

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen
Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

Arbeit angefertigt unter der Leitung von Univ. Prof. Dr. Dr. Manfred
Stangassinger

Angefertigt am Lehrstuhl für Physiologie der Technischen Universität München in
Freising-Weihenstephan

(Prof. Dr. Michael Pfaffl, kommissarischer Leiter)

Auswirkungen des Durchmelkens in der Trockenstehphase auf
Produktivität, Stoffwechsel und Gesundheit
von Milchkühen der Rasse Deutsches Fleckvieh

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

von Margarita Köpf
aus Altötting/ Bayern

München 2013

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Joachim Braun

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Manfred Stangassinger

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. Rolf Mansfeld

Tag der Promotion: 20. Juli 2013

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VIII
Tabellenverzeichnis	IX
Abkürzungen	X
1 Einleitung und Ziel der Studie.....	1
2 Literatur.....	3
2.1 Die Transitphase	3
2.2 Der Stoffwechsel der Transitzuh	3
2.2.1 Glukose	3
2.2.2 NEFA und BHBA	4
2.2.3 IGF-1	5
2.2.4 Kalzium	6
2.2.5 Fruchtbarkeit	6
2.3 Milchhaltsstoffe.....	7
2.3.1 Protein.....	8
2.3.2 Fett.....	10
2.4 Eutergesundheit und Zellzahl.....	10
2.5 Durchmelken in der Literatur	10
3 Material und Methoden	12
3.1 Versuchsaufbau	12
3.2 Die Versuchsbetriebe A - F	12
3.3 Untersuchungsmaterial und Probengewinnung.....	15
3.3.1 Blutproben.....	15
3.3.2 IGF-1 Messung.....	16
3.3.3 Milchproben.....	17
3.3.4 Rückenfettdicke.....	17
3.3.5 Fruchtbarkeit	17

3.3.6	Gesundheit.....	18
3.3.7	Neugeborene Kälber	18
4	Statistische Analysen	19
4.1	Log- Lineares Poisson-Model zur Analyse der Fruchtbarkeitsdaten	19
4.2	Analyse des Krankheitsvorkommens mit dem Exakten Test nach Fisher	20
4.3	Geburtsgewicht der Kälber.....	20
4.4	Analysen mit gemischtem Model.....	21
4.5	Analyse der Blutwerte	22
4.6	Analyse der Rückenfettdicke	23
4.7	Analyse der Milchinhaltsstoffe	24
5	Ergebnisse.....	25
5.1	Kuhverluste während der Studie	25
5.2	Durchmelken in der Praxis	26
5.3	Milchleistung	26
5.3.1	305-Tage Leistung	26
5.3.2	zusätzliche Milchmenge in der späten Trächtigkeit	26
5.4	Milchprotein.....	28
5.4.1	305-Tage Proteinmenge.....	29
5.4.2	zusätzliche Proteinmenge in der späten Trächtigkeit	29
5.5	Milchfett.....	30
5.6	Eutergesundheit.....	31
5.7	Stoffwechselsituation und Gesundheit	32
5.7.1	Blutglukosespiegel	32
5.7.2	Blutserumspiegel BHBA	33
5.7.3	Blutserumspiegel NEFA	36
5.7.4	Kalziumspiegel im Blutserum	37
5.7.5	IGF-1	39
5.7.6	Rückenfettdicke.....	41
5.8	Erkrankungen in den einzelnen Gruppen	43

5.9	Fruchtbarkeit	44
5.10	Geburtsgewicht der Kälber	48
6	Diskussion	49
6.1	Bewährung des Durchmelkens in der Praxis.....	49
6.2	Kuhkomfort	50
6.3	Interpretation der Blutwerte und der Veränderung der Rückenfettdicke im Hinblick auf die Stoffwechselsituation der drei Versuchsgruppen.....	51
6.4	Vergleich der Milchleistung und der Proteinmenge	54
6.5	Auswirkungen des Melkregimes auf die Fruchtbarkeit	55
6.6	Finanzielle Auswirkungen der Erkrankungen in den verschiedenen Versuchsgruppen	56
6.6.1	Puerperalstörungen.....	57
6.6.2	Hypokalzämische Gebärparese	58
6.6.3	Klinisch manifeste Ketose	58
6.6.4	Subklinische Ketose	59
6.6.5	Arthritits	59
6.6.6	Lahmheiten durch Klauenerkrankungen.....	60
6.6.7	Mastitis	61
6.6.8	Antibiotische Behandlung mit Trockenstellern.....	62
6.6.9	Gesamtkosten aller Erkrankungen	62
6.7	Wirtschaftliche Vorteile des Durchmelkens gegenüber einem Management mit Trockenstehphase	62
7	Schlussfolgerung und Ausblick.....	65
8	Zusammenfassung.....	67
9	Summary	69
10	Literaturverzeichnis	71
11	Danksagung.....	78

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verlauf der Rückenfettdicke in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Milchproteingehalt während der Gesamtlaktation (Schröder 2000),.....	9
Abbildung 2: ECM-Menge der drei Versuchsgruppen	28
Abbildung 3: Proteingehalt der Milch.....	30
Abbildung 4: Fettgehalt der Milch	31
Abbildung 5: Blutglukosekonzentrationen in den drei Versuchsgruppen.....	33
Abbildung 6: Verlauf der BHBA-Serumkonzentrationen	35
Abbildung 7: Verlauf der NEFA-Serumkonzentrationen	37
Abbildung 8: Verlauf des Gesamtkalziumspiegels in den drei Versuchsgruppen	38
Abbildung 9: Verlauf der IGF-1 Blutplasmakonzentration.....	40
Abbildung 10: Veränderung der Rückenfettdicke	42
Abbildung 11: Tage bis zum ersten Östrus	45
Abbildung 12: Gützeit in den drei Versuchsgruppen.....	47
Abbildung 13: Geburtsgewicht der Kälber	48

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verteilung der Versuchskühe auf die Betriebe A-F	13
Tabelle 2: Übersicht über die Versuchsbetriebe A-F	14
Tabelle 3: Fisher Test für Puerperalstörung	20
Tabelle 4: Abgangsursachen in den drei Versuchsgruppen	25
Tabelle 5: Milchleistung (ECM) der drei Versuchsgruppen.....	27
Tabelle 6: Vorkommen der Erkrankungen in den einzelnen Gruppen	44

Abkürzungen

ADP	Adenosindiphosphat
AMS	automatisches Melksystem
a.p.	ante partum
ATP	Adenosintri-phosphat
BHBA	β -Hydroxybutyrat
bzw.	beziehungsweise
C	Kontrollgruppe
CM	durchgemolkene Gruppe
d	Tage
D	spontan trockengestellte Gruppe
DF	Deutsches Fleckvieh
d.h.	das heißt
DMI	Trockenmasse Aufnahme
DP	Trockenperiode
ECM	energiekorrigierte Milchmenge
EDTA	Ethylendiaminotetraazetat
ELISA	enzymgekoppelter Immunadsorptionstest
GOT	Gebührenordnung für Tierärzte
HF	Holstein-Friesian
i.m.	intramuskulär
i.v.	intravenös
IGF-1	insulinähnlicher Wachstumsfaktor-1
kg	Kilogramm
min	Minuten
mind.	mindestens
mm	Millimeter
n	Anzahl
NEFA	freie Fettsäuren
o-CPC	o-Cresolphtalein-Komplexon
p.p.	post partum

RFD	Rückenfettdicke
R.S.	Retentio secundinarium
SCC	somatische Zellzahl
SEM	Standardfehler
VLDL	Lipoprotein sehr geringer Dichte
Wo	Woche
WZ	Wartezeit
z.B.	zum Beispiel

1 Einleitung und Ziel der Studie

Ein hoher Proteingehalt der Milch, gute Gesundheit und hohe Lebensleistung der Kühe spielen wirtschaftlich eine zunehmend größere Rolle. Das Bestreben, den optimalen Mittelweg zwischen Lebensleistung und Nutzungsdauer zu finden, treibt die Züchtung voran und macht Laktationsleistungen von über 10.000 Litern zu keiner Seltenheit mehr (Breves 2007). Diese lassen sich aber nur bei optimalem Management und tiergerechter Haltung erreichen und gehen nicht selten auf Kosten der Gesundheit der Kuh (Fleischer et al. 2001). Die Entwicklungen auf dem Milchmarkt machen allerdings nicht mehr allein die produzierte Menge an Milch interessant, sondern vielmehr deren nutritiven Wert, der umso höher ist, je ausgeglichener der Stoffwechsel der Kuh (Beever et al. 1991; Contreras 1998). Ein hoher Proteingehalt der Milch kommt der Stoffwechselphysiologie der Kuh entgegen, wird in der Anlieferungsmilch mit Zuschlägen belohnt und besitzt eine besonders hohe biologische Wertigkeit und Nährstoffdichte (Lee und Lorenz 1978; Haug et al. 2007). Auf der Suche nach Wegen, den Proteingehalt der Milch zu steigern und dabei den Stoffwechsel der Milchkuh zu schonen, gilt u.a. Untersuchungen eines Managements ohne Trockenstehphase große Aufmerksamkeit (Remond et al. 1992; Remond und Bonnefoy 1997; Remond et al. 1997a; Remond et al. 1997b; Andersen et al. 2005; Fitzgerald et al. 2007; Madsen et al. 2008).

Ziel der Studie war es, die Grenzen und Möglichkeiten eines Melkregimes ohne Trockenstehphase in einem Feldversuch zu evaluieren. Die Vor- und Nachteile des Durchmelkens im Hinblick auf Stoffwechsel, Milchleistung und -zusammensetzung, Gesundheit und Fruchtbarkeit der Kühe und dem Gewicht der neugeborenen Kälber wurden an 98 Deutschen Fleckviehmilchkühen in sechs bayrischen Betrieben mit automatischem Melksystem (AMS) untersucht. Eine Eignung dieser Rasse für das Durchmelken lässt sich aus bisherigen Untersuchungen nur unzureichend ableiten.

Zur Beurteilung der Stoffwechselsituation wurden die Blutparameter β -Hydroxybutyrat (BHBA), freie Fettsäuren (NEFA), Kalzium, Glukose und der insulinähnliche Wachstumsfaktor-1 (IGF-1) untersucht. Um eine stattfindende Körperfettmobilisation zu erkennen, wurde regelmäßig die Messung der Rückenfettdicke durchgeführt. Durch das AMS konnte die tägliche Milchleistung erfasst werden. Um die Milchinhaltsstoffe Fett und Protein und die somatische Zellzahl (SCC) zu messen,

wurden wöchentlich Milchproben gewonnen und untersucht. Außerdem erfolgte eine Dokumentation der Fruchtbarkeit und aller auftretenden Erkrankungen der Kühe, sowie ein Vergleich der neugeborenen Kälber hinsichtlich ihres Geburtsgewichtes.

2 Literatur

2.1 Die Transitphase

Eine der größten Herausforderungen an den Halter der Hochleistungskuh stellt der Übergang vom Trockenstehen über die Kalbung zur Hochlaktation dar. Diese sog. Transitphase, definiert als Zeitraum drei Wochen vor bis drei Wochen nach der Kalbung, ist gekennzeichnet durch starke endokrine Veränderungen und Höchstleistungen des Stoffwechsels (Grummer 1995). Hinzu kommt erschwerend die Abnahme der Trockenmasse Aufnahme (DMI) fünf bis sieben Tage vor der Kalbung um bis zu 30 %, die erst binnen drei Wochen nach der Kalbung wieder kontinuierlich ansteigt (Bertics et al. 1992). Fütterungsumstellungen, der Stress der Hochträchtigkeit, der Kalbung und der einsetzenden Laktation führen zu einer besonderen Sensibilität der Kuh für Krankheiten, verstärkt durch eine unzureichende Immunantwort des Körpers (Mallard et al. 1998). Obwohl diese Zusammenhänge noch ungenügend untersucht sind, gibt es Hinweise, dass das Immunsystem von Versuchstieren in Energiemangelsituationen auf Noxen u.a. mit verminderter T-Zell Antwort reagiert (Fox et al. 2005). Untersuchungen haben auch eine positive Korrelation von Milchleistung und bestimmten Krankheiten wie Mastitis, Metritis, Retentio secundinarium, Klauenerkrankungen, Hypokalzämie und Ovarialzysten ergeben (Fleischer et al. 2001). Zusätzlich zu den Verlusten durch geringere Milchleistung fallen Behandlungskosten an. Fehler in dieser Phase spiegeln sich in der folgenden Laktationsperiode wider (Wallace et al. 1996; Rajala-Schultz et al. 1999). Um diesem gezielt entgegen zu wirken, setzten sich in der Praxis immer mehr prophylaktische Behandlungen der früh-laktierenden Kuh durch. Gezielte Gaben von Propylenglykol, Glycerin, sowie Kalzium in Form von Boli und Infusionslösungen, sollen der Transitkuh über diese schwierige Phase hinweghelfen.

2.2 Der Stoffwechsel der Transitkuh

2.2.1 Glukose

Im Stoffwechsel von Säugetieren nimmt Glukose eine zentrale Stellung ein. Der Glukosehomöostase mit ihren Schlüsselhormonen Insulin, Glukagon und den Katecholaminen kommen daher besondere Aufgaben im Intermediärstoffwechsel zu. Die

Leber ist sowohl in Zeiten guter Nährstoffversorgung als auch in Hungerphasen der Mittelpunkt der Blutzuckerspiegelregulation. Eine besonders komplexe Rolle in der Stoffwechselregulation nimmt dabei das somatotrope Hormon (STH) ein: Es antagonisiert die Wirkung des Insulins auf den Kohlenhydrat-, nicht aber auf den Protein- stoffwechsel, unterstützt die Mobilisierung von Fettgewebe und interagiert mit anderen Hormonen (z.B. Insulin, Glukokortikoide) und Botenstoffen (z.B. IGF-1), wobei seine Wirkung immer auf einen Langzeiteffekt hinzielt (Stangassinger 2005). Besonders bei der Milchkuh ist ein ausgeglichener Blutzuckerspiegel von großem Interesse, da die Milchbildung obligat auf Glukose angewiesen ist. Die Insulinresistenz der peripheren Gewebe in der Früh-laktation scheint vor allem deshalb sinnvoll, da so die Versorgung des Eutergewebes mit Glukose über insulinunabhängige Transporter und damit die Versorgung des Kalbes in Energiemangelsituationen gesichert wird (Chagas et al. 2007). Zu Beginn der Laktation, bei einer angenommenen Milchleistung von 30 kg, steigt der Bedarf an Glukose um das 2,7-fache, der für Fettsäuren um das 4-fache und für Aminosäuren um das 2-fache, verglichen mit der späten Gravidität (Bell 1995). Bei Milchmengen deutlich über 30 kg, wie sie in der Regel erreicht werden, ist der Bedarf dementsprechend größer. Je höher also die Anforderungen an die Kuh, umso störungsanfälliger wird dieses empfindliche Gleichgewicht. Gerade bei hochleistenden Kühen kommt es demnach häufig zu einer mangelhaften Verfügbarkeit von Glukose und damit zu niedrigen Blutglukosespiegeln (Staufenbiel et al. 1993; Guinard-Flament et al. 2006).

2.2.2 NEFA und BHBA

Die Situation der Hochleistungskuh ist vergleichbar mit der eines Leistungssportlers, dem nach mehreren Wochen Ruhephase Höchstleistungen abverlangt werden. In der Transitphase finden derart massive Umbauprozesse im Körper statt, dass alle stoffwechselphysiologischen Adaptionsmechanismen ausgelastet werden. Um über die Phase der negativen Energiebilanz (NEB), in der mehr Energie für die Milchproduktion benötigt wird, als exogen zugeführt werden kann, hinwegzukommen, mobilisiert eine durchschnittliche Milchkuh mehr als 50 kg Körperfett und 20 kg Körperprotein (Komaragiri und Erdman 1997). Dass dies eine hochsensible Phase für die Gesundheit der Kuh ist, liegt auf der Hand. Eine Schlüsselfunktion des Stoffwechsels der Hochleistungskuh kommt in der Transitphase der Leber zu: Abgebautes Körperfett wird in Form von NEFA auf dem Blutweg zur Leber transportiert und dort im Idealfall zu Lipoproteinen (VLDL) synthetisiert und sezerniert, um dem Körper dringend

benötigte Energie zu liefern (Contreras 1998). Sie sind ein zuverlässiger Indikator für den Grad der Körperfetteinschmelzung und damit für die aktuelle Stoffwechsellage der Kuh (Bowden 1971). Wird allerdings zu viel Körpersubstanz abgebaut und der Lebermetabolismus überbeansprucht, kommt es zur Einlagerung der Triglyceride und damit zum Krankheitsbild der sog. Fettleber (Herdt 1988). Dazu neigen auch vor allem überkonditionierte Kühe, die in der Transitphase besonders unter Fressunlust und Körperfettabbau leiden (Rukkwamsuk et al. 1999). Ein physiologischer Mechanismus in Mangelsituationen Energie bzw. Glukose zu sparen ist die hepatische Ketogenese (Herdt 2000). Vermehrte Ketonkörperbildung tritt vor allem dann auf, wenn C2-Bruchstücke aus übermäßigem Körperfettabbau bei gleichzeitigem Mangel an Oxalacetat (in Energiemangelsituationen) nicht zu Zitrat und damit zu Adenosintri-phosphat kondensiert werden können, sondern zu Aceton, Acetoacetat und β -Hydroxybutyrat verstoffwechselt werden (Dobbelaar et al. 1996). Ein Teil des aus Acetoacetat entstandenen BHBA wird bei der Synthese von Milchfett abgebaut und ist für den Untersucher nicht mehr messbar (Reist et al. 2000). Da die Synthese von Laktose für die Milchproduktion zwingend von Glukose abhängt, wird Oxalacetat als Vorstufe von Glukose primär der Glukoneogenese zugeführt. Es kommt zu einer Konkurrenzsituation, die sich umso mehr verschärft, je höher die Milchleistung ist (Bauer et al. 1991). Die Grenzwerte für das Vorliegen einer Hyperketonämie bzw. einer subklinischen Ketose liegen je nach Messungszeitpunkt zwischen 1,0 mmol/l (Walsh et al. 2007) und 1,4 mmol/l (Duffield et al. 2009). Erhöhte Serumkonzentrationen an BHBA und NEFA führen zusammen mit einem erniedrigten Kalziumgehalt zu Einbußen der Milchmenge in der Frühlaktation (Chapinal et al. 2012). Ebenso belegen Untersuchungen an Holstein Herden den Zusammenhang von erhöhten NEFA Gehalten im Blut um den Zeitraum der Kalbung mit Puerperalstörungen -wie Retentio secundarium und Metritis (Chapinal et al. 2011).

2.2.3 IGF-1

Salmon und Daughaday entdeckten 1957 einen Botenstoff, der mit Hilfe von Somatotropin in Leber und Muskel gebildet und über den Blutweg zu seinen Zielorganen transportiert wird. Seither wurde die Funktion von IGF-1 intensiv untersucht. Rinderknecht und Humbel gelang 1978 erstmals die Sequenzierung dieses Peptides. Es gilt als Indikator für die Energieversorgung der Kuh. Niedrige IGF-1 Werte korrelieren mit einer negativen Energiebilanz (Richards et al. 1995; Roberts et al. 1997). Außerdem ergibt sich für Kühe mit niedrigen IGF-1 Werten vor der Kalbung ein größeres Risiko,

post partal eine Erkrankung zu entwickeln, als für Tiere mit höheren IGF-1 Blutspiegeln. Als Anhaltspunkt gelten beispielsweise bei Sander (2010) zwei Wochen vor der Kalbung Konzentrationen in Höhe von 106 ± 11 ng/ml für dauerhaft gesunde Kühe und $67,6 \pm 6,5$ ng/ml für Kühe, die nach der Kalbung erkrankten.

Ein guter Indikator für die Fähigkeit einer Kuh, ein normales Zyklusgeschehen wieder aufzunehmen, stellt zirkulierendes IGF-1 dar (Roberts et al. 1997). Kühe mit ovulatorischen Follikeln weisen höhere IGF-1 Gehalte im Blut auf, als Tiere ohne ovarielle Aktivität (Beam und Butler 1998). Es wirkt fördernd im Zusammenhang mit dem Luteinisierenden Hormon (LH), da es sowohl die Ausbildung von LH-Rezeptoren unterstützt, als auch die LH-induzierte Steroidhormonsynthese. Ebenso wird die Bildung von Hormonen, z.B. dem Follikel stimulierenden Hormon (FSH) und Inhibin gefördert (Adashi 1992; Giudice 1992). In vitro wurde eine stimulierende Wirkung von Insulin und IGF-1 auf die Proliferation von bovinen Theka- und Granulosazellkulturen nachgewiesen (Spicer et al. 1993).

2.2.4 Kalzium

Im Zeitraum um die Geburt steigt mit einsetzender Milchleistung der Bedarf an Kalzium massiv an. Während reife Milch etwa 1,25 g/l Kalzium enthält, sind es im Kolostrum 1,8–2,5 g/l. Vor der Kalbung sind zum Aufbau des fetalen Skeletts täglich zusätzlich 4-5 g Kalzium nötig. Schnell verfügbares Kalzium ist aber auf etwa 0,3 % des im Organismus der Kuh vorhandenen Kalziums begrenzt, was je nach Körpergewicht ungefähr 15-20 g entspricht. Nach der Kalbung steigt der Bedarf mit zunehmender Leistung schneller an, als die Adaptionsmechanismen reagieren. Dies bereitet besonders älteren Kühen Probleme. Der Grund hierfür liegt v.a. daran, dass mit zunehmendem Alter die Anzahl der Vitamin-D3-Rezeptoren in den Kalzium resorbierenden Geweben abnimmt. Es kommt zum Krankheitsbild der hypokalzämischen Gebärpause (Stöber 2006b). Durchschnittlich erhöht sich das Risiko an Milchfieber zu erkranken, pro Laktation um fast 9 % (Rossow et al. 1990). Tiere, die an Hypokalzämie leiden, sind zudem in ihrer Immunabwehr geschwächt, da es zu einer vermehrten Ausschüttung von Glukokortikoiden kommt (Goff und Horst 1997).

2.2.5 Fruchtbarkeit

Das Zyklusgeschehen der Hochleistungskuh wird multifaktoriell beeinflusst und spiegelt das komplexe Zusammenwirken von endokrinen und metabolischen Einflüssen

wider. Einen wichtigen Einflussfaktor stellt die Diskrepanz zwischen der benötigten Energie für die Milchproduktion und der tatsächlich aufgenommenen dar. Dadurch gerät die Kuh in den ersten Wochen der Laktation unweigerlich in einen Zustand negativer Energiebilanz. Dieser beginnt in der Regel einige Tage vor der Kalbung und erreicht ca. zwei Wochen später seinen Nadir, also eigentlich in einer Phase höchster ovarieller Aktivität (Butler und Smith 1989). Je länger dieser Zustand andauert, desto gravierender sind die Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit (Huszenicza et al. 1988). Als Folge der NEB ergeben sich erniedrigte Glukose-, Insulin- und IGF-1-Konzentrationen im Blut, eine verminderte LH-Sekretion sowie geringere Sensitivität für LH am Ovar, was wiederum die Entwicklung dominanter Follikel verzögert (Butler 2003; Wiltbank et al. 2006). Die Länge des Intervalls von der Kalbung bis zur ersten Ovulation - im Schnitt etwa 30 Tage (Butler und Smith 1989) - steht also in direktem Zusammenhang mit der Milchmenge (Marion und Gier 1968). Ebenso sinkt die Konzeptionsrate mit steigender Leistung (Butler 2003), es kommt vermehrt zu multiplen Ovulationen und die Dauer des Östrus nimmt ab (Wiltbank et al. 2006). Es wird also schwieriger, zum richtigen Zeitpunkt und erfolgreich zu besamen.

Um die Reproduktionsleistung einer Herde genauer greifbar zu machen, bedient sich z.B. die Bestandsbetreuung sog. Fruchtbarkeitskennzahlen. Unter Rastzeit (RZ) versteht man demnach die Zeit von der Kalbung bis zur ersten Besamung. Dieses Intervall wird je nach Betrieb bemessen, freiwillige Wartezeiten verlängern die RZ. Bei Rastzeiten unter 40 Tagen verschlechtert sich der Erstbesamungserfolg (EBE) deutlich, es sollte also nicht zu früh besamt werden (De Kruif et al. 2007). Unter dem EBE versteht man das Verhältnis von erfolgreich erstbelegten Tieren zu allen Erstbelegungen. Er sollte über 55 % liegen. Die Gützeit (GZ) bezeichnet die Zeit von der Kalbung bis zum ersten Trächtigkeitstag. Weitere Orientierungswerte sind u.a. die Zwischenkalbezeit (ZKZ, Zeit zwischen zwei Kalbungen, ca. 365 Tage), der Besamungsindex (BI, Anzahl aller Besamungen im Betrieb durch die Anzahl erzielter Trächtigkeiten) und der Trächtigkeitsindex (TI, Verhältnis der Besamungen bei trächtigen Tieren zur Anzahl trächtiger Tiere im Bestand, max. 1,6) (Metzner und Mansfeld 1992).

2.3 Milchinhaltsstoffe

Milch setzt sich hauptsächlich aus Wasser mit den organischen Bestandteilen Milchfett, -protein und Laktose zusammen. Daneben finden sich Mengen- und Spurenele-

mente, Vitamine, niedermolekulare organische Verbindungen und somatische Zellen (Gürtler und Schweigert 2005).

2.3.1 Protein

Milchprotein besteht hauptsächlich aus Kaseinen (etwa 82 %) und Molkenproteinen (Milchserumproteine) (Gürtler und Schweigert 2005).

Kaseine

Diese hydrophoben und hitzestabilen Proteine werden unterteilt in α -, β -, γ - und κ -Kaseine, wovon der Hauptanteil auf die α -Kaseine (15-19 g/l Kuhmilch) entfällt. In absteigender Konzentration finden sich β - (9-11 g/l), κ - (3-4 g/l) und γ -Kaseine (1-2 g/l). Besonders interessant ist diese Fraktion der Kuhmilch für die Lebensmittelindustrie. Die Gerinnung der Kaseine unter dem Einfluss des Labenzym ist der erste Schritt der Käseherstellung (Gürtler und Schweigert 2005).

Milchserumproteine

Den Hauptanteil der Milchserumproteine machen die β -Lactoglobuline aus (2-4 g/l). Zu den Molkenproteinen gehören außerdem das α -Lactalbumin (1-1,5 g/l) und das Milchserumalbumin (0,1-0,4 g/l), das dem Serumalbumin des Blutes entspricht und sich dementsprechend bei Zuständen mit vermehrter Durchlässigkeit der Blut-Euterschranke (Kalbung, Mastitis) in höherer Konzentration in der Milch findet. Des Weiteren kommen Proteine als Immunglobuline (IgG₁, IgA, IgM; 0,6-1,0 g/l), als Enzyme, als Proteose-Peptide (Peptide aus der Abspaltung von β -Kaseinen; 0,1-1,8 g/l) und als eisenbindendes Laktoferrin, mit bakterizider und bakteriostatischer Wirkung vor. Letzteres hemmt die Bildung verschiedener Zytokine und ist im Euter trockenstehender Kühe in höchsten Konzentrationen anzutreffen (30 g/l) (Gürtler und Schweigert 2005).

Proteinsynthese

Das Milchserumalbumin, IgG und IgM stammen aus dem Blutplasma, IgA wird im Euter von Plasmazellen gebildet. Die Synthese des größten Proteinanteils, nämlich der Kaseine, des α -Lactalbumins und der β -Lactoglobuline, findet in den Drüsenzellen des Euters statt und ist hormonell gesteuert. Beeinflusst wird die Höhe des Proteingehalts der Milch von Rasse, Fütterung und dem Laktationsstadium. Einen be-

sonders hohen Proteinanteil weist mit bis zu 4,0 % beispielsweise die Milch von Jersey Kühen auf (Cerbulis und Farrell Jr 1975). In der Kolostralmilch lässt der hohe Gehalt an Immunglobulinen die Proteinfraction stark ansteigen (Gürtler und Schweigert 2005). Besonders stark auf die Milchezusammensetzung wirkt sich die Energieversorgung aus: Je besser die Stoffwechsellage der Kuh, umso höher ist der Proteingehalt der Milch (Stöber 2006a). Schröder (2000) zeigte eine enge Korrelation zwischen der Rückenfettdicke und dem Milchproteingehalt auf. Letzterer sinkt umso weiter, je mehr Körperfett mobilisiert wurde, d.h. je ausgeprägter die NEB. Bisher konnte kein Einfluss des automatischen Melkens im Vergleich zum konventionellen Milchentzug auf die Menge an sezerniertem Protein festgestellt werden (Shoshani und Chaffer 2002; Wirtz et al. 2002).

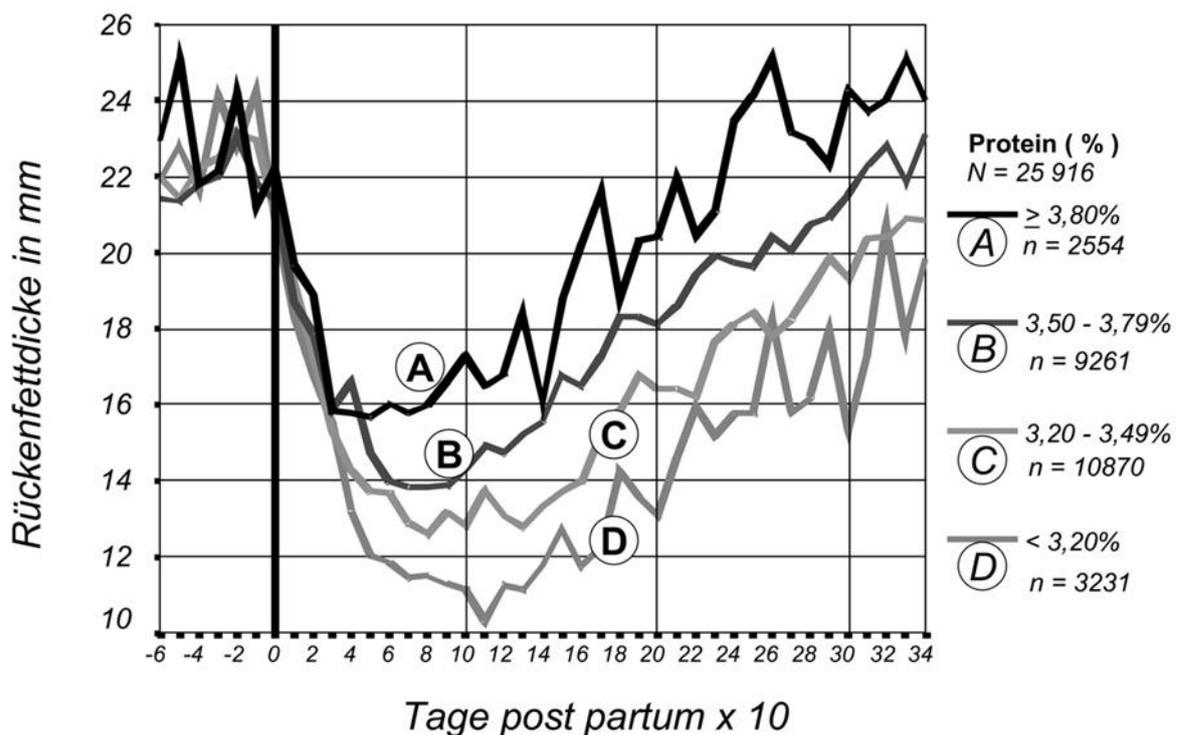


Abbildung 1: Verlauf der Rückenfettdicke in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Milchproteingehalt während der Gesamtlaktation (Schröder 2000), übernommen aus Kanitz et al. (2003)

2.3.2 Fett

Die wichtigsten Einflussfaktoren auf den Fettgehalt der Milch stellen Rasse, Alter, Laktationsstadium, Jahreszeit und Fütterung dar. Besonders die aufgenommene Menge und die Beschaffenheit des Futters spielen eine große Rolle. Milch mit unphysiologisch niedrigem Fettgehalt wird gebildet bei energiereichen, aber raufutterarmen, strukturlosen Rationen. Als Hauptquelle der de-novo Synthese von Fettsäuren dienen Azetat und Butyrat aus den Vormägen, die wiederum bei der Verdauung hochmolekularer Kohlenhydrate entstehen (Gürtler und Schweigert 2005). Eine Möglichkeit, über die Milchhaltsstoffe einen Hinweis für eventuell vorliegende Stoffwechselstörungen zu erhalten, stellt der Fett-Eiweiß-Quotient dar, da in Energiemangelsituationen der Fettgehalt der Milch steigt, der Proteingehalt dagegen abfällt (DeGaris und Lean 2008). Zum Krankheitsbild der Ketose gehört auch der hohe Milchfettgehalt (King 1979). Dessen Zusammensetzung spiegelt die Nutzung der Fettreserven wider (Pedron et al. 1993). Je mehr BHBA aus dem Körperfettabbau zur Verfügung steht, umso mehr kann auch für die Milchfettsynthese genutzt werden (Duffield et al. 2009).

2.4 Eutergesundheit und Zellzahl

Der wichtigste Parameter zur Beurteilung der Eutergesundheit ist die somatische Zellzahl. Sie schwankt zum Teil erheblich und ist vor allem vom Gesundheitszustand des Euters und vom Laktationsstadium abhängig. Bei gesundem Eutergewebe liegt die Zellzahl der reifen Milch zwischen 20.000 und 300.000 Zellen/ml und setzt sich etwa zur Hälfte aus polymorphkernigen Leukozyten und zu jeweils gleichen Anteilen aus Lymphozyten und Makrophagen zusammen. In geringerer Menge finden sich auch Epithelzellen. Kommt es zu einer akuten Mastitis, so steigt der Anteil der Leukozyten auf bis zu 95 % (Gürtler und Schweigert 2005). Anzustreben sind Zellzahlen von weniger als 150.000 Zellen/ml Milch im arithmetischen Mittel über zwölf Monate. Gemäß Milchgüteverordnung muss mit Abzügen bei der Anlieferungsmilch gerechnet werden, wenn über drei Monate eine mittlere Zellzahl von 400.000 Zellen/ml überschritten wird (De Kruif et al. 2007; Milchgüteverordnung 2013).

2.5 Durchmelken in der Literatur

Die Trockenstehphase gilt als Erholungsphase des Euters, in der Zellerneuerungsprozesse stattfinden, damit die Voraussetzungen für eine hohe Milchleistung in der

Folgelaktation gewährleistet sind (Pezeshki et al. 2010; Collier et al. 2012). Dennoch wurden in der Vergangenheit Untersuchungen zum Durchmelken angestellt, da mit zunehmender Leistung auch die Schwierigkeiten im Management der Hochleistungskuh zugenommen haben. Es wird angenommen, dass sich Tiere, bei denen man die Trockenstehphase vernachlässigt, die Transitphase mit weniger metabolischen Imbalanzen meistern (Andersen et al. 2005). Die gemessenen Konzentrationen an Glukose, sowie niedrigere NEFA und BHBA Blutserumspiegel sprechen für eine bessere Stoffwechselsituation der durchgemolkenen Kühe (Remond et al. 1992; Andersen et al. 2005; Schlamberger et al. 2010), ebenso der weniger stark ausgeprägte Abbau von Körperfett bzw. später auch Muskelmasse nach der Kalbung (Remond et al. 1997a). Der Preis dafür ist nach Remond et al. (1997b) 22 % weniger Milch in der Folgelaktation. Versuche mit Zwillingskühen, bei denen die Paare auf zwei Gruppen verteilt wurden und jeweils eines der Tiere drei Laktationen hintereinander durchgemolken wurde, das andere dagegen jeweils mindestens 60 Tage trockenstand, ergaben in der durchgemolkenen Gruppe in der zweiten Laktation Einbußen von 25 %, in der dritten von 38 % (Guinard-Flament et al. 2006). Remond et al. (1997a) beschrieb bei einer Verkürzung der Trockenstehphase von acht auf vier Wochen Milcheinbußen in der Folgelaktation von etwa 10 %, bei einer gänzlichen Vernachlässigung des Trockenstehens um etwa 20 % und mehr. Berücksichtigt man aber die zusätzlich gewonnene Milchmenge in der späten Trächtigkeit, so wird nur etwa 5 % weniger, bzw. sogar bis zu 10 % mehr Milch produziert. Außerdem ist der Proteingehalt bei durchgemolkenen Kühen um durchschnittlich 0,4 % höher (Madsen et al. 2008). Dennoch muss man davon ausgehen, dass nicht alle Kühe für das Durchmelken geeignet sind. In der Folge von stark nachlassender Milchleistung kommt es i.d.R. bei einem Teil der Tiere zum spontanen Trockenstellen (Remond et al. 1992; Remond et al. 1997b). Trotzdem wird z.B. das Management einer Holstein Herde ohne Trockenstehphase beschrieben, bei der die Milchmenge in 300 Tagen bei 9.340 kg (primipare) bzw. 10.900 kg (multipare) lag. Die Leistung steigerte sich von Laktation 1 auf 2 um 11 % und von Laktation 2 auf 3 um 15 % (Remond und Bonnefoy 1997).

3 Material und Methoden

3.1 Versuchsaufbau

Im Juni 2011 wurden aus sechs oberbayrischen Milchviehbetrieben mit AMS (Lkr. Altötting und Rottal-Inn) insgesamt 98 Kühe der Rasse Deutsches Fleckvieh ausgewählt. An der Studie nahmen alle Tiere der Betriebe teil, deren voraussichtlicher Kalbetermin im Zeitraum von August 2011 bis Januar 2012 lag. Ausgeschlossen wurden Kühe mit bestehenden Euterproblemen, zum Verkauf vorgesehene Tiere und Kalbinnen. Die Zuteilung zu den Gruppen erfolgte zufällig, wobei in jedem Betrieb auf etwa gleiche Gruppenstärke geachtet wurde. Hinsichtlich der Milchmenge in Woche -9 vor der Kalbung unterschieden sich die beiden Versuchsgruppen nicht signifikant voneinander. Der Tagesdurchschnitt betrug $17,03 \pm 0,55$ kg bzw. $18,49 \pm 0,78$ kg für C- bzw. CM-Kühe.

Die Kontrollgruppe (C für control group, $n = 49$) wurde wie bisher gewohnt 56 Tage vor dem errechneten Kalbetermin mit antibiotischer Behandlung trocken gestellt. Die Versuchsgruppe (CM für continuous milking group, $n = 49$) behielt bis zur Kalbung weiter Melkerlaubnis im AMS und wurde durchgemolken. Aus dieser ging im Laufe der Untersuchungen eine dritte Gruppe (D für dried off spontaneously group, $n = 14$) hervor, die sich mindestens 14 Tage vor der Kalbung selbst trocken stellte und nicht mehr gemolken wurde.

3.2 Die Versuchsbetriebe A - F

Alle beteiligten Tiere kamen aus sechs Milchviehbetrieben in den Landkreisen Altötting und Rottal-Inn. Bei drei handelte es sich um neugebaute Offenfrontlaufställe, drei waren Umbauten bzw. Teilneubauten mit Integration des alten Stallgebäudes. In allen Betrieben wurden die durchgemolkenen Kühe in der Herde gehalten und so Zugang zum Roboter und der normalen Laktationsration ermöglicht. Erst bei Anzeichen einer unmittelbar bevorstehenden Kalbung wurden sie in eine Abkalbebox mit Tiefstreu verbracht. Die trocken gestellten Kühe wurden jeweils im selben Gebäude, jedoch separat gehalten. Im AMS wird Kraftfutter entsprechend der Leistung zugeteilt, nur Betrieb E verfügt über einen zusätzlichen Kraftfutterautomaten. Die Verteilung

der Versuchskühe auf die Betriebe ist in Tabelle 1, eine Gegenüberstellung der einzelnen Betriebe ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 1: Verteilung der Versuchskühe auf die Betriebe A-F

¹ Kontrollgruppe, ² durchgemolkene Gruppe, ³ spontan trockengestellte Gruppe

Betrieb	Behandlungsgruppe		
	C ¹	CM ²	D ³
A	6	6	-
B	11	8	2
C	7	6	2
D	6	5	2
E	8	3	6
F	11	7	2
Summe	49	35	14

Tabelle 2: Übersicht über die Versuchsbetriebe A-F

¹ Automatisches Melksystem, ² Getreide-Schrot Mischung, ³ Milchleistungsfutter, ⁴ Kalzium

Betrieb	Anzahl laktierender Kühe	AMS ¹	Stall	Fütterung Laktierend	Fütterung Trockenstehend
A	50	DeLaval seit 2010	Teilneubau, Hochliegeboxen, Mistabschieber/ Spalten kombiniert, gelenkter Kuhverkehr, Fütterungsroboter	46% Grassilage, 46% Maissilage, 4% GSM ² , 4% MLF ³ , 0,5 kg Stroh/Kuh	Grassilage, 1,5 kg Stroh/Kuh
B	54	DeLaval seit 2009	neu gebauter Offenfrontlaufstall, Hochliegeboxen, Spaltenboden, gelenkter Kuhverkehr	46% Grassilage, 47% Maissilage, 4% GSM, 3% MLF, Mineralfutter	50% Heu, 50% Grassilage, Ca ⁴ -reduziertes Mineralfutter
C	54	DeLaval seit 2008	Umbau, Hochliegeboxen, Spaltenboden, gelenkter Kuhverkehr	46% Grassilage, 47% Maissilage, 1,5% GSM, 1,5% MLF, Mineralfutter	Grassilage, 2,0 kg Stroh/Kuh
D	60	DeLaval seit 2010	neu gebauter Offenfrontlaufstall, Tiefstreuboxen, Spaltenboden, freier Kuhverkehr, Fütterungsroboter	48% Grassilage, 41% Maissilage, 6% MLF, 3% GSM, 1,5% Stroh, 0,5% Melasse	80% Grassilage, 13% Maissilage, 6% Stroh, 0,3% MLF/Melasse/GSM Heu ad libitum
E	50	DeLaval seit 2007	neu gebauter Offenfrontlaufstall, Tiefstreuboxen, Mistabschieber, freier Kuhverkehr, Kraffutterautomat	50% Maissilage, 48% Grassilage, 2% Stroh, 2,0kg MLF/Kuh im Automaten, im Sommer zusätzlich Gras	Grassilage, 3,0 kg Stroh/Kuh, im Sommer zusätzlich Altgras
F	53	Fullwood Merlin seit 2005	Teilneubau mit offenen Fronten, Hochliegeboxen, Spaltenboden, freier Kuhverkehr	59% Grassilage, 29% Maissilage, 1,5% Heu, 7% GSM, 3,5% MLF	76% Grassilage, 15% Maissilage, 5% Heu, 4% GSM

3.3 Untersuchungsmaterial und Probengewinnung

3.3.1 Blutproben

Ab acht Wochen vor dem errechneten Kalbetermin erfolgte die Beprobung zunächst im zweiwöchigen Abstand (Wo -8, -6, -4, -2), danach wöchentlich (Wo -1, 0 = Kalbung, 1, 2, 3, 4, 5, 6) und später in größer werdenden Abständen (Wo 8, 10, 14, 18, 28, 44). In den Betrieben A-E wurden die Kühe im Fressgitter fixiert und die Vena jugularis mittels Kanüle punktiert. Im Betrieb F musste das Blut aus technischen Gründen aus der Vena caudalis mediana entnommen werden, da keine Fixationsmöglichkeit zur Verfügung stand. Die Blutentnahme erfolgte mit dem System Vacuette©, einer Einmalkanüle (0,90 mm x 38 mm) und den dazugehörigen vakuumhaltigen Gefäßen (Greiner Bio-One, Kremsmünster, Österreich). Zu jedem Probennahmezeitpunkt wurde ein Gefäß für Blutserum (Z Serum Clot Activator, 9 ml) und eines für Blutplasma befüllt (FE Sodium Fluoride/K3EDTA, 5 ml). Die Gefäße wurden noch im Stall zentrifugiert (2000 x g, 12 min), Blutserum und Blutplasma in je 2 Aliquots á 1,5 ml aufgeteilt und bei -20°C tiefgefroren. Je ein Aliquot Blutserum und -plasma wurden gekühlt zu Synlab (Synlab.vet GmbH, Augsburg, Deutschland) versendet und dort die Parameter Glukose, BHBA, NEFA und Kalzium untersucht.

Die Glukosemessung im Plasma wurde mit einem enzymatischen UV-Test (Hexokinase-methode) durchgeführt. Hier wird Glukose in Gegenwart von Adenosintriphosphat (ATP) und Magnesiumionen vom Enzym Hexokinase phosphoryliert und bildet Glukose-6-Phosphat sowie Adenosindiphosphat (ADP). Die Glukose-6-Phosphat-Dehydrogenase oxidiert spezifisch Glukose-6-Phosphat bei gleichzeitiger Reduktion von NAD⁺ zu NADH. Der Absorptionsanstieg bei 340 nm ist zur Glukosekonzentration in der Probe proportional.

Nach demselben Prinzip funktioniert die Messung von BHBA und NEFA. Hierbei handelt es sich jeweils um eine enzymatische Reaktion, bei der die gesuchten Produkte umgesetzt werden und eine bei 340 nm messbare Absorptionsänderung verursachen.

Die quantitative Bestimmung des Gesamt-Kalziumgehaltes im Blutserum erfolgte durch die Methode nach Schwarzenbach mit o-Cresolphthalein-Komplexon (CPC-Methode). Unter alkalischen Bedingungen reagieren Kalziumionen mit o-Cresolphthalein-Komplexon (o-CPC) zu einem violetten Farbkomplex. Durch den Zusatz von 8-Hydroxychinolin wird eine Interferenz durch Magnesium und Eisen ver-

hindert. Die Farbintensität des gebildeten Komplexes ist direkt proportional zur Kalziumkonzentration und wird photometrisch bei 570/660nm gemessen (Synlab.vet GmbH, Augsburg, Deutschland).

Die IGF-1 Konzentration im Blutplasma wurden am Lehrstuhl für Physiologie (Technische Universität München, Freising, Deutschland) in Form eines ELISA (vgl. 3.3.2) gemessen.

3.3.2 IGF-1 Messung

In den mit Natrium-Fluorid stabilisierten Plasmaproben wurde neben Glukose auch der insulinähnliche Wachstumsfaktor-1 (IGF-1) mittels Enzym-gekoppeltem Immunoassay (ELISA) nach dem Protokoll von Kliem et al. (2013) bestimmt.

Für die Messung wurde ein saurer Puffer (pH 2,7) hergestellt aus 2,59 mM Ortho-Phosphorsäure, 16,4 mM Na₂HPO₄ 2H₂O, 5 mM EDTA Titriplex, 120 mM NaCl (alle Chemikalien von Merck, Gütersloh, Deutschland).

Das Standard-, Kontroll- und Probenplasma wurde 1:50 mit dem saurem Puffer verdünnt und vier Stunden bei Raumtemperatur inkubiert. Die Mikrotitrierplatten (Nunc-immuno Plate Maxisorp, Sigma-Aldrich, Steinheim, Deutschland) wurden mit Antikörpern aus Ziegen gegen Kaninchen (Ziege-anti-Kaninchen IgG, 1 µg/100µl, Physiologie Weihenstephan) beschichtet und mit 0,5 %iger Kaseinlösung (SP-5020, Vector Laboratories, Burlingame, CA, USA) in PBST-Puffer (137 mM NaCl, 8 mM Na₂HPO₄, 1.5 mM KH₂PO₄, 2.7 mM KCl (pH 7.4), 0,05 % Tween 20; alle Chemikalien von Merck, Gütersloh, Deutschland) abgesättigt. Zu den 50 µl der verdünnten Proben wurden nun 20 ng IGF-2 (Gropep, Thebarton, SA, Australien) pro 50 µl Puffer (pH 7,8) gegeben, um Wechselwirkungen mit dem Insulin-like growth factor-Bindungsprotein (IGFBP) zu verhindern (Daxenberger et al. 1998). Weitere 50 µl von 1:25.000 verdünntem, polyklonalem Antikörpern aus Kaninchen gegen Rind (Kaninchen-anti-bovine-IGF-1 Antikörper, Physiologie Weihenstephan) wurden zugegeben und über Nacht bei 6-8°C auf dem Schüttler inkubiert. Anschließend wurde biotinyliertes IGF-1 zugegeben und weitere 24 Stunden bei 6-8°C inkubiert. Die Platten wurden abgekippt und Streptavidin-Peroxidase Lösung (Roche, Mannheim, Deutschland) 30 min (4°C) zugesetzt. Nach viermaliger Waschung mit PBST-Puffer erfolgte die Substratreaktion (Sigma-Aldrich, Steinheim, Deutschland), die nach 45 min mit 2 M Schwefelsäure (Sigma-Aldrich) gestoppt wurde. Die Absorption wurde photometrisch bei 450 nm bestimmt. Die Bestimmung der inter- und intraassay Varianz (CV)

erfolgte mit vier Plasmakontrollen in dreifacher Ausföhrungen pro Platte. Der interassay CV betrug 8,94 %, der intraassay CV 6,01 %.

3.3.3 Milchproben

Die Erfassung der Milchmenge erfolgte automatisch bei jeder Melkung durch das AMS, woraus sich die Tagesmilchmenge in kg errechnete. Zusätzlicb wurde im gesamten Untersuchungszeitraum (Gruppe CM und D ab 8 Wochen vor dem errechneten Kalbetermin bzw. Gruppe C ab der Kalbung bis Woche 44 p.p.) von den Landwirten wöcbentlich eine Milchprobe gewonnen. Die zu gewinnende Menge an Milch wurde aus der Durchflussrate und der gesamten Milchmenge errechnet. Auf Grund der Durchföhrbarkeit in der Praxis (z.B. unterschiedliche Melkgewohnheiten der einzelnen Tiere) konnte allerdings keine einheitliche Erfassung z.B. des Morgengemelks erfolgen. Die Untersuchung der Milchinhaltsstoffe Protein und Fett in den stabilisierten Proben erfolgte mit Infrarot-Spektrophotometrie (MilkoScanFT6000), die Zellzahlmessung mit Durchflusszytometrie (Fossomatic TMFC) durch den Milchprüfring Bayern e.V. (Wolnzach, Deutschland).

3.3.4 Rückenfettdicke

Die Rückenfettdicke wurde ultrasonographisch (Sonovet 2000, Firma Kretz, Linear-schallkopf; 7,5 MHz) in Woche -8 und -4 vor dem errechneten Kalbetermin, zur Kalbung und in Woche 2, 6, 10, 14, 18, 28 und 44 p.p. auf einer gedachten Verbindungslinie zwischen Tuber coxae und Tuber ischiadicum gemessen (Schröder 2000). Der Messpunkt wurde vorher grob gereinigt und mit 70 %igem Alkohol befeuchtet.

3.3.5 Fruchtbarkeit

Die erste rektale Untersuchung fand drei Wochen nach der Kalbung statt. Dabei wurden GröÖe, Kontraktilität und eventuelle Föüllung des Uterus sowie die Funktionskörper der Ovarien beurteilt. Bei auffälligen Befunden wurden die nötigen Behandlungen eingeleitet und in entsprechenden Abständen erneut untersucht. Die Landwirte dokumentierten den Zeitpunkt des ersten Ööstrus sowie die darauf folgenden Zyklen bzw. Besamungen. Zwischen Tag 33 und 42 nach jeder erfolgten Besamung fand eine Trächtigkeitsuntersuchung durch rektale Palpation statt. Anhand der erhobenen Daten wurden Güst- und Rastzeit berechnet.

3.3.6 Gesundheit

Alle Erkrankungen beteiligter Tiere wurden dokumentiert. Als Mastitis wurden nur Erkrankungen erfasst, die mit makroskopisch verändertem Sekret und deutlichen Entzündungssymptomen (calor, rubor, dolor und functio laesa) einhergingen. Ebenso wurden unter Hypokalzämie nur jene Tiere aufgeführt, bei denen es zum klinischen Bild der Gebärpause kam. Zur Gruppe der an subklinischer Ketose leidenden Kühe wurden diejenigen gezählt, die erhöhte BHBA Werte im Blutserum ($>1,4$ mmol/l) aufwiesen, aber noch keine klinischen Symptome zeigten (Andersson 1988; Duffield et al. 2009). Als an Ketose erkrankt galten Tiere mit deutlichen Symptomen, wie Appetitlosigkeit, Verdauungsstörungen und sinkender Milchleistung. Ein Ketose Schnelltest im Urin (Medi-Test Keton, Macherey-Nagel, Düren, Deutschland) verlief positiv. Unter Puerperalstörungen wurden alle Krankheiten berücksichtigt, die mit einer Störung im weiblichen Genitaltrakt im Zeitraum des Puerperiums einhergehen. In der vorliegenden Studie waren dies Retentio secundinarium (R.S.) und Metritis (bei der rektalen Untersuchung als deutliche Verdickung der Gebärmutterwand, übermäßige Füllung und mangelhafte Involution fühlbar, äußerlich z.T. eitriger Ausfluss sichtbar). Zur Behandlung der verschiedenen Erkrankungen im Einzelnen siehe auch 6.6.

3.3.7 Neugeborene Kälber

Innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Geburt wurden die Kälber einer Allgemeinuntersuchung unterzogen und gewogen (Tierwaage FX-1, Texas Trading, Windach, Deutschland). Kälber von Kühen aus Gruppe CM und D wurden mit tiefgefrorenem Kolostrum anderer Kühe des Betriebes versorgt, da zum jetzigen Zeitpunkt nicht von einer ausreichenden Versorgung mit Immunglobulinen durch die erste Milch der durchgemolkenen Kühe ausgegangen werden kann (Gulay et al. 2005).

4 Statistische Analysen

Die statistische Auswertung erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Statistischen Beratungslabor der LMU München unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Helmut Küchenhoff.

4.1 Log- Lineares Poisson-Model zur Analyse der Fruchtbarkeitsdaten

Die Analyse der Fruchtbarkeitsdaten erfolgte in Form einer Poisson Regression, da es sich bei der zu untersuchenden abhängigen Variablen um eine Anzahl von Ereignissen in einem bestimmten Zeitraum handelt. Folgendes Model wird für das Log-Lineare Poisson-Model angenommen:

$$y_i | x_i \sim P_0(\lambda_i)$$

$$\text{mit } \lambda_i = \exp(x'_i \beta) \text{ bzw. } \log(\lambda_i) = x'_i \beta$$

Die unabhängigen Variablen wirken exponentiell multiplikativ auf die Rate λ (Fahrmeir et al. 2009). Für die Berechnung der Poisson Regression wurde das R Basispaket (R Core Team 2012) verwendet.

In unserer Studie wurden die Tage bis zur ersten Brunst, die Rast- und Gützeit und die Anzahl an Besamungen mit diesem Model analysiert.

Fruchtbarkeit

$$\begin{aligned} &= \exp(\beta_0 + \beta_{CM} * CM + \beta_D * D + \beta_{KrankDummy} * KrankDummy \\ &+ \beta_{BetriebB} * BetriebB + \beta_{BetriebC} * BetriebC + \beta_{BetriebD} \\ &* BetriebD + \beta_{BetriebE} * BetriebE + \beta_{BetriebF} * BetriebF + \varepsilon_i \end{aligned}$$

β = p-dimensionaler Vektor fester Effekte
 CM, D = durchgemolkene Gruppe bzw. spontan trockengestellte Gruppe
 ε_i = Fehlervektor

4.2 Analyse des Krankheitsvorkommens mit dem Exakten Test nach Fisher

Der Exakte Test nach Fisher testet die Abhängigkeit verschiedener Werte in einer Kontingenztafel. Dieser ist insbesondere für geringe Zellhäufigkeiten gut geeignet. Berechnet wird der Test durch Rekombination möglicher Zellhäufigkeiten. Dabei wird von festen Spalten- bzw. Zeilensummen ausgegangen. Es ergibt sich eine bedingte Wahrscheinlichkeit für jeden möglichen Fall. Anschließend werden die Wahrscheinlichkeiten für den vorhandenen und die extremeren Fälle verglichen.

Mit dem zweiseitigen Test wird geprüft, ob zwischen den Werten eine allgemeine Abhängigkeit besteht oder nicht. Die Nullhypothese besagt hier, dass zwischen den beiden betrachteten Häufigkeiten keine Unterschiede bestehen. Die Alternativhypothese hingegen tritt ein, wenn die Häufigkeiten ungleich sind (Hartung et al. 2005). In unserer Studie findet der zweiseitige Fisher-Test Anwendung bei der Analyse des Vorkommens von Krankheiten in den verschiedenen Gruppen. Die Variablen sind *dummy*-kodiert, wobei bei der Ausprägung 0 keine Krankheit, bei 1 dagegen eine Krankheit vorliegt. Tabelle 3 zeigt den Fisher Test am Beispiel der Puerperalstörung.

Tabelle 3: Fisher Test für Puerperalstörung

Konfidenzintervall für Odds-Ratio Puerperalstörung [0; 0,91], p-Wert = 0,03

¹ Kontrollgruppe, ² Anzahl, ³ durchgemolkene Gruppe,

⁴ selbst trocken gestellte Gruppe, ⁵ nicht erkrankt, ⁶ erkrankt

	C ¹ (n ² = 49)	CM ³ und D ⁴ (n = 49)
0 ⁵	41	48
1 ⁶	8	1

4.3 Geburtsgewicht der Kälber

Für die Analyse des Geburtsgewichtes der Kälber wird folgendes lineares Model verwendet:

Geburtsgewicht der Kälber

$$\begin{aligned}
 &= \beta_0 + \beta_{CM} * CM + \beta_D * D + \beta_{BetriebB} * BetriebB + \beta_{BetriebC} \\
 &* BetriebC + \beta_{BetriebD} * BetriebD + \beta_{BetriebE} * BetriebE + \beta_{BetriebF} \\
 &* BetriebF + \varepsilon_i
 \end{aligned}$$

- β = p-dimensionaler Vektor fester Effekte
- CM, D = durchgemolkene Gruppe bzw. spontan trockengestellte Gruppe
- ε_i = Fehlervektor

Zusätzlich zu einem Einfluss des Melkregimes wird hier ein Einfluss der Betriebe auf das Geburtsgewicht der Kälber getestet.

4.4 Analysen mit gemischtem Model

Gemischte Modelle (mixed models) beziehen in den Prädiktor $\eta = x'\beta$ linearer Modelle neben den festen Effekten auch zufällige Effekte mit ein. Diese Modelle finden vor allem bei der Analyse von Longitudinaldaten Verwendung. In unserer Studie liegen für die Variablen der Blutwerte, der Milchwerte, sowie der Rückenfettdicke solche Longitudinaldaten, also zeitlich wiederholte Beobachtungen von Kühen vor. Für jede Kuh liegen $i = 1, \dots, m$ wiederholte Beobachtungen

$$(y_{i1}, \dots, y_{ij}, \dots, y_{ini}, x_{i1}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{ini})$$

für Ziel- und Kovariablen vor. y_{ij} bezeichnet eine Beobachtung an Kuh i zum Zeitpunkt t_{ij} , n_i ist jeweils die Anzahl an wiederholten Beobachtungen an Kuh i . Der lineare Prädiktor $\eta_{ij} = x'_{ij}\beta$ wird für die Beobachtung y_{ij} zu $\eta_{ij} = x'_{ij}\beta + u'_{ij} \gamma_i$ erweitert, um individualspezifische Effekte zu schätzen. Dabei nimmt u_{ij} hier lediglich den Wert 1 an und wird somit, zusammen mit γ_i , zu einem Skalar, dem sogenannten „Random Intercept“. Es wird angenommen, dass die zufälligen Effekte unabhängig und identisch normalverteilt sind.

$$\gamma_i \sim N(0, d)$$

Insgesamt kann ein lineares gemischtes Model für Longitudinaldaten folgendermaßen dargestellt werden:

$$y_i = X_i\beta + \gamma_i + \varepsilon_i \text{ für } i = 1, \dots, m$$

Dabei ist y_i der n_i -dimensionale Vektor von Zielvariablen für Kuh i , m ist die Anzahl der Kühe, X_i ist eine $(n_i \times p)$ -dimensionale Designmatrix zu bekannten Kovariablen, β ist der p -dimensionale Vektor fester Effekte, γ_i ist der individuenspezifische Random Intercept und ε_i ein n_i -dimensionaler Fehlervektor. Für γ_i und ε_i , $i = 1, \dots, m$ gelten die Verteilungsannahmen (Fahrmeir et al. 2009):

$$\gamma_i \sim N(0, d)$$

$$\varepsilon_i \sim N(0, \Sigma_i)$$

$$\gamma_1, \dots, \gamma_m, \varepsilon_1, \dots, \varepsilon_m$$

Angewendet wird dieses Model durch die Funktion `lmer` aus dem Paket `lme4` (Bates et al. 2012).

4.5 Analyse der Blutwerte

Glukose, BHBA, NEFA und Kalzium

Zur Analyse der Blutwerte werden die Gruppenzugehörigkeit sowie der jeweilige Zeitpunkt als Einflussgrößen verwendet. Um den unterschiedlichen Einfluss der Zeit in verschiedenen Abschnitten des Studienzeitraums besser modellieren zu können, werden drei Variablen verwendet: Die Variable `preWo` beinhaltet den für die Zeit vor der Kalbung aktuellen Wochenwert und nimmt nach der Kalbung den Wert 0 an. Die Variable `geburt` ist binär und gibt an, ob der aktuelle Wert in der Woche der Geburt gemessen wurde. Die Variable `postwo` beinhaltet den Wochenwert für die Zeit nach der Kalbung und nimmt sonst den Wert 0 an. Im Folgenden ist das Model für den Blutwert BHBA dargestellt. Die Berechnungen für die Blutserum bzw. Blutplasmakonzentrationen von NEFA, Kalzium und Glukose folgen demselben Prinzip.

$$\begin{aligned}
 BHBA_{i,j} = & \beta_0 + \beta_{preWo} * preWo_{i,j} + \beta_{postWo} * postWo_{i,j} + \beta_{CM} * CM_{i,j} + \beta_D * D_{i,j} \\
 & + \beta_{geburt} * geburt_{i,j} + \beta_{preWo:CM} * preWo_{i,j}CM_{i,j} + \beta_{preWo:D} \\
 & * preWo_{i,j}D_{i,j} + \beta_{postWo:CM} * postWo_{i,j}CM_{i,j} + \beta_{postWo:D} * postWo_{i,j}D_{i,j} \\
 & + \gamma_{i,j}\epsilon_{i,j}
 \end{aligned}$$

β = p-dimensionaler Vektor fester Effekte
 $preWo, geburt, postWo$ = Variablen für die unterschiedlichen Einflüsse der einzelnen Abschnitte der Studie
 CM, D = durchgemolkene bzw. spontan trockengestellte Gruppe

Da es sich beim linearen gemischten Model um ein Mittelwertmodel handelt, können starke Ausreißer die Schätzungen verfälschen. Daher wird für die weiteren Analysen eine Ausreißerbereinigung durchgeführt: Alle Werte, die den siebenfachen Interquartilsabstand übersteigen, werden aus der Untersuchung entfernt. Von den gemessenen BHBA-Werten wurden deshalb 14, von NEFA neun, von Kalzium, Glukose und IGF-1 jeweils zwei Werte entfernt.

IGF-1

Für die Analyse der IGF-1-Werte wurde in das Model zusätzlich noch ein quadratischer Einfluss mit aufgenommen:

$$\begin{aligned}
 IGF - 1_{i,j} = & \beta_0 + \beta_{preWo} * preWo_{i,j} + \beta_{postWo} * postWo_{i,j} + \beta_{CM} * CM_{i,j} + \beta_D * D_{i,j} \\
 & + \beta_{geburt} * geburt_{i,j} + \beta_{preWo:CM} * preWo_{i,j}CM_{i,j} + \beta_{preWo:D} \\
 & * preWo_{i,j}D_{i,j} + \beta_{postWo:CM} * postWo_{i,j}CM_{i,j} + \beta_{postWo:D} * postWo_{i,j}D_{i,j} \\
 & + \beta_{preWo^2} * preWo_{i,j}^2 + \beta_{postWo^2} * postWo_{i,j}^2 + \gamma_{i,j}\epsilon_{i,j}
 \end{aligned}$$

β = p-dimensionaler Vektor fester Effekte
 $preWo, geburt, postWo$ = Variablen für die unterschiedlichen Einflüsse der einzelnen Abschnitte der Studie
 CM, D = durchgemolkene bzw. spontan trockengestellte Gruppe

Für die Berechnung wurden zwei Werte als Ausreißer entfernt.

4.6 Analyse der Rückenfettdicke

Wie für die IGF-1-Werte wurde in der Analyse der Rückenfettdicke ein quadratischer Einfluss berücksichtigt. Es wurden keine Ausreißer entfernt.

4.7 Analyse der Milchinhaltsstoffe

Um miteinander vergleichbare Milchmengen zu erhalten, muss die Energie-korrigierte Milchmenge (energy-corrected milk, ECM) berechnet werden. Dazu wurde aus der täglich erfassten Milchleistung in kg der jeweilige Wochenmittelwert einer jeden Kuh berechnet und mit dem jeweils zugehörigen Milchfett- und Proteingehalt der entsprechenden Woche nach folgender Formel korrigiert (Kirchgessner 1987):

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

Am Beispiel der ECM-Menge wird folgende Modelannahme für die Milchinhaltsstoffe gezeigt:

$$ECM_{i,j} = \beta_0 + \beta_{postWo} * postWo_{i,j} + \beta_{CM} * CM_{i,j} + \beta_D * D_{i,j} + \beta_{postWo:CM} * postWo_{i,j} * CM_{i,j} + \beta_{postWo:D} * postWo_{i,j} * D_{i,j} + \gamma_{i,j} \varepsilon_{i,j}$$

β = p-dimensionaler Vektor fester Effekte
 $preWo, postWo$ = Variablen für die unterschiedlichen Einflüsse der einzelnen Abschnitte der Studie
 CM, D = durchgemolkene bzw. spontan trockengestellte Gruppe

Demselben Prinzip folgen die Analysen für Milchfett, -protein und Zellzahl. Bei der ECM-Menge wurden, genauso wie für den Fettgehalt der Milch, keine Ausreißer, beim Milchprotein wurden zwei und bei der SCC 65 Ausreißer entfernt.

5 Ergebnisse

5.1 Kuhverluste während der Studie

Insgesamt gab es in der Zeit des Versuches 14 Abgänge, was rund 14 % entspricht. Davon stammten fünf Kühe aus Gruppe C, sieben aus Gruppe CM und zwei aus Gruppe D. Die Abgangsursachen sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Abgangsursachen in den drei Versuchsgruppen

¹ Kontrollgruppe, ² durchgemolkene Gruppe, ³ spontan trockengestellte Gruppe

Abgangsursache	C ¹	CM ²	D ³
Verkauf/Schlachtung	3	5	2
verstorben			
Perikarditis	1	-	-
schwere Verletzung	1	1	-
Aggressivität	-	1	-
Summe	5	7	2

Die Verfügung über die an der Studie beteiligten Kühe lag bei den Landwirten, d.h. ein Verkauf oder eine Schlachtung aus wirtschaftlichen oder anderen Gründen wurde nicht ausgeschlossen. Die Hauptgründe für den Verkauf bzw. die Schlachtung in Gruppe C waren andauernde Klauenprobleme, in den Gruppen CM und D die unbefriedigende Milchleistung. Trotzdem liegt auch für die verkauften bzw. geschlachteten Tiere ein Großteil der Messwerte vor, da die Abgänge in der Regel erst spät in der Laktation erfolgten.

5.2 Durchmelken in der Praxis

Aus den ursprünglich zum Durchmelken vorgesehenen 49 Kühen gingen im Laufe der acht Wochen vor der Kalbung 14 Tiere hervor, die sich selbst trockenstellten, was einem Anteil von 28,6 % entspricht. Weitere sechs Kühe verweigerten kurze Zeit vor der Kalbung (1 bis 3 Tage) die Melkung, wurden aber in Gruppe CM erfasst. Der Zeitpunkt des spontanen Trockenstellens war 40, 34, 29, 28, 27, 22, 20, 19 (2 Tiere), 17, 16 (2 Tiere) und 15 (2 Tiere) Tage a.p.. Zunächst wurden die Melkintervalle der betroffenen Kühe immer länger, einzelne Melkungen ausgelassen und schließlich der Roboter gar nicht mehr aufgesucht. Kühe, die erfolgreich durchgemolken wurden, hatten acht Wochen vor der Kalbung eine durchschnittliche Tagesmilchleistung von $17,7 \pm 0,8$ kg ($20,1 \pm 0,1$ kg ECM-Menge), Kühe der Gruppe D gaben dagegen im Schnitt nur $13,1 \pm 0,8$ kg ($15,1 \pm 0,4$ kg ECM-Menge) Milch.

5.3 Milchleistung

Die Höhe der Milchleistung bezieht sich, sofern nicht anders angegeben, jeweils auf die ECM-Menge \pm Standardfehler (SEM).

5.3.1 305-Tage Leistung

Die durchschnittliche 305-Tage Leistung in den drei Gruppen unterschied sich deutlich voneinander: Während die Milchleistung der Kühe in Gruppe C $7749,1 \pm 51,0$ kg Milch gaben, waren es in Gruppe CM $6541,3 \pm 69,6$ kg ($P < 0,001$) und in Gruppe D $6460,1 \pm 168,5$ kg ($P < 0,001$). Durchgemolkene Kühe gaben also im Schnitt $1207,8 \pm 18,6$ kg, Kühe der Gruppe D $1288,6 \pm 117,5$ kg weniger Milch als Tiere der Vergleichsgruppe mit normaler Trockenstehphase. Das entspricht in Gruppe CM 15,6 % weniger Leistung als bei Kontrolltieren. Gruppe D hatte Einbußen von 16,6 % gegenüber C-Kühen. Die Tiere in Gruppe D gaben im Vergleich zu CM-Kühen $80,8 \pm 98,9$ kg weniger Milch, was einer Minderleistung von 1,2 % entspricht.

5.3.2 zusätzliche Milchmenge in der späten Trächtigkeit

Berücksichtigt man bei der Berechnung der Milchmenge von Kühen der Gruppe CM und D auch die in der späten Trächtigkeit produzierte Milch, so erhält man bei durchgemolkenen Kühen eine zusätzliche Milchmenge von $970,7 \pm 12,4$ kg ($P < 0,001$).

Bei spontan trockengestellten Kühen beträgt die zusätzliche Menge $424,1 \pm 14,1$ kg ($P < 0,001$).

Addiert man die in der späten Trächtigkeit gewonnene Milch zur 305-Tage Leistung hinzu, so erhält man in Gruppe CM eine Gesamtmilchleistung von $7512,0 \pm 81,97$ kg und in Gruppe D von $6884,6 \pm 182,6$ kg. Durchgemolkene Kühe gaben also insgesamt durchschnittlich $237,1 \pm 30,97$ kg weniger Milch als Kontrollkühe, Kühe der Gruppe D produzierten $864,4 \pm 131,6$ kg weniger als C-Kühe. Bezogen auf die insgesamt erbrachte Leistung betragen die Einbußen von durchgemolkenen Kühen im Vergleich zu Kontrollkühen noch 3,1 %, bei Tieren aus Gruppe D im Vergleich zur Kontrollgruppe 11,2 %.

Tabelle 5: Milchleistung (ECM) der drei Versuchsgruppen

¹ Energie-korrigierte Milchleistung, ² Kontrollgruppe, ³ durchgemolkene Gruppe, ⁴ spontan trockengestellte Gruppe; signifikante Unterschiede ($P < 0,05$) zwischen den Gruppen für die 305-Tage Milchleistung ECM und für die Gesamtleistung ECM sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

Gruppe	305-Tage Milchleistung ECM ¹ (kg)	zusätzliche Milchmenge ECM (kg)	Gesamtleistung ECM (kg)
C ²	$7749,1 \pm 51,0^a$	-	$7749,1 \pm 51,0^a$
CM ³	$6541,3 \pm 69,6^b$	$970,7 \pm 12,4$	$7512,0 \pm 81,97^b$
D ⁴	$6460,5 \pm 168,5^c$	$424,1 \pm 14,1$	$6884,6 \pm 182,6^c$

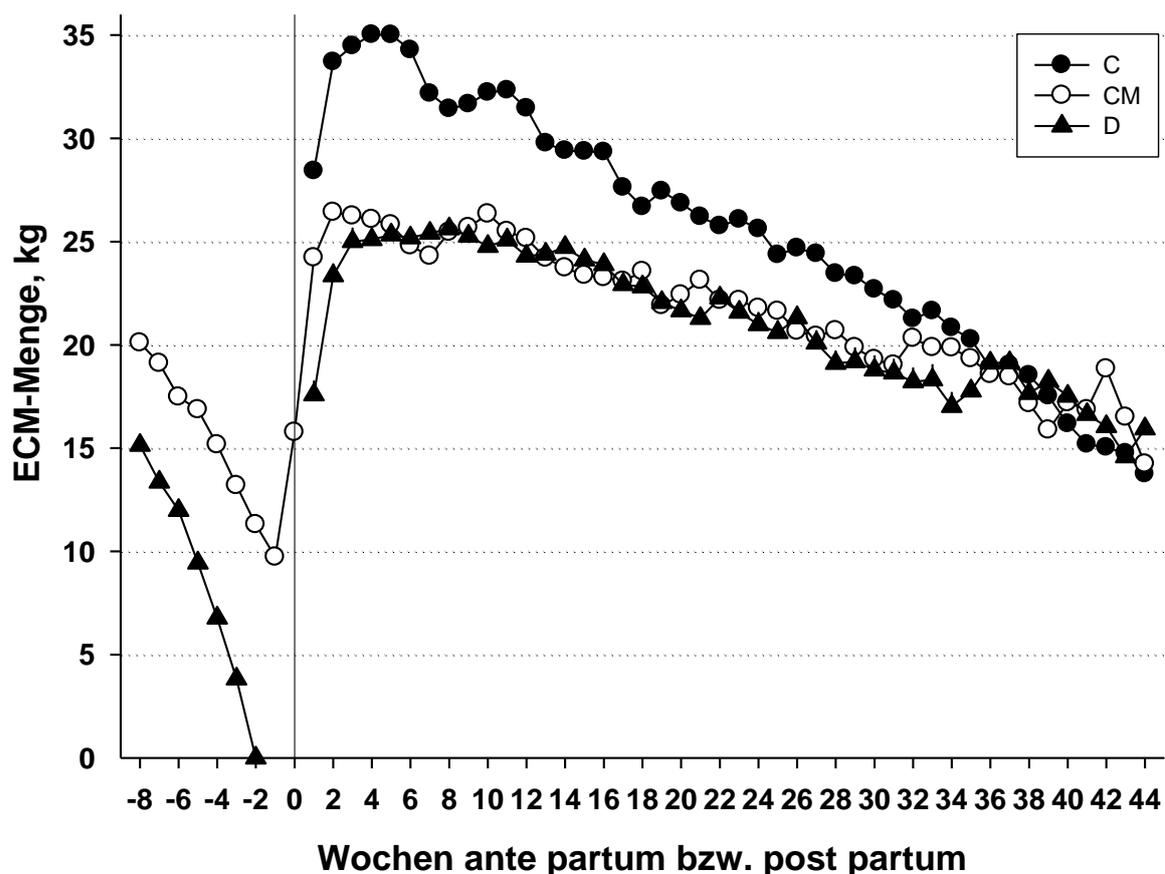


Abbildung 2: ECM-Menge der drei Versuchsgruppen

● C (control): Kontrollgruppe mit 56 Tagen Trockenstehphase, ○ CM (continuous milking): Versuchsgruppe ohne Trockenstehphase, ▲ D (dried off spontaneously): Versuchsgruppe, die sich mind. 14 Tage vor der Kalbung selbst trockenstellte; Unterschiede zur Gruppe C sind signifikant für den Zeitraum p.p. ($P < 0,001$)

5.4 Milchprotein

Die Milch der CM-Kühe war über den gesamten Versuchszeitraum durchschnittlich um 0,32 % reicher an Protein ($3,70 \pm 0,01$ %; $P < 0,001$), als die der C-Gruppe ($3,38 \pm 0,01$ %). Der durchschnittliche Milchproteingehalt der D-Kühe lag bei $3,71 \pm 0,02$ % und damit um 0,33 % höher als in Gruppe C ($P < 0,001$). Besonders proteinreich war die Milch in der späten Laktation kurz vor der Kalbung: Ihren höchsten Wert erreichte sie bei CM-Kühen in Woche -1 a.p. mit $5,60 \pm 0,03$ %, bei D-Kühen in Woche -3 a.p. mit $4,83 \pm 0,03$ % ($P < 0,001$).

5.4.1 305-Tage Proteinmenge

Die in den 305 Tagen der Laktation durchschnittlich produzierte Menge an Protein betrug für Kühe der Gruppe C $267,5 \pm 41,40$ kg, für die Gruppe CM $225,0 \pm 57,1$ kg ($P < 0,001$) und für Kühe der Gruppe D $226,7 \pm 86,1$ kg ($P < 0,001$). In Gruppe CM wurde also $42,5$ kg ($-15,9\%$) und in Gruppe D $40,8$ kg ($-15,3\%$) weniger Protein verglichen mit der Kontrollgruppe erzeugt.

5.4.2 zusätzliche Proteinmenge in der späten Trächtigkeit

Kühe aus den Gruppen CM und D produzierten in der Phase der späten Trächtigkeit zusätzlich $35,7 \pm 8,9$ kg bzw. $15,3 \pm 6,2$ kg Milchprotein ($P < 0,001$).

Aus der Addition mit der 305-Tage Proteinmenge erhält man für Gruppe CM eine erzeugte Proteingesamtmenge von $260,7 \pm 66,0$ kg und für Gruppe D von $242,0 \pm 92,3$ kg, was Einbußen von $2,5\%$ ($-6,8$ kg) und $9,5\%$ ($-25,5$ kg) gegenüber trocken-gestellten Kontrollkühen entspricht ($P < 0,001$).

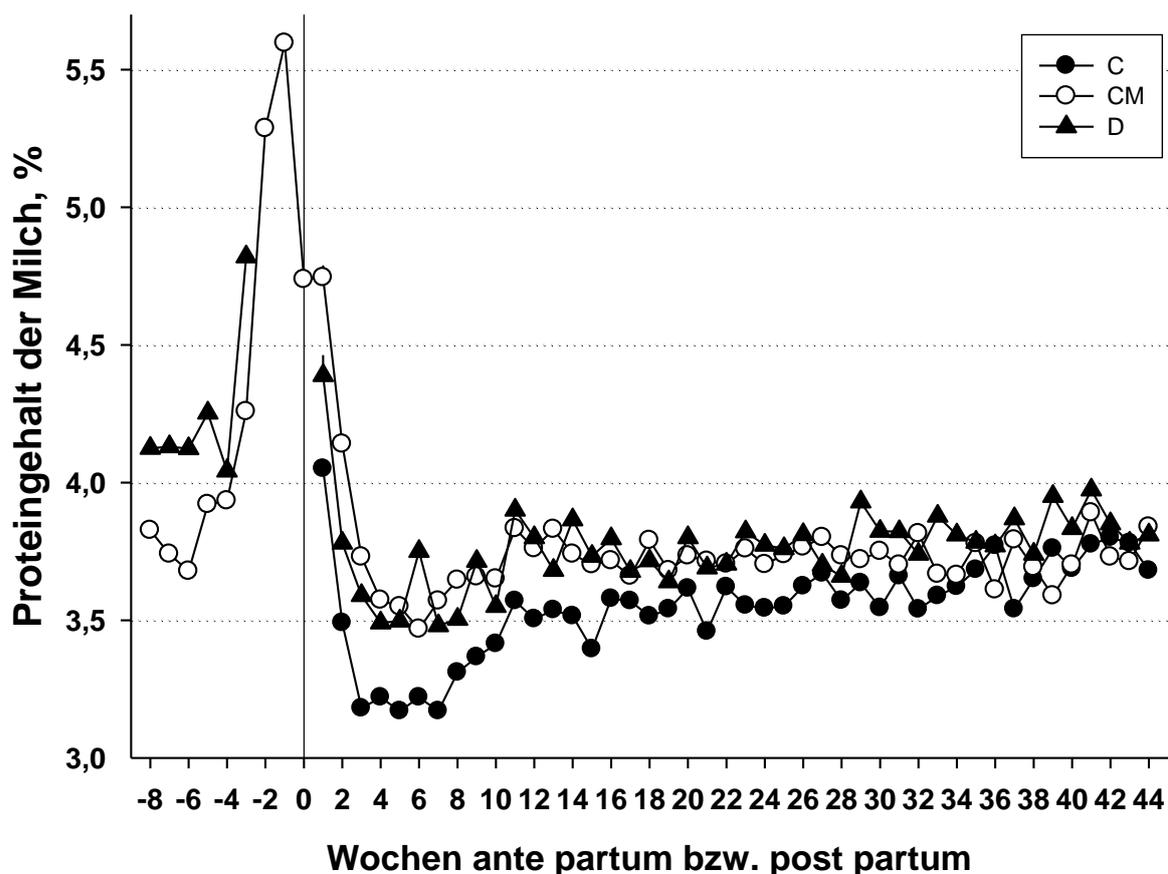


Abbildung 3: Proteingehalt der Milch

● C (control): Kontrollgruppe mit 56 Tagen Trockenstehphase, ○CM (continuous milking): Versuchsgruppe ohne Trockenstehphase, ▲ D (dried off spontaneously): Versuchsgruppe, die sich mind. 14 Tage vor der Kalbung selbst trockenstellte; Unterschiede zur Gruppe C sind signifikant für den Zeitraum p.p. ($P < 0,001$)

5.5 Milchfett

Das Melkregime vor der Kalbung hatte keinen Einfluss auf den Fettgehalt der Milch. Er lag in Gruppe C bzw. CM bei $4,29 \pm 0,02$ % bzw. $4,28 \pm 0,02$ % ($P = 0,9$), in Gruppe D bei $4,40 \pm 0,05$ % ($P = 0,4$).

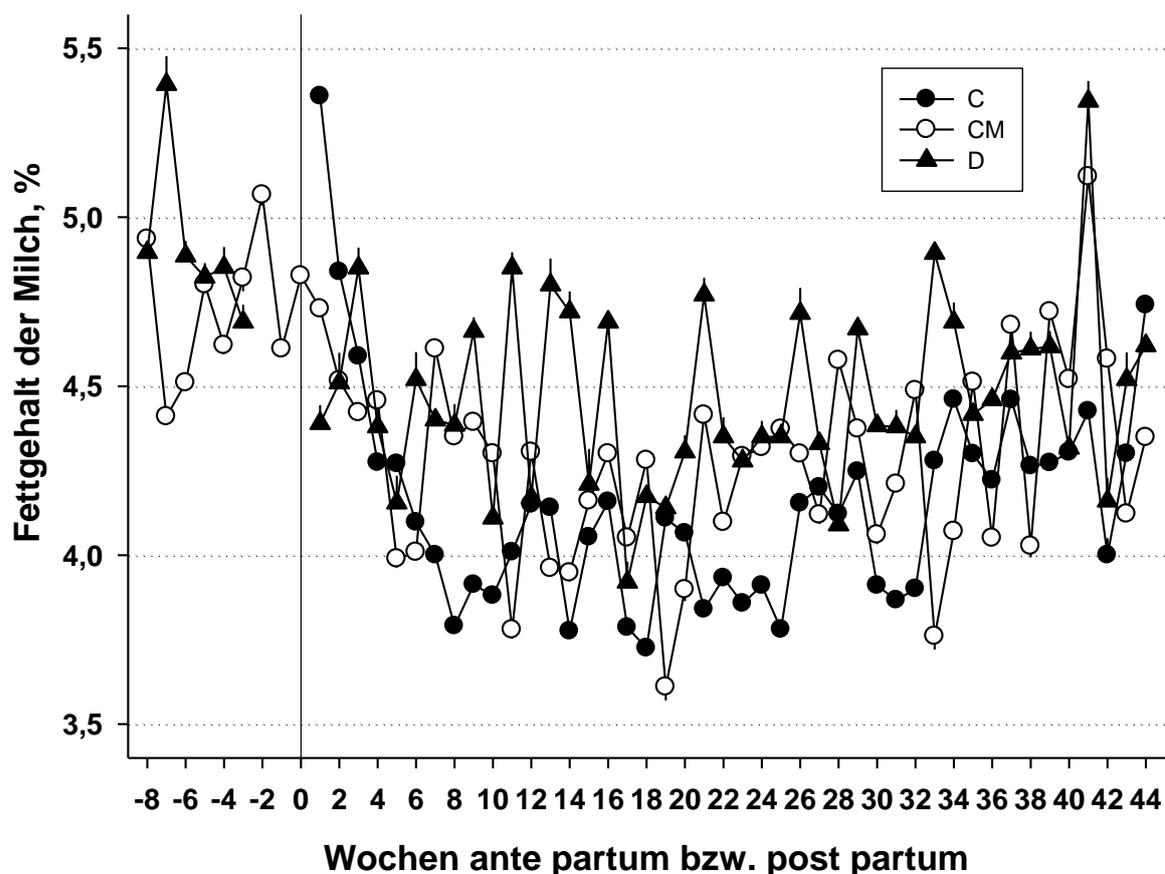


Abbildung 4: Fettgehalt der Milch

● C (control): Kontrollgruppe mit 56 Tagen Trockenstehphase, ○ CM (continuous milking): Versuchsgruppe ohne Trockenstehphase, ▲ D (dried off spontaneously): Versuchsgruppe, die sich mind. 14 Tage vor der Kalbung selbst trockenstellte; Unterschiede zur Gruppe C sind nicht signifikant

5.6 Eutergesundheit

In unserer Studie gab es keine messbaren Unterschiede hinsichtlich der Zellzahl in den einzelnen Gruppen. Die durchschnittliche Zellzahl lag in Gruppe C bei 156.000 ± 8.000 Zellen/ml, in Gruppe CM um 29.000 Zellen/ml (127.000 ± 16.000 Zellen/ml; $P = 0,3$) und in D um 25.000 Zellen/ml darunter (131.000 ± 15.000 Zellen/ml; $P = 0,5$).

Zu den an einer Mastitis erkrankten Tieren wurden nur Kühe mit makroskopisch verändertem Sekret und äußerlich sichtbaren Zeichen einer Entzündung gerechnet. Bei zwei Tieren aus Gruppe C (Woche 7 und 14 p.p.) und bei zwei Tieren aus Gruppe

CM (Woche -1 a.p. und 4 p.p.) ging die Euterentzündung auch mit einer fieberhaften Allgemeinerkrankung einher. Insgesamt erkrankten in der Gruppe CM 14 Kühe an einer Mastitis, davon 8 vor der Kalbung (Woche -8, -4, -2, -1 (5 Tiere)) und 6 zum Zeitpunkt der Kalbung bzw. danach (Woche 0 (2 Tiere), 1 (2 Tiere), 2, 4). In Gruppe C kam es zu 13 Mastitiden und zwar in Woche 0 (2 Tiere), 1, 3 (2 Tiere), 5, 7, 10, 13, 14 (2 Tiere), 15 und 39 p.p.. In Gruppe D wurden keine Euterentzündungen diagnostiziert.

5.7 Stoffwechselsituation und Gesundheit

5.7.1 Blutglukosespiegel

Kühe der Gruppe C hatten messbar niedrigere Blutglukosespiegel ($3,21 \pm 0,03$ mmol/l) als CM- ($3,36 \pm 0,04$ mmol/l; $P < 0,001$) und D-Kühe ($3,34 \pm 0,06$ mmol/l; $P < 0,05$). Damit lagen sie rund $0,15$ mmol/l bzw. $0,13$ mmol/l unter dem Durchschnittswert der CM- bzw. D-Kühe. Sowohl das Durchmelken als auch eine verkürzte Trockenstehphase führten bei den Tieren also zu signifikant höheren Blutglukosespiegeln verglichen mit dem Management mit normaler Trockenstehphase. Zu mindestens einer Unterschreitung eines Glukosewertes von $3,0$ mmol/l kam es im Laufe der Laktation bei 76 % der Kontrolltiere, bei 47 % der durchgemolkenen und bei 33 % der spontan trockengestellten Kühe.

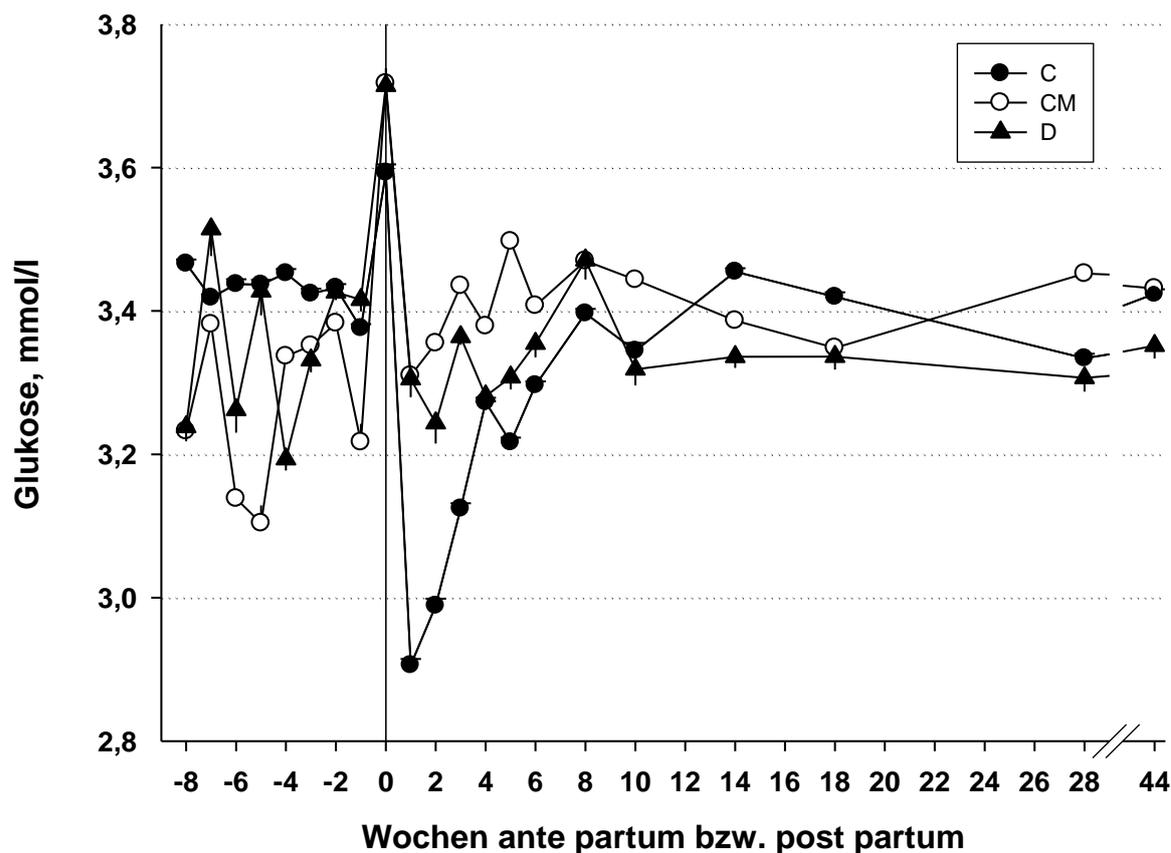


Abbildung 5: Blutglukosekonzentrationen in den drei Versuchsgruppen

● C (control): Kontrollgruppe mit 56 Tagen Trockenstehphase, ○CM (continuous milking): Versuchsgruppe ohne Trockenstehphase, ▲ D (dried off spontaneously): Versuchsgruppe, die sich mind. 14 Tage vor der Kalbung selbst trockenstellte; Unterschiede zur Gruppe C sind signifikant für den gesamten Zeitraum ($P < 0,001$ für CM und $P < 0,05$ für D)

5.7.2 Blutserumspiegel BHBA

Über den gesamten Versuchszeitraum wiesen CM-Kühe einen um 14 % niedrigeren ($569,6 \pm 26,3 \mu\text{mol/l}$; $P < 0,001$), D-Kühe einen um 12 % ($574,5 \pm 35,6 \mu\text{mol/l}$; $P < 0,05$) niedrigeren BHBA-Wert verglichen mit C-Kühen ($653,3 \pm 16,9 \mu\text{mol/l}$) auf.

Vor der Kalbung

Vor der Kalbung waren die Verläufe der BHBA-Konzentrationen aller drei Gruppen ähnlich.

Kalbung bis 8. Laktationswoche p.p.

Zum Zeitpunkt der Kalbung unterschieden sich die drei Gruppen geringfügig voneinander. Kühe der Gruppe C zeigten mit $638,3 \pm 77,7 \mu\text{mol/l}$ um etwa $100 \mu\text{mol/l}$ höhere BHBA-Serumspiegel als CM- und D-Kühe ($533,2 \pm 69,3$ bzw. $535,8 \pm 55,5 \mu\text{mol/l}$). In der ersten Laktationswoche stieg die BHBA Konzentration in Gruppe C sprunghaft auf $1012,1 \pm 159,2 \mu\text{mol/l}$, um eine weitere Woche später ihren Höhepunkt bei $1069,6 \pm 228,4 \mu\text{mol/l}$ zu erreichen. Die durchgemolkene Gruppe CM blieb dagegen konstant bei Konzentrationen unter $600,00 \mu\text{mol/l}$. Gruppe D wies nur in Woche 2 ($637,1 \pm 105,5 \mu\text{mol/l}$) und Woche 4 ($637,3 \pm 110,7 \mu\text{mol/l}$) leicht höhere Werte auf. In der 8. Laktationswoche erreichte die Gruppe C mit $514,5 \pm 29,8 \mu\text{mol/l}$ wieder das Niveau von CM ($565,7 \pm 39,2 \mu\text{mol/l}$) und D ($514,8 \pm 82,9 \mu\text{mol/l}$).

10. bis 44. Laktationswoche p.p.

Von Woche 10 bis 44 p.p. unterschieden sich die drei Gruppen kaum bezüglich ihrer BHBA-Konzentrationen.

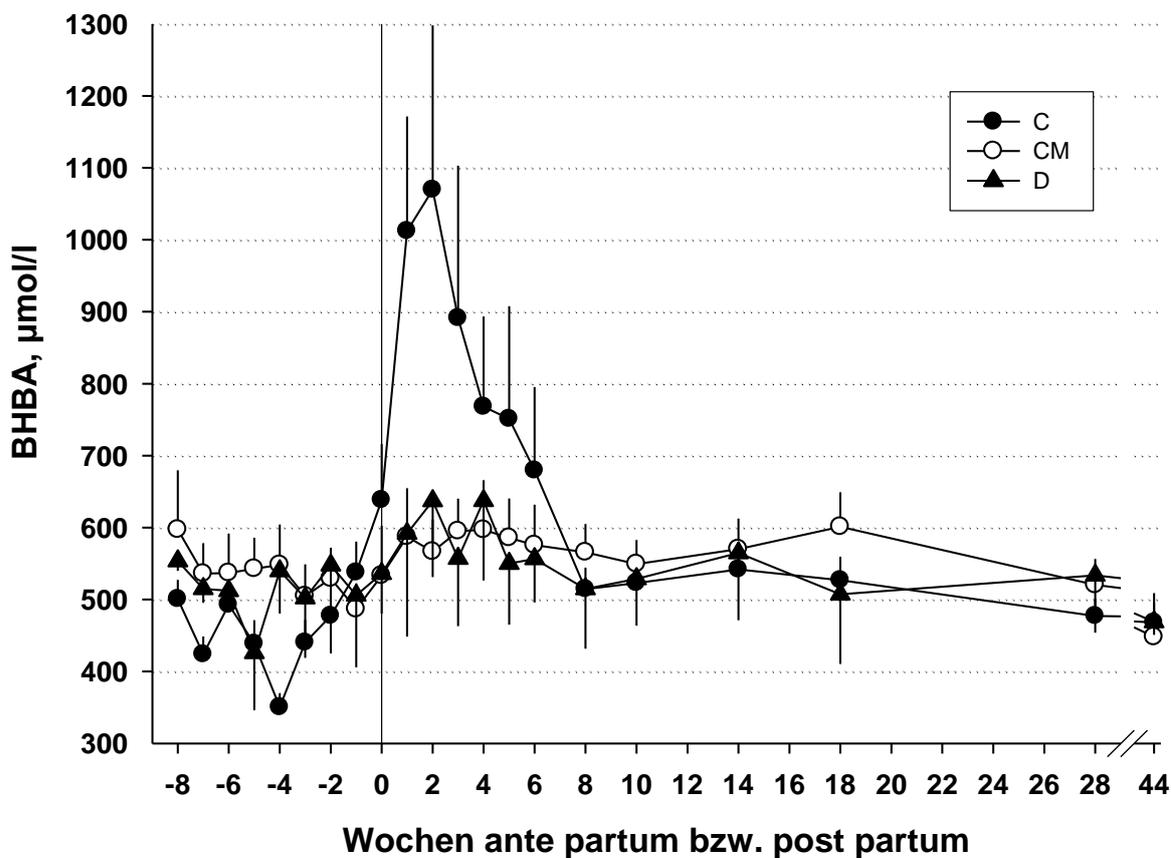


Abbildung 6: Verlauf der BHBA-Serumkonzentrationen

● C (control): Kontrollgruppe mit 56 Tagen Trockenstehphase, ○CM (continuous milking): Versuchsgruppe ohne Trockenstehphase, ▲ D (dried off spontaneously): Versuchsgruppe, die sich mind. 14 Tage vor der Kalbung selbst trockenstellte; Unterschiede zur Gruppe C sind signifikant für den gesamten Zeitraum ($P < 0,001$ für CM und $P < 0,05$ für D)

5.7.3 Blutserumspiegel NEFA

Verglichen mit Gruppe C ($0,49 \pm 0,02$ mmol/l) waren die gemessenen NEFA Konzentrationen über den gesamten Untersuchungszeitraum in Gruppe CM um 60 % ($0,20 \pm 0,03$ mmol/l; $P < 0,001$) und in Gruppe D um 55 % ($0,24 \pm 0,04$ mmol/l; $P < 0,001$) niedriger.

Vor der Kalbung

Von Woche -8 bis Woche -5 a.p. war der Verlauf der NEFA Konzentration der drei Gruppen ähnlich leicht steigend:

Gruppe C: von $0,13 \pm 0,001$ auf $0,23 \pm 0,003$ mmol/l

Gruppe CM: von $0,13 \pm 0,002$ auf $0,22 \pm 0,005$ mmol/l

Gruppe D: von $0,17 \pm 0,004$ auf $0,22 \pm 0,009$ mmol/l

Ab Woche -4 a.p. stiegen die Werte der C-Kühe stärker an als die der CM- und D-Kühe und waren eine Woche vor der Kalbung etwa doppelt so hoch ($0,46 \pm 0,008$; $0,21 \pm 0,003$; $0,17 \pm 0,008$ mmol/l in Gruppe C, CM und D).

Kalbung bis 8. Laktationswoche p.p.

Alle drei Gruppen erreichten die höchsten NEFA-Konzentrationen zum Zeitpunkt der Kalbung. Die CM- ($0,41 \pm 0,01$ mmol/l) und D-Kühe ($0,41 \pm 0,02$ mmol/l) zeigten jedoch nur halb so hohe Blutserumkonzentrationen wie C-Kühe ($0,90 \pm 0,01$ mmol/l). Nach der Kalbung fielen die Konzentrationen bei allen Kühen wieder steil ab und erreichten nach der 15. Laktationswoche ihre Basalwerte. Nur um Woche 6 p.p. zeichnete sich bei Gruppe CM und D erneut ein kurzer Anstieg ab ($0,19 \pm 0,004$ bzw. $0,36 \pm 0,03$ mmol/l).

10. bis 44. Laktationswoche p.p.

Die tiefste NEFA-Konzentration erreichten CM- und D-Kühe in der 18. Woche p.p. ($0,07 \pm 0,001$ mmol/l bzw. $0,09 \pm 0,003$ mmol/l), C-Kühe in der 28. Laktationswoche ($0,07 \pm 0,001$ mmol/l). Auf- oder absteigende Tendenzen waren ab diesem Zeitpunkt nicht mehr erkennbar.

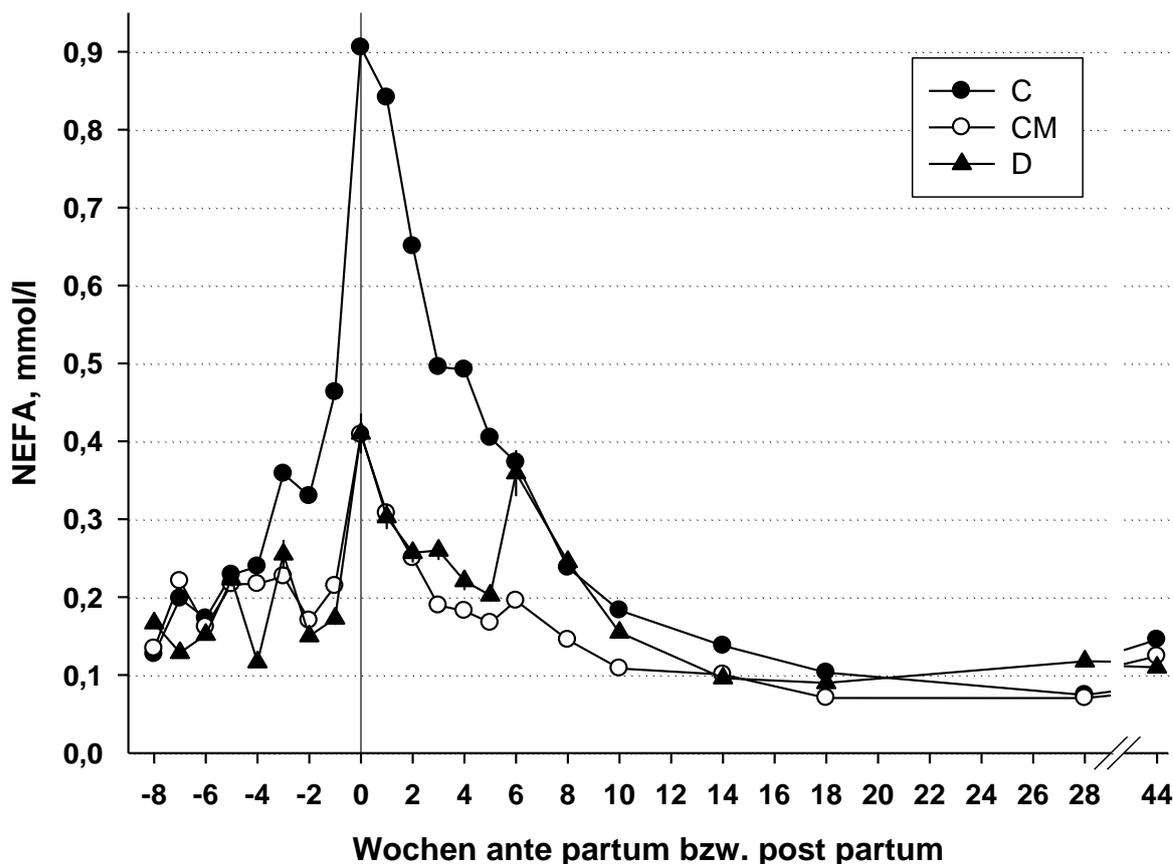


Abbildung 7: Verlauf der NEFA-Serumkonzentrationen

● C (control): Kontrollgruppe mit 56 Tagen Trockenstehphase, ○CM (continuous milking): Versuchsgruppe ohne Trockenstehphase, ▲ D (dried off spontaneously): Versuchsgruppe, die sich mind. 14 Tage vor der Kalbung selbst trockenstellte
 Unterschiede zur Gruppe C sind signifikant für den gesamten Zeitraum ($P < 0,001$)

5.7.4 Kalziumspiegel im Blutserum

Der Verlauf des Gesamtkalziumspiegels im Blut der drei Gruppen war ähnlich. Eine Beeinflussung durch das Melkregime konnte nicht festgestellt werden. Bei allen Kühen gab es zum Zeitpunkt der Kalbung einen deutlichen Einbruch auf $< 2,2$ mmol/l. Allerdings lag zum Zeitpunkt der Kalbung eine Unterschreitung des Kalziumwertes von 2,0 mmol/l bei 21 Kühen aus Gruppe C (43 %), sieben Kühen aus Gruppe CM (20 %) und vier Kühen aus Gruppe D (28 %) vor. Zum klinischen Bild der Gebärpäresse kam es bei fünf Kühen aus Gruppe C (10 %).

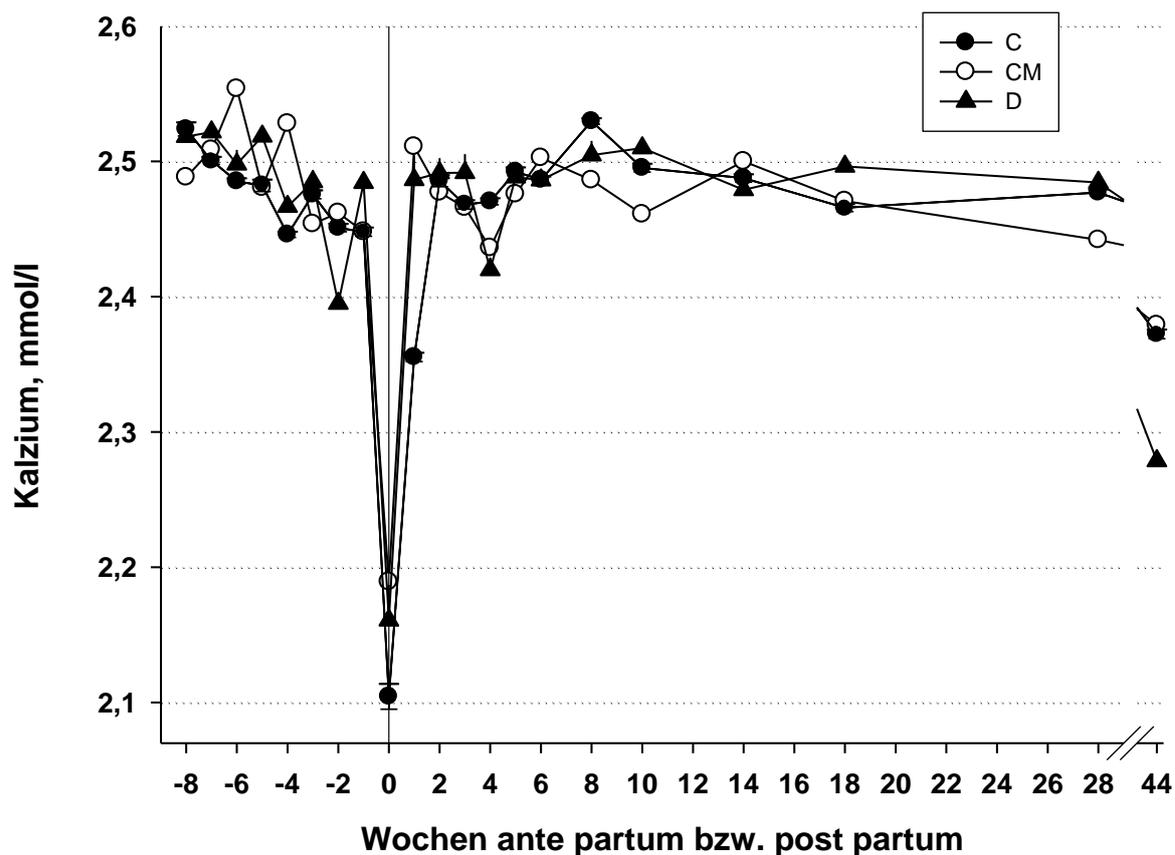


Abbildung 8: Verlauf des Gesamtkalziumspiegels in den drei Versuchsgruppen

● C (control): Kontrollgruppe mit 56 Tagen Trockenstehphase, ○ CM (continuous milking): Versuchsgruppe ohne Trockenstehphase, ▲ D (dried off spontaneously): Versuchsgruppe, die sich mind. 14 Tage vor der Kalbung selbst trockenstellte; Unterschiede zur Gruppe C sind nicht signifikant

5.7.5 IGF-1

Über den gesamten Versuchszeitraum lag der durchschnittliche IGF-1 Wert von Kühen der Gruppe C bei $2,02 \pm 0,10$ ng/ml und war damit um 0,48 ng/ml niedriger als bei CM-Kühen ($2,50 \pm 0,15$ ng/ml; $P < 0,001$). Ebenso hatten D-Kühe höhere IGF-1 Blutspiegel als C-Kühe ($2,52 \pm 0,21$ ng/ml; $P < 0,01$).

Vor der Kalbung

In der vorliegenden Studie befanden sich die IGF-1 Plasmakonzentrationen der Gruppe C von Woche 8 bis 3 a.p. auf einem deutlich höheren Niveau, als die der CM- und D-Kühe. Dabei war von Woche -8 a.p. bis Woche -1 a.p. eine fallende Tendenz von $4,46 \pm 0,04$ ng/ml auf $3,18 \pm 0,02$ ng/ml erkennbar, während sich Tiere aus Gruppe CM und D im selben Zeitraum bei einem Wert von $3,00 \pm 0,30$ ng/ml einpendelten ($P < 0,001$).

Kalbung bis 8. Laktationswoche p.p.

Zum Zeitpunkt der Kalbung fielen C-Kühe auf durchschnittliche IGF-1 Werte von $1,60 \pm 0,02$ ng/ml, eine Woche später um weitere 0,20 ng/ml auf $1,44 \pm 0,01$ ng/ml ab und erreichten erst vier Wochen später wieder Werte über 2,00 ng/ml. Kühe aus Gruppe CM und D unterschritten dagegen zu keinem Zeitpunkt der Messungen Werte unter 2,10 ng/ml ($P < 0,001$).

10. bis 44. Laktationswoche p.p.

Von der 10. bis zur 44. Laktationswoche verliefen die IGF-1 Konzentrationen in allen drei Gruppen ähnlich: Die gemessenen Werte stiegen mit dem Fortschreiten der Laktation und lagen bei Woche 44 p.p. bei Werten von $3,35 \pm 0,03$ ng/ml, $3,04 \pm 0,03$ ng/ml und $2,75 \pm 0,16$ ng/ml (C-, CM- und D-Kühe).

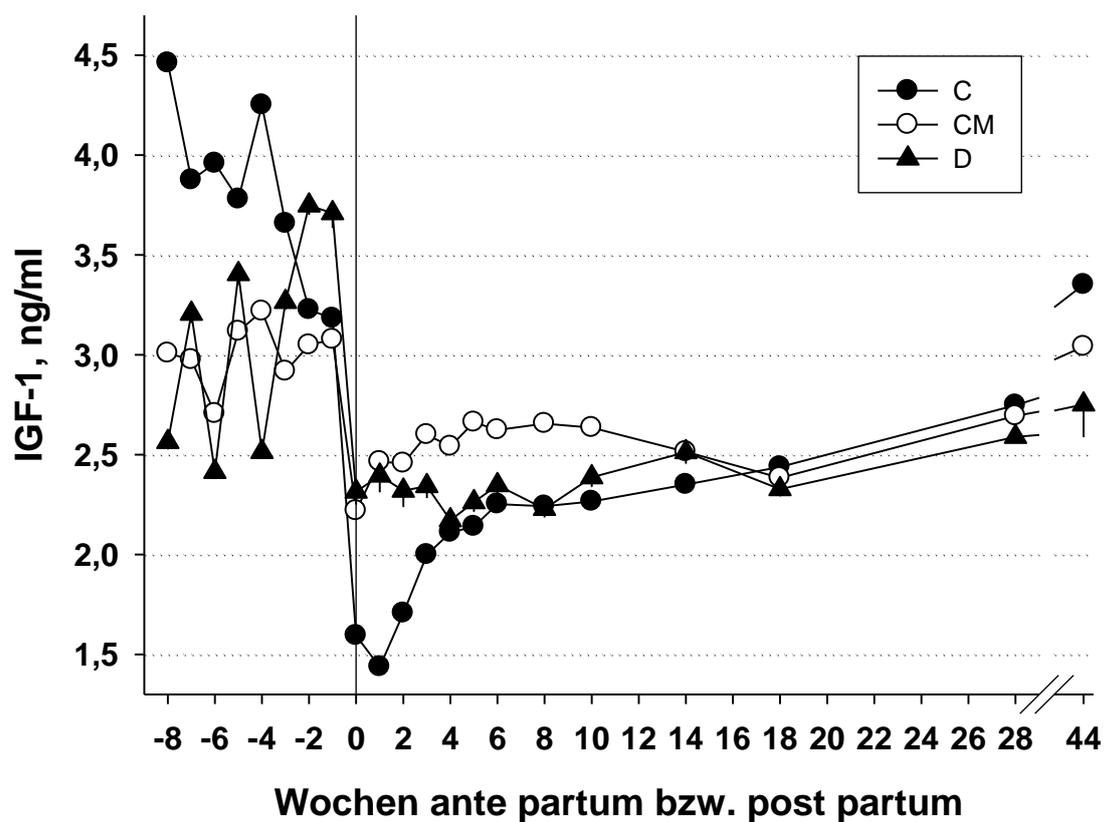


Abbildung 9: Verlauf der IGF-1 Blutplasmakonzentration

● C (control): Kontrollgruppe mit 56 Tagen Trockenstehphase, ○ CM (continuous milking): Versuchsgruppe ohne Trockenstehphase, ▲ D (dried off spontaneously): Versuchsgruppe, die sich mind. 14 Tage vor der Kalbung selbst trockenstellte; Unterschiede zur Gruppe C sind signifikant für den gesamten Zeitraum p.p. ($P < 0,001$).

5.7.6 Rückenfettdicke

Die größten Veränderungen der Rückenfettdicke wurden in Gruppe C verzeichnet.

Vor der Kalbung

Gemessen wurde die Rückenfettdicke acht und vier Wochen vor der Kalbung. Am meisten Körperfett bauten in dieser Zeit die trockengestellten Kühe auf. Ihr Wert lag vier Wochen a.p. bei $21,4 \pm 0,2$ mm, wohingegen die RFD von CM-Kühen $17,8 \pm 0,2$ mm ($P < 0,001$), die von D-Kühen $18,5 \pm 0,5$ mm ($P < 0,001$) betrug.

Kalbung bis 10. Laktationswoche p.p.

Zum Zeitpunkt der Kalbung hatten die Tiere der Gruppe CM bereits leicht an RFD abgenommen ($16,9 \pm 0,2$ mm). Bei C- und D-Kühen begann der Abbau von Körperfett erst mit der Kalbung. Am meisten wurde von den Tieren in Gruppe C abgebaut, gefolgt von D- und schließlich CM-Kühen. Der niedrigste Wert wurde in allen drei Versuchsgruppen zehn Wochen nach der Kalbung erreicht und betrug bei C-Kühen $12,7 \pm 0,1$ mm, bei CM-Kühen $15,0 \pm 0,2$ mm ($P < 0,001$) und bei D-Kühen $14,1 \pm 0,4$ mm ($P < 0,001$). Die Tiere aus der Kontrollgruppe bauten also in den ersten zehn Wochen der Laktation 40 % ihrer Rückenfettdicke ab, CM-Tiere 15 % und D-Tiere 27 %.

10. bis 44. Laktationswoche p.p.

Im Verlauf der restlichen Laktation lag die Körperkondition der Kühe der beiden Versuchsgruppen deutlich über der der Kontrolltiere und erreichte in der 44. Laktationswoche ihren jeweils höchsten Wert ($18,2 \pm 0,1$ mm, $21,1 \pm 0,2$ mm und $21,3 \pm 0,4$ mm für C, CM und D).

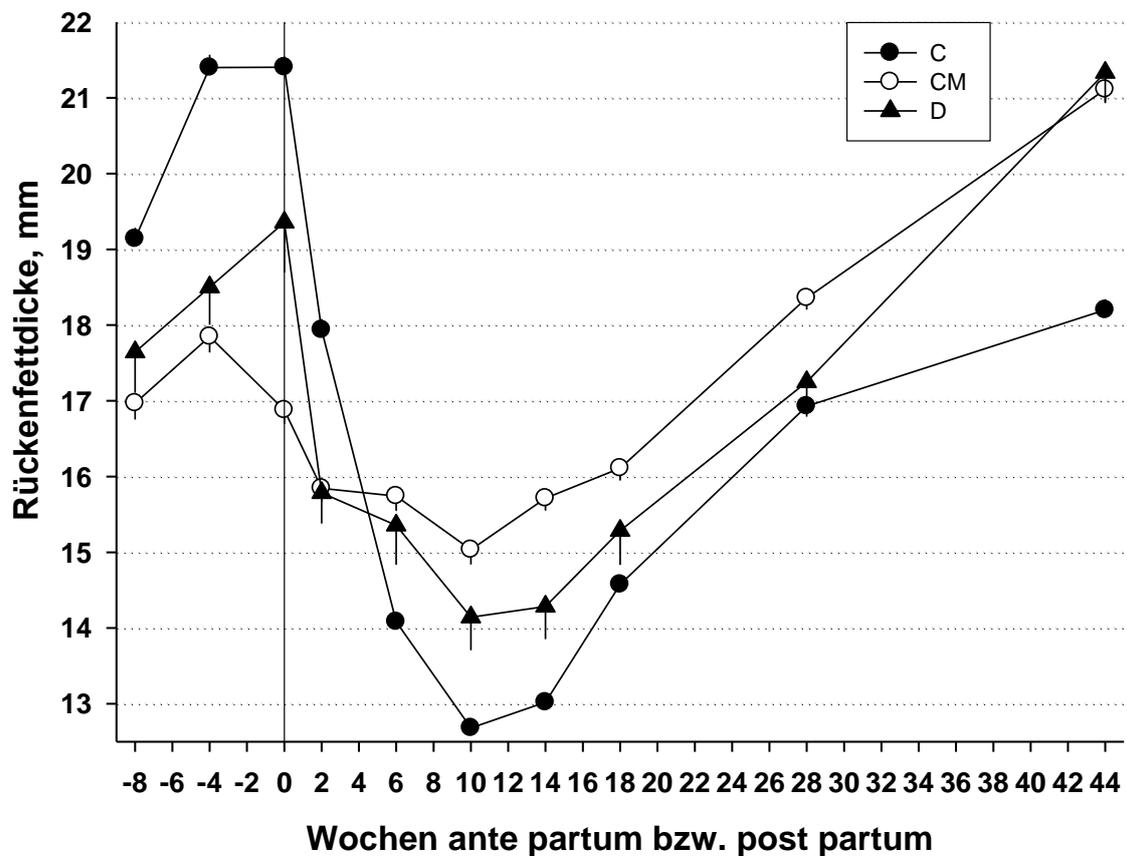


Abbildung 10: Veränderung der Rückenfett Dicke

● C (control): Kontrollgruppe mit 56 Tagen Trockenstehphase, ○ CM (continuous milking): Versuchsgruppe ohne Trockenstehphase, ▲ D (dried off spontaneously): Versuchsgruppe, die sich mind. 14 Tage vor der Kalbung selbst trockenstellte; Unterschiede zur Gruppe C sind signifikant für den gesamten Zeitraum ($P < 0,001$)

5.8 Erkrankungen in den einzelnen Gruppen

Von besonderem Interesse sind die Auswirkungen des Melkregimes auf die Inzidenz bestimmter Krankheiten. Zur Auswertung der Ergebnisse wurden die Gruppen CM und D zusammengefasst.

Ein deutlich messbarer Unterschied bezüglich ihres Vorkommens konnte bei Puerperalstörungen (Retentio secundinarium, Metritis) nachgewiesen werden ($P = 0,03$). Hier erkrankten acht Tiere der Gruppe C und nur eine Kuh der Gruppe CM. Ein Effekt zeigte sich außerdem für das Auftreten von klinischer Ketose und klinischer Hypokalzämie mit Festliegen ($P = 0,05$). Fünf Kontrollkühe zeigten manifeste Symptome einer Ketose. Genauso viele Kühe zeigten in Gruppe C eine Gebärparese. Keine der beiden Erkrankungen kam in Gruppe CM oder D vor. Für alle weiteren Erkrankungen konnte kein sichtbarer Unterschied zwischen den Gruppen ermittelt werden. In Zahlen ausgedrückt gab es aber in Gruppe C sechs Tiere, die bei mindestens einer Messung einen BHBA-Wert von 1,4 mmol/l überschritten, d.h. an subklinischer Ketose litten, dagegen nur ein Tier in Gruppe CM. Elf C-Kühe, sechs CM-Kühe und eine D-Kuh zeigten Lahmheiten aufgrund septischer Pododermatitiden. Drei Kontrollkühe und eine durchgemolkene Kuh litten an einer Gelenksentzündung. Die häufigste Erkrankung in Gruppe CM war die Mastitis. Vierzehn Kühe erkrankten an einer Euterentzündung, wobei diese bei zwei Kühen fieberhaft verlief. In der Kontrollgruppe kamen insgesamt 13 Mastitiden vor, ebenfalls zwei davon in Verbindung mit Fieber. In Gruppe D gab es keine Mastitis.

Tabelle 6: Vorkommen der Erkrankungen in den einzelnen Gruppen

¹ Kontrollgruppe, ² Anzahl, ³ durchgemolkene Gruppe, ⁴ spontan trocken gestellte Gruppe, ⁵ der Unterschied zwischen den Gruppen ist signifikant ab $P < 0,05$

	C ¹ (n ² = 49)	CM ³ und D ⁴ (n = 49)	P-Wert ⁵
Puerperalstörung	8	1	0,03
Ketose klinisch	5	-	0,05
Hypokalzämie	5	-	0,05
Ketose subklinisch	6	1	0,11
Klauenprobleme	11	7	0,44
Arthritis	3	1	0,61
Mastitis	13	14	0,82

5.9 Fruchtbarkeit

Tage bis zum ersten Östrus

Das Melkregime vor der Kalbung hatte einen messbaren Einfluss auf die Dauer bis zur ersten Brunst. Normal trocken gestellte Kühe kamen $34,0 \pm 2,6$ Tage p.p. in den ersten Östrus, durchgemolkene Kühe durchschnittlich mit $27,2 \pm 1,3$ Tagen, also 6,8 Tage früher ($P < 0,001$). Tiere der Gruppe D lagen mit einer ersten Brunst bei $31,6 \pm 2,1$ Tagen zwischen den beiden anderen Gruppen ($P < 0,001$).

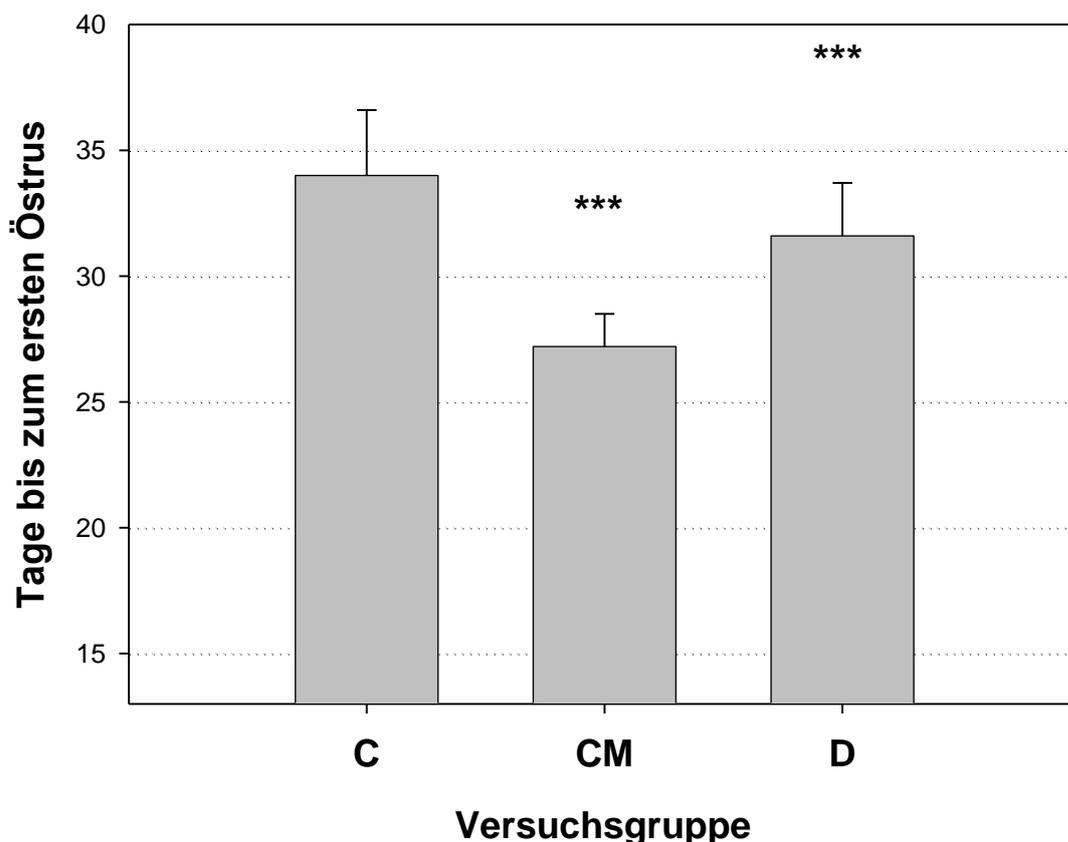


Abbildung 11: Tage bis zum ersten Östrus

C (control): Kontrollgruppe mit 56 Tagen Trockenstehphase, CM (continuous milking): Versuchsgruppe ohne Trockenstehphase, D (dried off spontaneously): Versuchsgruppe, die sich mind. 14 Tage vor der Kalbung selbst trockenstellte; Sterne kennzeichnen einen signifikanten Unterschied zur Gruppe C ($P < 0,001$)

Rastzeit

In unserer Studie betrug die Rastzeit, also die Dauer bis zur ersten Besamung, $61,0 \pm 2,8$ Tage für Gruppe C, $54,8 \pm 1,8$ Tage für Gruppe CM ($P = 0,3$) und $63,2 \pm 2,8$ Tage für Gruppe D ($P = 0,9$). Es konnte kein Einfluss auf die Rastzeit durch die unterschiedliche Behandlung der drei Gruppen festgestellt werden. Negativ auf die Länge der Rastzeit wirkten sich Puerperalstörungen aus. Tiere mit Nachgeburtverhalten oder Metritiden nach der Kalbung hatten eine durchschnittlich um 32 % verlängerte Rastzeit (Wert) als Tiere ohne Puerperalstörungen (Wert; $P < 0,001$).

Günstzeit und Anzahl an Besamungen

Durchschnittlich wurden Kühe aus Gruppe C $87,7 \pm 3,0$ Tage p.p. erfolgreich besamt. Hierfür waren $2,03 \pm 0,54$ Besamungen nötig. Bei Tieren der Gruppe CM betrug die Günstzeit $81,1 \pm 2,3$ Tage -also etwa eine Woche weniger verglichen mit Kontrolltieren ($P < 0,01$)- bei $1,92 \pm 0,38$ Besamungen ($P = 0,7$). Eine messbare Auswirkung auf die Dauer bis zur Konzeption, nicht aber auf die Anzahl an Besamungen, hatte auch die verkürzte Trockenstehphase bei den D-Kühen: Sie wurden durchschnittlich $12,7$ Tage früher trächtig als Kontrollkühe ($75,1 \pm 3,2$ Tage; $P < 0,001$) bei $1,75 \pm 0,49$ Besamungen ($P = 0,9$). Von bestimmten Krankheiten wurde die Günstzeit nachweislich negativ beeinflusst: Kühe, die an einer Puerperalstörung litten, hatten eine um 53 % verlängerte Günstzeit ($127,6 \pm 6,9$ Tage) verglichen mit Kühen, deren Puerperium ungestört verlief ($83,4 \pm 2,9$ Tage; $P < 0,001$).

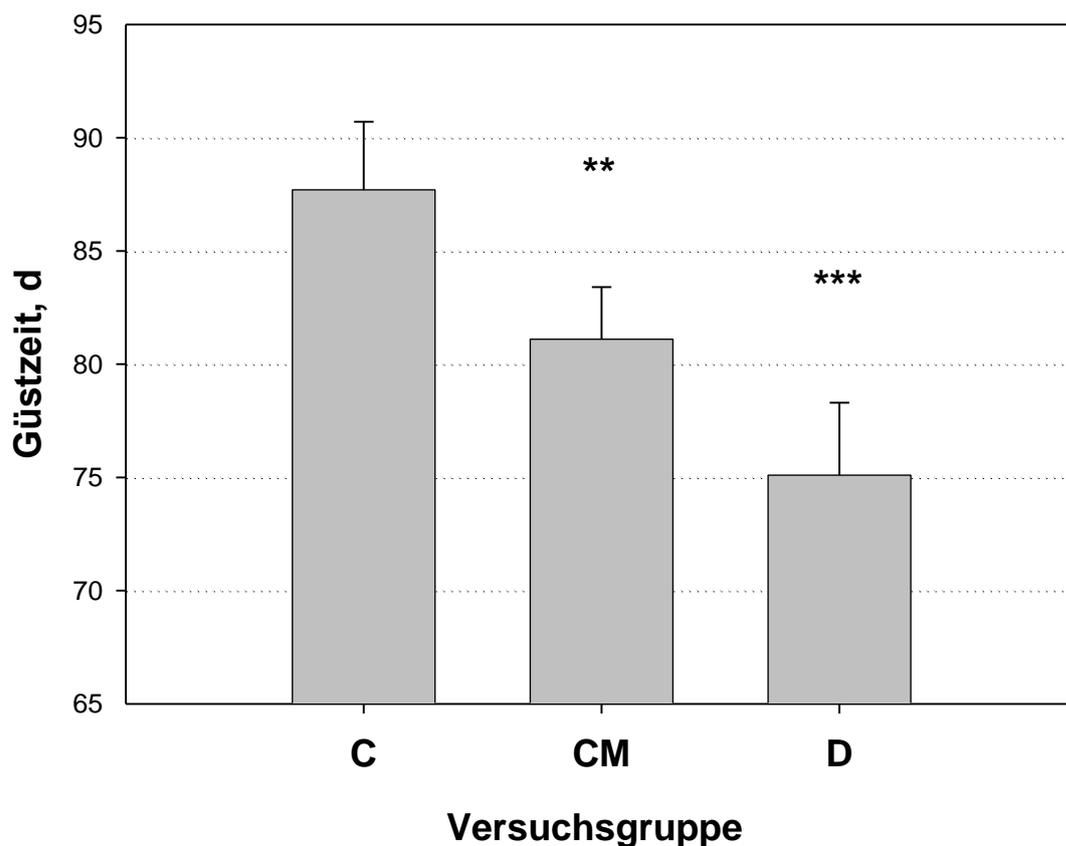


Abbildung 12: Günstzeit in den drei Versuchsgruppen

C (control): Kontrollgruppe mit 56 Tagen Trockenstehphase, CM (continuous milking): Versuchsgruppe ohne Trockenstehphase, D (dried off spontaneously): Versuchsgruppe, die sich mind. 14 Tage vor der Kalbung selbst trockenstellte; Sterne kennzeichnen einen signifikanten Unterschied zur Gruppe C (** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$)

5.10 Geburtsgewicht der Kälber

Kälber von CM-Kühen waren durchschnittlich um 2,3 kg ($45,3 \pm 1,2$ kg; $P = 0,07$), Kälber von D-Kühen um 0,5 kg ($47,1 \pm 1,7$ kg; $P = 0,8$) leichter als Kälber von C-Kühen, die ein durchschnittliches Geburtsgewicht von $47,6 \pm 1,6$ kg hatten. Es besteht ein schwacher Zusammenhang zwischen dem geringeren Geburtsgewicht der Kälber und dem vollständigen Durchmelken der Kühe.

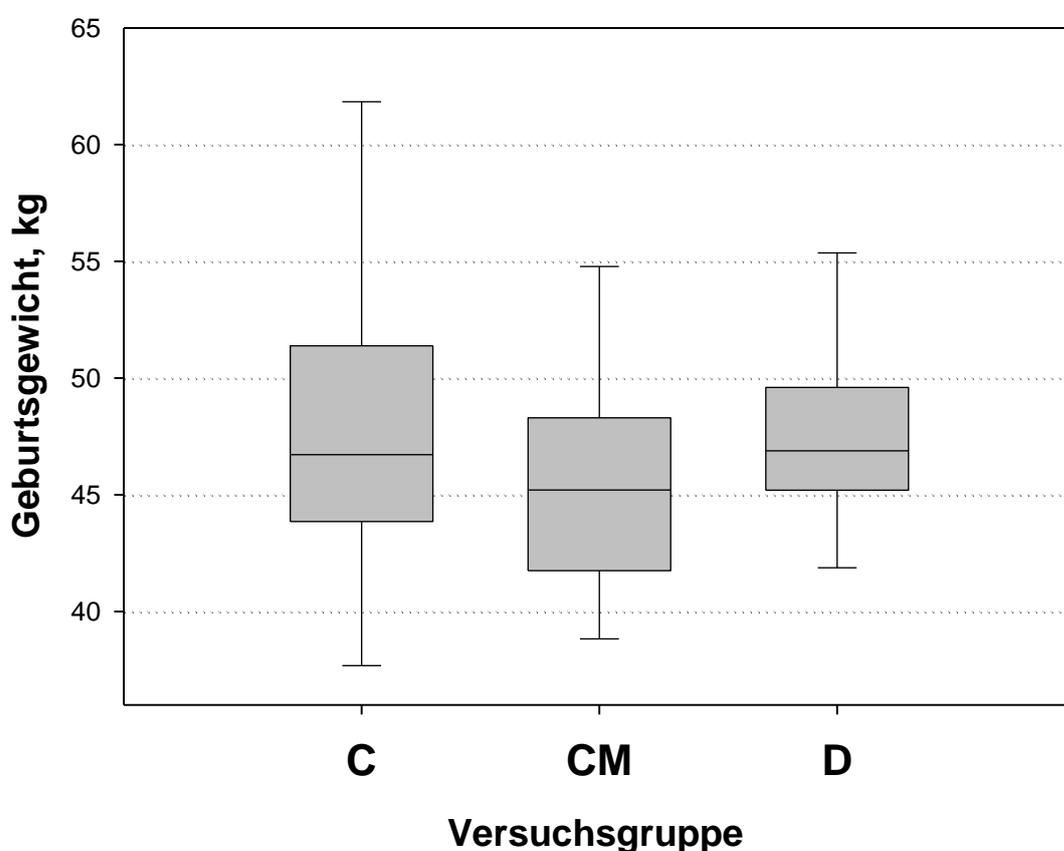


Abbildung 13: Geburtsgewicht der Kälber

C (control): Kontrollgruppe mit 56 Tagen Trockenstehphase, CM (continuous milking): Versuchsgruppe ohne Trockenstehphase, D (dried off spontaneously): Versuchsgruppe, die sich mind. 14 Tage vor der Kalbung selbst trockenstellte; Unterschiede zur Gruppe C sind nicht signifikant

6 Diskussion

6.1 Bewährung des Durchmelkens in der Praxis

In unserer Studie konnten diejenigen Kühe erfolgreich durchgemolken werden, die acht Wochen vor der Kalbung eine durchschnittliche energiekorrigierte Tagesmilchleistung von mindestens 20 kg hatten. Kühe, die unter diesem Wert lagen, stellten sich vermehrt selbst trocken. Geeignete Tiere suchten den Roboter regelmäßig auf und sanken nur langsam in ihrer Leistung. Vor dem Hintergrund der in der Vergangenheit stetig gestiegenen Leistung und den daraus resultierenden Problemen mit leistungsassoziierten Erkrankungen müssen gängige Methoden kritisch untersucht und Alternativen in Erwägung gezogen werden (Breves 2007). Die höchstmögliche Milchleistung in der Folgelaktation und die für das Kalb hochwertige Kolostralmilch sind zwei Argumente für die achtwöchige Ruhephase vor dem Kalben. Letztere wurde von uns zwar nicht explizit untersucht, adspektorisch fielen aber bei allen durchgemolkenen Kühen die hellere Farbe und die dünnflüssigere Konsistenz der ersten Milch nach der Kalbung auf. Diese Beobachtungen werden auch von anderen Autoren unterstützt. Gulay et al. (2005) beschreibt einen geringeren Immunglobulin-gehalt der Milch von Kühen mit auf 30 Tage verkürzter Trockenstehphase im Vergleich zu 70 Tage lang trockengestellten Tieren. In unserer Studie wurden daher die Kälber der durchgemolkenen Kühe mit dem Kolostrum anderer Kühe aus dem Betrieb versorgt, welches für diesen Zweck tiefgefroren aufbewahrt wurde. Dies scheint Grund genug, nicht alle Tiere eines Betriebes durchzumelken. Zusätzlich sind die Tierzahlen in den Betrieben so ausgelegt, dass ein gewisser Anteil, nämlich die Trockensteher, nicht gemolken wird. Bei konventionellen Melksystemen mag sich die höhere Tierzahl bei der Melkung durch einen Mehraufwand an Arbeit bewältigen lassen, bei automatischen Melksystemen hingegen stößt man ab einer gewissen Anzahl an Kühen an seine betrieblichen Grenzen durch das AMS. Bei den genannten Nachteilen lohnt es sich trotzdem, über das Durchmelken einzelner Kühe nachzudenken. Besonders geeignet sind Kühe mit hoher Milchleistung und erfahrungsgemäß guter Persistenz. Durch das Durchmelken schwächt man die extreme Leistungsspitze in der frühen Laktation bewusst ab und mindert somit den metabolischen Stress der Hochleistungskuh, was sich auf einen messbar auf den Gesundheitszustand auswirkt. Der verbesserte metabolischen Zustand wurde mehrfach untersucht und bestä-

tigt die vorliegenden Ergebnisse (Rastani et al. 2005; Schlamberger et al. 2010). Andersen et al. (2005) zeigte in seinem Versuch, bei dem 14 Holstein Kühe durchgemolken wurden, dass diese in den ersten fünf Wochen p.p. deutlich niedrigere BHBA und NEFA Blutkonzentrationen aufwiesen, als die 14 Tiere der Kontrollgruppe mit siebenwöchiger Trockenstehphase. In unserer Studie wurden von C-Kühen sogar erst in Woche 8 p.p. die BHBA und NEFA Werte von Kühen der Gruppen CM und D erreicht. Außerdem konnten, wie in der vorliegenden Studie auch, über den gesamten Versuchszeitraum in der Versuchsgruppe höhere Glukosespiegel gemessen werden. Auf die Laktation nach dem Durchmelken folgte in unserer Studie wie gewohnt eine Trockenstehphase. Bei Kühen aus Gruppe CM und D, die zum jetzigen Zeitpunkt bereits erneut gekalbt haben, wurde die für die dritte oder höhere Laktation zu erwartende Milchleistung erreicht, so dass von keinen negativen Langzeiteffekten durch das Vernachlässigen der Trockenstehphase ausgegangen werden kann.

6.2 Kuhkomfort

In unserer Studie signalisierten die Kühe ihre Bereitschaft, gemolken zu werden, indem sie das AMS freiwillig aufsuchten. Trockengestellte Kühe werden in einen anderen Bereich des Stalles, ohne Zugang zum Roboter, verbracht. Steigt der Euterinnendruck durch den fehlenden Milchentzug über den Sekretionsdruck, so versiegt die Milchproduktion. Ob hier vor allem bei Kühen mit noch hoher Milchmenge zum Zeitpunkt des Trockenstellens Schmerzen oder Unbehagen auftreten, lässt sich schwer nachweisen. Bei Rötungen und Schwellungen des Euters, wie sie zum Teil nach dem Trockenstellen vorübergehend auftreten, kann aber davon ausgegangen werden (Wendt et al. 1998). Tiere, die später der Gruppe D zugeteilt wurden, sanken stark in der Milchmenge, bekamen auch dementsprechend weniger oder gar kein Kraftfutter mehr im Roboter und ließen sich immer seltener und schließlich gar nicht mehr melken. Dagegen suchten durchgemolkene Kühe mit guter Persistenz, die bis zur Kalbung noch eine nicht unbeachtliche Menge Milch gaben und damit im AMS entsprechend ihrer Leistung Kraftfutter erhielten, den Roboter regelmäßig und bis zu dreimal täglich auf.

6.3 Interpretation der Blutwerte und der Veränderung der Rückenfettdicke im Hinblick auf die Stoffwechselsituation der drei Versuchsgruppen

Mit Hilfe der gemessenen Blutparameter Glukose, BHBA, NEFA, Kalzium und IGF-1, in Verbindung mit der Entwicklung der Rückenfettdicke, können Rückschlüsse auf die Stoffwechselsituation der Kuh gezogen werden. Dabei sind die einzelnen Werte nicht getrennt voneinander zu betrachten, sondern als komplexes System mit verschiedenen Komponenten. So zieht beispielsweise eine starke Erhöhung der NEFA Blutspiegel eine Steigerung der BHBA Konzentration nach sich, wenn z.B. in Energiemangelsituationen nicht genügend Oxalacetat als Akzeptormolekül zur Verfügung steht und die C2-Bruchstücke aus dem Körperfettabbau zu Ketonkörpern verstoffwechselt werden müssen (Dobbelaar et al. 1996).

Wie anfällig das Tier im Einzelnen auf erhöhte Blutwerte reagiert und wie es den metabolischen Stress kompensieren kann, hängt auch von der genetischen Veranlagung ab (Klein et al. 2010). Trotzdem gab es zwischen den einzelnen Gruppen messbare Unterschiede: Bezüglich der Glukose-, BHBA-, NEFA- und IGF-1 Blutkonzentrationen, ebenso wie für die Veränderungen der Rückenfettdicke zeigte sich eine klare Beeinflussbarkeit durch das Melkregime.

Gruppe C:

Besonders in der Kontrollgruppe fallen der sprunghafte Anstieg von NEFA um die Kalbung bzw. von BHBA in den ersten beiden Wochen p.p. auf. Die Blutserumkonzentrationen von NEFA steigen also schon vor der Kalbung an, während es zum Anstieg von BHBA erst kommt, wenn mit Einsetzen der Laktation schnell verfügbare Energie benötigt wird. Das Ansteigen der Werte spiegelt den Versuch wider, die veränderten Ansprüche an den Stoffwechsel zu Beginn der Laktation zu kompensieren (Bowden 1971). Daraus resultieren negative Auswirkungen, z.B. auf das Puerperium, die Milchleistung und den Leberstoffwechsel (Herdt 1988; Chapinal et al. 2011; Chapinal et al. 2012). Zum Zeitpunkt der höchsten Milchleistung, in der 6. Laktationswoche, haben die Blutserumspiegel von NEFA und BHBA wieder beinahe ihre Normalwerte erreicht, d.h. die größten Probleme bereitet der Hochleistungskuh die Phase um die Kalbung und kurz danach, in der der Körper seinen Stoffwechsel an die steigende Leistung adaptieren muss. Der Verlauf der Rückenfettdicke zeigt ebenfalls, dass durch den starken Abbau von Körpermasse versucht wird, die Zeit der negativen Energiebilanz zu überbrücken. Eine besondere

Gefahr birgt dabei die Überkonditionierung während des Trockenstehens. Fronk et al. (1980) zeigte in seiner Studie, dass überkonditionierte Kühe nach der Kalbung mit deutlich höheren Insulin- und NEFA Blutspiegeln und mit stärker ausgeprägten Verlusten an Körpergewicht reagieren, als die Kontrolltiere desselben Versuches mit normalem Gewicht.

Ein ausgeglichener Stoffwechsel spiegelt sich in einem konstanten Blutglukosespiegel wider. Seine Aufrechterhaltung wird von einem komplexen hormonellen Zusammenspiel garantiert und schwankt in der Regel nur wenig (Pedron et al. 1993). In der Hochlaktation besteht allerdings häufig eine mangelnde Glukoseverfügbarkeit (Staufenbiel et al. 1993). Daraus entstehende Probleme sind die Ketose und das Fettmobilisationssyndrom, sowohl in klinischer als auch in subklinischer Form (Fürl 2000). Die zeitweise Entgleisung des metabolischen Gleichgewichts wird auch anhand des Blutglukosespiegels sichtbar: Bei 76 % der höher leistenden C-Kühe wurde bei mindestens einer Messung ein kritischer Wert von 3,0 mmol/l unterschritten. Bei CM und D waren es dagegen nur 46 bzw. 33 % der Tiere. Zusätzlich war auch der Durchschnittswert über den gesamten Messungszeitraum signifikant niedriger als bei den Tieren der Versuchsgruppen.

Im Vergleich zu den Tieren der durchgemolkenen Gruppen waren die IGF-1 Spiegel während des Trockenstehens deutlich höher: Die Energieversorgung der Kühe ist hier besonders gut. Eine Tatsache, die sich auch in den Zunahmen der Rückenfettdicke zeigt. Bereits drei Wochen vor der Kalbung sank die IGF-1 Konzentration im Blut der C-Kühe deutlich ab, bedingt durch einen schlechteren Energiestatus durch die verringerte Futteraufnahme kurz vor der Kalbung und das Wachstum des Kalbes. In Woche 1 p.p. erreichte sie schließlich ihren niedrigsten Wert von $1,44 \pm 0,01$ ng/ml und erst drei weitere Wochen später wieder ähnliche Werte wie bei Kühen der Versuchsgruppen. Die erhobenen Daten zeigen erneut die stärker ausgeprägte und länger andauernde negative Energiebilanz (NEB) der trockengestellten Kühe. Auch andere Studien zeigen einen Zusammenhang, zwischen IGF-1, der NEB, bestimmten Blutmetaboliten und der Fruchtbarkeit. Bei Zulu et al. (2002b) hatten Kühe mit p.p. stark ausgeprägter NEB niedrige IGF-1 Spiegel sowie vermehrt Fruchtbarkeitsprobleme (Ovarialzysten, persistierende Corpora lutea). Außerdem bestand eine negative Korrelation zwischen der Höhe des IGF-1 und des NEFA Blutspiegels.

Gruppe CM:

Die Anforderungen an die Adaptionsmechanismen des Körpers von durchgemolkenen Kühen sind weitaus geringer: Sie sind auf täglichen Milchentzug eingestellt und können die durch die steigende Milchmenge veränderten Ansprüche kompensieren. Weder Fütterungsumstellungen noch Umstellungen vom trockenstehenden zum laktierenden Teil der Herde beeinflussen den Metabolismus negativ. Die bessere Stoffwechselsituation spiegelt sich auch in den Blutwerten wider: Zwar lässt sich bei BHBA und NEFA zum Zeitpunkt der Kalbung bzw. in den zwei folgenden Wochen ebenfalls ein leichter Anstieg erkennen, dieser fällt jedoch deutlich niedriger aus, als bei den Kontrolltieren. Die Höhe der BHBA und NEFA Konzentration kann als zuverlässiger Prädiktor für die gesundheitliche Verfassung der Milchkuh herangezogen werden. So werden BHBA Spiegel zwischen 1,2 und 1,4 mmol/l mit dem gehäuften Auftreten von Metritiden, klinischer Ketose, Brunstlosigkeit p.p. und schwerer Mastitiden assoziiert (LeBlanc 2010; Seifi et al. 2011).

Ähnliche Ergebnisse zeigt der Verlauf der IGF-1 Blutkonzentration: Hier werden zwar um den Zeitraum der Kalbung in allen Gruppen die niedrigsten Werte gemessen, in den beiden Versuchsgruppen werden aber zu keinem Zeitpunkt der Messungen Werte von 2,10 ng/ml unterschritten. Die geringeren Schwankungen der IGF-1 Blutkonzentration können wieder Ausdruck einer ausgeglicheneren Energieversorgung der durchgemolkenen Kühe besonders zu Beginn der Laktation sein. Die Ergebnisse neuere Studien würden auch den Zusammenhang zwischen den höheren IGF-1 Spiegeln der CM- und D-Kühe und der kürzeren Dauer bis zum ersten Östrus bzw. bis zur erfolgreichen Besamung erklären. Darin wird davon ausgegangen, dass IGF-1 als Vermittler zwischen dem nutritiven Status und der Reproduktionsleistung agiert (Zulu et al. 2002a). So wird garantiert, dass das Zyklusgeschehen erst aufgenommen wird, wenn der metabolische Zustand der Kuh dies zulässt (Velazquez et al. 2008).

Die bessere Energiebilanz bestätigt sich auch im ultrasonographisch gemessenen Abbau von Körpermasse nach der Kalbung: Während Kontrolltiere stark von ihren Körperreserven zehrten, mussten Kühe der Versuchsgruppen in deutlich geringerem Ausmaß auf die Mobilisation von Körperfett zur Energiegewinnung zurückgreifen. damit dürften CM- und D-Kühe auch weniger von der Einlagerung von Triglyceriden

in der Leber als Folge des starken Körperfettabbaus betroffen sein (Staufenbiel et al. 1993).

Auffällig ist eine Zunahme der Rückenfettdicke gegen Ende der Folgelaktation: Betrag der durchschnittliche Wert zum Zeitpunkt der Kalbung $16,9 \pm 6,1$ mm, so hatte sich dieser in Woche 44 p.p. auf $21,1 \pm 5,9$ mm erhöht. Dies lässt sich zum einen auf den als positiv zu bewertenden geringeren Abbau an Rückenfett kurz nach der Kalbung, zum anderen auf die Zunahmen gegen Ende der Laktation aufgrund geringerer Milchleistung zurückführen. Um eine Verfettung der durchgemolkenen Kühe zu verhindern, sollte der Energiegehalt der Grundration überprüft werden. Die Fütterung verschiedener Rationen für Frisch- und Spätlaktierende würde einer übermäßigen Zunahme an Rückenfett vorbeugen.

Gruppe D:

Die Stoffwechselsituation spontan trockengestellter Kühe lässt sich mit der durchgemolkener Kühe vergleichen. Sowohl die BHBA- als auch die NEFA- und die IGF-1 Werte zeigten einen ähnlichen Verlauf.

Die im Vergleich zur Gruppe CM stärkeren Zunahmen der Rückenfettdicke vor der Kalbung lassen sich durch die niedrige Milchleistung im Verhältnis zum Energiegehalt der Fütterung erklären. Bei Woche 0 betrug ihr Durchschnittswert $19,4 \pm 9,3$ mm, womit sie $2,5 \pm 3,2$ mm über Gruppe CM und $2,0 \pm 2,1$ mm unter Gruppe C lagen. Auch beim Abbau der Körpermasse nach der Kalbung bewegten sie sich zwischen den beiden anderen Versuchsgruppen. Aus denselben Gründen wie bei den durchgemolkenen Kühen fand gegen Ende der Laktation eine Zunahme der Körperkondition auf $21,3 \pm 5,4$ mm statt. Remond et al. (1997a) beschreibt ebenfalls einen geringeren bzw. gar keinen Fettabbau p.p. bei Kühen mit verkürzter (weniger als 6-8 Wochen) Trockenstehphase und bei durchgemolkenen Kühen. Übermäßige Zunahmen gegen Ende der Laktation werden hier nicht genannt.

6.4 Vergleich der Milchleistung und der Proteinmenge

Kühe, bei denen die Trockenstehphase ganz vernachlässigt wurde, gaben, bezogen auf die energiekorrigierte 305-Tage Leistung, durchschnittlich 15,6 % weniger Milch als Kühe der Kontrollgruppe. Leicht höhere Prozentsätze werden in der Literatur angegeben: Einbußen zwischen 16,5 und 22 % wurden bei ähnlichen Versuchen fest-

gestellt (Remond et al. 1997a; Remond et al. 1997b; Andersen et al. 2005; Schlamberger et al. 2010). Anders als z.B. von Remond et al. (1997a) beschrieben, wurde die Milchmenge der Kontrollgruppe selbst dann von den Durchgemolkenen nicht erreicht, wenn man die in der späten Trächtigkeit erzeugte Milch der durchgemolkenen Tiere der 305-Tage Leistung noch hinzuaddiert. Zwar sind die Mindererträge geringer, betragen aber noch 3,1 %. Eine Begründung hierfür mag darin liegen, dass in der oben genannten Studie Tiere der milchbetonten Rasse Holstein Friesian (HF) und nicht wie in unserer Studie die Zweinutzungsrasse Deutsches Fleckvieh (DF) untersucht wurden.

Am wenigsten Milch gaben Kühe, die sich selbst trockengestellt hatten. Die 305-Tage Leistung dieser Kühe lag 16,6 bzw. 1,2 % unter Kühen der Gruppe C bzw. CM. Mit dieser Gruppe kristallisierten sich die leistungsschwächeren Tiere aus Gruppe CM heraus, die zum Durchmelken nicht geeignet waren.

Trotz ihres Mehrgehaltes an Milchprotein um durchschnittlich 0,3 %, konnten die Versuchskühe die durch die Einbußen der Milchmenge entstandenen Verluste der insgesamt produzierten Proteinmenge nicht ausgleichen. Sie erzeugten 2,5 % (CM: -6,8 kg) und 9,5 % (D: -25,5 kg) weniger Protein im Vergleich zu trockengestellten Kontrollkühen. Ähnliche Mehrgehalte an Protein bei durchgemolkenen Kühen beschreibt auch Remond et al. (1992) mit 0,2-0,3 %. Bei Schlamberger et al. (2010) sind es sogar fast 0,4 % mehr an Protein. In dieser Studie dienten allerdings Braunvieh-Kühe als Versuchstiere, die ohnehin schon besonders proteinreiche Milch liefern (Cerbulis und Farrell Jr 1975).

6.5 Auswirkungen des Melkregimes auf die Fruchtbarkeit

Insgesamt wirkt sich das Durchmelken positiv auf die Fruchtbarkeit der verwendeten Kühe aus. Die durchgemolkenen Kühe kamen in der vorliegenden Studie nachweislich vor den trockengestellten Tieren in den ersten Östrus und wurden auch früher trächtig. Auf die Rastzeit und die Anzahl an nötigen Besamungen bis zur Trächtigkeit hatte das Melkregime keinen Einfluss.

Die komplexen Auswirkungen einer NEB p.p. und der Höhe der Blutspiegel von BHBA, NEFA und IGF-1 auf die Fruchtbarkeit wurden in der Vergangenheit hinreichend untersucht. Grundsätzlich gilt wieder: Je schlechter die Energieversorgung der Kuh, je höher die Blutkonzentrationen an BHBA und NEFA und je niedriger die IGF-1

Spiegel, umso weniger wird die Kuh an intakter ovarieller Aktivität zeigen (Butler und Smith 1989; Ingvarlsen et al. 2003; Velazquez et al. 2008; Butler 2010; Chapinal et al. 2012). Die bessere Stoffwechsellage der durchgemolkenen Kühe ließ eine Woche früher als bei regulär trockengestellten Kühen das Auftreten eines ersten Zyklus zu. Bei der Länge der Rastzeit lässt sich keine Beeinflussung durch das Melkregime feststellen. Eine mögliche Begründung hierfür ist die aktive Entscheidung des Landwirts für den richtigen Zeitpunkt der Besamung. Beispielsweise schließt die Einhaltung einer freiwilligen Wartezeit eine (zu) frühzeitige Besamung aus.

Durch das geänderte Melkregime ließ sich ein positiver Effekt für die Dauer bis zur Konzeption zeigen: Bei durchgemolkenen Tieren konnte die Günstzeit signifikant um etwa eine Woche, nämlich auf $81,1 \pm 2,3$ Tage, verkürzt werden. Noch günstiger wirkt sich scheinbar eine verkürzte Trockenstehphase auf die Konzeption aus: Kühe aus Gruppe D wurden bereits mit $75,1 \pm 3,2$ Tagen erfolgreich besamt.

6.6 Finanzielle Auswirkungen der Erkrankungen in den verschiedenen Versuchsgruppen

Im Folgenden werden die Kosten zusammengefasst, die durch die aufgetretenen Erkrankungen in den drei Versuchsgruppen im Einzelnen entstanden sind. Tierärztliche Leistungen wurden gemäß des einfachen Satzes der Gebührenordnung für Tierärzte (GOT, Stand Januar 2013, netto) berechnet, die Preise der verwendeten Medikamente richten sich nach den Preislisten der Herstellerfirmen (Stand Januar 2013, netto). Außerdem wurden die durch die Wartezeiten der Medikamente (WZ für Milch in Tagen (d), im Folgenden in Klammern angegeben) verursachten Milchverluste berücksichtigt. Für die Berechnung der Gewinneinbußen wurde die wöchentliche Durchschnittsmilchleistung zum Zeitpunkt der Erkrankung und ein Milchauszahlungspreis in Höhe von 35,52 Cent pro Kilogramm Milch (amtlicher bayerischer Durchschnitt 2011, bei 4,0 % Fett und 3,4 % Eiweiß, netto) zu Grunde gelegt.

In der Berechnung nicht berücksichtigt wurden die anfallenden Anfahrtkosten des Tierarztes, der zusätzliche Zeitaufwand des Tierhalters durch die Nachbehandlung und die durch die Erkrankung verminderte Milchleistung in der weiteren Laktation.

6.6.1 Puerperalstörungen

Nachgeburtverhalten

Insgesamt kam es bei vier Kühen aus Gruppe C, jedoch bei keiner Kuh aus Gruppe CM oder D zur Nachgeburtverhaltung, d.h. zu einem inkompletten oder fehlenden Abgang der Eihäute bis zwölf Stunden oder mehr p.p. (Grunert und Andresen 1984). Die Erstbehandlung erfolgte durch einen Tierarzt, für die Nachbehandlung wurden Medikamente an den Tierhalter abgegeben. Insgesamt erfolgte eine Behandlung über drei Tage.

Kosten durch tierärztliche Leistungen:

Untersuchung, Nachgeburtabnahme, Uterusinstillation, zwei intravenöse (i.v.) Injektionen: **74,31 €**

Kosten durch Medikamente (Anwendung und Abgabe):

Tetracyclin Uterusstäbe (WZ 3 d), Antibiotikum aus der Gruppe der Sulfonamide (WZ 4 d), nicht-steroidales Antiphlogistikum (WZ 4 d): **44,17 €**

Milchverlust durch Wartezeiten:

Verlust an Tag 6 und 7 nach der Kalbung: **22,06 €**

Gesamtkosten pro Tier: **140,54 €**

Gesamtkosten Gruppe C: **562,16 €**

Gesamtkosten Gruppe CM und D: **entfällt**

Metritis

In Gruppe C erkrankten vier Tiere an einer Metritis mit bei der rektalen Untersuchung deutlich fühlbarer Füllung des Uterus, einer Verdickung der Gebärmutterwand und zum Teil äußerlich sichtbarem, getrübbtem Ausfluss. Bei den durchgemolkenen Kühen trat bei einem Tier eine Metritis auf.

Kosten durch tierärztliche Leistungen:

Untersuchung, rektale Untersuchung, Instillation einer Suspension zur intrauterinen Anwendung, eine intramuskuläre (i.m.) Injektion: **55,20 €**

Kosten durch Medikamente (Anwendung):

Suspension zur intrauterinen Anwendung (WZ 0 d), Prostaglandin F₂ alpha (WZ 0 d): **15,80 €**

Milchverlust durch Wartezeiten: entfällt

Gesamtkosten pro Tier: **71,00 €**

Gesamtkosten Gruppe C: **284,00 €**

Gesamtkosten Gruppen CM und D: **71,00 €**

6.6.2 Hypokalzämische Gebärparese

Ausschließlich bei Kühen der Gruppe C kam es zum klinischen Bild der hypokalzämischen Gebärparese. Fünf Tiere erhielten kalziumhaltige Infusionslösungen durch einen Tierarzt.

Kosten durch tierärztliche Leistungen:

Untersuchung, i.v. Injektion, i.v. Infusion: **45,47 €**

Nachbesuch, i.v. Injektion, i.v. Infusion: **38,64 €**

Kosten durch Medikamente (Anwendung):

Kalziumchloridhaltige Infusionslösung (WZ 0 d), 40 %ige Glukoselösung, Vitamin B12 und phosphorhaltiges Präparat (WZ 0 d): **28,91 €**

Milchverlust durch Wartezeiten: entfällt

Gesamtkosten pro Tier: **113,02 €**

Gesamtkosten Gruppe C: **565,10 €**

Gesamtkosten Gruppen CM und D: **entfällt**

6.6.3 Klinisch manifeste Ketose

In Gruppe C zeigten fünf Kühe deutliche Symptome einer Hyperketonämie mit sinkender Milchleistung, zunehmender Fressunlust und Verdauungsstörungen. Ein im Urin durchgeführter Ketose Schelltest (Medi-Test Keton, Macherey-Nagel, Düren, Deutschland) verlief positiv. Es erfolgten zwei Behandlungen im Abstand von zwei Tagen durch einen Tierarzt.

Kosten durch tierärztliche Leistungen:

Untersuchung, Ketosetest, i.v. Injektion, i.v. Infusion: **49,05 €**

Nachbesuch, i.v. Injektion, i.v. Infusion: **38,64 €**

Kosten durch Medikamente (Anwendung):

40 %ige Glukose Lösung (WZ 0 d), Kortikosteroid (WZ 4 d): **23,72 €**

Milchverlust durch Wartezeiten:

Verlust an sechs aufeinander folgenden Tage durch zweimalige Applikation eines Kortikosteroids (WZ 4 d): **73,52 €**

Gesamtkosten pro Tier: **184,93 €**

Gesamtkosten Gruppe C: **924,65 €**

Gesamtkosten Gruppen CM und D: **entfällt**

6.6.4 Subklinische Ketose

Schwer zu erfassen sind die Kosten, die durch eine subklinische Ketose verursacht werden. Zwar entstehen hier keine direkten Kosten durch eine tierärztliche Behandlung, doch in der Regel erreicht eine Kuh mit erhöhten BHBA-Werten nicht ihre maximal mögliche Milchleistung. Man muss mit Einbußen von 2 bis 9 % bei der Milchmenge rechnen (Dohoo und Martin 1984; Miettinen 1994; Duffield et al. 2009). Einen BHBA-Wert von > 1,4 mmol/l überschritten zu mindestens in einem Messungszeitpunkt sechs C-Kühe und eine Kuh aus den Gruppen CM und D und galten damit an subklinischer Ketose erkrankt. Zur Berechnung der Verluste wurde von durchschnittlichen Milcheinbußen von 5 % ausgegangen.

Gesamtkosten pro Tier **137,62 €** bzw. **115,44 €** (C bzw. CM und D)

Gesamtkosten Gruppe C: **825,72 €**

Gesamtkosten Gruppen CM und D: **115,44 €**

6.6.5 Arthritis

Drei Tiere aus Gruppe C und ein Tier aus den Gruppen CM und D erkrankten an je einem Gelenk an einer Arthritis mit Lahmheit, äußerlich deutlich sichtbarer Schwellung und Schmerzhaftigkeit bei Palpation.

Kosten durch tierärztliche Leistungen:

Untersuchung, i.v. Injektion, i.m. Injektion: **25,29 €**

Nachbesuch, i.v. Injektion, i.m. Injektion: **18,46 €**

Kosten durch Medikamente (Anwendung und Abgabe):

nicht-steroidales Antiphlogistikum (WZ 4 d), Benzylpenicillin-haltiges Antibiotikum (WZ 4 d), Acetatmischung (WZ 0 d) : **50,22 €**

Milchverlust durch Wartezeiten:

Milchverlust an zehn aufeinander folgenden Tagen durch sechsmalige Anwendung eines Antibiotikums (WZ 4 d): **89,83 €** bzw. **75,98 €** (Gruppe C bzw. CM und D)

Gesamtkosten pro Tier: **183,80** bzw. **173,71 €** (Gruppe C bzw. CM und D)

Gesamtkosten Gruppe C: **551,40 €**

Gesamtkosten Gruppe CM und D: **173,71 €**

6.6.6 Lahmheiten durch Klauenerkrankungen

An den Klauen trat bei elf Tieren aus Gruppe C bzw. bei sieben Tieren aus den Gruppen CM und D eine Pododermatitis auf, die in allen Fällen septisch verlief. Diese Erkrankung verursacht nicht nur Behandlungskosten durch einen Tierarzt, sondern vor allem Milcheinbußen durch erhöhte Liegezeiten und dadurch wiederum verminderte Futteraufnahme. Es erfolgten zwei initiale Behandlungen durch einen Tierarzt und eine Medikamentenabgabe an den Tierhalter für vier weitere Tage. Bei der Behandlung einer septischen Pododermatitis (soleare oder parietale) entstanden folgende Kosten:

Kosten durch tierärztliche Leistungen:

Untersuchung, Klauenkorrektur, Lokalanästhesie, orthopädische Versorgung und Verband, i.v. Injektion, i.m. Injektion: **76,37 €**

Nachbesuch, Verbandswechsel, i.v. Injektion, i.m. Injektion: **39,91 €**

Kosten durch Medikamente und Verbrauchsmaterial (Anwendung und Abgabe):

Lokalanästhetikum (WZ 1 d), nicht-steroidales Antiphlogistikum (WZ 4 d), Benzylpenicillin-haltiges Antibiotikum (WZ 4 d), Verbandsmaterial: **46,25 €**

Milchverlust durch Wartezeiten:

Milchverlust an zehn aufeinander folgenden Tagen durch sechsmalige Anwendung eines Antibiotikums (WZ 4 d): **89,83 €** bzw. **75,98 €** (Gruppe C bzw. CM und D)

Gesamtkosten pro Tier: **252,36** bzw. **238,51 €** (Gruppe C bzw. CM und D)

Gesamtkosten Gruppe C: **2775,96 €**

Gesamtkosten Gruppen CM und D: **1669,57 €**

6.6.7 Mastitis

Mastitis mit fieberhafter Allgemeinerkrankung

In den Gruppen C bzw. CM und D traten 13 bzw. 14 Mastitiden auf, jeweils zwei davon gingen mit einer fieberhaften Allgemeinerkrankung einher. Betroffen war in allen Fällen ein Euterviertel. Die Behandlung erfolgte durch einen Tierarzt, zur Nachbehandlung wurden Medikamente an den Landwirt abgegeben.

Kosten durch tierärztliche Leistungen:

Untersuchung, Applikation eines Euterinjektors, zwei i.v. Injektionen: **32,76 €**

Kosten durch Medikamente (Anwendung und Abgabe):

Antibiotikum aus der Gruppe der Fluorchinolone (WZ 1,5 d), nicht-steroidales Antiphlogistikum (WZ 4 d), aminoglycosid- und cephalosporinhaltige Suspension zur intramammären Anwendung (WZ 5 d): **67,65 €**

Milchverlust durch Wartezeiten:

Milchverlust an fünf aufeinander folgenden Tagen durch einmalige Anwendung eines nicht-steroidalen Antiphlogistikums (WZ 4 d): **44,91 €** bzw. **37,99 €** (Gruppe C bzw. CM und D)

Gesamtkosten pro Tier: **145,32** bzw. **138,4 €** (Gruppe C bzw. CM und D)

Gesamtkosten Gruppe C: **290,64 €**

Gesamtkosten Gruppen CM und D: **276,80 €**

Mastitis mit ausschließlich lokaler Entzündung

In Gruppe C verlief die Euterentzündung bei elf Tieren, in den Gruppen CM und D bei zwölf Tieren ausschließlich mit lokalen Entzündungssymptomen. Betroffen waren jeweils ein bis vier Euterviertel. Bei den Behandlungskosten wurde von zwei erkrankten Vierteln ausgegangen, die vom Tierarzt initial und vom Landwirt zwei weitere Tage lokal mit Suspensionen zur intramammären Anwendung behandelt wurden.

Kosten durch tierärztliche Leistungen:

Untersuchung, Applikation je eines Euterinjektors: **19,12 €**

Kosten durch Medikamente (Anwendung und Abgabe):

aminoglycosid- und cephalosporinhaltige Suspension zur intramammären Anwendung (WZ 5 d): **40,50 €**

Milchverlust durch Wartezeiten:

Milchverlust an acht aufeinander folgenden Tagen durch dreimalige Applikation einer Suspension zur intramammären Anwendung: **71,86 €** bzw. **60,78 €** (Gruppe C bzw. CM und D)

Gesamtkosten pro Tier: **131,48** bzw. **120,40 €** (Gruppe C bzw. CM und D)

Gesamtkosten Gruppe C: **1446,28 €**

Gesamtkosten Gruppen CM und D: **1444,80 €**

6.6.8 Antibiotische Behandlung mit Trockenstellern

Die antibiotische Behandlung vor dem Trockenstellen kann zwar nicht zu den Erkrankungen gezählt werden, dennoch entstehen durch die prophylaktische Behandlung Kosten bei Kontrolltieren, die bei durchgemolkenen Kühen nicht anfallen.

Gesamtkosten pro Tier: **11,41 €**

Gesamtkosten Gruppe C: **559,09 €**

Gesamtkosten Gruppen CM und D: **entfällt**

6.6.9 Gesamtkosten aller Erkrankungen

Zusammengefasst entstanden durch Erkrankungen in Gruppe C Gesamtkosten in Höhe von **8785,00 €**. In den Gruppen CM und D betrug der Betrag **3751,32 €**. Die Tiere der Gruppen CM und D verursachten in der vorliegenden Studie also nur 43 % der Kosten, die in Gruppe C durch die aufgetretenen Erkrankungen entstanden. Umgerechnet auf die Kuhzahl bedeutet dies für Gruppe C Kosten in Höhe von **179,28 €** bzw. für die Gruppen CM und D von **76,56 €** pro Kuh. Die Ersparnisse in der durchgemolkenen Gruppe betragen demnach **102,72 €** pro Tier.

6.7 Wirtschaftliche Vorteile des Durchmelkens gegenüber einem Management mit Trockenstehphase

In unserer Studie war der Proteinanteil der Milch bei durchgemolkenen Kühen um durchschnittlich 0,32 % höher als bei normal trockengestellte Kühen. Durch die Einbußen in der Milchmenge wurde aber trotzdem weniger Gesamtprotein produziert. Auch wenn die in der späten Trächtigkeit produzierte Proteinmenge zur 305-Tage

Leistung hinzuaddiert wird, so gaben CM-Kühe durchschnittlich 6,8 kg weniger Protein als Kontrolltiere, was einem Minderertrag von 2,5 % entspricht.

Die Einbußen von Gruppe CM gegenüber C bei der Milchmenge betragen 237,1 kg, d.h. 3,1 %. Bei einem Milchpreis von 35,52 Cent/kg bedeutet dies in unserer Studie einen Minderertrag von **84,23 €** pro durchgemolkener Kuh. Durch die Verrechnung mit den krankheitsbedingten Ersparnissen in Höhe von **102,72 €** beläuft sich die Bilanz von durchgemolkenen Kühen auf **+ 18,49 €** gegenüber C-Kühen. Hinzu kommt, dass in den Berechnungen der Krankheitskosten die verminderte Milchleistung in der restlichen Laktation, der zeitliche Mehraufwand des Landwirtes durch die Behandlung des Tieres und die Anfahrtkosten des Tierarztes nicht berücksichtigt wurden. Daher muss davon ausgegangen werden, dass die tatsächlich durch Krankheiten verursachten Kosten noch deutlich über dem berechneten Betrag liegen.

Kossaibati und Esslemont (1997) schätzten in ihren Untersuchungen in England die Kosten durch Krankheiten in einer Herde mit 100 Milchrindern auf jährlich £ 6300. Berücksichtigt wurden in den Berechnungen u.a. auch eine höhere Remontierungsquote, zusätzliche Besamungen und die Milchverluste. Die Kosten wurden allerdings bezüglich der Kalbesaison 1992/1993 erhoben, dürften mittlerweile also deutlich höher sein.

Shanks et al. (1978) kamen in ihren Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass Hochleistungskühe mit hohem Zuchtwert zwar mehr Milch produzierten als die Vergleichskühe des Versuches mit niedrigerem genetischen Potenzial, jedoch litten sie an 9 % mehr Erkrankungen des Verdauungstraktes, 5 % mehr an Klauenproblemen, 14 % mehr an Krankheiten der Haut oder des Bewegungsapparates, 11 % mehr an Euterödemen und 2 % mehr an Mastitiden. Damit verursachten sie um \$ 12,46 höhere Kosten als die Vergleichskühe mit niedrigerer Leistung. Insgesamt erbrachten die Tiere durch ihre höhere Milchleistung aber trotzdem \$ 45,80 pro Laktation mehr Gewinn.

Schwer zu erfassen sind jedoch die finanziellen Auswirkungen eines besseren Gesundheitszustandes durchgemolkenener Kühe auf die Lebensleistung der Tiere. Die langfristigen Auswirkungen auf die Nutzungsdauer und die Lebensleistung von regelmäßig oder gelegentlich durchgemolkenen Milchkühen ließen sich nur durch Langzeitstudien belegen. Die nachgewiesenen besseren Blutwerte bezüglich Gluko-

se, BHBA, NEFA und IGF-1 bestätigen aber eine günstigere Stoffwechselsituation und damit auch eine bessere Verfassung durchgemolkener Kühe.

Die bessere metabolische Lage durchgemolkener Kühe spiegelt sich außerdem in ihrer Fertilität wider: Sowohl der erste Östrus als auch die Konzeption fanden jeweils eine Woche früher als bei trockengestellten Kühen statt, was wiederum direkte finanzielle Auswirkungen für den Landwirt bedeutet. Mit Verlusten muss ab einer Gützeit von etwa 85 Tagen gerechnet werden (Britt 1975). Bei CM-Kühen betrug diese 81 und bei C-Kühen 88 Tage.

7 Schlussfolgerung und Ausblick

Im natürlichen Kreislauf der Natur stellt sich die Frage des Durchmelkens nicht: Eine Kuh säugt ihr Kalb entsprechend seiner Bedürfnisse. Mit der Entwicklung des Kalbes gehen Veränderungen im Saugverhalten einher. Solange keine oder kaum feste Nahrung verdaut werden kann, wird intensiv Muttermilch aufgenommen. Laktationsleistungen von 3000 kg Milch sind hier für die gute Entwicklung eines Kalbes völlig ausreichend (Golze et al. 1997). Mit der Entwicklung der Vormagenanlage verlängert sich die Zeit, in der Festfutter aufgenommen wird und umgekehrt wird weniger Zeit mit dem Saugakt verbracht. Im Alter von 120 Tagen wird rund 50 % des Energiebedarfs mit Festfutter gedeckt (Nicol und Sharafeldin 1975). Entsprechend dieser Tendenz nimmt auch die Milchleistung der Mutterkuh ab. Die Kuh-Kalb Beziehung wird lockerer und mit der Entwöhnung des fast erwachsenen Kalbes beginnt die natürliche Trockenstehphase der Mutterkuh, an deren Ende zur Geburt des nächsten Kalbes hin die Bildung des Kolostrums steht.

Diese Bedingungen sind nicht zu vergleichen mit den Anforderungen an eine Hochleistungskuh, die zum Zwecke der Milchgewinnung gehalten wird. Milchleistungen von über 10.000 kg haben nichts mehr mit der Ernährung eines Kalbes zu tun, sondern sind das Ergebnis jahrzehntelanger Züchtung. Mit diesem Trend gehen aber auch zunehmend Probleme mit Fruchtbarkeit, Gesundheit und verkürzter Nutzungsdauer einher.

Allerdings zeichnet sich ein weiterer Trend ab: Die Ernährung geht hin zu Lebensmitteln mit hohem Protein- und niedrigem Fettgehalt. Von der Lebensmittelindustrie wird proteinreiche Milch finanziell belohnt und so der Anreiz zu einem Umdenken bei den Produzenten geschaffen. Das Vernachlässigen der Trockenstehphase ist also besonders vor dem Hintergrund der Bezahlung der Anlieferungsmilch interessant: Milchprotein wird um ein fünffaches besser bezahlt als Milchfett, braucht in seiner Biosynthese aber nur halb soviel Energie (Kirchgessner 1987). Ein hoher Proteingehalt der Milch kommt daher nicht nur der Stoffwechselphysiologie der Kuh entgegen, sondern auch dem wirtschaftlichen Interesse des Landwirts. Hinsichtlich der Milchmenge sprechen die Ergebnisse zunächst nicht für finanzielle Vorteile des Durchmelkens gegenüber einem Management mit Trockenstehphase. Die Untersuchung weiterer Parameter aber ergab deutliche wirtschaftliche Vorteile dieses Mel-

kregimes, besonders im gesundheitlichen Bereich, die die Nachteile der Leistungseinbußen klar überwiegen. Die niedrigeren Blutspiegel von BHBA und NEFA, die ausgeglicheneren IGF-1 Konzentrationen, die geringeren Schwankungen bei der Rückenfettdicke, die kürzere Zeit bis zum ersten Östrus und zur Konzeption und die geringere Inzidenz von Krankheiten geben einen Anreiz zum Vernachlässigen der Trockenstehphase.

Durch die vorliegende Studie kann zwar keine generelle Empfehlung für das Durchmelken ausgesprochen werden. Wie sich in den Untersuchungen gezeigt hat, sind nur hochleistende Kühe dafür geeignet: Eine durchschnittliche ECM-Menge von mindestens 20 kg zum Trockenstellzeitpunkt 56 Tage vor dem Kalbetermin eine Voraussetzung für erfolgreiches Durchmelken. Außerdem lassen die Defizite in der Leistung vermuten, dass milchbetonte Linien für diese Art des Melkregimes noch besser geeignet sind, als die Zweinutzungsrasse Deutsches Fleckvieh. Dennoch profitieren leistungsstarke Kühe mit guter Persistenz und damit auch der Tierhalter vom Vernachlässigen der Trockenstehphase. Mit dem Durchmelken wird dem Landwirt ermöglicht, den extremen Leistungsanstieg p.p. bewusst abzumildern und die gesundheitlichen Vorteile auszunutzen, -besonders bei Tieren, die dazu neigen, sich mit ihrer Leistung zu verausgaben und den eigenen Stoffwechsel zu überfordern. Es heißt also abzuwägen, für welche Kühe dieses System grundsätzlich in Frage kommt. Auf eine Abkehr von der strikt acht Wochen dauernden Trockenstehphase wird die Hochleistungskuh mit besserer Gesundheit und proteinreicher Milch reagieren.

Offen bleibt, inwieweit die Nutzungsdauer und die Lebensleistung durch das Melkregime positiv beeinflusst werden. Hierüber könne nur Langzeitstudien Aufschluss geben.

8 Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wurde untersucht, ob es sich in der Praxis bewährt, die übliche Trockenstehphase zu vernachlässigen und Kühe bis zur Kalbung durchzumelken. Dazu wurden in sechs bayrischen Betrieben mit automatischem Melksystem (AMS) insgesamt 98 Deutsche Fleckvieh Milchkühe zufällig auf je zwei Versuchsgruppen verteilt: Die Kontrollgruppe (C für control, n = 49) wurde 56 Tage vor dem errechneten Kalbetermin trocken gestellt, die Versuchsgruppe (CM für continuous milking, n = 49) behielt weiterhin Melkerlaubnis im AMS und wurde bis zur Kalbung durchgemolken. Aus ihr ging im Laufe des Versuchs eine dritte Gruppe (D für dried off spontaneously, n = 14) hervor, in der alle Tiere erfasst wurden, die sich mindestens 14 Tage vor der Kalbung selbst trockenstellten.

Im Zeitraum von 8 Wochen vor bis 44 Wochen nach der Kalbung wurden die Auswirkungen des Melkregimes auf die Serumkonzentration von Glukose, BHBA, NEFA, IGF-1 und Kalzium, die Veränderungen der Rückenfettdicke, die Fruchtbarkeit, die Gesundheit, die Milchzusammensetzung und die Produktivität der Kühe und das Geburtsgewicht ihrer neugeborenen Kälber erfasst.

Schwankungen aller untersuchten Blutwerte waren bei C am ausgeprägtesten: Zu mindestens einer Unterschreitung eines Glukosewertes von 3,0 mmol/l kam es im Laufe der Laktation bei 76 % der Kontrolltiere, bei 47 % der durchgemolkenen und bei 33 % der spontan trocken gestellten Kühe. Ein Anstieg von BHBA und NEFA war bei Kühen der Kontrollgruppe im Zeitraum um die Kalbung und in den zwei folgenden Wochen am deutlichsten, gefolgt von D- und schließlich CM-Kühen. Über den gesamten Versuchszeitraum waren die Konzentrationen von BHBA bzw. NEFA in Gruppe CM um 14 bzw. 60 %, in Gruppe D um 12 bzw. 55 % niedriger. Der durchschnittliche IGF-1-Wert durchgemolkenener Kühe lag um 0,48 ng/ml über dem trocken gestellter Kühe (Gruppe D: + 0,50 ng/ml). Außerdem nahmen Kontrolltiere in der Trockenstehzeit am stärksten an Rückenfettdicke zu, die sie post partum wieder einbüßten: In den ersten 10 Wochen nach der Kalbung verloren sie 41 % ihrer Rückenfettdicke, D-Kühe 27 % und CM-Kühe 16 %. Verglichen mit der Milch von trocken gestellten Kühen war die Milch von durchgemolkenen Kühen durchschnittlich um 0,32 % reicher an Protein. Insgesamt produzierten CM-Kühe dennoch 42,5 kg (305-Tage Leistung) weniger Protein als C-Kühe, was einem Anteil von 15,9 % entspricht.

Obwohl die von Woche -8 bis zur Kalbung zusätzlich produzierte Proteinmenge 35,7 kg betrug, betrug die Einbußen in der Gesamtproteinmenge noch 6,8 kg (-2,5 %). Gründe hierfür sind die Mindererträge bei der Milchmenge von durchschnittlich 15,6 % gegenüber C (305-Tage ECM-Menge) bzw. 3,1 % (305-Tage Leistung inklusive zusätzlich produzierter Milch in der späten Trächtigkeit). Ein erfolgreiches Durchmelken war bei einer Tagesmilchleistung 8 Wochen vor dem errechneten Kalbetermin von durchschnittlich 20 kg möglich. Leistungsschwächere Kühe stellten sich häufig selbst trocken. Ihr Anteil betrug 30 % der Gruppe CM.

Die Auswirkungen des Durchmelkens auf die Fruchtbarkeit waren positiv: Kühe der Gruppe CM kamen eine Woche früher in den ersten Östrus als Kühe der Gruppe C. Kühe der Gruppe D befanden sich zwischen beiden Gruppen. Die kürzeste Gützeit hatten D-Kühe (75,1 Tage), gefolgt von CM- (81,1 Tage) und C-Kühen (87,8 Tage). Die Anzahl an nötigen Besamungen bis zur Trächtigkeit wurde nicht beeinflusst.

Die vorliegende Studie ergab außerdem eine geringere Inzidenz bestimmter Krankheiten bei durchgemolkenen Kühen. So liegt für sie ein signifikant geringeres Risiko vor, an einer Hypokalzämie, einer Ketose oder einer Puerperalstörung zu erkranken. Die Berechnung der Ersparnisse durch eine bessere Gesundheit verglichen mit den Verlusten durch eine verminderte Milchleistung, ergaben einen finanziellen Mehrertrag des Durchmelkens in Höhe von +18,49 € gegenüber einem Management mit normaler Trockenstehphase.

Abschließend kann festgehalten werden, dass sich in der vorliegenden Studie das Durchmelken für hochleistende Kühe positiv auf die Gesundheit und die Fruchtbarkeit auswirkt, so dass dadurch die Verluste der geringeren Milchleistung dieser Tiere mehr als ausgeglichen werden.

9 Summary

Effects of continuous milking during the dry period on productivity, metabolism and health of German Fleckvieh dairy cows.

The objective of this study was to evaluate effects of omitting normal dry period in practice. To this end, 98 German Fleckvieh cows of six Southern German farms with Automatic Milking Systems (AMS) were assigned randomly to two different experimental groups: The first control group was dried off 56 days before calving (C for control, n = 49); the second group was milked continuously by AMS until calving (CM for continuous milking, n = 49). From the latter a third group emerged, including all cows that dried off spontaneously at least 14 days before calving (D for dried off spontaneously, n = 14).

Samples were collected from 8 weeks before to 44 weeks after calving. The focus was on the effects of the milking management on blood values, milk composition and fertility, backfat-thickness, incidence of diseases, productivity of cows and birth weight of newborn calves.

Blood serum values of glucose, BHBA, NEFA and IGF-1 showed most pronounced fluctuations in C-cows. At least, in one case, a glucose value fell short by 3,0 mmol/l in the course of lactation with 76 % of control-group (C) animals, with 47 % of continuously milked (CM) cows and with 33 % of dried off spontaneously (D) cows. Plasma concentrations of BHBA and NEFA increased especially in C-cows at parturition and during the first two weeks of early lactation, followed by D-cows and finally CM-cows. Furthermore IGF-1 concentration was lowest for C-cows, and also decrease of backfat-thickness was more pronounced compared to CM- and D-cows. Over the entire study period, the concentrations of BHBA, resp. NEFA, were lower by 14, resp. 60 %, in group CM, and by 12, resp. 55 %, in group D.

During the first 10 weeks of lactation C-cows lost 41 % of their backfat-thickness, in contrast to D-cows losing 27 % and CM-cows losing 16 %. Mean concentration of milk protein was markedly higher in CM- and D-cows (3.70 and 3.71 %) compared to C-cows (3.38 %). Nevertheless, protein production of CM-cows was 42.5 kg lower during 305 days of lactation compared to C-cows, resulting in a loss of 15.9 %. Although the additional protein amount in CM-cows from week -8 to calving was 35.7

kg, the total amount of produced protein in the present lactation was 2.5 % (6.8 kg) lower compared to C-cows due to the lower 305 d milk yield (15.6 %) and the lower total milk yield (3.1 %). Cows with mean ECM yield above 20 kg 8 weeks before calving were successfully continuously milked without drying off spontaneously, whereas cows with weaker performances dried off frequently before calving, accounting for 30 % of CM-cows.

However, continuous milking had positive effects on fertility and health: CM-cows had their first estrus one week earlier compared to C-cows and also conceived earlier.

Yet, the greatest benefit results from the lower incidence of diseases in continuously milked groups: they showed a significantly lower risk of developing hypocalcaemia, ketosis and puerperal disorders, compared to cows dried off regularly. The present study shows, that the costs of medical treatment and milk losses were twice as high in C-cows, compared to CM- and D-cows. It is shown that the reduced costs due to the more stable health outweigh the financial losses of milk yield by +18.49 € per cow and lactation.

In summary, the present study shows, that the positive effects of continuous milking in high yielding cows on reproduction and health predominate the losses of milk yield.

10 Literaturverzeichnis

"Ketoseprophylaxe."

Adashi, E. Y. (1992). "Intraovarian regulation: the IGF-I example." *Reprod Fertil Dev* **4**(5): 497-504.

Andersen, J. B., T. G. Madsen, T. Larsen, K. L. Ingvarsen and M. O. Nielsen (2005). "The effects of dry period versus continuous lactation on metabolic status and performance in periparturient cows." *J Dairy Sci* **88**(10): 3530-3541.

Andersson, L. (1988). "Subclinical ketosis in dairy cows." *Vet Clin North Am Food Anim Pract* **4**(2): 233-251.

Bates, D., M. Maechler and B. Bolker. (2012). "lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and syntax classes." package version 0.999999-0, from <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>.

Bauer, J., R. Staufienbiel, B. Staufienbiel, D. Dargel and F. Priem (1991). "Vergleichende Bestimmungen ausgewählter Parameter in Blutproben aus der Vena jugularis und der Vena subcutanea abdominis." *Monatsh. Veterinärmed.* **46**: 56-60.

Beam, S. W. and W. R. Butler (1998). "Energy balance, metabolic hormones, and early postpartum follicular development in dairy cows fed prilled lipid." *J Dairy Sci* **81**(1): 121-131.

Beever, D. E., A. J. Rook, J. France, M. S. Dhanoa and M. Gill (1991). "A review of empirical and mechanistic models of lactational performance by the dairy-cow." *Livestock Production Science* **29**(2-3): 115-130.

Bell, A. W. (1995). "Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation." *J Anim Sci* **73**(9): 2804-2819.

Bertics, S. J., R. R. Grummer, C. Cadorniga-Valino and E. E. Stoddard (1992). "Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation." *J Dairy Sci* **75**(7): 1914-1922.

Bowden, D. M. (1971). "Non esterified fatty acids and ketone bodies in blood as indicators of nutritional status in ruminants: a review." *Can J Anim Sci* **51**: 1-13.

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

Britt, J. H. (1975). "Early postpartum breeding in dairy cows. A review." *J Dairy Sci* **58**: 266-271.

Butler, W. R. (2003). "Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows." *Livestock Production Science* **83**(2): 211-218.

Butler, W. R. (2010). "Fertility of lactating cows in relation the physiology of the transition period." *Large Animal Review* **16**(6): 305-308.

Butler, W. R. and R. D. Smith (1989). "Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle." *J Dairy Sci* **72**(3): 767-783.

- Cerbulis, J. and H. M. Farrell Jr (1975). "Composition of Milks of Dairy Cattle. I. Protein, Lactose, and Fat Contents and Distribution of Protein Fraction." *J Dairy Sci* **58**(6): 817-827.
- Chagas, L. M., J. J. Bass, D. Blache, C. R. Burke, J. K. Kay, D. R. Lindsay, M. C. Lucy, G. B. Martin, S. Meier, F. M. Rhodes, J. R. Roche, W. W. Thatcher and R. Webb (2007). "Invited review: New perspectives on the roles of nutrition and metabolic priorities in the subfertility of high-producing dairy cows." *J Dairy Sci* **90**(9): 4022-4032.
- Chapinal, N., M. Carson, T. F. Duffield, M. Capel, S. Godden, M. Overton, J. E. Santos and S. J. LeBlanc (2011). "The association of serum metabolites with clinical disease during the transition period." *J Dairy Sci* **94**(10): 4897-4903.
- Chapinal, N., M. E. Carson, S. J. LeBlanc, K. E. Leslie, S. Godden, M. Capel, J. E. Santos, M. W. Overton and T. F. Duffield (2012). "The association of serum metabolites in the transition period with milk production and early-lactation reproductive performance." *J Dairy Sci* **95**(3): 1301-1309.
- Collier, R. J., E. L. Annen-Dawson and A. Pezeshki (2012). "Effects of continuous lactation and short dry periods on mammary function and animal health." *Animal* **6**(3): 403-414.
- Contreras, P. A. (1998). "Fat mobilisation syndrome in early lactation and its effect on health and performance of dairy cows." *Archivos De Medicina Veterinaria* **30**(2): 17-27.
- Daxenberger, A., B. H. Breier and H. Sauerwein (1998). "Increased milk levels of insulin-like growth factor 1 (IGF-1) for the identification of bovine somatotropin (bST) treated cows." *Analyst* **123**(12): 2429-2435.
- De Kruif, A., R. Mansfeld and M. Hoedemaker, Eds. (2007). *Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind*. Stuttgart, Enke Verlag.
- DeGaris, P. J. and I. J. Lean (2008). "Milk fever in dairy cows: a review of pathophysiology and control principles." *Vet J* **176**(1): 58-69.
- Dobbelaar, P., T. Mottram, C. Nyabadza, P. Hobbs, R. J. Elliott-Martin and Y. H. Schukken (1996). "Detection of ketosis in dairy cows by analysis of exhaled breath." *Vet Q* **18**(4): 151-152.
- Dohoo, I. R. and S. W. Martin (1984). "Subclinical ketosis: prevalence and associations with production and disease." *Can J Comp Med* **48**(1): 1-5.
- Duffield, T. F., K. D. Lissemore, B. W. McBride and K. E. Leslie (2009). "Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production." *J Dairy Sci* **92**(2): 571-580.
- Fahrmeir, L., T. Kneib and S. Lang (2009). *Regression: Modelle, Methoden und Anwendungen*. Heidelberg, Springer Verlag.
- Fitzgerald, A. C., E. L. Annen-Dawson, L. H. Baumgard and R. J. Collier (2007). "Evaluation of continuous lactation and increased milking frequency on milk production and mammary cell turnover in primiparous Holstein cows." *J Dairy Sci* **90**(12): 5483-5489.
- Fleischer, P., M. Metzner, M. Beyerbach, M. Hoedemaker and W. Klee (2001). "The Relationship Between Milk Yield and the Incidence of Some Diseases in Dairy Cows." *J Dairy Sci* **84**(9): 2025-2035.

- Fox, C. J., P. S. Hammerman and C. B. Thompson (2005). "Fuel feeds function: energy metabolism and the T-cell response." *Nat Rev Immunol* **5**(11): 844-852.
- Fronk, T. J., L. H. Schultz and A. R. Hardie (1980). "Effect of dry period over-conditioning on subsequent metabolic disorders and performance of dairy-cows." *J Dairy Sci* **63**(7): 1080-1090.
- Fürll, M. (2000). "Das Fettmobilisationssyndrom." *Großtierpraxis* **1**: 11-24.
- Giudice, L. C. (1992). "Insulin-like growth factors and ovarian follicular development." *Endocr Rev* **13**(4): 641-669.
- Goff, J. P. and R. L. Horst (1997). "Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders." *J Dairy Sci* **80**(7): 1260-1268.
- Golze, M., U. Balliet, J. Baltzer, C. Görner, G. Pohl, C. Stockinger, H. Triphaus and J. Zens (1997). *Extensive Rinderhaltung*. München, BLV Verlagsgesellschaft mbH.
- Grummer, R. R. (1995). "Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow." *J Anim Sci* **73**(9): 2820-2833.
- Grunert, E. and P. Andresen (1984). *Geburtshilfe. Buiatrik*. E. Grunert. Hannover, Verlag M. & H. Schaper. **1**: 172-175.
- Guinard-Flament, J., E. Delamaire, S. Lemosquet, M. Boutinaud and Y. David (2006). "Changes in mammary uptake and metabolic fate of glucose with once-daily milking and feed restriction in dairy cows." *Reprod Nutr Dev* **46**(5): 589-598.
- Gulay, M. S., M. J. Hayen, H. H. Head, C. J. Wilcox and K. C. Bachman (2005). "Milk production from Holstein half udders after concurrent thirty- and seventy-day dry periods." *J Dairy Sci* **88**(11): 3953-3962.
- Gürtler, H. and F. J. Schweigert (2005). *Physiologie der Laktation. Physiologie der Haustiere*. W. von Engelhardt and G. Breves. Stuttgart, Enke Verlag. **2**: 552-573.
- Hartung, J., B. Elpelt and K. H. Klösener (2005). *Statistik: Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik*. München, Oldenbourg Verlag.
- Haug, A., A. T. Hostmark and O. M. Harstad (2007). "Bovine milk in human nutrition--a review." *Lipids Health Dis* **6**: 25.
- Herd, T. H. (1988). "Fatty liver in dairy cows." *Vet Clin North Am Food Anim Pract* **4**(2): 269-287.
- Herd, T. H. (2000). "Ruminant adaptation to negative energy balance. Influences on the etiology of ketosis and fatty liver." *Vet Clin North Am Food Anim Pract* **16**(2): 215-230.
- Huszenicza, G., J. Haraszti, L. Molnar, L. Solti, S. Fekete, K. Ekes and A. C. Yaro (1988). "Some metabolic characteristics of dairy cows with different post partum ovarian function." *Zentralbl Veterinarmed A* **35**(7): 506-515.
- Ingvartsen, K. L., R. J. Dewhurst and N. C. Friggens (2003). "On the relationship between lactational performance and health: is it yield or metabolic imbalance that cause production diseases in dairy cattle? A position paper." *Livestock Production Science* **83**(2-3): 277-308.

- Kanitz, W., F. Becker, G. Dietl, N. Reinsch and R. Staufenbiel (2003). "Beziehungen zwischen Milchleistung, Energieversorgung und Fruchtbarkeit unter den Bedingungen von Hochleistung beim Rind." *Züchtungskunde* **75(6)**: S. 489- 498.
- King, J. O. (1979). "The effects of ketosis in dairy cows on body weight, milk yield and milk composition." *Br Vet J* **135(1)**: 40-43.
- Kirchgessner, Ed. (1987). *Tierernährung, Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis*. Frankfurt, Germany.
- Klein, M. S., M. F. Almstetter, G. Schlamberger, N. Nürnberger, K. Dettmer, P. J. Oefner, H. H. D. Meyer, S. Wiedemann and W. Gronwald (2010). "Nuclear magnetic resonance and mass spectrometry-based milk metabolomics in dairy cows during early and late lactation." *J Dairy Sci* **93(4)**: 1539-1550.
- Kliem, H., D. Rodler, S. E. Ulbrich, F. Sinowatz, B. Berisha, H. H. Meyer and D. Schams (2013). "Dexamethasone-induced eosinopenia is associated with lower progesterone production in cattle." *Reprod Domest Anim* **48(1)**: 137-148.
- Komaragiri, M. V. and R. A. Erdman (1997). "Factors affecting body tissue mobilization in early lactation dairy cows. 1. Effect of dietary protein on mobilization of body fat and protein." *J Dairy Sci* **80(5)**: 929-937.
- Kossaibati, M. and R. Esslemont (1997). "The costs of production diseases in dairy herds in England." *The Veterinary Journal* **154(1)**: 41-51.
- LeBlanc, S. (2010). "Monitoring metabolic health of dairy cattle in the transition period." *J Reprod Dev* **56(35)**: S29-35.
- Lee, V. A. and K. Lorenz (1978). "The nutritional and physiological impact of milk in human nutrition." *CRC Crit Rev Food Sci Nutr* **11(1)**: 41-116.
- Madsen, T. G., M. O. Nielsen, J. B. Andersen and K. L. Ingvarsten (2008). "Continuous lactation in dairy cows: effect on milk production and mammary nutrient supply and extraction." *J Dairy Sci* **91(5)**: 1791-1801.
- Mallard, B. A., J. C. Dekkers, M. J. Ireland, K. E. Leslie, S. Sharif, C. Lacey Vankampen, L. Wagter and B. N. Wilkie (1998). "Alteration in Immune Responsiveness During the Peripartum Period and Its Ramification on Dairy Cow and Calf Health." *J Dairy Sci* **81(2)**: 585-595.
- Marion, G. B. and H. T. Gier (1968). "Factors Affecting Bovine Ovarian Activity after Parturition." *Journal of Animal Science* **27(6)**: 1621-1626.
- Metzner, M. and R. Mansfeld (1992). "Tierärztliche Betreuung von Milcherzeugerbetrieben." *Prakt. Tierarzt* **9**: 800-814.
- Miettinen, P. V. (1994). "Relationship between milk acetone and milk yield in individual cows." *Zentralbl Veterinarmed A* **41(2)**: 102-109.
- Milchgüteverordnung. (2013). "Milchgüteverordnung." from http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/milchg_v/gesamt.pdf.
- Nicol, A. M. and M. A. Sharafeldin (1975). "Observations on the behaviour of single-suckled calves from birth to 120 days." *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* **35**: 221-230.

- Pedron, O., F. Cheli, E. Senatore, D. Baroli and R. Rizzi (1993). "Effect of body condition score at calving on performance, some blood parameters, and milk fatty acid composition in dairy cows." *J Dairy Sci* **76**(9): 2528-2535.
- Pezeshki, A., A. V. Capuco, B. De Spiegeleer, L. Peelman, M. Stevens, R. J. Collier and C. Burvenich (2010). "An integrated view on how the management of the dry period length of lactating cows could affect mammary biology and defence." *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **94**(5): e7-e30.
- Rajala-Schultz, P. J., Y. T. Grohn and C. E. McCulloch (1999). "Effects of milk fever, ketosis, and lameness on milk yield in dairy cows." *J Dairy Sci* **82**(2): 288-294.
- Rastani, R. R., R. R. Grummer, S. J. Bertics, A. Gumen, M. C. Wiltbank, D. G. Mashek and M. C. Schwab (2005). "Reducing dry period length to simplify feeding transition cows: milk production, energy balance, and metabolic profiles." *J Dairy Sci* **88**(3): 1004-1014.
- Reist, M., A. Koller, A. Busato, U. Kupfer and J. W. Blum (2000). "First ovulation and ketone body status in the early postpartum period of dairy cows." *Theriogenology* **54**(5): 685-701.
- Remond, B. and J. C. Bonnefoy (1997). "Performance of a herd of Holstein cows managed without the dry period." *Annales De Zootechnie* **46**(1): 3-12.
- Remond, B., J. Kerouanton and V. Brocard (1997a). "The effect of reducing or omitting the dry period on the performance of dairy cows." *Productions Animales* **10**(4): 301-315.
- Remond, B., A. Ollier and G. Miranda (1992). "Milking of cows in late pregnancy: milk production during this period and during the succeeding lactation." *J Dairy Res* **59**(3): 233-241.
- Remond, B., J. Rouel, N. Pinson and S. Jabet (1997b). "An attempt to omit the dry period over three consecutive lactations in dairy cows." *Annales De Zootechnie* **46**(5): 399-408.
- Richards, M. W., L. J. Spicer and R. P. Wettemann (1995). "Influence of diet and ambient temperature on bovine serum insulin-like growth factor-I and thyroxine: relationships with non-esterified fatty acids, glucose, insulin, luteinizing hormone and progesterone." *Animal Reproduction Science* **37**(3): 267-279.
- Rinderknecht, E. and R. E. Humbel (1978). "The amino acid sequence of human insulin-like growth factor-I and its structural homology with proinsulin." *J Biol Chem* **253**(2769).
- Roberts, A. J., R. A. Nugent, 3rd, J. Klindt and T. G. Jenkins (1997). "Circulating insulin-like growth factor I, insulin-like growth factor binding proteins, growth hormone, and resumption of estrus in postpartum cows subjected to dietary energy restriction." *J Anim Sci* **75**(7): 1909-1917.
- Rossow, N., B. Staufenbiel and U. Jacobi (1990). "Die Nutzung von Milchinhaltsstoffen für die Stoffwechselüberwachung bei Milchkühen." *Mh. Vet. Med* **45**: 686-690.
- Rukkwamsuk, T., T. Wensing and T. A. M. Kruip (1999). "Relationship between triacylglycerol concentration in the liver and first ovulation in postpartum dairy cows." *Theriogenology* **51**(6): 1133-1142.
- Salmon, W. D., Jr. and W. H. Daughaday (1957). "A hormonally controlled serum factor which stimulates sulfate incorporation by cartilage in vitro." *J Lab Clin Med* **49**(6): 825-836.

- Sander, A. K. (2010). Antepartale Einschätzung des Risikos postpartaler Produktionserkrankungen anhand metabolischer, endokrinologischer und immunologischer Blutparameter bei Milchkühen, Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Schlamberger, G., S. Wiedemann, E. Viturro, H. H. Meyer and M. Kaske (2010). "Effects of continuous milking during the dry period or once daily milking in the first 4 weeks of lactation on metabolism and productivity of dairy cows." *J Dairy Sci* **93**(6): 2471-2485.
- Schröder, U. (2000). Untersuchungen zur ultrasonografischen Messung der Rückenfettdicke als Grundlage zur Anwendung in der Bestandsbetreuung von Milchviehherden, Freie Universität Berlin.
- Seifi, H. A., S. J. Leblanc, K. E. Leslie and T. F. Duffield (2011). "Metabolic predictors of post-partum disease and culling risk in dairy cattle." *Vet J* **188**(2): 216-220.
- Shanks, R., A. Freeman, P. Berger and D. Kelley (1978). "Effect of Selection for Milk Production and General Health of the Dairy Cow." *Journal of Dairy Science* **61**(12): 1765-1772.
- Shoshani, E. and M. Chaffer (2002). Robotic milking: A report of a field trial in Israel. First North American conference on robotic milking. Toronto, Kanada: 56 - 63.
- Spicer, L. J., E. Alpizar and S. E. Echtenkamp (1993). "Effects of insulin, insulin-like growth factor I, and gonadotropins on bovine granulosa cell proliferation, progesterone production, estradiol production, and(or) insulin-like growth factor I production in vitro." *J Anim Sci* **71**(5): 1232-1241.
- Stangassinger, M. (2005). Stoffwechselregulation. *Physiologie der Haustiere*. W. von Engelhardt and G. Breves. Stuttgart, Enke Verlag. **2**: 588-600.
- Staufenbiel, R., B. Staufenbiel, N. Rossow, H. Klukas and U. Johannsen (1993). "Diagnostik der Leberverfettung bei der Milchkuh." *Dtsch Tierärztl Wochenschr* **100**(6): 225-230.
- Stöber, M. (2006a). Fütterungs- und stoffwechselbedingte Krankheiten der Leber. *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*. G. Dirksen, H.-D. Gründer and M. Stöber. Stuttgart, Parey Verlag. **5**: 648-664.
- Stöber, M. (2006b). Krankheiten mit Beteiligung mehrerer Organsysteme. *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*. G. Dirksen, H.-D. Gründer and M. Stöber. Berlin, Parey Verlag. **5**: 1211-1282.
- Velazquez, M. A., L. J. Spicer and D. C. Wathes (2008). "The role of endocrine insulin-like growth factor-I (IGF-I) in female bovine reproduction." *Domest Anim Endocrinol* **35**(4): 325-342.
- Wallace, R. L., G. C. McCoy, T. R. Overton and J. H. Clark (1996). "Effect of adverse health events on dry matter consumption, milk production and body weight loss of dairy cows during early lactation." *J Dairy Sci* **79**(205).
- Walsh, R. B., J. S. Walton, D. F. Kelton, S. J. LeBlanc, K. E. Leslie and T. F. Duffield (2007). "The Effect of Subclinical Ketosis in Early Lactation on Reproductive Performance of Postpartum Dairy Cows." *J Dairy Sci* **90**(6): 2788-2796.
- Wendt, K., K. H. Lotthammer, M. Spohr, K. Fehlings and J. Hamann (1998). *Handbuch Mastitis*. Osnabrück, Kamlage Verlag.

- Wiltbank, M., H. Lopez, R. Sartori, S. Sangsritavong and A. Gumen (2006). "Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism." *Theriogenology* **65**(1): 17-29.
- Wirtz, N., E. Oechtering, E. Tholen and W. Trappmann (2002). Comparison of an automatic milking system to a conventional milking parlour. First North American conference on robotic milking. Toronto, Kanada: 50 - 55.
- Zulu, V. C., T. Nakao and Y. Sawamukai (2002a). "Insulin-like growth factor-I as a possible hormonal mediator of nutritional regulation of reproduction in cattle." *J Vet Med Sci* **64**(8): 657-665.
- Zulu, V. C., Y. Sawamukai, K. Nakada, K. Kida and M. Moriyoshi (2002b). "Relationship among insulin-like growth factor-I, blood metabolites and postpartum ovarian function in dairy cows." *Journal of Veterinary Medical Science* **64**(10): 879-885.

11 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. H.H.D Meyer vom Lehrstuhl für Physiologie der TU München, der für die Durchführung dieses Praxisversuches zu begeistern war und mir dabei ein großes Maß an Selbständigkeit zugestand. Leider verstarb Prof. Meyer vor Abschluss dieser Arbeit.

Außerdem möchte ich Herrn Prof. M. Stangassinger für die Vertretung dieser Arbeit an der Tierärztlichen Fakultät der LMU München danken.

Vielen Dank auch Herrn Prof. M. Pfaffl für die Weiterführung meiner Betreuung am Lehrstuhl für Physiologie der TU München.

Ganz besonders möchte ich mich bei meinen teilnehmenden Landwirten bedanken. Ohne deren Bereitschaft, einen Teil ihrer Kühe durchzumelken, wäre diese Arbeit nie zustande gekommen. Sie haben bei der Beprobung der Versuchstiere viele Stunden investiert und waren maßgeblich daran beteiligt, dass meine Doktorarbeit für mich zu einem schönen Projekt wurde.

Vielen Dank an meine Betreuerin Dr. Heike Kliem, die mir viele Freiheiten zugestand und bei wichtigen Fragen trotzdem sofort zur Stelle war. Auch Dr. Katharina Gellrich möchte ich für das Korrekturlesen dieser Arbeit danken.

Gedankt sei außerdem dem Team vom EIA-Labor, besonders Inge Celler, die mir bei der Durchführung des IGF-1 ELISA eine unschätzbare große Hilfe waren.

Danken möchte ich auch Herrn Prof. H. Küchenhoff, Nina Krem und Fabian Eifler vom Statistischen Beratungslabor der LMU München für die große Unterstützung bei der statistischen Auswertung.

Der Firma Bauer, DeLaval sei für die Bereitstellung des zusätzlichen Milchprobeshuttles gedankt.

Besten Dank auch an Antonie Anders, die mir bei der Berechnung der Krankheitskosten alle nötigen Infos lieferte.

Ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mir meine Ausbildung ermöglicht haben, meiner Familie und Ludwig, für die alltägliche Unterstützung und das Verständnis, das sie mir während meiner Arbeit entgegen gebracht haben. Besonders meiner Mutter möchte ich für das stundenlange Abtippen der Ergebnislisten am Computer danken.

Für die finanzielle Unterstützung bedanke ich mich bei der Sachsenmilch GmbH, dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und dem Verein zur Förderung der Milchwissenschaftlichen Forschung an der Technischen Universität München e.V..

