten EB nicht unmittelbar in der Veränderung des Lebendgewichts wiederfinden, da Schwankungen im Körperenergiegehalt nicht unbedingt mit Gewichtsveränderungen einhergehen müssen.

Auch aus der Messung der RFD und RMD lassen sich keine Einflüsse durch die Fütterung von CLA herleiten. In beiden Versuchen sinken die RFD in gleichem Maße, ausgehend von leichten Niveauunterschieden zwischen den Behandlungen, von der 2. Woche a.p. bis zur 8. Woche p.p. ab. Hier spiegelt sich lediglich eine bessere Vergleichbarkeit mit den ermittelten BCS Noten wider.

Ein Einfluss von CLA auf die Gewichtsentwicklung bzw. Änderung der Körperkondition kann daher ausgeschlossen werden. Ebenso können anhand der Gewichte keine Aussagen in Hinblick auf einen möglichen energiesparenden Effekt durch MFD bzw. einer Energieumverteilung, die sich in einem verminderten Körpersubstanzabbau zeigen könnte, gemacht werden. Auch in den Studien von *Perfield et al. (2002)*, *Selberg et al. (2004)*, *Shingfield et al. (2004)*, *Castaneda-Gutierrez et al. (2005)* und *Odens et al. (2007)* wurden keine Auswirkungen der CLA Fütterung auf die Tiergewichte festgestellt. Die Reduktion der Körperreserven und Abnahme der Konditionsnoten zeigt in diesem Falle nur das Vorhandensein eines ausgeprägten Energiedefizits zu Laktationsbeginn an.

4.2.5 Energiebilanz

Das Anlegen von Körperreserven im Laufe der Trächtigkeit und die Nutzung dieser Reserven zur Milchproduktion gehört zur Reproduktionsstrategie der Säugetiere (Agenäs *et al.*, 2003). Das postpartale Energiedefizit ist in stärkerem Maße von der Futteraufnahme als von der Milchmenge abhängig bzw. die Beziehung der Energiebilanz zur Futteraufnahme ist deutlich höher als zur Milchmenge (Villa-Godoy *et al.*, 1988; Zurek *et al.*, 1995; Veerkamp *et al.* (2000). Obwohl die Futteraufnahme nach Gruber *et al.* (2001) mit höheren Milchleistungen steigt, reicht sie zu Laktationsbeginn nicht aus, um den erhöhten Bedarf an Energie für Erhaltung und Leistung zu decken. Ein gewisses Energiedefizit kann zu Laktationsbeginn als normal bezeichnet werden. Charakteristisch für die Übergangsphase ist, dass Kühe mehr Energie abgeben als sie aufnehmen können (Drackley, 1999). Die folgenschwere Konsequenz daraus ist eine teilweise erheblich negative EB, die wiederum mit erhöhten Risiken von Stoffwechselerkrankungen (Grummer, 1995), gesundheitlichen Problemen (Goff und Horst, 1997; Drackley, 1999) und deutlich verminderter Reproduktionsleistung (Lucy *et al.*, 1992; Beam und Butler, 1999) einhergeht.

Das Aufstellen und Erfassen von EB zur Abschätzung des Energiedefizits hat einen tiefen Ursprung in der Tierernährungsforschung. Zur Quantifizierung von EB außerhalb von Respirationskammern wurden verschiedene Schätzverfahren entwickelt. Für die Abschätzung von Energiebilanzen bei Einzeltieren hat sich das Verfahren etabliert, die EB als Differenz zwischen Energieaufnahme und Energiebedarf für Leistung und Erhaltung (in Abhängigkeit vom Lebendgewicht) zu kalkulieren. Von den Leistungskomponenten wird in vielen Untersuchungen nur die Milchleistung berücksichtigt (Villa-Godoy *et al.*, 1988; Collard *et al.*, 2000; Reist *et al.*, 2002; Agenäs *et al.*, 2003). Andere Untersuchungen beziehen auch den Bedarf für Wachstum (deVries und Veerkamp, 2000) und die Gravidität mit in die Energiebilanzberechnung mit ein. Bei Staples *et al.* (1990) fließt die Energie aus eingeschmolzener Körpersubstanz mit in die Berechnung, indem sie zu der aufgenommenen Energiemenge addiert wird. Dennoch waren die Energiebilanzen zu Laktationsbeginn negativ.

In den eigenen Untersuchungen erfolgte die Aufstellung der EB durch Differenzrechnung zwischen Energieaufnahme und Energiebedarf für Leistung und Erhaltung. Ob nun die Senkung der Milchfettsekretion bzw. die Einsparung an

Energie durch verminderte Abgabe über das Euter in Form von Milchfett zu einer Verbesserung der EB beitragen kann, wurde somit auf Basis dieser Differenzrechnung beurteilt. In Studien von *Moore et al. (2004)*, *Shingfield et al. (2004)*, *Kay et al. (2006)* und *Odens et al. (2007)* wird dem Einsatz von CLA zur Milchfettabsenkung ein potentielle Wirkung in Hinblick auf eine verbesserte EB zugesprochen. Untersuchungen von *Perfield et al. (2002)* beschreiben jedoch keine Verbesserung der EB durch CLA.

Die mittleren täglichen Energiebilanzen konnten durch den Einsatz von CLA in Versuch I signifikant erhöht werden ($P < 0,05$) ($-10,6$ MJ NEL/d für 1 – Kontrolle vs. $-4,3$ MJ NEL/d für 2 – CLA und $-4,8$ MJ NEL/d für 3 – CLA + PG). Die Kombination CLA + PG erbrachte keine zusätzliche Verbesserung der EB gegenüber der alleinigen CLA Zulage. Ausgehend von einem für alle drei Versuchsgruppen gleich stark ausgeprägten Energiedefizit von -40 bis -50 MJ NEL/d zeigte sich für die Kontrolle von der ersten bis zur 14. Woche p.p. eine insgesamt tiefer verlaufende Energiebilanzkurve, die mit einer 2-wöchigen Verzögerung in eine ausgeglichenen EB übergang. Unterschiede in der Differenz im Kurvenverlauf zeichnen sich erst in der zweiten Versuchshälfte deutlicher ab.

In Versuch II bestätigte sich in Hinblick auf Kontrolle und alleiniger CLA eine verbesserte Energiebilanz ($-9,3$ MJ NEL/d für 1 – Kontrolle vs. $-1,8$ MJ NEL/d für 2 – CLA, $P < 0,05$). Die Kombination CLA + RPF erbrachte nochmals eine leicht verbesserte mittlere Energiebilanz ($2,0$ MJ NEL/d), die jedoch nicht signifikant gegenüber 2 – CLA abzusichern war. Auch zu Beginn dieses Versuchs konnte in der ersten Woche p.p. für alle drei Versuchsgruppen ein starkes Energiedefizit festgestellt werden. Im weiteren Versuchsverlauf zeigte auch hier die Kontrollgruppe gegenüber den beiden Zulagegruppen einen tieferen Verlauf in der EB auf. Der stärkere Verlaufsunterschied in der EB zwischen Kontrolle und CLA Zulage konnte hier schon ab der 4. Woche p.p. beobachtet werden. Deutlich fiel hier das um ca. drei Wochen verzögerte Erreichen einer ausgeglichenen EB ins Gewicht.

Nach *Collard et al. (2000)* scheint die Erkrankung des Bewegungsapparates (Klauen und Gliedmaßen) von der Höhe des Energiedefizits abzuhängen, während Reproduktionsprobleme und Stoffwechselerkrankungen am höchsten mit der Dauer des Energiedefizits korreliert sind. Diese Aussage deckt sich zumindest mit den zur Tiergesundheit erfassten Parametern. In beiden Versuchsjahren waren Erkrankungen der Klauen und Gliedmaßen die häufigste Krankheitsursache.

Die eigenen Ergebnisse zur EB lassen sich mit denen in der Literatur angegebenen Tendenzen bezüglich einer durch CLA verbesserten Energiebilanz durchaus vergleichen (*Moore et al., 2004; Shingfield et al., 2004; Kay et al., 2006 und Odens et al., 2007*). Auch *Griinari und Bauman (2006)* bestätigen diese potentielle Eigenschaft von CLA, zu einem verbesserten Energiestatus beizutragen und zusätzlich verbesserte mittlere Milchleistung zu erzielen.

Um genauere Aussagen über den genauen Energiestoffwechsel machen zu können, sind Respirationsversuche eine geeignete Methode, um diesen Aspekt der Energieumverteilung besser beschreiben zu können. In Arbeiten von *Shingfield et al. (2004)* wurde diese Versuchsmethode in Verbindung mit CLA erstmals angewendet. Durch kalorimetrische Messung sollte die Verteilung der eingesparten Energie genauer quantifiziert werden. Die CLA – Fütterung begann unmittelbar p.p. und es wurde eine MFD von 35 % erzielt. Zwischen Kontrolle und CLA – Zulage ergaben sich keine unterschiedlichen Verluste über die Faeces, Methan und Wärme, obwohl die Verluste an Energie über Milch und Urin vermindert waren. Folglich kam es zur Erhöhung des Anteils an Energie die zur Retention im Körpergewebe genutzt wurde. *Shingfield et al. (2004)* konnten somit die These bestätigen, dass durch CLA – Zulage eine gewisse Energieumverteilung durch Hemmung der Milchfettsynthese möglich ist. Um die errechnete EB trotz ihrer möglicherweise unzureichenden Genauigkeit weiter charakterisieren zu können, werden in der Literatur weitere Merkmale herangezogen (*Collard et al., 2000*).

Ausgehend von der Erfassung der täglichen EB kann das Intervall in Tagen von der Kalbung bis zum Tiefpunkt der niedrigsten täglichen EB abgeleitet werden. Nach *Beam und Butler (1999)* sowie *Butler (2000)* sind besonders die Schwere und der Tag (~ 5 – 10 d p.p.) des tiefsten Energiedefizits mit dem Auftreten von Reproduktionserscheinungen korreliert. Da in den eigenen Untersuchungen die Erfassung der Futterdaten erst ab der 1. Woche p.p. erfolgte, konnte keine genaue Ermittlung der tiefsten EB in Tagen p.p. durchgeführt werden.

Weiterhin ist das Intervall von der Kalbung bis zum Erreichen einer ausgeglichenen EB zu bestimmen. In Versuch I (siehe Tabelle 3.1.2.3.2) verringerte sich das Intervall zwischen Kontrolle und den beiden Zulagegruppen um 9 d. Durch die CLA – Fütterung konnten die Versuchstiere früher in eine ausgeglichene EB übergehen. Die Kombination CLA+PG erbrachte keinen weiteren Vorteil. Der Versuch II (siehe Tabelle 3.2.2.4.2) wies zwischen 1 – Kontrolle und 2 – CLA ein ähnliches Ergebnis

auf (13 d). Durch die Kombination von CLA + RPF konnte sogar ein deutlich kürzeres Intervall (28 d zur Kontrolle) bis zu einer ausgeglichenen EB beobachtet werden.

Insgesamt lassen sich aus diesen Ergebnissen zur Energiebilanz eindeutige Ansätze durch Zulage von CLA in der Auswirkung auf energiesparende Effekte erkennen.

4.3 Einfluss von CLA-Zulagen auf Fruchtbarkeit und Stoffwechselfparameter

4.3.1 Fruchtbarkeit

Fruchtbarkeitsstörungen sind die Hauptursache für eine frühzeitige Zwangss Selektion der Milchkühe. Diese führen dann zu einem verminderten Lebensalter und einer verminderten Lebensleistung (*Staufenbiel und Lügner, 1987*). *Fürll et al. (1992)* verbinden die ketotische Stoffwechsellage während der negativen EB mit einer verminderten Fruchtbarkeit. Je länger die Tiere brauchen, um eine ausgeglichene EB zu erreichen, desto länger benötigen sie zur ersten Ovulation (*Evans, 2003; Miettinen, 1990*). Allgemein ist zu Reproduktionsproblemen anzumerken, dass diese in vielen Untersuchungen über ein verlängertes Zeitintervall zwischen Kalbung und 1. Ovulation bzw. über die Non-Return-Rate definiert werden (*deVries et al., 1999; deVries und Veerkamp, 2000*), wobei ein späteres Einsetzen der Zyklusaktivität als negativ ausgelegt wird. Unter biologischen Gesichtspunkten hingegen ist dieses verzögerte Einsetzen jedoch sinnvoll, da es die Konzeption in einer kritischen Nährstoffsituation verhindert.

Der Einfluss von Fettzulagen auf die Reproduktionsfunktion bei Wiederkäuern ist bisher weitreichend untersucht worden. Nach *Grummer und Carrol (1991)* wird der Einsatz von Fettzulagen mit einer der Erhöhung der Energieversorgung verbunden und diese wiederum mit einem schnelleren Eintreten der Zyklusaktivität assoziiert. *Butler (2003)* beschreibt in seinen Studien ebenso einen bestehenden Zusammenhang zwischen dem Energiestatus und der Reproduktionsleistung von Milchkühen. *Lucy et al. (1992)* sind der Meinung, dass das Vorhandensein spezieller FS und nicht die zusätzliche Energieversorgung stimulierend auf das Einsetzen der Ovarialfunktion wirkt. Bestimmte FS können möglicherweise die Reproduktion beeinflussen, indem sie die ovariale Steroidgenese erhöhen, manipulierend auf Insulin zur Stimulierung der Follikelentwicklung wirken und/oder die Produktion und Freisetzung von $\text{PGF}_{2\alpha}$ im Uterus unterdrücken (*Staples et al., 1998*). Beim Wiederkäuer ist die erfolgreiche Trächtigkeit abhängig von der Sekretion von Interferon-Tau (IFNtau) des Embryos. IFNtau verhindert die Sekretion von $\text{PGF}_{2\alpha}$ im Uterus, um die Luteolyse zu unterdrücken (*Wolf et al., 2003*). Dadurch könnte die Unterdrückung von $\text{PGF}_{2\alpha}$ durch bestimmte FS zu einem verminderten Embryonenverlust beitragen. In Untersuchungen von *Belury (2002)* wird CLA ein

Effekt auf die Prostaglandinsekretion bei verschiedenen Spezies und Zellsystemen zugeschrieben. Von besonderem Interesse ist die Feststellung der Unterdrückung von $\text{PGF}_{2\alpha}$ im Uterusgewebe bei trächtigen Ratten, denen CLA zulegt wurde (*Harris et al. 2001*) und die reduzierte Produktion von $\text{PGF}_{2\alpha}$ in Gebärmutterzellen, die mit CLA inkubiert wurden (*Cheng et al., 2003*).

Zur Prüfung möglicher positiver Einflüsse von CLA auf die Fruchtbarkeit wurden in den eigenen Untersuchungen Progesteronprofile zur Bestimmung der ersten einsetzten Ovulation erstellt. Das Auftreten eines Zyklus wurde dabei folgendermaßen definiert – bei abfallenden Progesteronwerten auf 0,5 ng/ml oder darunter, mit anschließendem Verbleib der Werte für die nächsten 4 – 7 d, wurde das Ende eines alten und der Beginn des neuen Zyklus angenommen (*Sklan und Moallem, 1991*). Wie aus den Ergebnissen zu sehen ist (siehe 3.1.3.2.5, Tabelle 21) konnte bei fast allen Kühen in Versuch I das Einsetzen einer ersten Ovulation festgestellt werden. Durch den Einsatz von CLA verringerte sich das Intervall von der Kalbung bis zur ersten Ovulation tendenziell um 6 d (1 – Kontrolle 34 d, 2 – CLA 28 d und 3 – CLA + PG). Leider war die Streuung der Einzeltiere zu groß um evtl. Signifikanzen absichern zu können. Auf die weitere Trächtigkeitsrate konnte durch CLA – Supplementierung kein positiver Effekt festgestellt werden, da hier der Einfluss von Abgängen, Brunstbeobachtung und Brunsteinleitungen im Rahmen des Fruchtbarkeitsmanagementprogramms auf dem Versuchsbetrieb zu groß war. Im Versuch II konnte ebenfalls bei fast allen Versuchstieren eine erste Ovulation definiert werden (siehe 3.1.3.2.5, Tabelle 34). Auch hier hatte die CLA – Zulage einen positiven Einfluss auf das Intervall bis zur ersten Ovulation (38 d für 1 – Kontrolle vs. 28 d für 2 – CLA und 30 d für 3 – CLA + RPF). In Versuch II war vor allem die schlechte Brunsterkennungsrate (mögliche stille Brunst) verantwortlich für eine unzulängliche Trächtigkeitsrate der Versuchstiere. Auch hier können deshalb keine Aussagen zu signifikanten Effekten von CLA gemacht werden.

In den Versuchen von *Bernal-Santos et al. (2003)* wird dem Einsatz von CLA eindeutig ein positiver Effekt auf die einsetzende Reproduktionsfunktionen beigemessen. In diesen Untersuchungen war jedoch die Tierzahl zu gering, um aussagefähige Einflüsse herausstellen zu können. Aber auch in dieser Studie verminderte sich das Intervall bis zur ersten Ovulation und die Trächtigkeitsrate wurde erhöhte, obgleich die Milchleistung zusätzlich verbessert war. *Castaneda-*

Gutierrez et al. (2005) konnten diese Auswirkungen in ihren Untersuchungen ebenfalls bestätigen.

4.3.2 Stoffwechselfparameter

Die Erfassung und Analytik verschiedener Blut- und Leberparameter sollte in der vorliegenden Arbeit zur erweiterten Beurteilung der Energiebilanzsituation und Stoffwechsellage herangezogen werden. Der gesteigerte Nährstoffbedarf zu Laktationsbeginn führt aufgrund inadäquater Energieaufnahme häufig zu Stoffwechsellentgleisungen (*Littlelike et al. 1981, Curtis et al., 1985*) und verminderter Reproduktionsfunktionen (*Butler und Smith, 1989*). Bei der Koordination der Stoffwechselfvorgänge zur ausreichenden Nährstoffversorgung kommt der Leber eine Schlüsselrolle zu. Dabei laufen eine Reihe komplexer Funktionen ab.

- Gluconeogenese: Synthese von Glucose aus Propionat oder glucoplastischen Aminosäuren
- Triglyceridsynthese und –export. Einbau freier FS (NEFA) in Triglyceride und deren Ausschleusung als Lipoproteine geringer Dichte (VLDL).
- Fettsäureoxidation – Freisetzung von Energie aus FS für die eigene Nutzung durch die Leber. Bei überlasteter Verarbeitungskapazität → Entstehung von Ketonkörpern
- Aminosäure-Metabolismus: Aminosäuren werden für die Glucoseproduktion genutzt

Anhand der Analyse von verschiedenen Blutparametern und Leberenzymen sollten die Effekte der Zulage von CLA bzw. der Kombination von CLA mit PG und RPF auf die Stoffwechsellage untersucht werden.

Mit Beginn der Laktation wird im Gegensatz zur Spätlaktation etwa die dreifache Menge an Glucose für die Milchproduktion benötigt (*Bell, 1995; Flachowsky, 1999*). Zusätzlich werden vermehrt NEFA zur Energieproduktion herangezogen. Der in den ersten Wochen p.p. niedrige Blutglucosespiegel resultiert wie allgemein bekannt aus dem hohen Anspruch des Eutergewebes zur Laktosesynthese (*Baird et al., 1980*). In Versuch I wurden die niedrigsten Blutplasmagehalte an Glucose in der 1 und 2. Woche p.p. analysiert. Die mittleren Glucosegehalte zeigten über den Versuchszeitraum keine Unterschiede ($P > 0,1$) (3,60 mmol/l für 1 – Kontrolle vs.

3,56 mmol/ für 2 – CLA und 3,69 mmol/l für 3 – CLA + PG). Nach dem Tiefpunkt aller Blutglucosekonzentrationen in der 1. und 2. Woche p.p. stiegen die Glucosespiegel aller Behandlungen wieder gleichmäßig an. Dabei zeigt die Gruppe CLA + PG in der Tendenz einen etwas stabileren und leicht höheren Verlauf gegenüber der Kontrolle und der alleinigen CLA – Zulage über den Versuchszeitraum. Dieser tendenzielle Effekt ist auf die Zulage von PG als glucoplastische Verbindung zur energetischen Versorgung zurückzuführen.

Auch in Versuch II erreichten die Blutplasmaglucosekonzentrationen ihren Tiefpunkt in der 1. und 2. Woche p.p.. Insgesamt waren die Glucosekonzentrationen allgemein im zweiten Versuch etwas niedriger vom Niveau her. Dies könnte auf die höhere mittlere Milchleistung zurückzuführen sein. Im Mittel konnten auch hier keine Unterschiede zwischen den Behandlungen festgestellt werden. (3,50 mmol/l für 1 – Kontrolle vs. 3,53 mmol/ für 2 – CLA und 3,41 mmol/l CLA + RPF). Im Versuchsverlauf ist anhand der Verlaufskurven zu erkennen, dass alle Glucosekonzentrationen nach dem Tiefpunkt in der 1. und 2. Woche p.p. bis zum Versuchende gleichmäßig ansteigen. Die Kombination CLA + RPF zeigt jedoch insgesamt einen tendenziell niedrigeren Verlauf. Dies ist auf einen möglichen Glucosespareffekt der Zulage RPF zurückzuführen. Insgesamt hatten die alleinige CLA Zulage in beiden Versuchen keinen Effekt auf die Blutplasmagehalte an Glucose. In mehreren Untersuchungen (long-term studies) wurde ebenfalls kein Einfluss von CLA – Zulage auf Glucose-Plasmakonzentrationen gefunden (*Perfield et al., 2002; Bernal-Santos et al., 2003; Selberg et al., 2004; Castaneda-Gutierrez et al., 2005*). Diese Ergebnisse wurden bereits in Kurzzeitstudien von *Baumgard et al. (2000)* und *Baumgard et al. (2002b)* präsentiert. Die Verminderung des Blutglucosespiegels lässt sich auf den erhöhten Glucosebedarf für die Milch-Laktosesynthese zurückführen, diese sind aber meist nicht statistisch abzusichern (*Kunz et al., 1985*).

Die Mobilisierung von NEFA aus dem Körperfettgewebe ist ein normaler Adaptationsprozess hochleistender Milchkühe. Exzessiver Abbau von Körperreserven verursacht bei einem Teil, aber längst nicht bei allen Tieren, massive metabolische Störungen (*Gröhn et al., 1995; Drackley, 1999*). Die Anreicherung von Lipiden in der Leber als eine Konsequenz des Körpersubstanzabbaus veranlasst teils massive Leberstörungen (*Overton und Waldron, 2004*). In Bezug auf die Zulage von CLA wurde zunächst davon ausgegangen, dass eine reduzierte Milchfettsynthese

und eine verminderte Aufnahme an NEFA durch das Eutergewebe in einer verminderten Rate der Lipolyse im Fettgewebe und deutlich reduzierten NEFA – Gehalten resultiert (*Griinari und Baumann, 2006*). In mehreren Studien in denen pansengeschützte CLA verfüttert wurde (*Bernal-Santos et al., 2003; Moore et al., 2004; Shingfield et al., 2004; Castaneda-Gutierrez et al., 2005*) konnten aber keine Auswirkungen auf den NEFA Gehalt festgestellt werden. In den eigenen Ergebnissen zeigten sich im Mittel der NEFA Gehalte ebenfalls keine Unterschiede (483 $\mu\text{mol/l}$ für 1 – Kontrolle vs. 503 $\mu\text{mol/l}$ für 2 – CLA und 515 $\mu\text{mol/l}$ für 3 – CLA + PG). Die beiden Zulagegruppen zeigten in der 2. Woche p.p. ein kurzen, scharfen Peak in der NEFA Konzentration, der tendenziell etwas höher ausfiel gegenüber der Kontrolle. In Untersuchungen von *Selberg et al. (2004)* wurden ähnliche Beobachtungen beschrieben und auf eine kurzfristige Erhöhung der Lipolyse durch CLA zurückgeführt. In Versuch II wurden ebenfalls keine Effekte der alleinigen Zulage CLA gegenüber der Kontrolle auf den NEFA Gehalt im Blutplasma beobachtet. Hier lagen die mittleren Konzentrationen ebenfalls auf gleichem Niveau ohne kurzfristige Peaks zwischen den Behandlungen (463 $\mu\text{mol/l}$ für 1 – Kontrolle, 491 $\mu\text{mol/l}$ für 2 – CLA und 560 $\mu\text{mol/l}$ für 3 – CLA + RPF). Signifikant erhöht ($P < 0,05$) waren die NEFA Konzentrationen der CLA + RPF Gruppe gegenüber der Kontrolle. Anzumerken ist hier die relativ große Streuung der NEFA Konzentrationen zwischen den Wochenmittelwerten.

Werden NEFA in den Leberzellen nicht mehr vollständig oxidiert, wird überschüssiges Azetyl-CoA zu Ketonkörpern (Azetoazetat, Azeton und BHB) synthetisiert (*Kraft und Dürr, 1999*). Diese Ketonkörper stehen den Geweben als alternative energieliefernde Substrate zur Verfügung und helfen Glucose zu sparen. Erfolgt eine über das physiologische Maß hinausgehende Ketonkörperproduktion, spricht man vom Zustand der Ketose (*Hartmann und Meyer, 1994*). BHB Konzentrationen von über 1 mmol/l sprechen für das Vorhandensein einer klinischen Ketose (*Rehage et al. 1996*). Die Untersuchungen aus Versuch I und II ergaben keine Einflüsse von CLA auf die Konzentration von BHB im Blutplasma. Im Versuch I lagen die Mittelwerte (0,422 mmol/l für 1 – Kontrolle, 0,476 für 2 – CLA und 0,419 für 3 – CLA + PG) insgesamt etwas niedriger im Niveau im Gegensatz zu Versuch II (0,493 mmol/l für 1 – Kontrolle, 0,521 für 2 – CLA und 0,546 für 3 – CLA + RPF). Hier könnte eine Begründung in dem etwas höheren Milchleistungsniveau liegen. In der Literatur werden in drei CLA Versuchen (*Perfield et al., 2002; Bernal-Santos et al.,*

2003 und Kay et al., 2007) ebenfalls keine Effekte festgestellt. Lediglich in Untersuchungen von Selberg et al. (2004), in denen von erhöhten NEFA Werten berichtet wurde, wird auf erhöhte BHB Konzentrationen in der ersten Woche p.p. hingewiesen.

Anhand der AST, einem nicht leberspezifischem Enzym, kann auf Membranschädigungen der Leberzellen rückgeschlossen werden. Hohe Aktivitäten dieses Enzyms werden vor allem in zahlreichen Geweben und in erster Linie im Herz- und Skelettmuskel nachgewiesen. Die deutliche Erhöhung der AST bewirken Fettleber und Ketose. Weiterhin kann die erhöhte Aktivität auch mit Muskelschädigungen zusammenhängen sowie auf ein vorhandenes Fettlebersyndrom hinweisen (Rehage et al., 1996). Die im Versuch I (73,6 U/l für 1 – Kontrolle, 77,7 U/l für 2 – CLA und 76,2 U/l für 3 – CLA + PG) und im Versuch II (84,5 U/l für 1 – Kontrolle, 89,5 U/l für 2 – CLA und 90,1 U/l für 3 – CLA + RPF) gemessenen Aktivitäten der AST liegen im oberen physiologischen Referenzbereich bzw. in Versuch II leicht darüber (Kraft und Dürr, 1999) (bis 80 U/l). Im Verlauf der AST Konzentrationen zeigt sich ein Peak in der 1./2. Woche p.p.. Dieser vorübergehende Anstieg muss nicht unbedingt als pathologisch interpretiert werden, sondern kann auch auf eine Anpassung der Leberzellen an die erhöhte Turnover-Rate aufgrund erhöhter metabolischer Anforderungen während der Früh-laktation zurückgeführt werden (Bostedt, 1974).

Das Enzym GLDH wird in der Diagnostik als eindeutig leberspezifisch angesehen. Starke Erhöhungen weisen immer auf eine massive, zum Zelluntergang führende Leberschädigung hin (Kraft und Dürr, 1999). Verantwortlich dafür können neben der postpartalen Leberverfettung unter anderem akute chronische Hepatitiden sein. Nach West (1990) korreliert die GLDH signifikant mit dem Ausmaß der Leberverfettung. Nach Kraft und Dürr (1999) liegt eine Aktivität bis 30 U/l im physiologischen Referenzbereich. Die analysierten Werte in Versuch I (10,2 U/l für 1 – Kontrolle, 12,5 U/l für 2 – CLA und 11,0 U/l für 3 – CLA + PG) und Versuch II (18,3 U/l für 1 – Kontrolle, 18,9 U/l für 2 – CLA und 20,9 U/l für 3 – Kontrolle) zeigten keinerlei Signifikanzen in Bezug auf die CLA Zulage. Die Erhöhung der GLDH Konzentration folgt dem Peak der AST Konzentration mit einer Verzögerung von etwa 3 – 5 Wochen

Hieraus lassen sich Rückschlüsse auf Ansätze einer Leberverfettung bzw. Leberschädigung bei allen Versuchstieren ziehen. Die Supplementierung von CLA

hatte sowohl in Versuch I als auch Versuch II keinen Einfluss auf die AST und GLDH Aktivität zwischen den Behandlungen. Insgesamt kann dem Wert der Bestimmung der Aktivität von AST und GLDH als Indikator der Lebergesundheit besonders bei Kühen ohne klinische Anzeichen nur eine begrenzte Aussagefähigkeit beigemessen werden (*Hoedemaker et al., 2004*). Dies ist dadurch begründet, dass die Variation der Aktivität von Leberenzymen zu niedrig ist, um zwischen normaler oder moderat abnormaler Leberfunktion zu unterscheiden (*Albrecht und Unglaub, 1992*).

Ebenso wie GLDH kann das Enzym γ -GT als leberspezifisch angesehen werden. Eine erhöhte Aktivität im Blut findet sich jedoch im Gegensatz zur AST nur bei Erkrankungen der Leber und Gallengänge wieder. Signifikante Korrelation zwischen γ -GT und dem Leberfettgehalt konnten nach *West (1990)* nicht bestätigt werden. Bei *Rossow et al. (1987)* wird eine mittlere Aktivität bis 25 U/l (1 - 12 Woche p.p.) als Referenzbereich beschrieben. Die gemessenen mittleren Gehalte in Versuch I (21,4 U/l für 1 – Kontrolle, 21,6 für 2 – CLA und 22,1 U/l für 3 – CLA + PG) und Versuch II (22,5 U/l für 1 – Kontrolle, 21,7 U/l für 2 – CLA und 24,0 U/l für 3 – CLA + RPF) lagen alle im physiologischen Bereich und zeigten ebenso keine Abhängigkeiten von der CLA Supplementierung.

Bilirubin steht in enger Beziehung zum Energiestoffwechsel und erhöhte Konzentrationen sind in der Regel mit niedrigen Blutglucosespiegeln verbunden (*Lotthammer, 1981*). Darum werden erhöhte Bilirubinwerte vor allem im Rahmen des Fettlebersyndroms festgestellt und sind somit abhängig vom Grad der Leberverfettung (*Rehage et al., 1996*). Nach (*Rossow et al., 1987*) wird der Referenzbereich von Bilirubin bis 6,8 $\mu\text{mol/l}$ (1-12 Woche p.p.) als physiologisch normal definiert. Konzentrationen darüber gelten als krankhaft erhöht und sind als Hinweis auf eine Leberfunktionsstörung anzusehen. In den eigenen Untersuchungen (Versuch I und Versuch II) fällt der Peak der Bilirubin Konzentration (1. Woche p.p.) mit dem Tiefstand der Blutplasmaglukose-Konzentration zusammen. In beiden Versuchen (Versuch I: 1 – Kontrolle 0,18 g/dl, 2 – CLA 0,17, 3 – CLA + PG 0,20 g/dl; Versuch II: 1 – Kontrolle 0,19 g/dl, 2 – CLA 0,16 g/dl, 3 – CLA + RPF 0,18g/dl) konnten anhand der Bilirubinkonzentrationen weder Aussagen in Bezug auf eine erhöhte Leberverfettung noch Effekte aufgrund der CLA Fütterung gemacht werden.

Anhand der analysierten Enzyme konnten insgesamt keine klaren Aussagen zur Diagnostik der Leberschädigung herausgestellt werden. Es zeigen sich jedoch Tendenzen, die auf Ansätze und Risiken der Leberverfettung hinweisen. Zur besseren Diagnostik und für weiterführenden Untersuchungen könnte man die direkte Bestimmung des Leberfettgehalts mit einbeziehen, um eventuelle Auswirkungen der Fütterung von CLA auf den Leberfettgehalt definieren zu können.

4.4 Bedeutung von Propylenglykol– oder Fettzulagen in Ergänzung zu CLA hinsichtlich Leistungs– und Stoffwechselfparameter

4.4.1 Propylenglykol

Die Verabreichung von PG reduziert das molare Verhältnis von Azetat zu Propionat im Pansen, da ein Teil von PG direkt im Pansen zu Propionat metabolisiert wird. Der andere Teil wird direkt im Pansen absorbiert und steht ohne Umwandlung der Gluconeogenese über den Weg des Pyruvats zur Verfügung (*Kristensen et al., 2002*). PG wird relativ zügig absorbiert und erhöht den Plasmagluucosegehalt, obwohl die Reaktion aufgrund der erhöhten Menge an gebildetem Insulin begrenzt ist (*Nielsen und Ingvarsten, 2004*). In den eigenen Untersuchungen hatte die Fütterung von PG keinen signifikanten Effekt auf den Glucosespiegel im Blutplasma. Anhand der dargestellten Glucosekonzentration ist in der Tendenz nur ein etwas stabilerer Verlauf bei der kombinierten Zulage von CLA + PG zu erkennen.

Aus weiteren Studien wird berichtet, dass PG zusätzlich den Plasmagehalt an NEFA und BHB, besonders bei hochleistenden Milchkühen zu Laktationsbeginn, verringert (*Miyoshi et al., 2001; Grummer et al., 1994*). In Untersuchungen von *Hoedemaker et al., 2004*), in denen PG bereits vor der Kalbung eingesetzt wurde, konnten in der 1. Woche p.p. signifikante niedrigere NEFA – Konzentrationen ermittelt werden.

PG besitzt die Eigenschaft die Fettmobilisation und Ketogenese zu vermindern, besonders bei Kühen mit hohem NEFA – Spiegel. Diese Ergebnisse können jedoch nur zum Teil bestätigt werden. Die NEFA – Konzentrationen in Versuch I wurden durch PG nicht beeinflusst, während der Verlauf der BHB – Konzentration tendenziell etwas niedriger ausfiel. Im Mittel über den Versuchsverlauf konnten aber keine Signifikanzen festgestellt werden. Bei *Hoedemaker et al. (2004)* wurde dagegen in den ersten Wochen (1, 3, 5 und 7. Woche p.p.) ein signifikanter niedrigerer Gehalt der BHB Konzentration ermittelt. Auch konnte eine deutlich geringerer Anteil an

Schwellenwertüberschreitungen ($1000\mu\text{mol/l}$) bei Einzeltieren mit PG Zulage in der BHB Analytik erfasst werden (60% der Kontrollgruppe vs. 25,6 % der PG Gruppe, $P < 0,05$). In den eigenen Untersuchungen wurde zwar tendenziell eine Verringerung der Anzahl an Grenzwertüberschreitungen in der BHB Konzentration festgestellt, jedoch war die Tieranzahl insgesamt zu gering für eine aussagefähige Tendenz.

Untersuchungen von *Pickett et al. (2003)* schreiben PG eine Erhöhung der Milchleistung und Verringerung der Futteraufnahme zu. Diese Effekte können aber vorwiegend nur bei oraler Verabreichung von PG beobachtet werden. In den eigenen Untersuchungen wurden keine Einflüsse auf Milchleistung oder Futteraufnahme festgestellt. Die Wirkung von PG scheint sowohl dosisabhängig als auch vom metabolischen Status der Tiere abzuhängen (*Grummer et al., 1994; Christensen et al., 1997*). *Cozzi et al. (1996)* fanden keine signifikanten Effekte von PG bei einer Dosis von 0 bis 400 g/d. PG kann zu einer verbesserten EB beitragen, obwohl aufgrund der eingesetzten Mengen keine Erhöhung der Energiedichte zu erwarten ist. Daraus lässt sich auch auf positive Effekte auf die Reproduktionsfunktion schließen. *Lucci et al. (1998)* konnten dies allerdings nicht in ihren Studien bestätigen.

In Kombination mit CLA bleiben die Effekte von PG in den eigenen Untersuchungen auf einen leicht stabileren Glucosespiegel und geringfügig verminderte BHB Konzentrationen im Blutplasma begrenzt.

4.4.2 Zulage pansengeschützter Fette

Der erhöhte Energiebedarf von Hochleistungskühen kann vor allem in den ersten Laktationswochen infolge zu geringer Futteraufnahme nur durch eine Steigerung der Energiedichte gedeckt werden (*Grummer, 1995*). Pansengeschützt Fette, die an Energiedichten je nach Futterherkunft 2,3 bis 3-mal so hohe Konzentrationen an NEL aufweisen wie kohlenhydrat- oder proteinreiche Futtermittel (*Südekum, 2006*), werden daher mit folgenden Zielen in Rationen von Hochleistungskühen eingesetzt: 1.) Zum einen soll eine Minimierung der Körperfettmobilisation zur Verminderung von Stoffwechselerkrankungen erreicht werden. 2.) Andererseits ist eine Erhöhung der Milchleistung und Sicherstellung der Milchqualität (Fettgehalt, Fettsäuremuster) von Bedeutung.

In Versuchen von *Onetti und Grummer (2004)* bewirkten Fettzulagen eine mäßige Erhöhung der Milchleistung. Diese Tatsache kann auch aus den eigenen

Untersuchungen bestätigt werden. Die Zulage von RPF erbrachte eine tendenzielle Erhöhung der Milchleistung gegenüber den Kontrolltieren von ~ 1 kg Milch/d. Die Reaktion in der Milchleistung auf Fettzulagen war bei den Tieren der kombinierten Zulage CLA + RPF in der ersten Hälfte des Versuchszeitraumes geringer ausgeprägt als in der zweiten Hälfte. Dies stimmt mit Beobachtungen verschiedener Studien überein, in denen die maximale Milchleistungssteigerung von Milchkühen auf Fettzulagen erst dann erreicht wird, wenn sich die Tiere in einer positiven EB befinden (*Skaar et al., 1989; Davison et al., 1991*). Bei *McNamara et al. (2003)* konnte ebenfalls eine tendenziell erhöhte Milchleistung festgestellt werden. Dafür wurden in dieser Studie, ebenso wie in den eigenen Untersuchungen, keine Einflüsse auf die Entwicklung der Tiergewichte und BCS Noten festgestellt.

Die Zulage von RPF hatte im Versuch II keine zusätzlichen Auswirkungen auf den Milchfettgehalt. Der niedrige Fettgehalt der Gruppe CLA + RPF war alleinig auf den Effekt der Milchfettabsenkung durch CLA zurückzuführen. Im Gegensatz zum Milchfettgehalt wurde der Milcheiweißgehalt und auch die Milcheiweißleistung durch RPF signifikant abgesenkt ($P < 0,05$). Dieser negative Effekt von pansengeschützten Fetten auf den Milcheiweißgehalt wird in der Literatur sowohl bei gesteigerten als auch verminderten Milchleistungen beschrieben (*Chouinard et al., 1997*). Die Ursache wird mit einem geringeren Kaseingehalt in der Milch begründet (*Doreau und Chilliard, 1992*). Weiterhin weisen *Doreau und Chilliard (1992)* zum Ausgleich dieser Absenkung im Milcheiweißgehalt auf den Zusatz geschützter Aminosäuren hin. Nach *Männer (2002)* kann die Ursache von verminderten Milchproteingehalten auch in der Verwertung von Aminosäuren für die Gluconeogenese als Ausgleich eines möglichen Glucosedefizits begründet sein. Gleiche Beobachtungen eines erniedrigten Milcheiweißgehalts konnten auch von *Palmquist (1990)* gemacht werden. In Untersuchungen von *Rohr et al. (1993)* wird darauf hingewiesen, dass der durch Fettzusatz bedingte Rückgang im Milcheiweißgehalt nicht auf einen Mangel an glucoplastischen Substanzen zurückzuführen ist.

Die Fütterung von Fetten führt außerdem zu einer veränderten Milchfettzusammensetzung durch Erhöhung des Anteils langkettiger FS (*Doreau und Chilliard, 1997*). Wie sich die Fütterung von RPF auf die Milchfettzusammensetzung in den eigenen Untersuchungen auswirkt bleibt bis zu vollständig abgeschlossener Analytik abzuwarten. Tendenzen wie bereits in 4.2.3 beschrieben sind aber zu erkennen.

Durch die verbesserte Energieversorgung und einer daraus resultierende Wirkung auf die Milchleistung kann die Fettfütterung ebenfalls positive Auswirkungen auf das Fruchtbarkeitsgeschehen haben (*Beam und Butler, 1998; Staples et al., 1998*). Diese Effekte sind jedoch nicht nur in der verbesserten Energieversorgung begründet, sondern hängen auch von spezifischen, positiven Effekten bestimmter FS ab (siehe 4.3.1). Im Versuch II konnte in der CLA + RPF Gruppe anhand des Intervalls von der Kalbung bis zur ersten Ovulation zwar ein positiver Effekt gegenüber der Kontrolle festgestellt werden, jedoch nicht gegenüber der alleinigen CLA – Zulage.

Die mittlere EB konnte durch die Kombination CLA + RPF nochmals geringfügig gegenüber der alleinigen CLA Zulage und der Kontrollgruppe verbessert werden (1 – Kontrolle mit -9,3 MJ NEL/d vs. 2 – CLA mit -1,8 MJ NEL/d und 3 – CLA + RPF mit 2,0 MJ NEL). Der Unterschied in der mittleren EB zwischen 2 – CLA und 3 – CLA + RPF war jedoch nicht signifikant abzusichern.

In Bezug auf die Stoffwechsellage hatte der Einsatz von RPF keinen Einfluss auf die mittlere Glucosekonzentration über die Versuchsperiode. Tendenziell zeichnete sich aber ein etwas niedrigerer Verlauf der Glucosekonzentration ab. Der bei Fettfütterung senkende Effekt wird ebenfalls in Studien von *Grummer und Carrol (1991)* beschrieben und mit einem Glucose-Spareffekt durch die Fettzulage begründet. Die mittleren NEFA Konzentrationen waren in der Kombination CLA + RPF signifikant gegenüber der Kontrolle erhöht ($P < 0,05$) während die mittleren BHB Konzentrationen nicht beeinflusst wurden ($P > 0,1$). Diese Beobachtungen decken sich ebenfalls mit den von *Grummer und Carrol (1991)* gemachten Aussagen in Bezug auf NEFA und BHB Konzentrationen bei Fettzulage.

Bei abschließender Betrachtung kann dem Einsatz von pansengeschütztem Fett ein tendenziell positiver Effekt auf die Leistungsparameter zugeschrieben werden, während sich die Stoffwechsellage durch die Fettfütterung nicht verbessern ließ.

4.5 Schlussfolgerungen

Aus den vorliegenden Erkenntnissen zum Einsatz von pansengeschützter CLA bzw. CLA in Kombination mit PG oder RPF können abschließend folgenden Schlussfolgerungen gezogen werden:

1. Die Fütterung von pansengeschützter CLA hatte keine Auswirkungen auf die Höhe der Gesamtfuttermenge. Aufgrund der identischen Futtermengemengen in Versuch I und II ergaben sich auch keine Unterschiede in der Energieaufnahme zwischen Kontrolle und CLA – Zulagen.
2. Bei gleicher Energieaufnahme aller Versuchstiere trug die CLA Supplementierung zu einer tendenziell höheren Milchleistung im Versuchsverlauf bei. In Versuch I konnte im Mittel durch CLA bzw. CLA + PG Zulage eine um ~2 kg/d erhöhte Milchleistung gegenüber der Kontrolle festgestellt werden. Im Versuch II fiel die Milchmengenerhöhung durch CLA bzw. CLA + RPF Zulage im Mittel mit ~1 kg/d etwas geringer aus.
3. Neben der tendenziell erhöhten Milchmenge führte die Verabreichung von CLA bei den Versuchskühen zu einer deutlichen Absenkung des Milchfettgehaltes. In beiden Versuchen wurde eine Milchfettabsenkung in der Früh-laktation mit 4 g des relevanten Isomers trans-10, cis-12 CLA von im Mittel ~17% erreicht. Signifikant niedrigere Milchfettgehalte zeigten sich im Versuchsverlauf nicht unmittelbar p.p., sondern erst ab der 4./5. Laktationswoche. Die CLA – Zulage beeinflusste den Milcheiweißgehalt nicht.
4. Aufgrund der erniedrigten Milchfettgehalte verminderte sich der Energieoutput über die Milch. Dadurch konnte die CLA – Zulage zu einem geringeren Leistungsbedarf pro kg Milch beitragen und somit ein „energiesparender“ Effekt erreicht werden, der zum Teil in einer tendenziell erhöhten Milchmenge zum Ausdruck kam.
5. Durch die verminderte Energieabgabe in Form von Milchfett über das Euter, führte die CLA – Zulage in beiden Versuchen zu einer signifikant verbesserten mittleren EB über den Beobachtungszeitraum von 100 Laktationstagen. Durch die verbesserte EB konnten im Versuch I die beiden Zulagegruppen ca. 2 Wochen früher in ein ausgeglichenes Energieniveau übergehen. In Versuch II wurde bei alleiniger CLA Zulage die ausgeglichene EB um 3 Wochen und bei kombinierter Zulage mit RPF um 4 Wochen früher erreicht.

6. Bei gleicher Gewichts- und Körperkonditionsentwicklung mit und ohne CLA – Zulage, war keine „Umverteilung“ der Energie in Richtung eines verminderten Abbaus an Körperreserven zu erkennen.
7. Respirationsversuche zur exakten Messung des Energiewechsels bei CLA – Zulage könnten zur weiteren Klärung einer Verbesserung bzw. Energieumverteilung im Energiestoffwechsel zu Laktationsbeginn beitragen.
8. Die Fütterung von CLA hatte eine Verkürzung des Intervalls von der Kalbung bis zur ersten einsetzenden Ovulation zur Folge. Möglichen Verbesserungen der Fruchtbarkeitsparameter durch CLA, sollte weiteres Interesse zukommen.
9. In Abhängigkeit vom Leistungsniveau der Tiere ist von positiven Effekten auf die Stoffwechsellage auszugehen, auch wenn in den eigenen Untersuchungen keine Effekte durch CLA auf eine verbesserte Stoffwechselsituation festgestellt werden konnten. Hier ist möglicherweise der Einsatz von CLA in einem höheren Milchleistungsbereich mit deutlich erschwerter Stoffwechsellage von Bedeutung.
10. Die Kombination von CLA mit PG hatte weder einen Effekt auf Leistungsparameter noch konnte dadurch die EB zusätzlich verbessert werden. PG trug tendenziell zu einer stabileren Stoffwechsellage (erhöhter Blutglucosespiegel und verminderte BHB Konzentration im Versuchsverlauf) bei. CLA in Kombination mit RPF erbrachte keine Stabilisierung der Stoffwechselsituation, sondern führte zur Milchleistungssteigerung.
11. Nicht nur der Milchfettgehalt, sondern auch das Fettsäuremuster der Milch sind durch CLA – Zulage zu beeinflussen. Eine Verschiebung des Fettsäuremusters aufgrund der CLA – Fütterung führte zu einem anteilmäßig verringerten Gehalt der kurz- und mittelkettigen FS und anteilmäßig höherem Gehalt der langkettigen FS. Ob dadurch besonders gesundheitsfördernde Eigenschaften des Milchfettsäuremusters („functional foods“) zu erzielen sind, muss sicherlich in weiteren Studien geklärt werden.
12. Für die praktische Fütterung von CLA werden letztendlich die ökonomische Gewichtung der Bezahlungssysteme für Milchinhaltsstoffe (Milchfett– und neuerdings auch CLA – Gehalt) und der Produktpreis von Bedeutung sein.

5 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit hatte das Ziel, Auswirkungen einer Zulage von pansengeschützter CLA sowie CLA in Kombination mit PG oder RPF auf Leistungsmerkmale, Stoffwechselfparameter und den Energiestatus frischlaktierender Milchkühe zu untersuchen.

Hierzu wurden zwei Fütterungsversuche (Versuch I und Versuch II) mit Kühen der Rasse Red Holstein x Fleckvieh durchgeführt. In Versuch I und Versuch II wurden jeweils 50 (31 mehrkalbige und 19 einkalbige Tiere) bzw. 53 (40 mehrkalbige und 13 einkalbige Tiere) Milchkühe während der ersten 100 Laktationstage untersucht. Die mehrkalbigen Kühe wurden unter Einbeziehung ihrer Vorleistung und Laktationszahl in die Versuchsgruppen eingeteilt und nach ihrer Abkalbung kontinuierlich in den Versuch gestellt. Die Zuteilung der Färsen erfolgte zufällig auf die Versuchsgruppen. Die Versuchsgruppeneinteilung gliederte sich wie folgt: Versuch I: 1 – Kontrolle (keine Zulage), 2 – CLA (40 g CLA/Kuh/d), 3 – CLA + PG (40 g CLA + 200 g PG/Kuh/d). Versuch II: 1 – Kontrolle (keine Zulage), 2 – CLA (40 g CLA/Kuh/d), 3 – CLA + RPF (40 g CLA + 700 g RPF/Kuh/d). Allen Versuchskühen wurde eine teilaufgewertete Mischration (PMR, auf 21 kg Milch ausgelegt; Versuch I: 50,5 % Maissilage, 28 % Grassilage, 6 % Heu und 15,5 % AKF; Versuch II: 50 % Maissilage, 28 % Grassilage, 7 % Heu und 15 % AKF; bezogen auf T) ad libitum vorgelegt. Oberhalb einer Milchleistung von 21 kg wurde Krafftutter tierindividuell über Abrufstationen zugeteilt. Die Verabreichung von CLA (Lutrell® BASF, Fettsäuremethylester, fettgekapselt als Pansenschutz, enthielt 10 % des relevanten Isomer trans-10, cis-12 CLA) erfolgte parallel zum Krafftutter. Zur gleichen Zeit wurde PG in Versuch I auf das Krafftutter aufgesprüht während in Versuch II RPF (Dunafett 100, EURODUNA) im Austausch gegen LKF zusätzlich zugelegt wurde.

In beiden Versuchen wurde die Aufnahme an PMR, LKF, CLA, PG, RPF und die Milchleistung täglich erhoben. Milchproben zur Analytik der Milchinhaltsstoffe wurden wöchentlich erfasst. Blutproben wurden wöchentlich, ab 8. Woche p.p. 14-tägig genommen und auf Gehalte an Glucose; NEFA, BHB sowie der Leberenzyme AST, GLDH, γ -GT und Bilirubin untersucht. Die Bestimmung des BCS und die Erfassung der Tiergewichte erfolgten wöchentlich. Aus den täglichen Milchleistungs- und Futteraufnahmedaten konnte die Energie- und Nährstoffversorgung der Einzeltiere ermittelt und daraus die Energiebilanz berechnet werden.

Die Zulage von CLA bzw. in Kombination mit PG oder RPF hatte keinen Einfluss auf die Gesamtfutteraufnahme in den drei Versuchsgruppen, so dass die Werte mit 17,3 kg, 18,0 kg und 17,7 kg in Versuch I sowie 19,1 kg, 19,0 kg und 19,0 kg in Versuch II alle auf jeweils gleichem Niveau lagen. In Versuch I zeigt sich in der Milchleistung eine tendenzielle Erhöhung ($P < 0,1$) der Menge mit +2,1 kg (7%) in Gruppe 2 (34,2 kg/d) und +1,6 kg (5%) in Gruppe 3 (33,7 kg/d) gegenüber der Kontrolle (32,1 kg/d). Im Verlauf der Milchkurven war der tendenzielle Unterschied zwischen Kontrolle und Zulagegruppen verstärkt im Bereich zwischen 3. und 9. Versuchswoche zu sehen. In Versuch II lag die mittlere Milchleistung in Gruppe 2 (35,9 kg/d) und Gruppe 3 (35,8 kg/d) im Mittel um ~1 kg/d höher (3,5%) gegenüber der Kontrolle (34,8 kg/d). Der Unterschied im Verlauf der Milchkurven zwischen Zulagen und Kontrolle wurde in Versuch II erst ab der zweiten Versuchshälfte (ab 8. Woche p.p.) ausgeprägter.

Der Milchfettgehalt konnte in den Versuchen I und II mit einer aufgenommenen Menge des Isomers trans-10, cis-12 CLA von 3,4 bzw. 3,6 g/Kuh/d im Mittel um 17,5 % signifikant gesenkt werden ($P < 0,05$) während der Milcheiweißgehalt durch alleinige CLA Zulage unbeeinflusst blieb. In Versuch II hingegen verursachte die Zulage an RPF einen signifikant niedrigeren Milcheiweißgehalt ($P < 0,05$) gegenüber der Kontrollgruppe.

Zu Beginn beider Versuche zeigten alle Kühe ein stark ausgeprägtes Energiedefizit von -40 bis -50 MJ NEL/d. Die CLA – Gruppen beider Versuche konnten in Woche 6-7 p.p. (Versuch I) bzw. Woche 5-6 p.p. (Versuch II) in eine ausgeglichene EB übergehen, während die Kontrollgruppen diese zeitverzögert erreichten (Woche 9-10 in Versuch I und II). Unterschiede in der mittleren EB (Versuch I: 1 – Kontrolle mit -10,6 MJ NEL/d vs. 2 – CLA mit -4,3 MJ NEL/d und 3 – CLA + PG mit -4,8 MJ NEL/d; Versuch II: 1 – Kontrolle mit -9,3 MJ NEL/d vs. 2 – CLA mit -1,8 MJ NEL/d und 3 – CLA + RPF mit 2,0 MJ NEL/d) konnten zwischen der Kontrolle und den beiden Zulagegruppen (in Versuch I und Versuch II) signifikant ($P < 0,05$) abgesichert werden.

Alle Kühe beider Versuchsjahre zeigten im Versuchsverlauf eine relative gleiche Abnahme der Lebendgewichte von ca. 30 kg im Mittel bis zur 6. Woche p.p., darüber hinaus war der Verlust an Körpergewicht stabil bis zum Versuchende. Die Verabreichung von CLA übte keinen Einfluss auf die Körpergewichtsentwicklung, die Benotung der Körperkondition sowie die Rückenfett- und Rückenmuskeldicke aus.

In Versuch I konnten insgesamt bei der Auswertung der Stoffwechselfparameter keine signifikanten Effekte der alleinigen Zulage von CLA auf die Blutparameter festgestellt werden. Nach niedrigstem Blutplasma-Glucosegehalt aller Gruppen in Woche 1./2. p.p., zeigte die CLA + PG Zulage insgesamt einen etwas stabileren Verlauf bis Woche 14 p.p.

Die NEFA – Gehalte waren für die Zulagen CLA und CLA + PG in der Woche 2./3. p.p. kurzzeitig tendenziell gegenüber der Kontrolle erhöht, danach gab es keine Verlaufsunterschiede bis Woche 14 p.p. Die Gehalte an BHB fielen nach höchsten Gehalten aller Gruppen in Woche 2./3. im Versuchverlauf gleichmäßig ab, mit einem für CLA + PG tendenziell niedrigeren Verlauf über den gesamten Versuchszeitraum.

In Versuch II ergaben sich zwischen der Kontrolle und der alleinigen CLA – Zulage keine Unterschiede in den Blutplasmagehalten von Glucose, NEFA und BHB. Die Kombination CLA + RPF zeigte keinen zusätzlichen Effekt auf den Blutglucosespiegel, in der Tendenz war die Verlaufkurve bis zur 14. Woche p.p. niedriger. Der Verlauf der NEFA Gehalte der CLA + RPF Zulage war, nach gleich hohem Peak aller Gruppen in Woche 2 p.p., gegenüber Kontrolle und CLA Zulage bis zur 14. Woche p.p. erhöht. Im Versuchverlauf war die mittlere NEFA – Konzentration (1 – Kontrolle mit 463 $\mu\text{mol/l}$ vs. 2 – CLA mit 491 $\mu\text{mol/l}$ und 3 – CLA + RPF mit 560 $\mu\text{mol/l}$) durch CLA + RPF signifikant erhöht ($P < 0,05$). Daraus resultierten für die CLA + RPF Zulage im Mittel tendenziell höhere BHB Konzentrationen im Versuchverlauf ($P > 0,1$) mit einem verzögerten leicht höheren Peak in der 3. bis 5. Woche p.p.

Durch die Zulage von CLA sowie in Kombination mit PG oder RPF konnte in Versuch I und II ein um 6 bzw. 10 Tage frühes Einsetzen der 1. Ovulation nach der Kalbung beobachtet werden. Hieraus ließen sich jedoch keine weiteren positiven Schlüsse auf eine verbesserte Wiederbelegungs- oder Trächtigkeitsrate durch CLA Einsatz ziehen.

6 Summary

The aim of the present study was to investigate the effects of feeding rumen-protected CLA alone or in combination with PG or RPF on performance and metabolic parameters and energy status of early lactation dairy cows.

Two feeding experiments (Trial I and Trial II) with Red Holstein x Fleckvieh cows were conducted. In Trial I and Trial II, 50 (31 multiparous, 19 primiparous cows), and 53 (40 multiparous, 13 primiparous cows) dairy cows were respectively used during the first 100 days of lactation. Multiparous cows were blocked based on their previous lactation performance and continuously provided to the treatment groups after parturition. Primiparous cows were randomly allocated to the trial.

The experimental schedule was designed as follows: Trial I: 1 – control (no supplement), 2 – CLA (40 g of CLA/cow/d), 3 – CLA + PG (40 g of CLA + 200 g PG/cow/d); Trial II: 1 – control (no supplement), 2 – CLA (40 g CLA/cow/d), 3 – CLA + RPF (40 g CLA + 700 g RPF/cow/d). All cows were fed ad libitum a partial mixed ration (PMR) (Trial I: 50.5 % corn silage, 28 % grass silage, 15.5 % concentrate (AKF) and 6 % hay; Trial II: 50 % cornsilage, 28 % grass silage, 15 % AKF and 7 % hay, dry matter basis). Additional concentrate (LKF) was offered individually when milk yield was above 21 kg. The CLA supplement was lipid encapsulated (Lutrell® BASF, containing 10 % trans-10, cis-12 CLA) and was provided with the LKF. At the same time PG was sprayed on the LKF with a liquid dispenser prior to feeding in Trial I and RPF (Dunafett 100, EURODUNA) was added additionally in Trial II. In both trials intake of PMR, LKF, CLA, PG, RPF was recorded daily for each cow as well as milk yield. Milk samples were taken once per week. Blood samples were collected weekly, from week 8 p.p. every 14 days, and analysed for plasma glucose, NEFA, BHB and activation of enzymes (AST, GLDH, γ -GT, and Bilirubin). Body condition score (BCS) and body weight (BW) were determined weekly.

Energy balance of each cow was calculated from daily feed intake, maintenance requirement and milk energy output.

Supplementation of CLA alone or in combination with PG and RPF didn't effect total dry matter intake (DMI) of the three treatment groups in both experiments. Overall means of DMI in Trial I for the three groups (17,3 kg, 18,0 kg and 17,7 kg) and in Trial II (19,1 kg, 19,0 kg and 19,0 kg) were on the same level, respectively. In Trial I daily milk yield (DMY) tended to be higher ($P < 0.1$) for 2 – CLA with 34,2 kg/d (+2.1

kg, 7 %) and 3 – CLA + PG with 33.7 kg/d (+1.6 kg, 5 %) in contrast to the control with 32.1 kg/d. The main differences in course of lactation curves were between week 3 and week 9 p.p. In Trial II the mean DMY tended to be higher (~ 1 kg/d (3,5 %), $P < 0.1$) for 2 – CLA (35,9 kg) and 3 – CLA (35,8 kg) in contrast to control (34,8 kg). The course of lactation curves in Trial II seemed to be more differentiated after week 8 p.p.

Milk fat content was reduced significantly ($P < 0.05$) by 17,5 % in Trial I and Trial II (3.4 and 3.6 g/cow/d of trans-10, cis-12 CLA), whereas milk protein was unaffected by CLA alone. However, 3 – CLA + RPF (Trial II) significantly reduced milk protein percentage ($P < 0.05$).

At the start of the experiment all cows were in severe negative energy balance (–40 up to –50 MJ NEL/d). CLA treated cows reached positive energy balance in week 6 – 7 (Trial I) or in week 5 – 6 (Trial II) which was sooner compared to the control (week 9 – 10 in Trial I and Trial II). Mean daily energy balance was significantly higher ($P < 0.05$) for CLA treated cows in contrast to the control groups in both experiments (Trial I: 1 – control with –10,6 MJ NEL/d vs. 2 – CLA with –4,3 MJ NEL/d and 3 – CLA + PG with –4,8 MJ NEL/d; Trial II: 1 – control with –9,3 MJ NEL/d vs. 2 – CLA with –1,8 MJ NEL/d and 3 – CLA + RPF with 2,0 MJ NEL/d).

BW loss of cows was similar in all treatments with –30 kg on average until week 6, further on BW was stable until week 14. CLA supplementation showed no effect on BW loss, BCS, backfat thickness and muscle diameter.

Overall, for Trial I no significant treatment differences in plasma parameters were observed for CLA. However, plasma glucose showed a steadily increasing level with time after parturition for all treatments with the lowest point at week 2 and further increase up to week 14 whereas 3 - CLA + PG seems to have the highest course after week 2.

NEFA values were short-time increased for 2 – CLA and 3 – CLA+ PG in Trial I in week 2 and 3 in comparison to control, further on the treatments didn't differ. BHB were continuously decreasing over the entire experimental period with a numerically lower ranking for 3 – CLA + PG.

In Trial II, as well as in Trial I, there were no significant treatment differences in plasma parameters by feeding CLA alone. CLA + RPF treatment didn't show an effect on plasma glucose level (in tendency it was lower until week 14). NEFA values for CLA + RPF showed a higher course after an equal peak for all three groups in

week 2 – 3 over the entire period until week 14. Mean treatment NEFA concentrations were significantly ($P < 0.05$) higher for CLA + RPF (1 – control with 463 $\mu\text{mol/l}$ and 2 – CLA with 491 $\mu\text{mol/l}$ vs. 3 – CLA + RPF with 560 $\mu\text{mol/l}$). Therefore, BHB levels for 3 – CLA + RPF were numerically higher ($P > 0.1$) and showed a small and late increase in week 3 to 5 in comparison to control and 2 – CLA.

The supplementation of CLA alone or in combination with PG and RPF had a positive effect in Trial I and II on days to first ovulation. Interval from parturition to first ovulation was reduced about 6 – 10 days but no further effects on positive insemination and pregnancy rate were observed by feeding CLA.

7 Literaturverzeichnis

Agenäs, S., Burstedt, E., Holtenius, K. (2003)

Effects of feeding intensity during the dry period. 1. Feed intake, body weight, and milk production. *J. Dairy Sci.* 86: 870 – 882.

Albrecht, E., Unglaub, W. (1992)

Zur Anwendung der GLDH-Bestimmung in Rinderproblembetrieben. *Tierärztl. Umschau* 47: 427 – 430.

Azain, M.J., Hausman, D.B., Sisk, M.B., Flatt, W.P., Jewell, D.E. (2000)

Dietary conjugated linoleic acid reduces rat adipose tissue cell size rather than cell number. *J. Nutr.* 130: 1548 – 1554.

Baird, G.D., Lomax, M.A., Symonds, H.W., Shaw, S.R. (1980)

Net hepatic and splanchnic metabolism of lactate, pyruvate and propionate in dairy cows in vivo in relation to lactation and nutrient supply. *Biochem. J.* 186: 47.

Bassler, R. (1993)

Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. *Methodenbuch*; VDLUFA: Darmstadt, Germany; Vol. III, Suppl. 1 - 3

Bauman, D.E., Corl, B.A., Baumgard, L.H., und Griinari, J.M. (2001)

Conjugated Linoleic Acid (CLA) and the dairy cow. *Recent Advances in Animal Nutrition*, P.C. Garnsworthy, J. Wieseman, Nottingham University Press: 221 – 250.

Bauman, D.E., Griinari, J.M. (2001)

Regulation and Nutritional Manipulation of Milk-fat: Low-fat milk syndrome. *Livest. Prod. Sci.* 70: 15 – 29.

Bauman, D.E., Griinari, J.M. (2003)

Nutritional Regulation of milk fat synthesis. *Annu. Rev. Nutr.* 23: 203 – 227.

Bauman, D.E., Corl, B.A., Peterson, D.G. (2003)

The biology of conjugated linoleic acids in ruminants. In: J.-L. Sebedio, W.W. Christie, R.O. Adlof (eds.) *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*. AOCS Press, Champaign, IL, Volume 2: 146 – 173.

Bauman, D.E., Lock, A.L., Corl, B.A., Ip, C., Salter, A.M., Parodi, P.W. (2006)

Milk fatty acids and human health: potential role of conjugated linoleic acid and trans fatty acids. In *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, and Impact of Nutrition on Gene Expression, Immunology and Stress*. K. Sejrsen, T. Hvelplund, and M. O. Nielsen, ed. Wageningen Acad. Publ., Wageningen, The Netherlands: 529 – 561.

- Baumgard, L.H., Corl, B.A., Dwyer, D.A. und Bauman, D.A. (2000)**
Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. *Am. J. Physiol.* 278: R179-R184.
- Baumgard, L.H., Sangster, J.K., Bauman, D.E. (2001)**
Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid (CLA). *J. Nutr.* 131: 1764 – 1769.
- Baumgard, L.H., Corl, B.A., Dwyer, D.A. und Bauman, D.A. (2002a)**
Effects of conjugated linoleic acids (CLA) on tissue response to homeostatic signals and plasma variables associated with lipid metabolism in lactating dairy cows. *J. Anim. Sci.* 80: 1285 – 1293.
- Baumgard, L.H., Matitashvili, E., Corl, B.A., Dwyer, D.A. und Bauman, D.A. (2002b)**
Trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid decreases lipogenic rates and expression of genes involved in milk lipid synthesis. *J. Dairy Sci.* 85: 2155 – 2163.
- Baumgard, L.H., Moore, C.E., Bauman, D.E. (2002c)**
Potential application of conjugated linoleic acids in nutrient partitioning. http://ag.arizona.edu/ANS/swnmc/papers/2002/Baumgard_Moore_Bauman2002.pdf: 1 – 15.
- Beam, S.W., Butler, W.R. (1998)**
Energy balance, metabolic hormones, and early postpartum follicular development in dairy cows fed prilled lipid. *J. Dairy Sci.* 81: 121 – 131.
- Beam, S.W., Butler, W.R. (1999)**
Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. *J. Reprod. Fertility* 54: 411 – 424.
- Bell, A.W. (1995)**
Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J. Anim. Sci.* 73: 2804 – 2819.
- Bell, J.A., Griinari, J.M., Kennelly, J.J. (2006)**
Effect of safflower oil, flaxseed oil, monensin, and vitamin E on concentration of conjugated linoleic acid in bovine milk fat. *J. Dairy Sci.* 89: 733 – 748.
- Belury, M.A. (2002)**
Dietary conjugated linoleic acid in health: Physiological effects and mechanisms of action. *Annu.Rev. Nutr.* 22: 505 – 531.
- Berdeaux, O., Voinot, L., Angioni, E., Juaneda, P., Sebedio, J.L. (1998)**
A simple method of preparation of methyl trans-10, cis-12- and cis-9, trans-11-octadecadienoates from methyl linoleate. *J. Am. Oil Chem.* 75: 1749 – 1755.

Bernal-Santos, G, Perfield II, J.W., Barbano, D.M., Bauman, D.E., Overton, T.R. (2003)

Production Responses of dairy Cows to Dietary Supplementation with Conjugated Linoleic Acid (CLA) During the Transition Period and Early Lactation. *J. Dairy Sci.* 86: 3218 – 3228.

Bines, J.A., Morant, S.V. (1983)

The effect of body condition on metabolic changes associated with intake of food by the cow. *Br. J. Nutr.* 23: 659 – 704.

Booth;R.G., Dann, W.J., Kon, S.K. und Moore, T. (1933)

A new factor in butter fat. *Chem. Ind.* 52: 270.

Bostedt, H. (1974)

Enzymaktivitäten im Blutserum von Rindern in der Zeit um die Geburt. *Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr.* 87: 356 – 371.

Brandt, M., Schuldt, A., Mannerkorpi, P., Veraslip, T. (1987)

Zur enzymatischen Stärkebestimmung im Darminhalt und Kot von Kühen mit hitzestabiler Amylase. *Arch. Anim. Nutr.*, 37, 455

Breves, G., Rodehutsord, M. (1999)

Gibt es Grenzen in der Zucht auf Milchleistung? – Aus der Sicht der Physiologie. *Züchtungskde.* 71: 420 – 427.

Bruckmaier, R.M., Gregoretti, L., Faissler, D. und Blum, J.W. (1998)

Longissimus dorsi muscle diameter, backfat thickness, body condition scores and skinfold values related to metabolic and endocrine traits in lactating dairy cows fed crystalline fat or free fatty acids. *J. Vet. Med.* 45: 397 – 410.

Butler, W.R., Smith, R.D. (1989)

Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 72: 767 – 783.

Butler, W.R. (2000)

Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 60: 449 – 457.

Butler, W.R. (2003)

Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livestock Production Science* 83: 211 – 218.

Castaneda-Gutierrez, E., Overton, T., Butler, W.R., Bauman, D.E. (2005)

Dietary Supplements of Two Doses of Calcium Salts of Conjugated Linoleic Acid During the Transition Period and Early Lactation. *J. Dairy Sci.* 88: 1078 – 1089.

Cheng, Z., Elmes, M., Abayasekara, D.R.E., Wathes, D.C. (2003)

Effects of conjugated linoleic acid on prostaglandins produced by cells isolated from maternal intercotyledonary endometrium, fetal allantochorion and amnion in late pregnant ewes. *Biochimica et Biophysica Acta* 1633: 170 – 178.

- Chilliard, Y., Cisse, M., Levaifre, R., Remond, B. (1991)**
Body-composition of dairy-cows according to lactation stage, somatotropin treatment, and concentrate supplementation. *J. Dairy Sci.* 74: 3103 – 3116.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Mansbridge, R., Doreau, M. (2000)**
Ruminant milk plasticity: nutritional control an saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Ann. Zootech.* 49, 181 – 205.
- Chin, S.F., Storkson, J.M., Liu, W., Albright, K.J., Pariza, M.W. (1994)**
Conjugated linoleic acid (9,11- and 10,12-octadecadienoic acid) is produced in conventional but not germ-free rats fed linoleic acid. *The Journal of Nutrition* 124: 694 – 701.
- Chouinard, P.Y., Girard, V., Brisson, G.J. (1997)**
Lactational response of cows to different concentrations of calcium salts of canola oil fatty acids with or without bicarbonates. *J. Dairy Sci.* 80: 1185 – 1193.
- Chouinard, P.Y., Corneau, L., Barbano, D.M., Metzger, L.E., Bauman, D.E. (1999)**
Conjugated linoleic acids alter milk fatty acid composition and inhibits milk fat secretion in dairy cows. *J. Nutr.* 129: 1579 – 1584.
- Christensen, J.O., Grummer, R.R., Rasmussen, F.E., Bertics, S.J. (1997)**
Effect of method of delivery of propylene glycol on plasma metabolites of feed-restricted cattle. *J. Dairy Sci.* 80: 563 – 568.
- Collard, B.L., Boettcher, P.J., Dekkers, J.C.M., Petitclerc, J., Schaeffer, L.R. (2000)**
Relationships between energy balance and health traits of dairy cattle in early lactation. *J. Dairy Sci.* 83: 2683 – 2690.
- Collomb, M., Schmid, A., Sieber, R., Wechsler, D., Ryhänen, E.-L. (2006)**
Conjugated linoleic acids in milk fat: Variation and physiological effects. *International Dairy Journal* 16: 1347 – 1361.
- Corl, B.A., Baumgard, L.H., Dwyer, D.A., Griinari, J.M., Phillips, B.S., Bauman, D.E. (2001)**
The role of Δ^9 -Desaturase in the production of cis-9, trans-11 CLA. *Journal of Nutritional Biochemistry* 12: 622 – 630.
- Cozzi, G., Berzaghi, P., Gottardo, F., Gabai, G., Andrighetto, I. (1996)**
Effects of feeding propylene glycol to mid-lactating dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 64: 43 – 51.
- Curtis, C.R., Erb, H.N., Sniffen, C.J., Smith, R.D., Kronfeld, R.D. (1985)**
Path analysis of dry period nutrition, postpartum metabolic and reproductive disorders, and mastitis in Holstein Cows. *J. Dairy Sci.* 68: 2347 – 2360.
- Davison, T.M., Vervoort, F.P., Duncalfe, F. (1991)**
Responses to a long-chain fatty acid supplement fed to dairy cows at two stages of lactation. *Aust. J. Exp. Agric.* 31: 467 – 470.

- deLany, J.P., Blohm, F., Truett, A.A., Scimeca, J.A., West, D.B. (1999)**
Conjugated linoleic acid rapidly reduces body fat content in mice without affecting energy intake. *Am. J. Physiol.* 276: R1172 – R1179.
- de Veth, M.J., Griinari, J.M., Pfeiffer, A.-M. und Bauman, D.A. (2004)**
Effect of CLA on milk fat synthesis in dairy cows: comparison of inhibition by methyl esters and free fatty acids, and relationships among studies. *Lipids* 39: 365 – 372.
- de Veth, M.J., Gulati, S.K., Luchini, N.D., Bauman, D.E. (2005)**
Comparison of Calcium Salts and Formaldehyde-Protected Conjugated Linoleic Acid at Inducing Milk Fat Depression. *J. Dairy Sci.* 88: 1 – 9.
- de Veth, M.J., Castaneda-Gutierrez, E., Dwyer, D.A., Pfeiffer, A.M., Putnam, D.E., Bauman, D.E. (2006)**
Response to Conjugated Linoleic Acid in Dairy Cows Differing in Energy and Protein Status. *J. Dairy Sci.* 89: 4620 – 4631.
- deVries, M.J, van der Beek, S., Kaal-Lansbergen, L.M.T.E, Ouweltjes, W., Wilmink, J.B.M. (1999)**
Modeling of energy balance in early lactation and the effects of energy deficits in early lactation on first detected estrus post partum in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82: 1927 – 1934.
- deVries, M.J, Veerkamp, R.F. (2000)**
Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. *J. Dairy Sci.* 83: 62 – 69.
- Dhiman, T.R., Anand, G.R., Satter, L.D., Pariza, M.W. (1999)**
Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *J. Dairy Sci.* 82: 2146 – 2156.
- DLG (1997)**
DLG-Futterwerttabellen – Wiederkäuer – 7. erweiterte und überarbeitete Auflage. DLG-Verlag Frankfurt am Main.
- DLG (2001)**
Struktur- und Kohlenhydratversorgung der Milchkuh. Information 2/2001 DLG-Verlag Frankfurt am Main.
- DLG (2005)**
Zum Einsatz von Propylenglykol in der Milchkuhfütterung. DLG-Verlag Frankfurt am Main.
- Doreau, M., Chilliard, Y. (1992)**
Fat supplementation in dairy rations and its consequences on milk quality in dairy cows. *INRA Productions Animales* 5: 103 – 111.
- Doreau, M., Ferlay, A. (1994)**
Digestion and Utilization of fatty acids by ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 45: 379 – 396.

Doreau, M., Demeyer, D.I., Van Nevel, C.J. (1997)

Transformation and effects of unsaturated fatty acids in the rumen: Consequences on milk fat secretion. In: Milk Composition, Production and Biotechnology (Welch, R.A.S., Burns, D.J.W., Davis, S.R., Popay, A.I., and Prosser, C.G., eds.), pp. 73 – 92.

Doreau, M., Chilliard, Y. (1997)

Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. Br. J. Nutr. 78: S15 – S35.

Drackley, J.K. (1999)

Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? J. Dairy Sci. 82: 2259 – 2273.

Drackley, J.K. (2002)

Transition cow management and periparturient metabolic disorders. Recent Developments and Perspectives in Bovine Medicine (XXII World Buiatrics Congress, 18.-23. August 2002, Hannover): 224 – 235.

Dugan, M.E.R., Aalhus, J.L., Schaefer, A.L., Kranmer, J.K.G. (1997)

The effect of conjugated linoleic acid on fat to lean repartitioning and feed conversion in pigs. Can. J. Anim. Sci. 77: 723 – 725.

Edmonson, A.J., Lean, I.J., Weaver, L.D., Farver, T., Webster, G. (1989)

A Body Condition Score Chart for Holstein Dairy Cows. J. Dairy Sci. 72: 68 – 78.

Evans, E. (2003)

Auswirkungen von Stoffwechselstörungen auf die Fruchtbarkeit. Neuruppin: Tagungsbericht über das 9. Symposium zu Fragen der Fütterung und des Managements von Hochleistungskühen in Neuruppin, Germany, 23. Januar 2003: 5 – 32.

Flachowsky, G. (1999)

Glucose – Ein Schlüssel für hohe Leistungen. In: Fütterung der 10.000-Liter Kuh. Arbeiten der DLG/Band 196. DLG-Verlag. Frankfurt a.M.: 43 – 56.

Flachowsky, G., Erdmann, K., Hüther, L., Jahreis, G., Möckel, P., Lebzien, P. (2006)

Influence of roughage/concentrate ratio and linseed oil on the concentration of trans-fatty acids and conjugated linoleic acid in duodenal chyme and milk of late lactating cows. Archives of Animal Nutrition 60 (6): 501 – 511.

Fritsche, J., Steinhart, H. (1998a)

Amounts of conjugate dlinoleic acid (CLA) in German foods and evaluation of daily intake. Z. Lebensm. Unters. Forsch. A. 206: 77 – 82.

Fritsche, J., Steinhart, H. (1998b)

Analysis, occurrence and physiological properties of trans fatty acids (TFA) with particular emphasis on conjugated linoleic acid isomers (CLA) – a review. Lipid 100: 190 – 210.

Fuentes-Pila, J., Ibanez, M., De Miguel, J.M., Beede, D.K. (2003)

Predicting average feed intake of lactating Holstein cows fed totally mixed rations. *J. Dairy Sci.* 86: 309 – 323.

Fürll, M., Deckert, W., Schäfer, M., Wehlitz, A. (1992)

Lipolyse und Ketogenese bei Milchkühen – Beobachtungen im Laktationsverlauf. *Mh. Vet.-Med.* 47: 119 – 124.

GfE (2001)

Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag Frankfurt am Main.

Giesy, J.G., McGuire, M.A., Shafii, B., Hanson, T.W. (2002)

Effect of Dose of Calcium Salts of Conjugated Linoleic Acid (CLA) on Percentage and Fatty Acid Content of Milk Fat in Midlactation Holstein Cows. *J. Dairy Sci.* 85: 2023 – 2029.

Goff, J.P., Horst, R.L. (1997)

Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *J. Dairy Sci.* 80: 1260 – 1268.

Griinari, J.M., Dwyer, D.A., McGuire, M.A., Bauman, D.E., Palmquist, D.L., Nurmela, K.V.V. (1998)

Trans-Octadecenoic acids and milk fat depression in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 81: 1251 – 1261.

Griinari, J.M., Bauman, D.E. (1999)

Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: M.P., Yurawecz, M.M., Mossoba, J.K.G., Kramer, M.W., Pariza, G.J., Nelson (eds.) *Advances in conjugated linoleic acid research*. AOCS Press, Champaign, IL, Volume 1: 180 – 200.

Griinari, J.M., Corl, B.A., Lacy, S.H., Chouinard, P.Y., Nurmela, K.V.V., Bauman, D.E. (2000)

Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by Δ^9 -Desaturase. *Journal of Nutrition* 130, 2285 – 2291.

Griinari, J.M., Bauman, D.E. (2006)

Milk fat depression: Concepts, mechanisms and management applications. In *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, and Impact of Nutrition on Gene Expression, Immunology and Stress*. K. Sejrsen, T. Hvelplund, and M. O. Nielsen, ed. Wageningen Acad. Publ., Wageningen, The Netherlands: 389 – 417.

Gröhn, Y.T., Eicker, S.W., Hertl, J.A. (1995)

The association between previous 305-day milk yield and disease in New York state dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78: 1693 – 1702.

Gruber, L., Steinwigger, A., Guggenberger, T. (2001)

Futteraufnahme von Milchkühen: Regulation – wichtige Einflussfaktoren – Vorhersage. *ÖAG Info* 4/2001.

Grummer, R.R., Carrol, D.J. (1991)

Effects of dietary fat on metabolic disorders and reproductive performance of dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 69: 3838 – 3852.

Grummer, R.R., Winkler, J.C., Bertics, S.J., Studer, V.A. (1994)

Effect of propylene glycol dosage during feed restriction on metabolites in blood of prepartum Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 77: 3618 – 3623.

Grummer, R.R. (1995)

Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J. Anim. Sci.* 73: 2820 – 2833.

Gulati, S.K., Kitessa, S.M., Ashes, J.R., Fleck, E., Byers, E.B., Scott, T.W. (2000)

Protection of conjugated linoleic acids from hydrogenation and their incorporation into milk fat. *Animal Feed Science and Technology* 86: 139 – 148.

Harris, M.A., Hansen, R.A., Koslo, J.L., Thomas, J.B., Watkins, B.A., Allen, K.G.D. (2001)

Effects of conjugated linoleic acids and docosahexaenoic acid on rat liver and reproductive tissue fatty acids, prostaglandins and matrix metalloproteinase production. *Prostaglandins, Leukotrienes & Essential fatty acids* 65: 23 – 29.

Hartfott, C.G., Hazlewood, G.P. (1997)

Lipid metabolism in the rumen. In *The Rumen Microbial Ecosystem*, (P.N. Hobson and C.S. Stewart, eds), Blackie Academic & Professional, London, 2nd Ed.: 382 – 426.

Hartmann, H., Meyer, H. (1994)

Klinische Pathologie der Haustiere. Stuttgart, Jena: Gustav Fischer Verlag.

Harvatine, K.J., Allen, M.S. (2006)

Effects of Fatty Acid Supplementation on Milk Yield and Energy Balance of Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 89: 1081 – 1091.

Hayirli, A., Grummer, R.R. (2004)

Factors affecting dry matter intake prepartum in relationship to etiology of peripartum lipid-related metabolic disorders: A review. *Can. J. Anim. Sci.* 84: 337 – 347.

Hoedemaker, M., Prange, D., Zerbe, H., Frank, J., Daxenberger, A., Meyer, H.H.D. (2004)

Peripartal Propylene Glycol Supplementation and Metabolism, Animal Health, Fertility, and Production in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 87: 2136 – 2145.

Ingvartsen, K.L., Andersen, H.R., Foldager, J. (1992)

Effect of sex and pregnancy on feed intake capacity of growing cattle. *Acta Agric. Scand., Sect. A, Anim. Sci.* 42: 40 – 46.

Ingvartsen, K.L., Andersen, H.R. (2000)

Integration of metabolism and intake regulation: A review focusing on periparturient animals. *J. Dairy Sci.* 83: 386 – 396.

Jahreis, G., Fritsche, J., Mockel, P., Schone, F., Moller, U., Steinhart, H. (1999a)

The potential anticarcinogenic conjugated linoleic acid, cis-9, trans-11, in milk of different species: Cow, goat, ewe, sow, mare woman. *Nutritional Research* 19: 1541 – 1549.

Jahreis, G., Fritsche, J., Kraft, J. (1999b)

Species-dependent, seasonal, and dietary variation of conjugated linoleic acid in milk. In: M.P., Yurawecz, M.M., Mossoba, J.K.G., Kramer, M.W., Pariza, G.J., Nelson (eds.) *Advances in conjugated linoleic acid research*. AOCS Press, Champaign, IL, Volume 1: 215 – 225.

Kay, J.K., Mackle, T.R., Auldist, M.J., Thomson, N.A., Bauman, D.E. (2004)

Endogenous Synthesis of cis-9, trans-11 Conjugated Linoleic Acid in Dairy Cows Fed Fresh Pasture. *J. Dairy Sci.* 87: 369 – 378.

Kay, J.K., Roche, J.R., Moore, C.E., Baumgard, L.H. (2006)

Effects of dietary conjugated linoleic acid on production and metabolic parameters in transition dairy cows fed fresh pasture. *J. Dairy Res.* 73: 367 – 377.

Kay, J.K., Mackle, T.R., Bauman, D.E., Thomson, N.A., Baumgard, L.H. (2007)

Effects of a Supplement Containing Trans-10, Cis-12 Conjugated Linoleic Acid on Bioenergetic and Milk Production Parameters in Grazing Dairy Cows Offered Ad Libitum or Restricted Pasture. *J. Dairy Sci.* 90: 721 – 730.

Kellsey, J.A., Corl, B.A., Collier, R.J., Bauman, D.E. (2003)

The effect of breed, parity and stage of lactation on conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat from dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86: 2588 – 2597.

Kelly, M.L., Berry, J.R., Dwyer, D.A., Griinari, J.M., Chouinard, P.Y., Van Amburgh, M.E., Bauman, D.A. (1998)

Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. *Journal of Nutrition* 128: 881 – 885.

Kennelly, J.J., Bell, A.B. (2007)

Conjugated linoleic acid: Incorporation into bovine milk fat and effects on human health. http://www.feedenergy.com/Conjugated_Linoleic_Acid.pdf: 1 – 14.

Kepler, C.R., Tove, S.B. (1967)

Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. III. Purification and properties of a linoleic acid by *Butyrivibrio fibrisolvens*. *J. Biol. Chem.* 242: 5686 – 5692.

Kertz, A.F., Reutzel, L.F., Thomson, G.M. (1991)

Dry matter intake from parturition to midlactation. *J. Dairy Sci.* 74: 2290 – 2295.

Kirchgessner, M. (1997)

Tierernährung. 10. Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main.

Kraft, W., Dürr, U.M. (1999)

Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin. Stuttgart: Schattauer Verlagsgesellschaft mbH

Kramer, J.K.G., Parodi, P.W, Jensen, R.G., Mossoba, M.M., Yurawecz, M.P., Adlof, R.O. (1998)

Rumenic acid: A proposed common name for the major conjugated linoleic acid isomer found in natural products. *Lipids* 33: 835.

Kristensen, N.B., Danfaer, A., Roejen, B.A., Raun, B.M.L., Weisbjerg, M.R., Hvelplund, T. (2002)

Metabolism of propionate and 1,2-propanediol absorbed from the washed reticulorumen of lactating cows. *J. Anim. Sci.* 80: 2168 – 2175.

Kritschewsky, D. (2000)

Antimutagenic and some other effects of conjugated linoleic acid. *Br. J. Nutr.* 83: 459 – 465.

Kunz, P.L., Blum, J.W., Hart, I.C., Bickel, H., Landis, J. (1985)

Effects of different energy intakes before and after calving on food intake, performance and blood hormones and metabolites in dairy cows. *Animal Production* 40, 219 – 231.

Littlelike, E. T., Young, J.W., Beitz, D.C. (1981)

Common metabolic diseases of cattle: ketosis, milk fever, grass tetany, and downer cow complex. *J. Dairy Sci.* 64: 1465.

Lock, A.L., Garnsworthy, P.C. (2002)

Independant effects of dietary linoleic and linolenic fatty acids on the conjugated linoleic acid content of cow's milk. *Animal Science* 74: 163 – 176.

Lock, A.L., Bauman, D.A. (2004)

Modifying milk composition of dairy cows to enhance fatty acids beneficial to human health. *Lipids*, Vol. 39, no.12: 1197 – 1206.

Loor, J.J., Herbein, J.H. (2003)

Reduced fatty acid synthesis and desaturation due to exogenous trans10, cis12-CLA in cows fed oleic or linoleic oil. *J. Dairy Sci.* 86: 1354 – 1369.

Lotthammer, K.-H. (1981)

Gesundheits- und Fruchtbarkeitsstörungen beim Milchrind. *Tierärztl. Praxis* 9: 419 – 426.

Lucci, C.S., Fonseca, L.F., Rodrigues, P.H.M., Santos, M.V., Lima, A.P. (1998)

Supplementation of propylene glycol to dairy cows in periparturient period: effects on body condition score, milk yield and first estrus postpartum. *J. Dairy Sci.* 81 (Suppl. 1): 321.

Lucy, M.C., Staples, C.R., Thatcher, W.W., Erickson P.S., Cleale, R.M., Firkins, J.L., Clark, J.H., Murphy, M.R., Brodie, B.O. (1992)

Influence of diet composition, dry matter intake, milk production and energy balance on time of postpartum ovulation and fertility in dairy cows. *Anim. Prod.* 54: 323 – 331.

Männer, K. (2002)

Pansengeschützte Fette für Milchrinder. *Krafftutter – Feed Magazine* 10: 386 – 394.

McGuire, M.A., Bauman, D.E. (2002)

Milk biosynthesis and secretion. Pages 1828 – 1834 in *Encyclopedia of Dairy Sciences*. H. Roginski, J.W., Fuquay, and P.F. Fox, ed. Elsevier Science Ltd., London, UK.

McNamara, S., Butler, T., Ryan, D.P., Mee, J.F., Dillon, P., O'Mara, F.P., Butler, S.T., Anglesey, D., Rath, M., Murphy, J.J. (2003)

Effect of offering rumen-protected fat supplements on fertility and performance in spring-calving Holstein-Friesian cows. *Animal Reproduction Science* 79: 45 – 56.

Meyer, H.H.D., Güven, B., Karg, H. (1986)

Enzymimmuntests (EIA) auf Mikrotitrationsplatten zur Progesteronbestimmung in Magermilchproben. *Wien. tierärztl. Monatsschr.* 73: 86 – 92.

Miettingen, P.V.A. (1990)

Managing dairy cows during transition period: focus on ketosis. *Vet. Med.* 92: 1061 – 1072.

Miyoshi, S., Pate, J.L., Palmquist, D.L. (2001)

Effects of propylene glycol drenching on energy balance, plasma glucose, plasma insulin, ovarian function and conception in dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 68: 29 – 43.

Moore, T.L., Mao, I.L. (1990)

Prediction of total intake of dry matter and net energy in a lactation. *J. Dairy Sci.* 73: 1255 – 1262.

Moore, C.E., Hafliger, H.C., Mendivil, O.B., Sanders, S.R., Bauman, D.E., Baumgard, L.H. (2004)

Increasing Amounts of Conjugated Linoleic Acid (CLA) Progressively Reduces Milk Fat Synthesis Immediately Postpartum. *J. Dairy Sci.* 87:1886 – 1895.

Nago, T., Yamauchi-Sato, Y., Sugihara, A., Iwata, T., Nagao, K., Yanagita, T., Adachi, S., Shimada, Y. (2003)

Purification of conjugated linoleic acid isomers through a process including lipase-catalyzed selective esterification. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 67 (6): 1429 – 1433.

Newbold, C.J., Stewart, C.S., Wallace, R.J. (2001)

Developments in rumen fermentation – the scientist's view. Recent Advances in Animal Nutrition, P.C. Garnsworthy, J. Wieseman, Nottingham University Press: 251 – 279.

Nielsen, N.I., Ingvarlsen, K.L. (2004)

Propylene glycol for dairy cows – A review of the metabolism of propylene glycol and its effects on physiological parameters, feed intake, milk production and risk of ketosis. Animal Feed Science and Technology 115: 191 – 213.

Odens, L.J., Burgos, R., Innocenti, M., VanBaale, M.J., Baumgard, L.H. (2007)

Effects of Varying Doses of Supplemental Conjugated Linoleic Acid on Production and Energetic Variables During the Transition Period. J. Dairy Sci. 90: 293 – 305.

Onetti, S.G., Grummer, R.R. (2004)

Response of lactating cows to three supplemental fat sources as affected by forage in the diet and stage of lactation: a meta-analysis of literature. Anim. Feed Sci. Technol. 115: 65 – 82.

Ostrowska, E., Muralitharan, M., Cross, R.F., Bauman, D.E., Dunshea, F.R. (1999)

Dietary conjugated linoleic acids increase lean tissue and decrease fat deposition in growing pigs. J. Nutr. 129: 2037 – 2042.

Overton, T.R., Waldron, M.R. (2004)

Nutritional Management of Transition Dairy Cows: Strategies to Optimize Metabolic Health. J. Dairy Sci. 87 (E. Suppl.): E105 – E119.

Palmquist, D.L. (1990)

Using fat strategically in dairy cattle rations. In: Proceedings of the International Animal Nutrition Symposium. National Renderer's Association Brussels, Belgium, September 24, 1990, pp 35 – 42.

Palmquist, D.L., Lock, A.L., Shingfield, K.J., Bauman, D.E. (2005)

Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. In Advances in Food and Nutrition Research 50: 179 – 217.

Pariza, M.W. (1999)

The biological activities of conjugated linoleic acid. In Advances in Conjugated Linoleic Acid Research, (M.P. Yurawecz, M.M. Mossoba, J.K.G. Kramer, M.W. Pariza and G.J. Nelson, eds), AOCS Press, Champaign, IL., Vol. 1: 12 – 20

Park, Y., Pariza, M.W. (2007)

Mechanisms of body fat modulation by conjugated linoleic acid (CLA). Food Research International 40: 311 – 323.

Parodi, P.W. (1977)

Conjugated octadecadienoic acids of milk fat. J. Dairy Sci. 60: 1550 – 1553.

Parodi, P.W. (1999)

Conjugated linoleic acid: the early years. In: M.P., Yurawecz, M.M., Mossoba, J.K.G., Kramer, M.W., Pariza, G.J., Nelson (eds.) Advances in conjugated linoleic acid research. AOCS Press, Champaign, IL, Volume 1: 1 – 11.

Parodi, P.W. (2002)

Health benefits of conjugated linoleic acid. Food Industry J. 5: 222 – 259.

Perfield II, J.W., Bernal-Santos, G., Overton, T.R., Bauman, D.E. (2002)

Effects of Dietary Supplementation of Rumen-Protected Conjugated Linoleic Acid in Dairy Cows during Established Lactation. J. Dairy Sci. 85: 2609 – 2617.

Perfield II., J.W., Lock, A.L., Pfeiffer, A.M., Bauman, D.E. (2004)

Effects of Amide-Protected and Lipid-Encapsulated Conjugated Linoleic Acid (CLA) Supplements on Milk Fat Synthesis. J. Dairy Sci. 87: 3010 – 3016.

Peterson, D.G., Kelsey, J.A., Bauman, D.E. (2002)

Analysis of variation in cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat of dairy cows. J. Dairy Sci. 85: 2164 – 2172.

Pickett, M.M., Piepenbrink, M.S., Overton, T.R. (2003)

Effects of propylene glycol or fat drench on plasma metabolites, liver composition and production of dairy cows during the periparturient period. J. Dairy Sci. 86: 2113 – 2121.

Reaney, M.J., Liu, Y.-D., Westcott, N.D. (1997)

Commercial production of conjugated linoleic acid. In: M.P., Yurawecz, M.M., Mossoba, J.K.G., Kramer, M.W., Pariza, G.J., Nelson (eds.) Advances in conjugated linoleic acid research. AOCS Press, Champaign, IL, Volume 1: 39 – 54.

Rehage, J., Mertens, M., Stockfofe-Zurwieden, N., Kaske, M., Scholz, H. (1996)

Post surgical convalescence of dairy cows with left displaced abomasal displacement in relation to fatty liver. Schweizer Archiv für Tierheilkunde 138: 361 – 368.

Reicheneder, D. (2008)

Funktionelle Untersuchung von Genen des Lipidstoffwechsels beim Rind zur Identifizierung produktqualitätsrelevanter DNS-Variation. Dissertation in Vorbereitung – Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Lehrstuhl für Tierzucht.

Reist, M., Erdin, D. Von Euw, D., Tschuemperlin, K., Leuenberger, H., Chilliard, Y., Hammon, H.M., Morel, C., Philipona, C., Zbinden, Y., Kuenzi, N., Blum, J.W. (2002)

Estimation of energy balance at the individual and herd level using blood and milk traits in high-yielding dairy cows. J. Dairy Sci. 85: 3314 – 3327.

Roberfroid, M. (1999)

Concepts in functional foods: The case of inulin and oligofructose. *J. Nutr.* 129: 1398S – 1401S.

Rohr, K., Lebzien, P., Daenicke, R., Engling, F.-P. (1992)

Zur Wirkung verseifter Pflanzenfettsäuren in Verbindung mit geschütztem Protein bzw. Körnermais auf die Milchleistung und die Milchezusammensetzung bei Hochleistungskühen. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 69: 251 – 259.

Rook, A.J., Sutton, J.D., France, J. (1992)

Prediction of the yield of milk constituents in dairy cows offered silage ad libitum and concentrate at a flat rate. *Anim. Prod.* 54: 313 – 322.

Roseler, D.K., Fox, D.G., Chase, L.A., Pell, A.N., Stone, W.C. (1997)

Development and evaluation of equations for prediction of feed intake for lactating Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80: 878 – 893.

Rossow, N., Jacobi, U., Schäfer, M., Lippmann, R., Furcht, G., Slanina, L., Vrzgula, L., Ehrentraut, W. (1987)

Stoffwechselüberwachung bei Haustieren – Probleme, Hinweise, Referenzwerte. *Tierhygiene Information*. Eberswalde-Finow.

Rossow, N. (2006)

Neue Erkenntnisse zur postpartalen Energiebilanz der Milchkuh. <http://www.portal-rind.de/portal/index.php> (16.10.2007)

SAS (2001)

SAS/STAT Users Guide. Release 8.0. SAS Inst., Inc., Cary, NC.

Schingoethe, D.J., Casper, D.P. (1991)

Total lactational response to added fat during early lactation. *J. Dairy Sci.* 74: 2617 – 2622.

Schwarz, F.J. (2000)

Fütterung hochleistender Milchkuhe (Energie- und Proteinversorgung, Wiederkäuergerechtigkeit). 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Raumberg Gumpenstein, 6.-8. Juni 2000: 19 – 26.

Selberg, K.T., Lowe, A.C., Staples, C.R., Luchini, N.D., Badinga, L. (2004)

Production and Metabolic Responses of Periparturient Holstein Cows to Dietary Conjugated Linoleic Acid and trans-Octadecenoic Acids. *J. Dairy Sci.* 87: 158 – 168.

Shingfield, K.J., Beever, D.E., Reynolds, C.K., Gulati, S.K., Humphries, D.J., Lupoli, B., Hervas, G., Griinari, M.J. (2004)

Effect of rumen protected conjugated linoleic acid on energy metabolism of dairy cows during early to mid-lactation. *J. Dairy Sci.* 87 (Suppl. 1): 307 (Abstr.)

Shingfield, K.J., Reynolds, C.K., Hervás, G., Griinari, J.M., Grandison, A.S., Beever, D.E. (2006)

Examination of the persistency of milk fatty acid composition responses to fish oil and sunflower oil in the diet of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89: 714 – 732.

Skaar, T.C., Grummer, R.R., Dentine, M.R., Stauffacher, R.H. (1989)

Seasonal effects of prepartum and postpartum fat and niacin feeding on lactation performance and lipid metabolism. *J. Dairy Sci.* 72: 2028 – 2038.

Sklan, D., Moallem, U. (1991)

Effect of feeding calcium soaps of fatty acids on production and reproductive responses in high producing lactating cows. *J. Dairy Sci.* 74: 510 – 517.

Stanton, C., Murphy, J., McGrath, E., Devery, R. (2003)

Animal feeding strategies for conjugated linoleic acid enrichment of milk. In: J.-L. Sebedio, W.W. Christie, R.O. Adlof (eds.) *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*. AOCS Press, Champaign, IL, Volume 2: 123 – 145.

Staples, C.R., Thatcher, W.W., Clark, J.H. (1990)

Relationship between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73: 938 – 947.

Staples, C.R., Burke, J.M., Thatcher, W.W. (1998)

Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 81: 856 – 871.

Staufenbiel, R., Lügner, D. (1987)

Zur Bestimmung des Leberfettgehaltes bei der Milchkuh. *Berichte Humboldt- Univ. Berlin* 7: 43 – 45.

Staufenbiel, R. (1989)

Untersuchungen zur Beurteilung der postpartalen Energiebilanz der Milchkuh. *Monatsh. Veterinärmed.* 44: 594 – 598.

Staufenbiel, R., Schröder, U. (2004)

Rückenfettdicke als systematische Methode im Herdenmanagement von Milchkuhbeständen Teil 2: Physiologische Grundlagen. *Veterinär Spiegel* 3: 227 – 230.

Steingäß, H., Hayler, R., Drochner, W. (2005)

Untersuchungen zur Wirkung von konjugierter Linolsäure auf die Milchzusammensetzung bei Kühen. 117. VDLUFA-Kongress, Tagungsband, 27.-30. September in Bonn: 52 (Abstr.).

Südekum, K.-H. (2006)

Probleme der Energie- und Proteinversorgung bei Hochleistungskühen – Lösung durch pansenstabiles Fett und Protein? – Umsetzung in der Fütterungspraxis. 33. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Raumberg Gumpenstein, 26.-27. April 2006: 19 – 26.

- Tyrrell, H.F., Reid, J.T. (1965)**
Prediction of the energy value of cow's milk. *J. Dairy Sci.* 48(9): 1215 – 1223.
- van Knegsel, A.T.M., van den Brand, H., Dijkstra, J., van Straalen, Heetkamp, M.J.W., Tamminga, S., Kemp, B. (2007)**
Dietary Energy Source in Dairy Cows in Early Lactation: Energy Partitioning and Milk Composition. *J. Dairy Sci.* 90: 1467 – 1476.
- Van Soest, P.J.; Robertson, J.B.; Lewis, B.A. (1991)**
Methods for dietary fibre, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74: 3583 – 3597.
- Veerkamp, R.F., Oldenbroek, J.K., Van der Gaast, H.J., Van der Werft, J.H.J. (2000)**
Genetic correlation between days until start of luteal activity and milk yield, energy balance, and live weights. *J. Dairy Sci.* 83: 577 – 583.
- Villa-Godoy, A., Hughes, T.L., Emery, R.S., Chapin, L.T., Fogwell, R.L. (1988)**
Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 71: 1063 – 1072.
- Viswanadha, S., Giesy, J.G., Hanson, T.W., McGuire, M.A. (2003)**
Dose Response of milk fat to intravenous administration of the trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid. *J. Dairy Sci.* 86: 3229 – 3236.
- Wahle, K.W.J., Heys, S.D., Rotondo, D. (2004)**
Conjugated linoleic acids: are they beneficial or detrimental to health?. *Progress in Lipid Research* 43: 553 – 587.
- West, H.J. (1990)**
Effect on liver function on acetonaemia and the fat cow syndrome in cattle. *Res. Vet. Sci.* 48: 221 – 227.
- Whigham, L.D., Cook, M.E., Atkinson, R.L. (2000)**
Conjugated linoleic acid: Implications for human health. *Pharmacol. Res.* 42: 503 – 510.
- Wolf, E., Arnold, G.J., Bauersachs, S., Beier, H.M., Blum, H., Einspanier, R., Frohlich, T., Herrler, A., Hiendleder, S., Kiole, S., Prella, K., Reichenbach, H.-D., Stojkovic, M., Wenigerkind, H., Sinowatz, F. (2003)**
Embryomaternal communication in bovine – strategies for deciphering a complex cross-talk. *Reproduction of Domestic Animals* 38: 276 – 289.
- Wu, S.H.W., Papas, A. (1997)**
Rumen-stable delivery systems. *Adv. Drug Delivery Rev.* 28: 323 – 334.
- Zurek, E., Foxcroft, G.R., Kennelly, J.J. (1995)**
Metabolic status and interval to first ovulation in postpartum dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78: 1909 – 1920.

8. Anhang

Tabelle A-I: Gesamt-Trockenmasseaufnahme aller Versuchstiere im Versuchsverlauf (kg T/d) in Versuch I

Woche	Versuchstiere					
	Gesamt (n = 50)		Kühe (n = 31)		Färsen (n = 19)	
	kg T/d	SD	kg T/d	SD	kg T/d	SD
1	12,4	2,8	13,7	2,4	10,4	2,1
2	14,3	2,7	15,7	2,2	12,1	1,6
3	15,4	2,5	16,8	2,1	13,1	1,0
4	16,4	2,9	18,1	2,3	13,8	1,3
5	17,2	2,9	18,9	2,3	14,6	1,4
6	18,1	3,0	19,8	2,4	15,4	1,5
7	18,6	2,8	20,2	1,9	15,8	1,9
8	18,9	2,4	20,4	1,6	16,5	1,1
9	18,9	2,4	20,3	1,6	16,6	1,5
10	19,3	2,7	20,8	2,0	16,8	1,6
11	19,2	2,7	20,6	2,1	16,8	1,8
12	19,4	2,8	20,7	2,3	17,2	1,9
13	19,4	2,5	20,7	2,0	17,1	1,8
14	19,7	2,8	20,9	2,5	17,7	2,0
Mittel	17,7	2,4	19,1	1,6	15,3	1,1

Tabelle A-II: Mittlere Gesamt-Trockenmasseaufnahme (kg T/d) im Versuchsverlauf in Versuch I

Woche	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + PG	
	kg T/d	SD	kg T/d	SD	kg T/d	SD
1	12,0	2,3	13,5	3,0	11,8	2,7
2	13,7	2,7	14,9	2,7	14,4	2,8
3	15,0	2,1	15,6	2,6	15,5	3,0
4	16,1	2,0	16,6	3,1	16,6	3,5
5	16,8	2,6	17,7	2,9	17,2	3,3
6	18,0	2,5	18,3	2,7	18,1	3,8
7	18,2	2,5	18,7	3,0	18,7	3,2
8	18,8	2,3	19,2	2,3	18,9	2,6
9	18,7	2,4	19,2	2,6	18,8	2,4
10	18,8	2,8	19,4	2,4	19,6	3,1
11	18,7	2,7	19,5	2,4	19,4	3,1
12	18,9	2,4	19,7	3,0	19,5	2,9
13	19,4	2,4	19,7	2,7	19,0	2,7
14	19,5	2,4	19,5	2,6	20,1	3,4
Mittel	17,3	2,3	17,9	2,0	17,7	2,4

Tabelle A-III: Mittlere Milchleistungen (kg/d) im Versuchsverlauf in Versuch I

Woche	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + PG	
	Milchleistung kg/d	SD	Milchleistung kg/d	SD	Milchleistung kg/d	SD
1	27,7	5,8	28,4	6,6	27,3	5,5
2	29,8	6,7	32,3	6,4	31,2	6,0
3	31,0	6,2	34,0	7,7	32,9	6,0
4	33,0	6,2	35,2	7,9	34,8	6,8
5	33,6	6,5	36,4	6,8	35,7	6,9
6	34,4	6,3	36,5	6,8	36,5	7,1
7	33,7	6,2	36,3	7,3	36,2	5,7
8	33,6	5,9	36,9	6,4	35,2	5,7
9	33,5	6,3	35,4	6,3	35,6	5,7
10	32,9	6,5	34,7	5,5	34,6	6,1
11	32,5	6,7	34,6	5,3	33,9	5,9
12	31,7	6,4	33,6	4,9	33,4	5,3
13	31,1	5,8	32,7	4,9	32,8	5,2
14	30,7	5,9	32,6	4,9	32,4	5,1
Mittel	32,1	6,0	34,2	5,6	33,7	5,5

Tabelle A-IV: Mittlerer Milchfettgehalt (%) und Milchfettleistung (g/d) im Versuchsverlauf in Versuch I

Woche	Behandlung 1				Behandlung 2				Behandlung 3			
	1 – Kontrolle				2 – CLA				3 – CLA + PG			
	Fett %	SD	Fett g/d	SD	Fett %	SD	Fett g/d	SD	Fett %	SD	Fett g/d	SD
1	4,65	0,84	1287	411	4,38	0,73	1314	403	4,58	1,36	1213	387
2	4,41	0,82	1311	365	3,85	0,58	1228	245	3,89	0,79	1236	381
3	4,07	0,81	1271	387	3,48	0,81	1173	346	3,57	0,61	1189	381
4	3,82	0,79	1260	354	3,24	0,73	1148	398	3,49	0,70	1164	340
5	3,63	0,41	1218	260	2,96	0,63	1086	349	3,08	0,75	1099	373
6	3,54	0,39	1220	283	2,92	0,30	1070	240	3,18	0,62	1146	319
7	3,77	0,59	1278	348	2,79	0,49	997	196	2,96	0,53	1082	237
8	3,71	0,50	1253	313	3,03	0,46	1114	228	2,97	0,52	1045	255
9	3,59	0,50	1198	258	2,67	0,37	939	195	2,88	0,46	1041	246
10	3,62	0,31	1203	240	2,64	0,31	913	171	2,95	0,45	992	213
11	3,57	0,41	1148	196	2,78	0,47	953	183	2,80	0,44	947	227
12	3,65	0,55	1134	156	2,80	0,53	938	210	2,80	0,34	922	158
13	3,58	0,52	1093	134	2,79	0,39	903	143	2,83	0,28	940	137
14	3,63	0,49	1102	169	2,89	0,49	931	145	2,81	0,25	921	159
Mittel	3,80 ^a	0,30			3,09 ^b	0,33			3,20 ^b	0,44		
			1213 ^a	70			1050 ^b	119			1067 ^b	115

^{ab} unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb einer Zeile, (P < 0,05)

Tabelle A-V: Mittlere Energie- (MJ NEL/d), nXP- (g/d) und ruminale Stickstoffbilanz (g/d) im Versuchsverlauf in Versuch I

Woche	Behandlung 1			Behandlung 2			Behandlung 3		
	1 – Kontrolle			2 – CLA			3 – CLA + PG		
	NEL MJ/d	nXP g/d	RNB g/d	NEL MJ/d	nXP g/d	RNB g/d	NEL MJ/d	nXP g/d	RNB g/d
1	-48,3	-970	-3	-39,6	-917	-5	-45,9	-1068	12
SD	15,4	345	11	16,8	393	14	13,0	360	30
2	-39,3	-742	6	-31,5	-712	-1	-31,4	-726	3
SD	11,5	369	25	9,7	285	14	23,5	435	20
3	-27,9	-423	12	-25,0	-552	3	-23,4	-547	1
SD	12,5	274	34	12,4	311	17	19,8	385	17
4	-21,9	-336	8	-18,9	-446	12	-18,3	-410	4
SD	12,7	267	31	15,9	281	23	19,5	371	10
5	-14,5	-185	4	-8,6	-263	14	-9,5	-338	4
SD	10,7	221	20	9,0	204	21	20,1	336	14
6	-6,8	-48	9	-4,0	-182	15	-7,1	-256	17
SD	10,0	243	22	8,7	221	20	19,0	353	24
7	-6,3	20	8	1,9	-134	13	0,1	-192	15
SD	12,0	216	19	11,5	286	23	13,6	293	24
8	-2,7	54	4	-1,2	-142	8	4,0	-86	9
SD	14,7	313	16	9,2	277	19	16,0	363	22
9	-1,4	18	8	8,7	-8	4	3,4	-150	9
SD	8,3	180	17	10,5	298	14	13,7	224	21
10	0,3	67	12	11,2	16	1	10,4	31	2
SD	8,9	232	23	13,1	315	15	13,7	270	13
11	1,4	47	17	10,3	5	6	12,8	61	11
SD	10,7	236	24	13,9	332	20	19,3	346	19
12	4,7	145	15	15,0	132	3	14,2	79	12
SD	11,5	246	19	15,8	372	21	15,7	353	25
13	9,9	226	16	16,3	154	8	12,2	10	5
SD	12,4	245	22	14,0	298	25	13,5	332	20
14	10,7	240	18	14,1	119	9	20,3	159	-2
SD	12,9	271	25	14,9	386	25	19,1	391	16
Mittel	-10,6 ^a	-135	9	-4,3 ^b	-209	6	-4,8 ^b	-245	7
SD	18,1	342	6	18,5	332	4	19,5	348	4

^{ab} unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb einer Zeile, (P < 0,05)

Tabelle A-VI: Mittlerer Milcheiweißgehalt (%) und Milcheiweißleistung (kg/d) im Versuchsverlauf in Versuch I

Woche	Behandlung 1				Behandlung 2				Behandlung 3			
	1 – Kontrolle				2 – CLA				3 – CLA + PG			
	Eiweiß %	SD	Eiweiß g/d	SD	Eiweiß %	SD	Eiweiß g/d	SD	Eiweiß %	SD	Eiweiß g/d	SD
1	3,53	0,39	965	249	3,63	0,34	1075	270	3,67	0,40	1015	257
2	3,27	0,38	978	267	3,16	0,30	1019	228	3,16	0,19	969	180
3	2,99	0,25	924	176	2,92	0,22	989	232	2,96	0,18	986	196
4	2,89	0,25	954	183	2,83	0,25	995	245	2,85	0,14	984	175
5	2,84	0,21	951	181	2,80	0,24	1018	204	2,86	0,17	1030	169
6	2,89	0,24	982	135	2,80	0,30	1016	189	2,89	0,20	1052	175
7	2,92	0,22	976	142	2,88	0,27	1033	183	2,90	0,24	1032	149
8	2,97	0,25	988	130	2,83	0,27	1041	190	2,92	0,24	1026	137
9	3,02	0,22	1002	153	2,88	0,23	1013	183	2,95	0,16	1047	155
10	3,01	0,22	994	163	2,91	0,24	1004	154	2,95	0,24	1014	176
11	3,09	0,24	993	157	2,97	0,25	1023	147	2,96	0,19	995	145
12	3,07	0,25	964	163	2,96	0,29	992	152	2,99	0,25	988	123
13	3,10	0,23	957	130	3,02	0,24	980	129	3,07	0,27	1002	134
14	3,17	0,25	965	131	3,04	0,26	984	135	3,13	0,25	1008	126
Mittel	3,07	0,19	971	21	3,02	0,22	1013	26	2,99	0,16	1011	23

Tabelle A-VII: Mittlere Blutplasmakonzentration an Glucose (mmol/l) im Versuchsverlauf in Versuch I

Woche	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + PG	
	Glucose mmol/l	SD	Glucose mmol/l	SD	Glucose mmol/l	SD
-2	3,93	0,29	3,85	0,43	3,73	0,40
-1	3,80	0,49	3,78	0,50	4,01	0,46
1	3,32	0,54	3,25	0,74	3,29	0,79
2	3,38	0,74	3,09	0,61	3,17	0,65
3	3,13	0,59	3,34	0,49	3,49	0,35
4	3,25	0,39	3,38	0,66	3,61	0,58
5	3,57	0,40	3,47	0,48	3,60	0,41
6	3,55	0,57	3,60	0,40	3,70	0,29
7	3,68	0,51	3,60	0,32	3,76	0,50
8	3,65	0,61	3,67	0,44	3,87	0,47
10	3,80	0,39	3,64	0,38	3,77	0,73
12	3,87	0,53	3,60	0,34	4,09	0,50
14	3,94	0,58	3,88	0,38	3,94	0,53
Mittel	3,60	0,34	3,56	0,23	3,69	0,31

Tabelle A-VIII: Mittlere Blutplasmakonzentration an Freien Fettsäuren (NEFA, $\mu\text{mol/l}$) im Versuchsverlauf in Versuch I

Woche	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + PG	
	NEFA $\mu\text{mol/l}$	SD	NEFA $\mu\text{mol/l}$	SD	NEFA $\mu\text{mol/l}$	SD
-2	482	333	339	133	365	149
-1	400	159	361	120	401	134
1	678	373	626	309	883	723
2	787	382	992	384	1083	423
3	775	457	934	409	653	310
4	760	376	691	235	704	313
5	634	280	608	299	582	192
6	496	244	591	232	506	171
7	508	194	519	151	539	195
8	498	167	539	210	531	236
10	400	144	408	157	446	164
12	414	287	331	165	358	151
14	300	139	276	91	297	119
Mittel	483	131	503	123	515	144

Tabelle A-IX: Mittlere Blutplasmakonzentrationen an Beta-Hydroxybutyrat (BHB, mmol/l) im Versuchsverlauf in Versuch I

Woche	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + PG	
	BHB mmol/l	SD	BHB mmol/l	SD	BHB mmol/l	SD
-2	0,392	0,096	0,403	0,076	0,414	0,085
-1	0,430	0,104	0,456	0,073	0,456	0,105
1	0,512	0,222	0,573	0,159	0,601	0,275
2	0,608	0,337	0,560	0,169	0,566	0,195
3	0,531	0,231	0,604	0,192	0,460	0,159
4	0,524	0,256	0,555	0,231	0,483	0,173
5	0,517	0,175	0,538	0,227	0,440	0,110
6	0,490	0,265	0,530	0,172	0,399	0,114
7	0,483	0,287	0,436	0,102	0,426	0,120
8	0,424	0,253	0,477	0,107	0,377	0,109
10	0,359	0,120	0,415	0,103	0,427	0,157
12	0,375	0,107	0,435	0,104	0,371	0,100
14	0,364	0,177	0,380	0,099	0,394	0,100
Mittel	0,422	0,137	0,476	0,111	0,419	0,082

Tabelle A-X: Mittlere Leberenzymgehalte (AST, GLDH, y-GT, in U/l) im Versuchsverlauf in Versuch I

Woche	Behandlung 1			Behandlung 2			Behandlung 3		
	1 – Kontrolle			2 – CLA			3 – CLA + PG		
	AST U/l	GLDH U/l	y-GT U/l	AST U/l	GLDH U/l	y-GT U/l	AST U/l	GLDH U/l	y-GT U/l
-2	61,2	7,4	18,8	61,8	8,8	18,5	61,5	8,0	19,4
SD	19,5	5,3	3,3	8,5	4,6	5,0	8,7	4,2	4,8
-1	58,8	6,1	18,3	62,1	7,1	20,9	61,9	10,9	19,1
SD	10,4	2,6	2,9	12,5	3,7	11,7	12,1	10,0	4,9
1	94,3	11,1	19,3	89,3	13,3	19,6	107	15,9	21,8
SD	22,1	9,9	2,9	13,4	15,3	4,5	28,1	15,6	6,1
2	96,9	10,2	19,6	88,5	14,3	20,2	101	12,6	21,5
SD	45,5	7,7	4,3	11,7	12,1	4,3	32,4	8,4	5,4
3	78,6	8,8	19,8	86,4	16,7	19,9	86,4	15,3	22,8
SD	15,4	3,6	7,6	26,7	21,9	11,5	16,1	13,5	7,5
4	75,0	11,0	21,5	77,6	11,8	22,2	72,2	10,7	21,8
SD	15,4	7,7	6,3	13,7	6,4	8,0	11,4	5,9	7,5
5	72,3	13,6	21,8	78,9	14,4	22,1	70,3	10,6	21,9
SD	20,8	15,7	7,3	17,1	9,8	7,7	12,2	6,9	4,9
6	65,8	10,0	22,1	72,7	15,5	21,9	65,8	11,4	22,4
SD	8,7	5,1	6,5	13,5	10,1	7,4	9,1	6,9	4,6
7	64,4	10,0	22,2	73,9	17,8	22,2	66,3	10,3	21,4
SD	10,4	4,6	5,3	9,3	15,0	6,6	11,2	5,2	3,8
8	64,9	10,5	22,9	78,6	15,9	23,5	70,0	11,2	22,1
SD	8,2	3,3	5,0	9,3	9,2	6,9	10,7	4,4	4,0
10	66,4	13,2	22,8	78,9	13,7	23,0	72,0	13,8	23,3
SD	10,3	8,7	4,6	18,5	7,8	7,0	12,9	6,2	3,5
12	74,3	12,9	23,8	81,6	16,2	23,2	83,0	13,3	23,6
SD	13,1	4,5	4,9	23,3	14,3	6,7	37,5	7,2	4,6
14	83,3	19,0	25,5	79,9	16,7	23,2	73,5	13,5	25,8
SD	24,6	16,1	4,5	15,2	10,0	6,5	16,1	6,7	6,3
Mittel	73,6	10,2	21,4	77,7	12,5	21,6	76,2	11,0	22,1
SD	7,9	4,7	4,2	8,8	7,3	5,6	9,0	4,0	3,9

Tabelle A-XI: Mittlere Lebendgewichte (kg) im Versuchsverlauf in Versuch I

Woche	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + PG	
	Gewicht kg	SD	Gewicht kg	SD	Gewicht kg	SD
1	659	67	665	46	673	54
2	654	69	655	47	668	53
3	649	63	647	49	664	49
4	644	62	639	49	655	53
5	641	62	632	47	653	52
6	640	60	627	48	651	52
7	639	60	627	49	640	51
8	639	58	623	49	642	53
9	640	56	625	46	643	51
10	639	58	624	46	644	52
11	638	61	625	46	643	50
12	635	59	623	44	643	50
13	635	58	621	46	638	51
14	635	56	624	45	642	51
Mittel	642	28	633	22	650	29

Tabelle A-XII: Mittlere Körperkonditionsnoten (BCS) im Versuchsverlauf in Versuch I

Woche	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + PG	
	BCS	SD	BCS	SD	BCS	SD
-2	4,1	0,3	4,0	0,3	4,0	0,3
-1	3,9	0,3	3,8	0,3	3,9	0,2
1	3,6	0,3	3,4	0,3	3,7	0,4
2	3,3	0,3	3,0	0,4	3,4	0,4
4	2,9	0,4	2,6	0,4	3,0	0,4
6	2,7	0,4	2,4	0,5	2,7	0,5
8	2,5	0,5	2,3	0,5	2,5	0,6
10	2,5	0,5	2,3	0,6	2,4	0,6
12	2,5	0,5	2,2	0,6	2,3	0,6
14	2,5	0,6	2,2	0,5	2,4	0,6
Mittel	3,0	0,3	2,8	0,4	3,0	0,4

Tabelle A-XIII: Mittlere Rückenmuskel- (RMD, mm) und Rückenfettdicken (RFD, mm) im Versuchsverlauf in Versuch I

Woche	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + PG	
	RMD mm	RFD mm	RMD mm	RFD mm	RMD mm	RFD mm
-2	36,0	13,7	39,5	11,2	43,7	11,6
SD	4,2	4,2	5,2	3,2	4,7	2,3
-1	35,1	12,5	38,6	10,4	42,8	10,8
SD	3,9	3,9	4,9	2,8	5,8	2,9
1	34,5	11,4	37,1	9,3	41,1	10,0
SD	3,7	3,7	5,2	2,4	5,4	2,4
2	32,8	10,7	35,2	8,6	39,6	9,2
SD	3,7	3,7	4,3	2,1	4,8	2,2
4	31,8	9,6	33,7	7,4	37,9	8,4
SD	3,8	3,8	4,6	1,8	3,9	2,0
6	30,7	8,5	32,4	6,7	37,3	7,5
SD	3,3	3,3	4,4	1,7	3,9	2,2
8	29,5	7,3	30,5	6,1	36,7	6,9
SD	2,9	2,9	4,6	1,8	3,6	2,3
10	28,5	6,6	30,3	5,6	36,2	6,3
SD	3,2	3,2	5,0	2,1	3,4	2,4
12	28,1	6,5	29,6	5,3	35,5	5,6
SD	3,0	3,0	5,3	2,0	3,9	2,1
14	27,9	6,8	29,5	5,6	34,3	5,6
SD	2,7	2,7	4,5	2,2	3,8	2,0
Mittel	31,5 ^b	9,4 ^a	33,6 ^b	7,6 ^b	38,5 ^a	8,2 ^b
SD	2,9	2,9	4,3	2,0	3,6	2,1

ab kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb einer Zeile, ($P < 0,05$)

Tabelle A-XIV: Gesamt-Trockenmasseaufnahme aller Versuchstiere im Versuchsverlauf (kg T/d) in Versuch II

Woche	Versuchstiere					
	Gesamt (n = 53)		Kühe (n = 40)		Färsen (n = 13)	
	kg T/d	SD	kg T/d	SD	kg T/d	SD
1	13,4	3,1	14,6	2,3	9,8	1,9
2	15,7	2,7	16,7	2,1	12,4	1,3
3	17,0	2,6	18,0	2,2	14,1	1,4
4	18,3	2,5	19,3	1,9	15,4	1,7
5	19,0	2,8	20,0	2,3	16,1	2,0
6	19,8	3,0	20,9	2,2	16,5	2,3
7	19,9	2,9	20,8	2,4	16,9	1,7
8	20,2	2,8	21,3	1,9	16,8	2,1
9	20,2	2,4	21,1	1,7	17,3	1,9
10	20,5	2,5	21,5	1,8	17,5	1,6
11	20,5	2,9	21,4	2,5	17,7	2,0
12	20,5	2,8	21,4	2,3	17,4	1,7
13	20,5	2,6	21,3	2,2	17,6	1,7
14	20,6	2,5	21,4	2,3	17,9	1,3
Mittel	19,0	2,1	20,0	2,1	16,0	2,4

Tabelle A-XV: Mittlere Gesamt-Trockenmasseaufnahme (kg T/d) im Versuchsverlauf in Versuch II

Woche	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + RPF	
	kg T/d	SD	kg T/d	SD	kg T/d	SD
1	13,4	3,1	13,3	3,3	13,5	2,9
2	15,6	2,9	15,9	3,1	15,6	2,1
3	17,1	2,5	17,2	3,3	16,8	2,2
4	18,6	2,4	18,2	3,0	18,2	2,2
5	19,1	2,8	18,9	3,1	19,0	2,5
6	20,2	2,9	19,4	3,1	19,7	2,9
7	20,1	2,7	19,8	3,0	19,7	2,9
8	20,2	2,8	20,4	2,5	20,1	3,0
9	20,2	2,3	20,3	2,6	20,1	2,3
10	20,3	2,4	20,7	2,7	20,6	2,3
11	20,2	2,8	20,7	3,2	20,6	2,6
12	20,4	2,7	20,9	3,1	20,2	2,6
13	20,8	3,0	20,3	2,6	20,3	2,3
14	20,6	3,0	20,4	2,2	20,7	2,4
15	21,0	2,7	20,1	2,9	19,9	2,5
16	20,4	3,0	20,5	2,9	20,3	2,7
17	19,9	2,5	20,5	2,8	19,7	2,9
18	19,5	3,4	20,2	2,7	19,7	3,2
19	20,2	3,7	19,5	2,3	19,7	3,2
20	20,3	3,6	19,5	2,6	20,4	3,1
21	20,1	3,5	19,4	2,7	19,9	3,1
22	20,2	3,3	19,6	2,8	19,8	3,2
23	20,4	3,5	19,2	2,7	19,6	3,0
24	19,9	3,7	19,4	2,8	18,9	3,4
25	20,1	2,9	19,0	3,1	19,3	3,5
26	19,2	3,0	18,8	3,0	18,8	3,4
Mittel 1-14	19,1	2,2	19,0	2,3	19,0	2,3
Mittel 15-26	20,0	0,45	19,6	0,57	19,6	0,47

Tabelle A-XVI: Mittlere Milchleistungen (kg/d) im Versuchsverlauf im Versuch II

Woche	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + RPF	
	Milchleistung kg/d	SD	Milchleistung kg/d	SD	Milchleistung kg/d	SD
1	29,8	6,3	29,8	5,6	29,4	6,6
2	33,4	6,5	33,0	6,0	33,1	8,1
3	35,3	6,7	35,8	6,0	34,5	6,7
4	36,8	7,0	37,8	6,7	36,4	7,3
5	37,4	6,8	38,0	6,4	36,5	7,1
6	38,0	7,0	38,0	6,7	37,4	7,3
7	38,1	6,5	38,1	6,5	38,1	8,1
8	36,9	6,7	38,0	6,9	37,6	8,3
9	36,2	6,2	37,7	7,0	36,9	7,9
10	35,3	5,6	36,8	6,8	37,3	8,3
11	34,3	5,4	36,1	6,6	36,5	7,5
12	32,9	6,1	35,3	6,5	37,0	7,4
13	32,1	5,3	34,6	6,4	35,6	7,1
14	31,4	5,2	33,8	6,3	35,3	6,6
15	31,5	4,9	33,3	6,5	33,9	7,3
16	30,5	4,6	32,2	6,2	32,9	7,2
17	28,8	4,5	31,5	6,3	31,1	6,8
18	28,3	5,2	30,8	6,4	30,0	7,3
19	27,1	5,2	29,4	5,3	29,1	7,6
20	25,5	6,2	27,4	4,6	27,4	8,4
21	23,9	6,7	25,9	5,1	26,7	8,3
22	22,7	6,0	25,7	4,6	24,4	9,5
23	22,4	6,6	25,2	5,5	24,3	8,8
24	22,1	5,8	24,0	4,5	24,1	8,7
25	21,6	6,6	23,5	4,7	24,0	9,5
26	21,4	5,9	22,5	3,8	22,3	8,6
Mittel 1-14	34,8	2,6	35,9	2,4	35,8	2,3
Mittel 15-26	25,5	3,6	27,6	3,7	27,5	3,8

Tabelle A-XVII: Mittlerer Milchfettgehalt (%) und Milchfettleistung (g/d) im Versuchsverlauf in Versuch II

Woche	Behandlung 1				Behandlung 2				Behandlung 3			
	1 – Kontrolle				2 – CLA				3 – CLA + RPF			
	Fett %	SD	Fett g/d	SD	Fett %	SD	Fett g/d	SD	Fett %	SD	Fett g/d	SD
1	4,50	0,53	1346	348	4,30	0,70	1281	299	4,41	0,50	1290	303
2	4,05	0,42	1346	277	3,66	0,58	1206	276	3,71	0,39	1221	280
3	3,67	0,37	1290	246	3,04	0,50	1082	220	3,16	0,31	1087	226
4	3,69	0,38	1352	271	2,89	0,42	1093	240	2,95	0,27	1066	206
5	3,55	0,23	1328	269	2,80	0,43	1064	243	2,94	0,20	1067	210
6	3,53	0,28	1337	250	2,73	0,48	1044	272	2,81	0,24	1046	202
7	3,47	0,20	1324	250	2,72	0,30	1036	212	2,87	0,25	1087	230
8	3,57	0,38	1314	241	2,79	0,44	1072	320	2,70	0,34	1016	247
9	3,51	0,21	1275	257	2,74	0,27	1037	222	2,73	0,34	1002	221
10	3,43	0,26	1210	192	2,83	0,35	1051	283	2,81	0,26	1048	259
11	3,60	0,29	1234	220	2,85	0,34	1026	210	2,84	0,22	1033	217
12	3,62	0,23	1193	246	2,87	0,28	1004	170	2,85	0,31	1046	209
13	3,58	0,25	1151	226	2,90	0,32	1001	192	2,86	0,28	1011	187
14	3,65	0,30	1145	218	2,87	0,38	967	201	2,88	0,17	1014	192
18	3,69	0,22	1041	197	3,44	0,18	1063	239	3,37	0,30	999	193
22	3,89	0,31	881	250	3,66	0,27	944	191	3,53	0,30	851	315
26	3,91	0,44	843	290	3,72	0,40	854	181	3,68	0,35	811	283
Mittel	3,67 ^a	0,28			3,00 ^b	0,44			3,06 ^b	0,46		
1-14			1275 ^a	74			1069 ^b	83			1074 ^b	82
Mittel	3,83	0,16			3,61	0,17			3,53	0,24		
15-18			922				954	104			887	99

^{ab} unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb einer Zeile, (P < 0,05)

Tabelle A-XVIII: Mittlerer Milcheiweißgehalt (%) und Milcheiweißleistung (g/d) im Versuchsverlauf in Versuch II

Woche	Behandlung 1				Behandlung 2				Behandlung 3			
	1 – Kontrolle				2 – CLA				3 – CLA + RPF			
	Eiweiß %	SD	Eiweiß g/d	SD	Eiweiß %	SD	Eiweiß g/d	SD	Eiweiß %	SD	Eiweiß g/d	SD
1	3,65	0,28	1086	238	3,74	0,48	1111	221	3,77	0,34	1104	259
2	3,29	0,22	1085	209	3,20	0,32	1050	173	3,26	0,27	1073	244
3	3,15	0,17	1108	214	3,04	0,21	1085	174	3,00	0,27	1025	182
4	3,15	0,25	1178	270	3,05	0,20	1144	170	2,95	0,24	1065	194
5	3,06	0,14	1141	211	3,02	0,18	1143	181	2,88	0,23	1046	201
6	3,04	0,12	1150	208	3,02	0,16	1145	175	2,90	0,24	1080	216
7	3,06	0,17	1164	195	3,02	0,12	1146	172	2,86	0,20	1083	220
8	3,02	0,18	1115	201	3,02	0,15	1144	190	2,86	0,24	1073	244
9	3,08	0,16	1113	175	2,98	0,19	1125	211	2,85	0,21	1049	228
10	3,07	0,15	1082	165	3,01	0,19	1103	191	2,88	0,21	1068	220
11	3,14	0,14	1071	163	3,05	0,21	1094	181	2,85	0,21	1036	211
12	3,15	0,13	1029	180	3,04	0,17	1067	180	2,96	0,19	1089	206
13	3,20	0,11	1021	153	3,08	0,18	1060	170	2,94	0,20	1046	222
14	3,18	0,11	992	151	3,09	0,18	1037	157	2,93	0,16	1034	199
18	3,30	0,15	926	162	3,21	0,26	979	179	3,30	0,28	983	247
22	3,42	0,24	777	209	3,38	0,23	866	147	3,48	0,27	840	302
26	3,40	0,23	729	219	3,41	0,23	778	120	3,44	0,29	761	275
Mittel 1-14	3,16 ^a	0,16	1095 ^a	55	3,10 ^{ab}	0,19	1104 ^a	39	2,99 ^b	0,25	1062 ^b	23
Mittel 15-18	3,37	0,09	1045	128	3,33	0,16	1063	103	3,40	0,20	1027	91

^{ab} unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb einer Zeile, (P < 0,05)

Tabelle A-IXX: Vorläufige Fettsäurezusammensetzung (in % der Gesamtfettsäuren) des Milchfettes im Versuch II

	Behandlung 1	Behandlung 2	Behandlung 3
	1 – Kontrolle	2 – CLA ~4 g CLA/d	3 – CLA + RPF ~4 g CLA/d
FS in % d. Gesamt-FS			
C 4:0	5,21	5,57	5,78
C 6:0	2,89	2,88	2,80
C 8:0	1,69	1,58	1,46
C 10:0	3,55	3,00	2,85
C 12:0	3,75	2,94	2,92
C 14:0	10,79	9,66	9,22
C 14:1	0,95	0,92	0,77
C 15:1	1,04	0,97	0,80
C 16:1	28,03	26,87	28,42
C 16:1 trans-9	0,07	0,08	0,09
C 16:1 cis-9	1,75	1,65	1,64
C 17:0	0,63	0,62	0,52
C 18:0	9,06	10,08	10,31
C 18:1 trans-6	0,21	0,23	0,53
C18:1 trans-9	0,21	0,23	0,56
C 18:1 trans-11	1,21	1,60	1,77
C 18:1 cis-9	20,44	22,34	21,40
C 18:1 cis-11	1,52	1,42	1,44
C 18:2 cis-9	1,99	2,12	1,87
C 20:0	0,12	0,12	0,13
C 18:2 cis-9, trans-11 CLA	0,49	0,60	0,61
C 18:2 trans-10, cis-12 CLA	0,01	0,042	0,040
andere	4,41	4,49	4,08
< C16	29,85	27,52	26,58
C16	29,85	28,60	30,15
> C16	35,89	39,40	39,18

Tabelle A-XX: Mittlere Energie- (MJ NEL/d), nXP- (g/d) und ruminale Stickstoffbilanzen (g/d) im Versuchsverlauf in Versuch II

Woche	Behandlung 1			Behandlung 2			Behandlung 3		
	1 – Kontrolle			2 – CLA			3 – CLA + RPF		
	NEL MJ/d	nXP g/d	RNB g/d	NEL MJ/d	nXP g/d	RNB g/d	NEL MJ/d	nXP g/d	RNB g/d
1	-50,2	-805	1	-46,5	-817	-4	-40,7	-720	-1
SD	17,6	364	9	18,8	349	6	20,0	477	5
2	-36,1	-689	0	-26,9	-653	-5	-29,5	-789	0
SD	20,4	458	6	16,0	325	8	19,6	544	5
3	-24,9	-595	-1	-15,6	-655	-5	-13,3	-658	-3
SD	17,5	513	11	17,9	362	13	16,9	456	12
4	-21,0	-518	-3	-11,3	-646	-3	-4,1	-604	-8
SD	16,1	448	14	18,2	456	15	14,3	459	12
5	-14,2	-438	-4	-4,4	-531	-2	3,3	-480	-5
SD	21,4	544	16	16,6	411	15	14,6	465	12
6	-7,0	-287	-7	-1,6	-505	1	8,4	-441	-3
SD	21,3	546	17	17,5	434	14	16,3	527	14
7	-7,1	-311	-5	2,7	-398	1	5,9	-501	-3
SD	19,7	526	15	15,0	440	12	13,7	457	14
8	-3,9	-201	0	5,5	-291	2	11,8	-413	6
SD	15,6	428	10	19,3	488	13	15,2	452	11
9	-1,8	-149	2	8,3	-300	2	13,6	-366	3
SD	13,6	374	16	17,1	536	16	10,9	419	16
10	2,9	-65	1	10,4	-168	-2	14,1	-334	3
SD	13,8	386	19	15,7	419	19	15,2	494	15
11	2,2	-14	-2	12,3	-113	-4	14,5	-327	2
SD	14,7	364	19	17,8	510	18	13,2	354	15
12	7,1	119	-2	15,4	-24	-4	10,8	-365	-1
SD	11,3	289	17	16,7	466	18	10,4	322	15
13	11,8	237	-2	12,0	-62	-7	15,2	-225	0
SD	13,9	331	15	15,7	436	14	11,9	367	9
14	12,0	263	7	14,8	16	-6	18,5	-139	1
SD	14,3	341	10	13,4	407	12	10,6	296	12
Mittel	-9,3 ^a	-247		-1,8 ^b	-368		2,0 ^b	-454	
			-2			-3			-1
SD	18,3	336	3	18,0	272	3	18,0	186	4

^{ab} unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb einer Zeile, (P < 0,05)

Tabelle A-XXI: Mittlere Blutplasmakonzentration an Glucose (mmol/l) im Versuchsverlauf in Versuch II

Woche	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + RPF	
	Glucose mmol/l	SD	Glucose mmol/l	SD	Glucose mmol/l	SD
-2	3,52	0,29	3,66	0,30	3,65	0,33
-1	3,65	0,59	3,62	0,34	3,74	0,82
1	3,14	0,48	3,36	0,44	3,14	0,35
2	3,10	0,47	3,18	0,41	3,13	0,33
3	3,37	0,53	3,21	0,45	3,15	0,44
4	3,45	0,54	3,45	0,41	3,35	0,41
5	3,51	0,39	3,53	0,41	3,29	0,48
6	3,53	0,36	3,57	0,47	3,29	0,53
7	3,54	0,37	3,55	0,26	3,39	0,26
8	3,52	0,35	3,59	0,30	3,44	0,38
10	3,66	0,38	3,66	0,28	3,51	0,40
12	3,75	0,32	3,72	0,30	3,57	0,54
14	3,82	0,41	3,83	0,31	3,71	0,33
Mittel	3,50	0,21	3,53	0,19	3,41	0,21

Tabelle A-XXII: Mittlere Blutplasmakonzentration an Freien Fettsäuren (NEFA, µmol/l) im Versuchsverlauf in Versuch II

Woche	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + RPF	
	NEFA µmol/l	SD	NEFA µmol/l	SD	NEFA µmol/l	SD
-2	192	75	264	133	334	134
-1	347	171	340	120	337	119
1	744	317	799	309	749	406
2	824	370	825	384	858	317
3	740	405	762	409	805	428
4	576	344	631	235	715	389
5	505	216	502	299	634	255
6	397	164	531	232	575	321
7	378	165	400	151	522	226
8	349	179	349	210	459	178
10	384	213	344	157	425	152
12	329	131	350	165	461	205
14	248	165	279	91	400	132
Mittel	463	201	491	202	560	178

Tabelle A-XXIII: Mittlere Blutplasmakonzentrationen an Beta-Hydroxybutyrat (BHB, mmol/l) im Versuchsverlauf in Versuch II

Woche	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + RPF	
	BHB mmol/l	SD	BHB mmol/l	SD	BHB mmol/l	SD
-2	0,440	0,081	0,441	0,066	0,457	0,070
-1	0,462	0,075	0,474	0,090	0,477	0,071
1	0,599	0,185	0,564	0,174	0,564	0,141
2	0,617	0,411	0,574	0,205	0,564	0,182
3	0,562	0,299	0,584	0,208	0,666	0,351
4	0,499	0,143	0,595	0,248	0,620	0,308
5	0,530	0,198	0,601	0,226	0,649	0,374
6	0,440	0,108	0,579	0,249	0,598	0,383
7	0,440	0,119	0,508	0,168	0,572	0,263
8	0,505	0,141	0,465	0,095	0,533	0,238
10	0,449	0,101	0,479	0,082	0,509	0,105
12	0,418	0,076	0,465	0,077	0,471	0,096
14	0,454	0,113	0,446	0,105	0,421	0,080
Mittel	0,493	0,065	0,476	0,111	0,546	0,076

Tabelle A-XXIV: Mittlere Leberenzymgehalte (AST, GLDH, γ -GT, in U/l) im Versuchsverlauf in Versuch II

Woche	Behandlung 1			Behandlung 2			Behandlung 3		
	1 – Kontrolle			2 – CLA			3 – CLA + RPF		
	AST U/l	GLDH U/l	γ -GT U/l	AST U/l	GLDH U/l	γ -GT U/l	AST U/l	GLDH U/l	γ -GT U/l
-2	61,3	7,3	19,0	65,5	8,9	17,5	63,4	7,2	19,7
SD	11	3,2	5,9	8,5	4,8	4,5	7,9	2,7	3,1
-1	67,4	8,5	17,6	71,0	7,8	19,1	66,4	8,1	20,1
SD	13	6,6	6,2	14,1	2,8	5,0	9,7	4,0	3,6
1	96,1	11,9	17,4	105,9	15,3	18,7	113,3	10,1	20,8
SD	22	12,9	5,6	24,2	16,5	9,6	43,5	4,9	3,5
2	108,8	14,1	21,1	100,0	15,5	19,4	97,9	12,3	21,1
SD	44	9,7	5,3	25,0	12,1	4,7	13,7	7,6	3,5
3	94,5	19,3	23,2	92,5	22,9	19,9	95,1	17,8	21,6
SD	25	12,8	7,2	19,5	21,5	4,4	14,5	11,9	3,8
4	78,6	19,8	23,2	88,6	22,7	21,2	87,4	33,6	22,8
SD	14	13,5	7,5	17,0	25,5	7,5	20,7	46,1	10,3
6	69,8	25,2	23,4	84,2	20,7	22,8	85,4	22,0	22,9
SD	13	23,7	8,2	20,3	12,5	7,3	21,7	12,9	6,2
8	80,7	20,1	23,8	85,9	24,0	24,7	84,9	24,5	25,5
SD	30	16,0	6,7	20,6	28,4	5,5	31,3	14,2	4,7
10	79,4	19,4	26,6	93,6	22,5	24,9	99,1	30,6	30,0
SD	21	15,6	6,3	27,8	15,4	5,9	31,9	20,5	20,0
14	94,3	37,7	29,8	107,9	28,9	29,1	108,3	42,6	35,4
SD	43	45,7	7,9	32,9	20,5	8,0	42,3	36,7	12,8
Mittel	84,5	18,3	22,5	89,5	18,9	21,7	90,1	20,9	24,0
SD	14,2	8,9	3,9	13,8	6,8	3,6	16,2	12,8	5,1

Tabelle A-XXV: Mittlere Lebendgewichte (kg) im Versuchsverlauf in Versuch II

Woche	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + RPF	
	Gewicht kg	SD	Gewicht kg	SD	Gewicht kg	SD
1	677	46	657	54	664	65
2	672	46	646	56	655	64
3	668	46	638	56	646	61
4	664	44	633	58	641	60
5	660	44	629	57	638	63
6	655	43	629	62	635	67
7	653	40	626	60	634	67
8	650	40	627	60	634	68
9	645	43	624	55	633	68
10	645	43	625	62	633	65
11	645	42	626	65	635	58
12	644	43	626	64	637	58
13	646	44	625	66	636	57
14	647	43	626	69	635	59
Mittel	655	11	631	10	636	9

Tabelle A-XXVI: Mittlere Körperkonditionsnoten (BCS) im Versuchsverlauf in Versuch II

Woche	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + RPF	
	BCS	SD	BCS	SD	BCS	SD
-2	3,98	0,23	3,89	0,21	3,98	0,25
-1	3,94	0,24	3,79	0,27	3,86	0,29
1	3,62	0,31	3,49	0,27	3,58	0,34
2	3,29	0,30	3,24	0,28	3,32	0,34
4	3,07	0,23	2,94	0,31	2,97	0,44
6	2,91	0,20	2,76	0,40	2,82	0,43
8	2,85	0,31	2,74	0,34	2,67	0,44
10	2,85	0,29	2,78	0,32	2,82	0,44
12	2,85	0,35	2,86	0,35	2,85	0,50
14	3,06	0,23	2,93	0,41	2,99	0,48
Mittel	3,24	0,45	3,14	0,44	3,19	0,47

Tabelle A-XXVII: Mittlere Rückenmuskel- (RMD, mm) und Rückenfettdicken (RFD, mm) im Versuchsverlauf in Versuch II

Woche	Behandlung 1		Behandlung 2		Behandlung 3	
	1 – Kontrolle		2 – CLA		3 – CLA + RPF	
	RMD mm	RFD mm	RMD mm	RFD mm	RMD mm	RFD mm
-2	42,6	14,6	41,3	12,1	39,3	13,0
SD	5,5	5,6	5,1	4,0	4,6	5,7
-1	41,6	14,2	39,4	11,9	38,2	12,6
SD	4,1	5,5	5,6	4,4	5,3	5,5
1	39,3	13,1	39,1	11,1	36,7	11,9
SD	4,7	5,1	5,4	4,1	4,2	4,8
2	37,9	12,0	37,8	10,7	36,1	11,3
SD	4,7	4,6	6,7	4,1	4,0	4,7
4	35,4	10,4	37,2	9,4	34,3	9,9
SD	3,2	4,2	5,8	3,5	4,6	4,9
6	34,2	9,2	36,3	8,5	33,4	9,2
SD	3,4	3,9	5,4	3,2	4,2	5,1
10	33,5	8,0	35,4	7,7	33,5	7,9
SD	3,9	4,0	5,4	2,5	4,0	5,1
14	32,5	7,4	35,1	6,9	33,5	7,5
SD	3,9	3,4	5,0	3,6	5,9	5,2
Mittel	37,1	11,1	37,7	9,79	35,6	10,4
SD	3,80	2,77	2,13	1,95	2,32	2,1

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name	Torben Liermann
Geburtsdatum	25.06.1975
Geburtsort	Husum
Familienstand	ledig

Schulbildung

8/1981 – 6/1985	Grundschule Witzwort.
8/1985 – 6/1994	Hermann Tast Gymnasium Husum mit Abschluss Abitur.

Wehrdienst

7/1994 – 6/1995	Grundwehrdienst Transportbataillon in Seeth.
-----------------	--

Berufliche Ausbildung

7/1995 – 7/1998	Landwirtschaftliche Lehre mit Abschluss zum Landwirt,
-----------------	---

Hochschulabschluss und beruflicher Werdegang

10/1998 – 3/2003	Studium der Agrarwissenschaften Fachrichtung Nutztierwissenschaften an der Christian Albrechts Universität Kiel mit Abschluss Bachelor of Science.
4/2003 – 9/2004	Masterstudiengang Fachrichtung Nutztierwissenschaften an der Christian Albrechts Universität Kiel mit Abschluss Master of Science.
12/2004 – 12/2007	Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt, Lehrstuhl für Tierernährung der Technischen Universität München.

