

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

**Einfluss elastischer Spaltenbodenauflagen im
Boxenlaufstall auf die Fruchtbarkeit und die
Energiebilanz laktierender Kühe**

Roland Werny
aus Paderborn

München 2014

Aus dem Lehr- und Versuchsgut
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität
München

Arbeit angefertigt unter der Leitung von Prof. Dr. Armin M. Scholz und
Betreuung von Frau Prof. Dr. Prisca V. Kremer

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

Dekan: Univ.- Prof. Dr. Joachim Braun
Berichtersteller: Prof. Dr. Armin M. Scholz
Korreferent / en: Univ.- Prof. Dr. Rolf Mansfeld

Tag der Promotion: 12. Juli 2014

Für immer...

Teile dieser Arbeit wurden bereits im Rahmen des XXVII. Weltkongresses für Rinderkrankheiten (WBC), Lissabon, Portugal, Juni 3-8, 2012, Abstract 252 (OC: 252) als Vortrag präsentiert.

Der Titel des Abstracts lautet:

Comparison of energy balance and fertility traits in dairy cows on elastic or concrete flooring

R. Werny*, M. Günther*, A. M. Scholz,* P.V. Kremer*

*Livestock Center Oberschleissheim of the Veterinary Faculty, Ludwig-Maximilians-University Munich, Germany

Inhaltsverzeichnis:

| | |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildungsverzeichnis | IV |
| Tabellenverzeichnis | VI |
| Abkürzungsverzeichnis | VII |
| 1. Einleitung / Zieldefinition | 1 |
| 2. Literatur | 4 |
| 2.1 Energie | 4 |
| 2.1.1 Energiestoffwechsel der laktierenden Milchkuh | 4 |
| 2.1.1.1 Energiestoffwechsel in der Trockenstehperiode | 4 |
| 2.1.1.2 Energiestoffwechsel in der Transitphase | 7 |
| 2.1.1.3 Energiestoffwechsel der Frühaktation | 9 |
| 2.1.1.4 Energiestoffwechsel in der Hochaktation | 11 |
| 2.1.1.5 Energiestoffwechsel in der Spätaktation | 12 |
| 2.1.2 Pathologie des Energiestoffwechsels | 13 |
| 2.1.2.1 Komplizierte und unkomplizierte Ketose | 14 |
| 2.1.2.2 Insulinresistenz | 17 |
| 2.1.2.3 Fettlebersyndrom | 19 |
| 2.1.3 Möglichkeiten zur Beurteilung des Energiestoffwechsels | 23 |
| 2.1.3.1 Körperkonditionsbeurteilung | 23 |
| 2.1.3.2 Blutuntersuchung (Glukose / Bilirubin / Ketonkörper / NEFA) | 36 |
| 2.1.3.2.1 Glukose | 36 |
| 2.1.3.2.2 Bilirubin | 41 |

| | | |
|------------|--------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.1.3.2.3 | Ketonkörper | 43 |
| 2.1.3.2.4 | NEFA | 44 |
| 2.1.4 | Einfluss der Fütterung | 47 |
| 2.2 | Energie und Fruchtbarkeit / Energie und Milchsynthese | 50 |
| 2.2.1 | Energiebilanz und Fruchtbarkeit | 50 |
| 2.2.2 | Energiebilanz und Milchleistung | 54 |
| 2.3 | Komfort im Laufstall | 57 |
| 2.3.1 | Was bedeutet Kuhkomfort | 57 |
| 2.3.2 | Komforteinrichtungen im Laufstall | 59 |
| 2.3.2.1 | Laufflächenbeschaffenheit | 59 |
| 2.3.2.1.1 | Planbefestigte Böden (Beton / Gussasphalt) | 60 |
| 2.3.2.1.2 | Perforierte Böden (Betonspalten- / Gummiboden) | 61 |
| 2.3.2.2 | Liegesystem | 64 |
| 2.3.2.3 | Weitere Komforteinrichtungen | 67 |
| 2.3.2.4 | Stressoren und Cortisol | 68 |
| 3. | Material und Methoden | 71 |
| 3.1 | Versuchstiere | 71 |
| 3.2 | Haltung / Aufstallung | 73 |
| 3.2.1 | Betonspaltenboden | 77 |
| 3.2.2 | Pedikura – Matten | 78 |
| 3.2.3 | Liegeboxensystem | 80 |
| 3.3 | Herdenmanagement | 81 |
| 3.3.1 | Fütterung | 81 |
| 3.3.2 | Melksystem | 83 |
| 3.3.3 | Fruchtbarkeit | 84 |
| 3.3.4 | Klauenpflege | 85 |

| | |
|--------------------------------------------|-----|
| 3.4 Versuchsdurchführung | 86 |
| 3.4.1 Blutprobenentnahme und –untersuchung | 86 |
| 3.4.2 Rückenfettdickenmessung | 90 |
| 3.5 Statistische Auswertung | 94 |
| 4. Ergebnisse | 96 |
| 4.1 Fertilität | 96 |
| 4.1.1 Rastzeit | 96 |
| 4.1.2 Gützeit | 98 |
| 4.2 Ergebnisse der RFD-Bestimmung | 100 |
| 4.3 Ergebnisse der Blutuntersuchung | 103 |
| 4.3.1 Glukose | 103 |
| 4.3.2 Beta-Hydroxy-Butyrat | 105 |
| 4.3.3 NEFA | 107 |
| 4.3.4 Bilirubin | 109 |
| 4.4 Milchleistung | 111 |
| 5. Diskussion | 114 |
| 6. Schlussfolgerungen | 137 |
| 7. Zusammenfassung | 138 |
| 8. Summary | 141 |
| 9. Literaturverzeichnis | 144 |
| 10. Danksagungen | 186 |
| 11. Anhang | 187 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|------|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2-1 | „Transition Periode“ / Transitphase | 4 |
| 2-2 | Entstehung von Ketonkörpern (Ketogenese) | 14 |
| 2-3 | Ätiologie und Pathogenese des Fettmobilisationssyndroms | 20 |
| 2-3 | Ätiologie und Pathogenese des Fettmobilisationssyndroms | 21 |
| 2-4 | Lebendmasse-Energie-Zyklus | 24 |
| 2-5 | Vereinfachte Darstellung des BCS-System als 5-Punkte-Skala | 27 |
| 2-5a | Beurteilung von Kühen nach dem BCS-System | 27 |
| 2-5b | Konditionsindex-Bestimmungstafel für Deutsche Holstein Kühe | 28 |
| 2-5c | Konditionsindex-Bestimmungstafel für Deutsche Holstein Kühe | 29 |
| 2-6 | Darstellung des RFD-Messpunktes | 32 |
| 2-7 | Referenzbereich der Rückenfettdicke über die Laktation | 34 |
| 2-8 | Übersicht über die Acetyl-CoA-Gewinnung | 38 |
| 2-9 | Pentosephosphatzyklus | 39 |
| 2-10 | Abbau von Körperfett über die β -Oxidation | 45 |
| 2-11 | Auswirkungen von Haltungstress (Stressoren) auf die Infektabwehr | 70 |
| 3-1 | Aufstallungs- und Haltungssystem am Lehr- und Versuchsgut Oberschleißheim | 74 |
| 3-2 | Entmistungssystem am Lehr- und Versuchsgut Oberschleißheim | 75 |
| 3-3 | Übersicht über den Laufstall des LVG Oberschleißheim | 76 |
| 3-4 | Betonspaltenboden im Haltungssystem der Kontrollgruppe | 77 |
| 3-5 | Lauffläche im Haltungssystem der Versuchsgruppe | 78 |
| 3-6 | Abrasivanteile in 20 % der Lauffläche der Versuchsgruppe | 79 |
| 3-7 | Spaltenbodenaufgabe KURA S der Fa. Kraiburg mit den entsprechenden Dübeln | 79 |
| 3-8 | Liegeboxensystem am LVG Oberschleißheim | 80 |
| 3-9 | Kraffuttergabe im automatischen Melksystem | 82 |
| 3-10 | Automatisches Melksystem am Lehr- und Versuchsgut Oberschleißheim | 83 |
| 3-11 | Material zur Blutprobenentnahme und Ketonkörper-Messung | 87 |

| | | |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3-12 | Blutprobenentnahme an der Schwanzvene (linkes Bild) | 88 |
| 3-12 | Ketonkörper-Messung mittels Vollblut (rechtes Bild) | 88 |
| 3-13 | NEFA-Bestimmung mittels Testkit und Photometer | 89 |
| 3-14a | RFD-Messpunkt | 91 |
| 3-14b | Schematisch-anatomische Darstellung des RFD-Messpunktes | 91 |
| 3-15 | Bestimmung des Messpunktes zur RFD-Messung am Tier | 92 |
| 3-16 | Messung der Rückenfettdicke am Tier; rechts unten Topographie des sakralen Messpunktes | 92 |
| 3-17 | Ultraschallbild der Rückenfettdicke | 93 |
| 3-18 | Anatomische Gegebenheiten für die Rückenfettdickenmessung | 93 |
| 4-1 | Vergleichende Darstellung der Rastzeit (LSM) beider Rinderherden inklusive der Standardschätzfehler | 96 |
| 4-2 | Vergleichende Darstellung der Gützeit (LSM) beider Kuhherden inklusive der Standardschätzfehler | 98 |
| 4-3 | Vergleichende Darstellung der Rückenfettdicke im Verlauf der Laktation mit den kleinsten Quadrate-Mittelwerten und den Standardschätzfehlern | 100 |
| 4-4 | Vergleichende Darstellung der Serum – Glukosekonzentration im Verlauf der Laktation mit den kleinsten Quadrate-Mittelwerten und den Standardschätzfehlern | 103 |
| 4-5 | Vergleichende Darstellung der Beta-Hydroxy-Butyrat-Konzentration im Blut im Verlauf der Laktation mit den kleinsten Quadrate-Mittelwerten und den Standardschätzfehlern | 105 |
| 4-6 | Vergleichende Darstellung der Serum – NEFA – Konzentration im Verlauf der Laktation mit den kleinsten Quadrate-Mittelwerten und den Standardschätzfehlern | 107 |
| 4-7 | Vergleichende Darstellung der kleinsten Quadrate-Mittelwerte und der Standardschätzfehler des Serum-Gesamtbilirubins im Verlauf der Laktation | 109 |
| 4-8 | Vergleich der Milchleistung im Verlauf der Laktation mit den kleinsten Quadrate-Mittelwerten und den Standardschätzfehlern | 111 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2-1 | Zusammenfassung der BHBA-Schwellenwerte zur subklinischen Ketose aus der gängigen Literatur | 16 |
| 2-2 | Komfort-Kennziffern | 59 |
| 3-1 | Verteilung der Genotypen auf die Versuchs- und auf die Kontrollgruppe | 72 |
| 3-2 | Übersicht über die leistungsbezogenen Krafftuttermitteln im AMS | 82 |
| 4-1 | Ergebnisse der Mischmodell-Varianzanalyse (fixe Effekte + Kovariable) für das Merkmal Rastzeit | 97 |
| 4-2 | Ergebnisse der Mischmodell-Varianzanalyse (fixe Effekte + Kovariable) für das Merkmal Gützeit | 99 |
| 4-3 | Ergebnisse der Mischmodell-Varianzanalyse (fixe Effekte + Kovariablen) für das Merkmal Rückenfettdicke | 102 |
| 4-4 | Ergebnisse der Mischmodell-Varianzanalyse (fixe Effekte + Kovariablen) für das Merkmal Glukose | 104 |
| 4-5 | Ergebnisse der Mischmodell-Varianzanalyse (fixe Effekte + Kovariablen) für das Merkmal Beta-Hydroxy-Butyrat | 106 |
| 4-6 | Ergebnisse der Mischmodell-Varianzanalyse (fixe Effekte + Kovariablen) für das Merkmal freie Fettsäuren (NEFA) | 108 |
| 4-7 | Ergebnisse der Mischmodell-Varianzanalyse (fixe Effekte + Kovariablen) für das Merkmal Bilirubin | 110 |
| 4-8a | Ergebnisse der Mischmodell-Varianzanalyse (fixe Effekte) für das Merkmal Milchleistung (AMS) | 112 |
| 4-8b | Ergebnisse der Mischmodell-Varianzanalyse (fixe Effekte + Kovariablen) für das Merkmal Milchleistung (energiekorrigierte Milch = ECM) | 113 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|------------|-----------------------------------------------------|
| Acetyl-CoA | Acetyl-Coenzym A |
| AMS | Automatisches Melksystem / automatic milking system |
| a. p. | ante partum / vor der Geburt |
| AST | Aspartat-Amino-Transferase |
| ATP | Adenosintriphosphat |
| BCS | body condition score / Körperkondition |
| BER | Brunsterkennungsrate |
| BFT | back fat thickness |
| BHB | Beta-Hydroxy-Butyrat |
| BHBA | Beta-Hydroxy-Butyrat |
| BIL | Bilirubin |
| BSB | Betonspaltenboden |
| bzw. | beziehungsweise |
| cm | Zentimeter |
| CSF | concrete slatted floor |
| DLG | Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft |
| EB | Energiebilanz / energy balance |
| ECM | Energiekorrigierte Milch |
| EDTA | ethylene diamine tetraacetic acid |
| et al. | et alii / und andere |
| FFS | Freie Fettsäuren |
| FSH | follikelstimulierendes Hormon |
| g | Gramm |
| GB | Gesamt-Bilirubin |
| ggf. | gegebenenfalls |
| GLUC | Glucose |
| GPDH | Glucose-6-Phosphatdehydrogenase |

| | |
|--------|-----------------------------------------------------------------------|
| HDR | Heat-Detection-Rate / Brunsterkennungsrate |
| i.d.R. | in der Regel |
| IGF | insulin like growth factor / insulinähnlicher Wachstumsfaktor |
| kg | Kilogramm |
| l | Liter |
| LH | Luteinisierungshormon |
| LKV | Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern |
| LSM | least squares means |
| LVG | Lehr- und Versuchsgut Oberschleißheim |
| LW | Laktationswoche |
| Mcal | Mega Kalorien |
| mg | Milligramm |
| min | Minute(n) |
| MJ | Mega Joule |
| ml | Milliliter |
| mm | Millimeter |
| mmol | Millimol |
| n | Anzahl |
| NADPH | reduziertes Nicotinamidadenindinukleotidphosphat |
| NEB | negative Energiebilanz / negativ energy balance |
| NEFA | Freie Fettsäuren / Non esterified fatty acids |
| NEL | Nettoenergielaktation / net energy lactation |
| nXP | nutzbares Rohprotein |
| P | Signifikanzniveau |
| p. p. | post partum / nach der Geburt |
| RFD | Rückenfettdicke |
| RMSE | root mean squared error |

| | |
|--------|---------------------------------------------|
| RMSF | rubber matted slatted floor |
| s.o. | siehe oben |
| Std | Stunde(n) |
| STH | Somatropin / Somatotropes Hormon |
| Tab. | Tabelle |
| TM | Trockenmasse |
| TS | Trockensubstanz |
| u.a. | unter anderem |
| u.v.m. | und viele mehr |
| vgl. | vergleiche |
| VLDL | Lipoproteine / very low density lipoprotein |
| vs. | versus |
| z. B. | zum Beispiel |
| µg | Mikrogramm |
| µl | Mikroliter |
| µmol | Mikromol |
| % | Prozent |

1. Einleitung / Zieldefinition

Einfluss elastischer Spaltenbodenauflagen im Boxenlaufstall auf die Fruchtbarkeit und die Energiebilanz laktierender Kühe

Ökologische und ökonomische Bemühungen in der Milchwirtschaft zielen in heutiger Zeit neben der Selektion auf Milchleistung vermehrt auf die Verbesserung der Nutzungsdauer und auf die Steigerung des Tierwohls ab. Diese Bemühungen stehen daher ganz im Sinne der Nachhaltigkeit und dienen durch eine höhere Lebensleistung und eine damit verbundene höhere Lebenseffektivität der Reduktion von schädlichen Klimagasen. Neben den Kohlendioxidausscheidungen stehen beim Rind die sogenannten klimaschädlichen Kohlendioxidäquivalente im Fokus, die wiederkäuerspezifischen Methanausscheidungen. Zusätzlich tragen diese Bemühungen zur Verringerung der Gesamtmenge an Wasser bei, die für die Produktion von Milch und Milchprodukten benötigt werden.

Untersuchungen zur Verbesserung der Haltungsbedingungen, des Kuhkomforts und der Nutzungsdauer bei Kühen beschäftigen sich unter anderem mit der Laufflächenbeschaffenheit in Milchviehbetrieben. Elastische Bodenbeläge für Spaltenböden oder planbefestigte Böden finden aus den aufgeführten Gründen immer mehr Beachtung und Anwendung. Eine Vielzahl an Firmen produzieren elastische Bodenbeläge und vertreiben diese weltweit. Von Seiten der Produktionsfirmen werden Vorteile wie Klauengesundheit, Steigerungen der Milchleistung und Erhöhung des Wohlbefindens und des Kuhkomforts beworben. Allerdings liegen bisher vermehrt nur wissenschaftliche Untersuchungen vor, die eine bessere Klauengesundheit und ein höheres Wohlbefinden der Tiere herausgefunden haben. Untersuchungen zu positiven Unterschieden in der Milchleistung und Unterschieden in der Fruchtbarkeit sind in der Literatur eher selten zu finden. Aus diesen Gründen werden elastische Bodenbeläge im Laufstallsystem kontrovers diskutiert.

Auf der anderen Seite wächst allerdings die öffentliche Aufmerksamkeit gegenüber der Haltung von lebensmittelliefernden Nutztieren. Deren Wohlbefinden gewinnt in der Bevölkerung zunehmend an Aufmerksamkeit und Bedeutung. Daher bewerben Lebensmittelunternehmen ihre Produkte aus tierischer Herkunft oftmals mit Tierwohl-Labels, um eine tierschutzgerechte Gewinnung der Lebensmittel zu suggerieren. Aus diesem Grund wird zukünftig der Komfort im Milchviehstall weiter an Bedeutung gewinnen und die Wissenschaft intensiv beschäftigen. Die Aufgabe der Wissenschaft liegt dabei darin, sinnvolle und tierwohlbezogene Einrichtungen im Laufstallsystem herauszuarbeiten. Solche Einrichtungen sollten sowohl das Wohlbefinden der Tiere steigern als auch deren Leistungsbereitschaft gewährleisten. Zudem müssen, infolge der unsicheren Milchpreislage

in der Landwirtschaft, die Verbesserungsmaßnahmen für den Kuhkomfort ökonomisch tragbar und kalkulierbar sein.

Die Anschaffungskosten für elastische Bodenbeläge sind relativ hoch und im Gegenzug der wissenschaftliche Kenntnisstand, bezogen auf positive Effekte, noch zu gering. Daher zögern Landwirte häufig, die Laufbereiche im Stall mit den kostenintensiveren elastischen Bodenbelägen zu bestücken. Bisherige Untersuchungen zu elastischen Böden zeigen geringere Liegezeiten und eine höhere Aktivität von Milchkühen. Geringere Liegezeiten stehen vermutlich mit einem reduzierten Blutfluss im Euter in Verbindung und beeinträchtigen gegebenenfalls die Milchleistung. Aus diesem Grund und durch den erwähnten hohen Anschaffungspreis sind die Landwirte aus rein wirtschaftlicher Sicht unsicher und eher nicht bereit, elastische Böden als Bodenbeläge im Laufstall zu verwenden. Die anhand der Industrie angepriesene Milchleistungssteigerung durch elastische Laufflächen ist nicht gerechtfertigt und konnte wissenschaftlich nicht bewiesen werden.

Bewiesen worden ist jedoch, dass sich keine Unterschiede im Milchleistungsvermögen zwischen Kühen auf weichen oder harten Bodenbelägen ergeben (KREMER, 2006 / KREMER et al., 2007 / KREMER et al., 2012). Die Ursachen, warum geringere Liegezeiten und ein verminderter Blutfluss im Euter keine Unterschiede in der Milchleistung zeigen, sind bisher allerdings rein spekulativ und wissenschaftlich nicht weiter erforscht. Ebenso wenig sind die Ursachen für die bessere Fruchtbarkeit bei Kühen, die auf elastischen Bodenbelägen gehalten werden nicht weiter erforscht (KREMER et al., 2012).

Eine Hypothese, die als Erklärungsansatz für die unveränderte Milchleistung und vor allem für die bessere Fruchtbarkeit dienen kann, liegt gegebenenfalls in einer höheren Futteraufnahme von Kühen, die auf elastischen Böden gehalten werden. Die erhöhte Futteraufnahme könnte dabei infolge eines gesteigerten Wohlbefindens und einer höheren Aktivität der Tiere verursacht werden. Über ein gesteigertes Wohlbefinden haben die Kühe unter Umständen eine erhöhte Trockenmassenaufnahme und fressen effektiver. Dieser Theorie zur Folge durchleben die Kühe eine weniger stark ausgeprägte und vielleicht eine kürzere Phase der negativen Energiebilanz während der Früh lactation (KREMER et al., 2012). Untersuchungen zu elastischen Bodenbelägen am Lehr- und Versuchsgut Oberscheißeheim belegen durch KREMER et al. (2012) bereits die erwähnten positiven Effekte auf die Fruchtbarkeit und auf die Gesundheit von Milchkühen.

Andere wissenschaftliche Arbeiten zeigen deutlich, dass eine schwächere negative Energiebilanz in Ausprägung und Dauer zu einer Verbesserung der Fruchtbarkeit führt und zu einem besseren Zyklusgeschehen mit höheren Konzeptionsraten beiträgt. Neben der Fruchtbarkeit korreliert auch das Auftreten von Erkrankungen wie Labmagenverlagerungen, Ketosen, Mastitiden, Endometritiden und Klauenerkrankungen eng mit der

Energieverfügbarkeit im Organismus bzw. mit der Ausprägung der negativen Energiebilanz. Stoffwechselerkrankungen und Fruchtbarkeitsstörungen führen zu Leistungseinbußen und bedingen oftmals große wirtschaftliche Schäden, die Merzung oder sogar den Totalverlust eines Tieres.

Daher richtet sich die Fragestellung dieser Arbeit darauf, den wissenschaftlichen Stand zu elastischen Bodenbelägen weiter zu erforschen und die ökologischen und ökonomischen Vor- und Nachteile herauszuarbeiten. Die Fragestellung dieser Studie lautet daher:

Beeinflussen elastische Bodenbeläge im Laufstall den Stoffwechsel von Milchkühen und verbessern dadurch die Fruchtbarkeitsmerkmale Rast- und Gützeit?

2. Literatur

2.1 Energie

2.1.1 Energiestoffwechsel der laktierenden Milchkuh

2.1.1.1 Energiestoffwechsel in der Trockenstehperiode

Die Trockenstehperiode ist neben der Frühlaktation und Hochlaktation eine der kritischen Phasen im Laktationszyklus einer Milchkuh. Die körperliche Konstitution in dieser Phase entscheidet über Gesundheit, Fruchtbarkeit und Milchleistung nach der Kalbung. Dabei hat sich gezeigt, dass nach einer optimalen Trockenstehphase eine Steigerung der Milchleistung von bis zu 650 kg erreicht werden kann (MC GILL University, 2009). Die typische Trockenstehdauer liegt bei circa 60 Tagen. Längere und kürzere Intervalle oder keine Trockenstehphase führen zu einem Rückgang in der Milchleistung von bis zu 25 % (ANDERSON et al., 2005 / MC GILL University, 2009). Dazu erhöhen abweichende Zeitintervalle die Entstehung von Stoffwechselkrankheiten (MC GILL University, 2009). Milchkuhe ohne Trockenstehphase zeigen allerdings ein vermindertes Risiko für die Entstehung von Stoffwechselentgleisungen sowie eine stabilere metabolische Situation in der Frühlaktation (ANDERSON et al., 2005). Allgemein wird die Trockenstehperiode in zwei Phasen eingeteilt, in eine frühe Trockenstehphase, der sogenannten „Far-Off“ Phase und in eine spätere Phase, der sogenannten „Close-Up“ Phase. In der Frühlaktation werden ebenfalls zwei Phasen unterschieden, zum einen die „Fresh-Cow“-Phase und zum anderen die „Early-Lactation“-Phase. Die „Close-Up“ Phase der Trockenstehzeit und die „Fresh-Cow“-Phase der Frühlaktation werden zur sogenannten Transitphase („Transition Periode“ vgl. Abbildung 2-1) zusammengefasst. Die Transitphase findet wiederum Berücksichtigung bei der Zusammensetzung und beim Energiegehalt der Futtermittel. Sie dient der Milchkuh als Vorbereitung auf die anstehende Laktation (DRACKLEY, 1999 / KASKE et al., 2006 / MC GILL University, 2009).

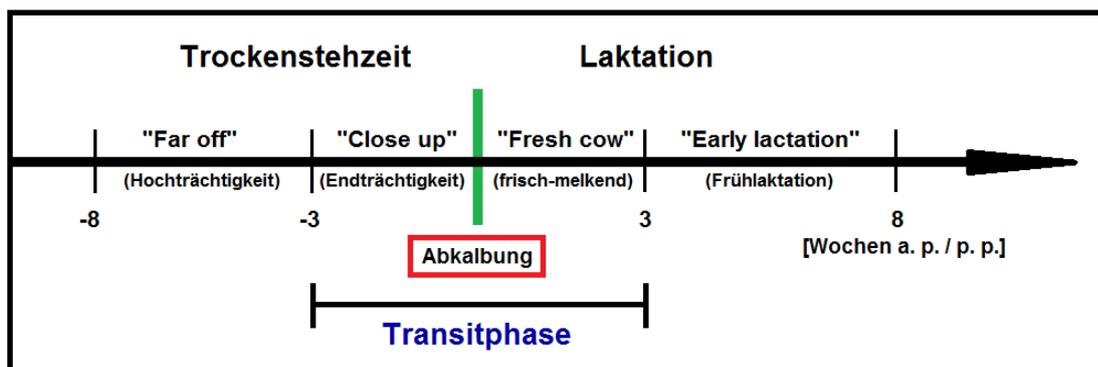


Abbildung 2-1: *Transitphase von Kühen modifiziert nach KASKE et al. (2006)*

Empfehlungen zur Fütterungspraxis für die tägliche Energieversorgung bei trockenstehenden Kühen geben Werte von 5,6 bis 5,8 MJ Netto-Energie-Laktation (NEL) an. Eine Fütterung mit einer Energiekonzentration von 5,6 MJ NEL / kg TS (Trockensubstanz) deckt dabei den erforderlichen Bedarf für Trächtigkeit und Erhaltung. Kühe, die während des Trockenstehens mit 6,0 MJ NEL / kg TS versorgt werden, zeigen indes höhere Trockenmassenaufnahmen und eine deutliche Körpermassenzunahme (FISCHER et al., 2002 / WINKELMAN et al., 2008). Ein hohes Energieniveau der Futtermittelration in der frühen Trockenstehphase (Far-Off) führt aber in der Vorbereitungsphase (Close-Up) auf die Kalbung zu einer signifikant höheren Einschmelzung von Fettgewebe und zu einem stärkeren Rückgang der Futteraufnahme unmittelbar vor der Geburt. Erhöhte Fettmobilisationsraten um den Zeitpunkt der Geburt bedingen ein erhöhtes Risiko für das Auftreten von Fruchtbarkeits- und Stoffwechselstörungen. Diese Tiere sind prädisponiert für die Entstehung von Ketosen, Leberverfettung, Nachgeburtsverhalten, Labmagenverlagerungen und Mastitiden sowie für eine Wehenschwäche bei der Geburt (FISCHER et al., 2002). Eine Studie von DANN et al. (2006) zeigt ebenfalls signifikante Unterschiede im Trockensubstanzaufnahmevermögen zwischen Kühen, die in der Far-Off-Phase unterschiedlichen Fütterungskonzepten unterliegen. Die Tiere, die in dieser Zeit restriktiv versorgt oder nach ihrem Bedarf gefüttert werden, weisen ein höheres Trockenmasseaufnahmevermögen in den ersten Laktationstagen auf als Kühe, die in dieser Phase energetisch überversorgt werden. Zudem zeigen die Kühe mit der energetischen Überversorgung anhand ihrer höheren Konzentration an Freien-Fettsäuren und ihrer höheren Ketonkörper-Konzentration im Blut die beschriebene höhere Fettmobilisationsrate post partum. Die Fütterung in der Trockenstehphase hat somit größeren Einfluss auf den Fettstoffwechsel und das Trockensubstanzaufnahmevermögen in der Früh-laktation als die eigentliche Fütterung während der Früh-laktation selbst (DOUGLAS et al., 2006). JANOVIK und DRACKLEY (2010) fanden ebenfalls einen negativen Zusammenhang zwischen der Fütterung im präpartalen Zeitraum, dem Abbau von Körperreserven und der Futteraufnahme nach der Kalbung heraus. Eine Überversorgung an Energie bzw. eine Überfütterung in der Trockenstehphase führt in dieser Studie auch wieder zu Verlusten in der Trockensubstanzaufnahme und zu erhöhten Körpermasseverlusten in den ersten acht Wochen der Laktation. Allerdings trat hier diese Wirkung nur bei mehrkalbigen Kühen, nicht jedoch bei Kalbinnen auf.

Zusätzlich zur bedarfsgerechten Fütterung ist eine moderate Körperkonditionierung zum Ende der Spät-laktation anzustreben, um eben die beschriebene überschießende Fettmobilisation in der Transitphase zu vermeiden. Zur Trockenstehphase sollten daher die optimalen Körperkonditionen bzw. der optimale Fettansatz bereits erreicht sein. Das entspricht einer Rückenfettdicke, abhängig vom Autor, zwischen 20 mm bis 25 mm oder zwischen 25 mm bis 30 mm (ROSSOW et al., 1990 / STAUFENBIEL et al., 1993a). Die

anzustrebende Rückenfettdicke bzw. der ausreichende Fettansatz für die Folgelaktation ist im letzten Laktationsdrittel aufzubauen. In der Trockenstehphase sind keine Abbauprozesse und lediglich ein Aufbau von maximal 5 mm der Fettreserven bis zur Kalbung anzustreben, auch wenn es sich dabei um unterkonditionierte Tiere handeln sollte. Allerdings unterscheidet sich der Energiebedarf der Kühe je nach Alter, Laktationszahl und dem Abstand zur nächsten Kalbung individuell. Daher ist die energetische Rationsgestaltung in der Far-Off-Phase auf ein im Mittel der Gruppe geringgradig positives Energieniveau auszurichten (ROSSOW et al., 1990 / LANGHANS, 1992 / STAUFENBIEL et al., 1990 / 1991a / 1993b). Eine Konditionsabnahme in der Trockenstehphase bei verfetteten Kühen ist unbedingt zu vermeiden, da dies negativen Einfluss auf die Stoffwechsellage in der Früh-laktation nimmt. Tritt während der Trockenperiode eine Abnahme der RFD auf, ist dies in der Regel auf eine Erkrankung des jeweiligen Tieres zurückzuführen. Weiter kann es durch eine Abnahme der RFD zu Geburten untergewichtiger und lebensschwacher Kälber bis hin zu Totgeburten kommen. Die Transitphase bzw. die Close-Up-Phase ist für eine gute Fruchtbarkeit und Gesundheit in der Früh-laktation von besonderer Bedeutung. In dieser Zeit sollte die Fütterung mit der postpartalen Rationsstruktur vorgenommen werden. Vor allem der Anteil an leichtverdaulichen Kohlenhydraten ist dabei zu erhöhen. Dies muss allerdings unter der Einhaltung der bedarfsgerechten Energieversorgung stattfinden. Durch diese Maßnahme adaptieren sich die Pansenschleimhaut und die Pansenmikroben an die postpartale Fresh-Cow-Fütterung (LANGHANS, 1992 / ROSSOW et al., 1990 / 1993 / STAUFENBIEL et al., 1990 / 1991a / 1993a / WINKELMAN et al., 2008 / DAETZ, 2009 / HUSSEIN et al., 2013).

Erfolgt in der Trockenstehphase ausschließlich eine Fütterung mit Stroh, zeigen die Kühe post partum eine höhere Anfälligkeit für Stoffwechselerkrankungen sowie höhere Plasma-Cortisol-Werte im Blut. Die Auswirkungen auf den Stoffwechsel, die Eutergesundheit und die Gesamtzellzahl können dadurch vermieden werden, dass der Strohfütterung eine geringe Menge an Silage zugeführt wird (ODENSTEN et al., 2007). Kühe, die managementbedingt keiner Trockenstehphase unterliegen, zeigen höhere Plasmakonzentrationen an Glukose und Insulin, niedrigere Konzentrationen an freien Fettsäuren und an β -Hydroxy-Butyrat im Blut während der eigentlichen Früh-laktationsphase. Darüber hinaus besitzen die Kühe in der Studie von ANDERSON et al. (2005) ohne Trockenstehphase analog zur Untersuchung von DOUGLAS et al. (2006) niedrigere Triglyceridwerte und höhere Werte an Glykogen in der Leber während der Früh-laktation im Vergleich zu den Tieren, die einer traditionellen Trockenstehphase von sieben Wochen unterliegen. Im Weiteren hat die Studie ergeben, dass Stoffwechsellentgleisungen in den ersten fünf Wochen nach der Kalbung weniger auftreten, die Milchleistung jedoch vermindert ist. Die Trockensubstanzaufnahme ist in beiden Gruppen über die Versuchsphase nahezu identisch. Zudem weisen die Tiere beider

Gruppen gleiche Körpergewichte und die gleichen Körperkonditionen (BCS) auf. Eine weitere Studie zur Trockenstehphase von MADSON et al. (2008) erzielt die gleichen Ergebnisse in Bezug auf den Milchrückgang bei Kühen ohne Trockenstehphase. Zusätzlich zeigt MADSONs Untersuchung eine Erhöhung des Proteingehaltes in der Milch von 0,4 Prozentpunkten (MADSEN et al., 2008). Einen Rückgang der Milchleistung hat auch DE FEU et al. (2009) in den ersten zwölf Wochen post partum bei Milchkühen festgestellt, die keiner Trockenstehperiode unterliegen. Des Weiteren zeigt diese Studie neben den höheren Konzentrationen an Glukose und Insulin (vgl. oben) eine früher einsetzende erste Ovulation (16,9 Tage zu 24,8 Tagen).

Der Trockenstehperiode kommt zusammenfassend eine zentrale Bedeutung zu und wirkt sich je nach Energieniveau der Fütterung und der Körperkondition zum Trockenstellen positiv oder negativ auf die Milchleistung, die Fruchtbarkeit und den Stoffwechsel sowie auf die Ausprägung der negativen Energiebilanz in der anstehenden Laktation aus. Vor allem in der späten Trockenstehphase bzw. der Transitphase und Vorbereitungs fütterung können fütterungsbedingte Managementfehler postpartale Erkrankungen begünstigen (FISCHER et al., 2002). In der Trockenstehperiode ist eine limitierte aber energetisch hochwertige Fütterung ausreichend, um den Energiebedarf für Trächtigkeit und Erhaltung zu decken und vermindert deutlich die Ausprägung der negativen Energiebilanz in der Früh laktation (WINKELMAN et al., 2008).

2.1.1.2 Energiestoffwechsel in der Transitphase

Die Transitphase erstreckt sich von drei Wochen ante partum bis drei Wochen post partum und teilt sich, wie erwähnt, in eine Close-Up-Phase und eine Fresh-Cow-Phase auf (DRACKLEY, 1999 / KASKE et al., 2006). In dieser Zeit unterliegt die Milchkuh großen metabolischen Anpassungsprozessen. Die Transitphase ist von entscheidender Bedeutung für die Gesundheit, für die Milchleistungsbereitschaft und für die Wirtschaftlichkeit einer Milchkuh. Die meisten metabolischen Gesundheitsstörungen treten in dieser Phase auf. Die Regulation und Koordination des Fettstoffwechsels zwischen Fettgewebe, Leber und Eutergewebe bilden dabei die wichtigsten Komponenten zur Anpassung des Stoffwechsels an die bevorstehende Laktation. Zudem erfolgt eine Adaption im Glukose- und Mineralstoffwechsel (DRACKLEY, 1999 / MC GILL University, 2009).

In der Close-Up-Phase befindet sich die Milchkuh in einer rein anabolen Phase. Während dieser Zeit wird die über das Futter aufgenommene Energie nicht für die Milchsynthese, sondern für die Erhaltung, den Ansatz und das Frucht wachstum verwendet. Damit bildet die Close-Up-Phase ein kritisches Stadium bei der Energieversorgung bzw. in der Fütterungsstrategie (vgl. Abschnitt 2.1.1.1). CURTIS und ERB fanden in einer Studie bereits

1985 heraus, dass eine höhere Futtermittelaufnahme in der Close-Up-Phase, also eine höhere Aufnahme von Protein, Calcium, Phosphor und Energie, eine Verbesserung des peripartalen Gesundheitsstatus bewirkt. Bei einer höheren Energieaufnahme drei Wochen vor der Geburt vermindert sich das Risiko metabolischer Stoffwechsellagen (Ketosen und Gebärfähigkeit) während der Fresh-Cow-Phase und verbessert die anschließende Fruchtbarkeit- und Konzeptionsrate in der Early-Lactation-Periode (Frühlaktation). Zudem wird das Auftreten peripartaler Wehenschwächen und linksseitigen Labmagenverlagerungen durch eine erhöhte Energieaufnahme drei Wochen ante partum um ein vielfaches gemindert. Bei einer erhöhten Proteinaufnahme geht ebenfalls das Risiko für Nachgeburtshalten und unkomplizierten Ketosen zurück. Zudem verhilft die Close-Up-Phase der Milchdrüse zur Regeneration und zur Entstehung einer optimalen Kolostralmilch (CURTIS und ERB, 1985). Es wird daher im ersten Abschnitt der Transitphase eine erhöhte Nährstoffversorgung der Milchkuh zur metabolischen Adaptation an die bevorstehende Laktation empfohlen und angestrebt (OVERTON und WALDRON, 2004).

Heutige Studien zur energetischen Versorgung zeigen demgegenüber allerdings, dass eine restriktive Fütterung in der Close-Up-Phase die postpartale Energiebilanz verbessert bzw. verkürzt. Eine Untersuchung zur ad libitum Fütterung über den Energiebedarf führt in den ersten drei Wochen der Transitphase bzw. in den letzten drei Wochen der Trächtigkeit zu einer positiveren Energiebilanz und zur Zunahme der Körperkonditionen im Vergleich zu einer restriktiven Fütterung. Post partum verlieren allerdings die Kühe der ad libitum Gruppe im Vergleich mehr Körpermasse (-12,4 % zu -9,7 %) und zeigen eine gravierendere negative Energiebilanz (-4,5 zu -7,0 Mcal). Die Kühe in der ad libitum Fütterungsgruppe haben darüber hinaus in der Frühlaktation niedrigere Glykogengehalte in der Leber, aber ähnliche Triglyceridwerte wie die Tiere in der Restriktionsfütterung. Daher hat nach dieser Studie eine restriktive Fütterung in der Close-Up-Phase positive Effekte auf die Ausprägung der negativen Energiebilanz und auf den metabolischen Status während der Early-Lactation-Periode (HAYIRLI et al., 2011). Ähnliche Ergebnisse liefert eine weitere Untersuchung, in der die Kühe in der Close-Up-Phase vom 21. Tag a. p. bis zur Kalbung mit zwei energetisch unterschiedlichen Rationen gefüttert worden sind. Die energetisch besser versorgten Tiere zeigen in der Close-Up-Zeit eine bessere Energiebilanz und höhere Seruminsulinkonzentrationen. Post partum zeigen diese Kühe dann aber eine drastische Erhöhung der freien Fettsäuren (NEFA / FFS) sowie eine Erhöhung der Beta-Hydroxy-Butyrat-Werte (BHBA) im Blut. Der Anstieg beider Parameter ist auf eine größere Fettmobilisationsrate zurückzuführen. Eine energetische Überversorgung in der Close-Up-Phase führt folglich nicht zu einer Verbesserung der Leistungsmerkmale in einer Milchviehherde, sondern erhöht das Risiko für die Entstehung von Gesundheitsstörungen infolge der gesteigerten Fettmobilisation (GUO et al., 2007 / JI et al., 2012). Eine dritte

Untersuchung zur Trockenstehphase und Fütterung erzielt Unterschiede in den Abgangsraten von Kühen. So zeigen Kühe, ab der dritten Laktation, die einem konventionellen Trockenstehmanagement und der dazugehörigen Fütterung unterliegen, höhere Abgangsraten (42,6 %) im Vergleich zu Kühen mit kurzer Trockenstehphase (35 Tage) und einer reinen Vorbereitungsfütterung (31,6 %). Dieses Management der Trockenstehphase nimmt aber keinen Einfluss auf die Abgangsraten von Kühen bis zur zweiten Laktation; auch nicht auf die Inzidenz von schweren Ketosen, Labmagenverlagerungen, Milchfieber und Mastitiden aller untersuchten Kühe (SANTSCHI et al., 2011).

2.1.1.3 Energiestoffwechsel der Frühaktation (early lactation)

Die Frühaktation ist für die Milchkuh energetisch die kritische Phase überhaupt. Nach der Kalbung setzt unverzüglich die Milchsynthese ein und das Futteraufnahmevermögen ist demgegenüber vermindert. Dazu erreicht die Kuh ihren Milchleistungsgipfel, bevor sie das maximale Futteraufnahmevermögen erlangt. In dieser Phase muss die Kuh zusätzlich die Puerperalphase bewältigen, den Sexualzyklus anregen, soll anschließend konzipieren und milchleistungs- und gesundheitsstabil sein. Dadurch bildet die Frühaktation im Laktationszyklus die Phase mit dem höchsten Risiko für das Auftreten von Gesundheitsstörungen. Eine temporär unzureichende Energieverfügbarkeit in dieser Phase kann zu Leistungsdepressionen, Fruchtbarkeitsstörungen und verschiedenen Stoffwechselstörungen mit unterschiedlich ausgeprägten Erscheinungsbildern führen. Allen gemeinsam ist dabei eine auf einem Energiedefizit basierende Pathogenese, die auf die Mobilisation von Körperfett zurückgeht (ROBERTS et al., 1981 / FARRIES, 1983 / HARASZTI, 1983 / KARSAI und SCHÄFER, 1984 / STAUFENBIEL, 1992 / 1993a / INGVARTSEN und ANDERSEN, 2000 / DAETZ, 2009). Daraus wird ersichtlich, dass Milchkühe in der Frühaktation grundsätzlich eine Phase negativer Energiebilanz durchlaufen. Mit einsetzender Milchproduktion post partum und reduziertem Futteraufnahmevermögen verfällt die Kuh in eine Energiemangelsituation. Der vermehrte Bedarf an Energie kann nur über körpereigene Reserven kompensiert und gedeckt werden. Vorrangig schmilzt die Milchkuh dabei Körperfett ein und wirkt so dem mangelhaften Trockenmassenaufnahmevermögen entgegen.

Neben der Energie für die Milchsynthese wird ebenfalls Energie für eine neue Konzeption und für die Körpersubstanzerhaltung benötigt. Die Milchleistung erreicht 4 bis 7 Wochen nach der Kalbung ihren Höhepunkt und beginnt ab dieser Zeit allmählich abzufallen. Die Futteraufnahme erzielt ihr Maximum aber erst in der 8. bis 11. Laktationswoche (LW). Die Deckung des anfallenden Energiebedarfs bzw. die Kompensation der negativen

Energiebilanz mit körpereigenen Fettreserven ist somit ein physiologischer Prozess (STAUFENBIEL et al., 1987b / 1987c). Ein Körpermassenabbau von 10 % in der Früh lactation gilt als normal. Bis zu 33 % der Milchsynthese werden energetisch aus körpereigenen Reserven gebildet. So können die Tiere bis zu 2 kg Fett pro Tag mobilisieren und kommen auf eine Gesamtfettmobilisation von bis zu 150 kg in der Früh lactation. Der Proteinabbau kann bis zu 27 % betragen und entspricht 20 kg Protein bzw. 100 kg Körpermasse (PIATKOWSKI, 1975 / BINES und HART, 1982 / STAUFENBIEL et al., 1987b / 1993c).

Voraussetzung für die Mobilisation von Körperfettgewebe sind dementsprechend ausreichende Fettdepots zu Beginn der Laktation. Geringgradig und mittelgradig angelegte Fettreserven haben nur einen geringen Effekt auf die Milchleistung. Gut ausgebildete Fettgewebedepots besitzen nachweislich eine milchleistungsfördernde Wirkung (SCHRÖDER und STAUFENBIEL, 2003 / DAETZ, 2009 / MC GILL University, 2009). Untersuchungen ergaben, dass die Fettmobilisation, quantifizierbar durch die Rückenfettdickenänderung, die milchleistungsfördernde Wirkung vorrangig in den ersten beiden Laktationswochen ausübt. Eine überschießende Fettmobilisation in den ersten beiden Laktationswochen (LW) wirkt sich dann allerdings negativ auf die Milchleistung und auf das Futteraufnahmevermögen aus (FISCHER et al., 2002). Ab der dritten LW verhält es sich umgekehrt, eine hohe Fettmobilisation wird dann von einer höheren Milchleistung begleitet. In der Früh lactation ist die Fettmobilisationsrate (Lipolyse) sehr hoch und der Fettaufbau (Lipogenese) eher gering. Dadurch begünstigt der niedrige Fettaufbau indirekt in der Früh lactation die Milchsynthese. In dieser Zeit verbraucht die Lipogenese keine Metaboliten für die Fettsynthese. Die frei verfügbaren Metaboliten können daher für die Milchsynthese eingesetzt werden. Die Lipolyse stellt dagegen auf direktem Weg Metaboliten für die Milchsynthese bereit. Am Ende der Hochlaktation und in der Spätlaktation kehren sich die Vorzeichen wieder um, die Fettsäuresyntheserate steigt und die Fettmobilisationsrate nimmt ab. Das erklärt, warum die RFD zum Partus positiv und die Rückenfettdickenänderung in der Hoch- und Spätlaktation negativ mit der Milchleistung korreliert (STAUFENBIEL et al., 1993b / SCHRÖDER und STAUFENBIEL, 2003).

Übermäßig ausgebildete Fettdepots zur Kalbung erhöhen das Risiko für überdurchschnittliche Körpermassenverluste. Bei Färsen oder Jungkühen führt dies zu unzureichenden Körpermassenzunahmen in der ersten Laktation, was sich negativ auf die Folgelaktationen auswirkt. Weiterhin kann es zu einer schlechteren Futteraufnahme, zu einer erhöhten Rate an Geburtskomplikationen, zu Fruchtbarkeitsstörungen und zu einer niedrigeren Milchleistung aufgrund einer Verfettung des Euterparenchyms kommen (STAUFENBIEL et al., 1987b). Ein zu hoher Körperfettgehalt (Verfettung) führt, wie erwähnt, zu einer überstürzten und übermäßigen Fettmobilisation in der Früh lactation und bedingt

dadurch eine hohe Bildung an Ketonkörpern. Dieser Prozess bewirkt zusätzlich eine Senkung der Futteraufnahme. Es kommt zur Ausbildung einer Hyperketonämie. Daraus können Stoffwechsellentgleisungen in Form einer Ketose und ggf. eines Fettlebermobilisationssyndroms resultieren. Bei der Abnahme der Rückenfettdicke existieren tierindividuelle Unterschiede im Fettmobilisationsverhalten (STAUFENBIEL et al., 1993c). In den ersten beiden Wochen der Früh-laktation sollte nach HAFNER et al. (1991) und STAUFENBIEL et al. (1991a / 1993c) die Fettmobilisation möglichst gering gehalten werden, damit sich der Stoffwechsel an die Verwertung langkettiger Fettsäuren gewöhnen kann. Nach den ersten zwei Laktationswochen hält der Fettabbau weiter an, ohne negative Einflüsse auf die Fruchtbarkeit und Gesundheit nach sich zu ziehen. Dabei sollte aber immer die tierindividuelle Variation im Mobilisations- und Depositionsverhalten Berücksichtigung finden. Man spricht daher auch vom Mobilisationstyp bzw. vom Depositionstyp als Stoffwechsellertyp (STAUFENBIEL et al. 1991a / 1993c).

2.1.1.4 Energiestoffwechsel in der Hochlaktation

Die negative Energiebilanz schwächt sich im Laufe der Laktation immer weiter ab. Mit zunehmendem Trockensubstanzaufnahmevermögen und abfallender Milchleistung verringert sich die negative Energiebilanz, bis sie in eine ausgeglichene und anschließend in eine positive Energiebilanz übergeht. In der Hochlaktation liegt weiterhin eine negative Energiebilanz vor, die sich jedoch durch das wachsende Trockenmasseaufnahmevermögen in ihrer Ausprägung vermindert. In dieser Phase dient die aufgenommene Energie aber weiterhin vorrangig der Milchproduktion (ROSSOW, 2004a). Erst nach der Hochlaktation baut die aufgenommene Energie die angegriffenen Körperreserven wieder auf. An die Hochlaktation schließt sich die Spätlaktation an. In dieser Phase ist der Fettansatz sogar um bis zu 24 % effektiver als in der Trockenstehphase. In der Spätlaktation werden über die zunehmende Lipogenese die Fettdepots wieder aufgefüllt. Dadurch besitzt das Fettgewebe einen energetisch ausgesprochen effektiven Puffermechanismus zur Regulation des Energiehaushaltes bei der Milchkuh (PIATKOWSKI, 1975 / STAUFENBIEL et al., 1987a / 1987b / 1987d / 1993b).

In der Hochlaktation kommt es zu Änderungen in der Hormonkonstellation. Die Hochlaktation schließt damit den Kreis bzw. bildet den Übergang von der katabolen in die anabole Stoffwechselphase. Für die Regulation des Energiehaushaltes zwischen Milchsynthese und Körpermassenansatz sorgen hauptsächlich drei Hormone: Somatotropin, Insulin und Glukagon. Somatotropin oder Somatotropes Hormon (STH) fördert die Milchsynthese, bewirkt eine katabole Stoffwechsellage und fördert den Abbau von Körperfettreserven. Insulin hingegen stimuliert die Lipogenese und damit den Aufbau von Fettdepots bzw.

Körpermasse. Insulin bildet damit als anabol wirkendes Hormon den Gegenspieler zum STH. Glukagon fördert dagegen die Gluconeogenese in der Leber und dadurch wiederum indirekt die Lipogenese. Glukose bildet damit einen bedeutenden Stimulator für die Fettsäuresynthese (BINES und HART, 1982 / STAUFENBIEL et al., 1987a / 1987b / 1987c / 1993c).

Ein weiteres Hormon zur Regelung der Stoffwechselprozesse ist der Insulin-Like-Growth-Factor, kurz IGF. IGF zählt zu den insulinähnlichen Wachstumshormonen und ist bei Kühen mit einer positiven Energiebilanz höher als bei Kühen mit einer negativer Energiebilanz (SHARMA et. al., 1994 / REIST et al., 2000). IGF-1 besitzt eine ähnliche metabolische Wirkung wie Insulin. Es fördert die Aufnahme von Glukose in die umliegenden Gewebe und vermindert die Bildung von Glukose in den Leberzellen (SJÖBERG et al., 1994). Zudem erhöht IGF-1 die Proteinsynthese in den Muskelzellen und trägt zur Fettsynthese bei (CLEMMONS, 2012). Allerdings variieren die Konzentrationen neben der Laktationsdynamik zusätzlich durch das Alter und durch das Trächtigkeitsstadium (TAYLOR et al., 2004). Darüber hinaus besteht zwischen dem Ovulationszyklus und der IGF-1-Konzentration im Blut eine enge Beziehung. Kühe mit einem normalen Brunstzyklus zeigen höhere IGF-1-Werte im Blut als Kühe mit einem gestörten Brunstzyklus (DISKIN et al., 2003 / OBESE et al., 2004 / SCHMAUSSER, 2006). Außerdem besteht eine negative Korrelation zwischen der Höhe der Milchleistung und der Höhe an IGF-1 im Blutplasma. Je höher die Milchleistung, desto niedriger sind die Werte an IGF-1 im Blut und umgekehrt (TAYLOR et al., 2004).

Leptin bildet ein weiteres Hormon im Energiestoffwechsel. Leptin wird von den Fettzellen synthetisiert und in die Blutbahn abgegeben. Mit zunehmender Körperkonditionierung liegen mehr und mehr Fettzellen vor und produzieren Leptin. Die Leptinkonzentration bewirkt einen Rückkopplungsmechanismus zum Gehirn, das wiederum eine Reduzierung der Futteraufnahme auslöst. Ein niedriger Leptinspiegel geht daher mit einer negativen Energiebilanz einher, erhöht die Futteraufnahme und steigert die Lipolyse. Eine hohe Leptinkonzentration spricht somit für eine positive Energiebilanz, senkt die Futteraufnahme und fördert die Lipogenese (LIEFERS et al., 2003 / ROSSOW, 2008a).

2.1.1.5 Energiestoffwechsel in der Spätlaktation

Die Spätlaktation stellt aus Sicht der Energieversorgung, Fettmobilisation und Gesundheit eine unproblematische Phase im Laktationszyklus dar. Das letzte Laktationsdrittel nimmt keinen Einfluss mehr auf die laufende Laktation. Aus Sicht der Körperkonditionierung kommt der Spätlaktation aber eine wichtige Aufgabe zu. In dieser Phase erfolgt die Regeneration der Körperreserven für die Folgelaktation. Dabei ist eine optimale Konditionierung bis zur Trockenstehphase anzustreben (vgl. Abschnitt 2.1.1.1). Eine Konditionsbeurteilung in dieser

Phase sollte circa 100 Tage vor dem Trockenstellen erfolgen. Rechnet man eine achtwöchige Trockenstehphase mit ein, stellt dies den 156. Tag vor dem errechneten Kalbetermin dar. An diesem Beurteilungszeitpunkt wird eine RFD von 15 bis 20 mm erwartet. Demzufolge lassen sich die Kühe in drei Gruppen einteilen: Tiere mit zu geringen, Tiere mit optimalen und Tiere mit übermäßigen Fettreserven. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit zur gezielten Manipulation der Konditionsentwicklung. Die Tiere erhalten je nach Konditionslage entweder eine deutliche Energiezulage (RFD < 15 mm), eine Versorgung gering oberhalb des Bedarfs (RFD \geq 20 mm) oder eine restriktiv gesteuerte Futterration (RFD > 20 mm). Eine Energiezulage oder eine Energierestriktion bleiben in der Spätlaktation ohne negative Folgen für die Gesundheit, wobei allerdings eine Unterkonditionierung und eine Verfettung der Tiere zu vermeiden sind. Eine Manipulation des Körperfettgehaltes sollte daher in dieser Phase der Laktation erfolgen. Die Konditionsentwicklung in die eine oder andere Richtung sollte anhand weiterer Untersuchungszeitpunkte überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden. In jedem Fall sollte die nächste Konditionsbeurteilung zum Trockenstellen durchgeführt werden, um eine Abweichung von der optimalen Konditionierung zu erkennen (STAUFENBIEL, 1993a / SCHRÖDER und STAUFENBIEL, 2003).

2.1.2 Pathologie des Energiestoffwechsels

Die in der Frühaktation auftretende negative Energiebilanz wird durch vielfältige Mechanismen kompensiert und möglichst gering gehalten. Allerdings birgt die negative Energiebilanz die Gefahr einer Stoffwechselentgleisung mit gesundheitlichen Störungen. Als wichtigstes Kompensationsmittel zur Pufferung dieser Phase dient das erwähnte Fettgewebe. Die im Fett gespeicherten Triglyceride werden in der Lipolyse in langkettige Fettsäuren und Glycerin gespalten und als freie Fettsäuren ins Blut abgeben. Die Fettsäure dient den verschiedenen Geweben als Substrat zur Energiegewinnung und dem Euter zur Milchfettsynthese. Ein Teil der freien Fettsäuren gelangt in die Leber, dort verstoffwechselt werden sie in Form von Acetat, Ketonkörpern oder Lipoproteinen wieder in die Blutbahn abgegeben. Sowohl die von der Leber resorbierten freien Fettsäuren als auch die Höhe der Ketonkörperbildung (Ketogenese Abbildung 2-2) hängen von der im Blut zirkulierenden Konzentration an freien Fettsäuren ab. Die Menge der freien Fettsäuren im Blut wiederum hängt von der Lipolyserate im Fettgewebe ab (BELL, 1980 / STAUFENBIEL, 1993a). Die Fettmobilisation wird durch einige Hormone aktiviert, aber nur vom Insulin gehemmt (vgl. Abschnitt 2.1.1.4). Mit Einsetzen der Laktation sorgt eine Vielzahl von Mechanismen für eine Beschleunigung der Lipolyse. Zum einen bedingt die Senkung der Re-Veresterungsintensität von Fettsäuren, zum anderen die Senkung der Glycerin-3-Phosphat-Syntheserate eine Erhöhung der Fettmobilisation. Dazu fördern die Verminderung der Lipoproteinlipaseaktivität

und die erniedrigte Ansprechbarkeit der Fettzellen gegenüber Insulin und Glukose die Fettmobilisation zusätzlich. Allerdings kann es unter Umständen durch diese Mechanismen zu einer überschießenden Reaktion mit übermäßiger Freisetzung von Fettsäuren kommen. Dabei überschreitet die Fettsäurefreisetzung die Fettsäureverwertung (ROSSOW und STAUFENBIEL, 1983 / STAUFENBIEL, 1993b). Die Höhe der Lipolyserate wird vor allem von der Menge der vorliegenden Fettdepots und vom Ausmaß des Energiedefizits bestimmt. Die Lipolyserate spiegelt das Verhältnis der Energieausgabe über die Milch zur Energieaufnahme über das Futter wider. Eine hohe Konzentration an freien Fettsäuren und Ketonkörpern im Blut wirkt sich zudem depressiv auf die Futteraufnahme aus und zeigt ihrerseits die Höhe der negativen Energiebilanz (STAUFENBIEL et al., 1987a / 1987b / 1987c / 1993b).

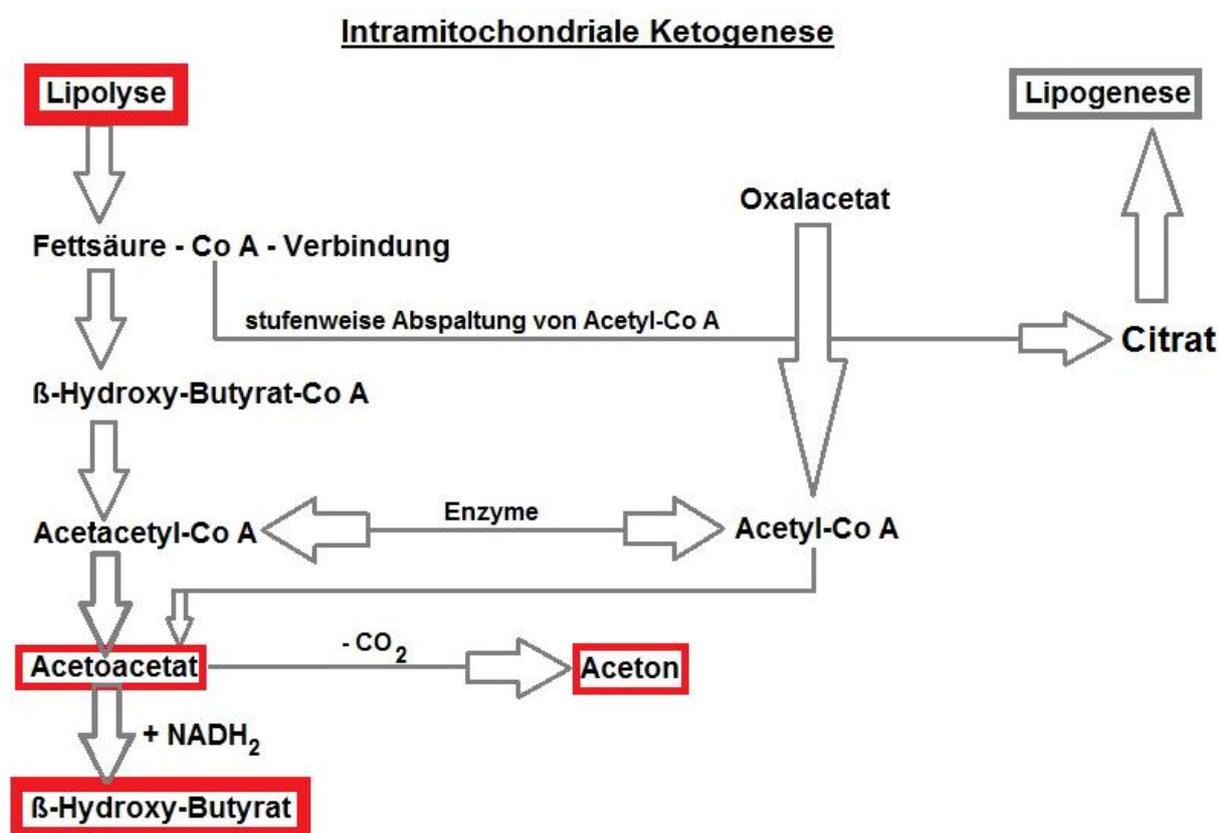


Abbildung 2-2: Entstehung von Ketonkörpern modifiziert nach GASTEINER (2000)

2.1.2.1 Komplizierte und unkomplizierte Ketose

Die Fettmobilisation im Laktationszyklus der Milchkuh ist Grundlage für hohe Milchleistungen und zugleich Ausgangspunkt für die Entstehung von metabolischen Gesundheitsstörungen (STAUFENBIEL et al., 1989a / 1989b / 1989c / 1993 / ROSSOW, 2003 / JANUS und BORKOWSKA, 2013). Es kommt unvermeidlich, auch unter physiologischen Bedingungen,

zur Ausprägung einer negativen Energiebilanz. Dabei kommt es sowohl zu einer „physiologischen Ketose“ als auch zu einer „physiologischen Leberverfettung“ ohne Beeinträchtigungen in der Milchleistung. Eine subklinische Ketose ist hingegen durch Körpermasseverluste, Milchleistungsrückgang und Puerperal- und Fruchtbarkeitsstörungen gekennzeichnet und bildet das erste pathologische Geschehen, an das sich weitere Pathologiemechanismen anschließen können (STAUFBENBIEL et al., 1987a/ 1987c / 1987e / 1993a). Zur Bestimmung einer Ketose werden die Ketonkörper-Werte im Blut, Milch oder Urin gemessen. Dabei geben die Ketonkörper im Blut die aussagekräftigsten Werte über das Vorliegen einer Ketose wieder. SUTHAR et al. (2013) sprechen von einer subklinischen Ketose bei β -Hydroxy-Butyrat-Konzentrationen (BHBA-Konzentration) von $\geq 1,2$ bis $1,4$ mmol/l im Blut. Bei DIRKSEN et al. (1990) liegen die Referenzwerte für gesunde Rinder zwischen $0,17$ mmol/l bis $1,70$ mmol/l im Vollblut. Die Werte bei STÖBER et al. (2003) bewegen sich zwischen $1,2$ mmol/l und $2,0$ mmol/l im Blutserum und der Übergang zur klinischen Ketose zwischen $2,0$ bis $3,0$ mmol/l (Blutserum). Bei Konzentrationen $> 3,0$ mmol/l im Blutserum gehen STÖBER et al. (2003) dann von einer klinisch manifesten Ketose aus. Andere Autoren wie ENJALBERT et al. (2001) gehen ab Blutserum-Konzentrationen von über $1,20$ mmol/l von einer subklinischen Ketose aus. Bei STAUFBENBIEL (2004) gelten Werte über $1,0$ mmol/l bereits als subklinische Ketose. Bei GASTEINER (2000) und DUFFIELD et al. (2004) liegen die Werte für eine subklinische Ketose wiederum zwischen $1,40$ mmol/l und $1,60$ mmol/l im Blut (vgl. Tabelle 2-1).

Die subklinische Ketose wird als Voraussetzung für die Entstehung anderer Stoffwechsel- und Infektionskrankheiten wie Metritis, Mastitis, klinischer Ketose und Labmagenverlagerung gesehen. Die subklinische Ketose tritt in den ersten zwei Monaten der Laktation mit einer Prävalenz von bis zu 43 % auf (SUTHAR et al., 2013). Nach STÖBER et al. (2003) liegt die Krankheitshäufigkeit bei bis zu 34 % und nach GEISHAUSER et al. (2000) und nach GASTEINER (2000) bei bis zu 30 %. ENJALBERT et al. (2001) hingegen gehen nur von einer Prävalenz von $19,2$ % an einer subklinischen Ketose erkrankter Tiere aus. Kühe mit einer subklinischen Ketose entwickeln im Vergleich zu Kühen ohne Ketoseanzeichen $1,5$ mal häufiger eine Metritis, $9,5$ mal häufiger eine klinische Ketose und 5 mal häufiger eine Labmagenverlagerung. Kühe mit BHBA-Werten von $\geq 1,4$ mmol/l in den ersten 15 Tagen der Laktation besitzen sogar $1,7$ mal, $10,5$ mal und $6,9$ mal größere Chancen für die Entwicklung einer Metritis, klinischen Ketose und Labmagenverlagerung im Vergleich zu Kühen mit niedrigeren BHBA-Konzentrationen im Blut. Zudem erhöht ein Schwellenwert von $\geq 1,1$ mmol/l die Wahrscheinlichkeit für die Entstehung von Lahmheit bei Milchkühen um das $1,8$ fache (SUTHAR et al., 2013).

Ein Body Condition Score (BCS) über $3,5$ zum Kalbezeitpunkt bedingt eine erhöhte Fettmobilisation und steht damit in einer engen Beziehung zu einem erhöhten Risiko zum

Auftreten einer Ketose. Kühe, die eine Ketose entwickeln, haben durchweg höhere BCS-Werte als nicht erkrankte Tiere. Das geringste Risiko für die Entstehung einer Ketose weisen Kühe auf, die im Sommer gekalbt haben, sowie erstgebärende Färsen bzw. Kalbinnen. Die Entstehung einer Ketose vor der ersten Brunst verringert zudem erheblich die Wahrscheinlichkeit einer Konzeption (GILLUND et al., 2001). Ein Fütterungsversuch zur Entstehung einer klinischen Ketose zeigt bereits einen Anstieg der Ketonkörper im Blut in den ersten zwei Wochen der Früh lactation. Die darauf folgende klinische Ketose manifestiert sich aber erst am 40. bis 45. Tag der Laktation. Daneben ergibt sich zwei Wochen vor der klinisch manifesten Ketose in der Leber eine Anreicherung von Triglyceriden und ein Glykogengehalt in der Leber, der gegen null geht. Die Laboruntersuchung der Leberbiopate weist zusätzlich einen deutlichen Rückgang der Leberkapazität zur Gluconeogenese zum Zeitpunkt der manifesten Ketose nach (VEENHUIZEN et al., 1991). Die subklinische und die klinisch manifeste Ketose sind beide therapeutisch gut zu beeinflussen und gehen mit einer erhöhten, aber reversiblen Einlagerung von Fett in der Leber einher (STAUFENBIEL et al., 1987a / 1987b / 1987c / 1993b).

Tabelle 2-1: Zusammenfassung der BHBA-Schwellenwerte zur subklinischen Ketose aus der gängigen Literatur

| Autor | BHBA-Werte im Übergang zur subklinischen Ketose in mmol / l | Untersuchungsmaterial |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| DIRKSEN et al. (1990) | ≥ 1,70 mmol/l | Vollblut |
| GASTEINER (2000) | ≥ 1,40 mmol/l | Blut |
| ENJALBERT et al. (2001) | ≥ 1,20 mmol/l | Blutserum |
| STÖBER et al. (2003) | ≥ 1,20 mmol/l | Blutserum |
| DUFFIELD et al. (2004) | ≥ 1,40 mmol/l | Blutserum |
| STAUFENBIEL (2004) | ≥ 1,00 mmol/l | Blutserum |
| ROSSOW (2008a) | ≥ 1,05 mmol/l | Blutplasma |
| SUTHAR et al. (2013) | ≥ 1,20 mmol/l | Blut |

2.1.2.2 Insulinresistenz

Insulin ist das wichtigste anabole Hormon, es ist ein Peptidhormon und senkt als einziges Hormon den Blutglukose-Spiegel und bildet damit die regulierende Größe zur Glukose. Die Biosynthese und Speicherung erfolgt in den Langerhans'schen Zellen der Bauchspeicheldrüse. Die Sekretion von Insulin hängt von der Höhe der Glukose-Konzentration im extrazellulären Raum ab. Steigt postprandial die Blutglukose, wird aus der Bauchspeicheldrüse Insulin sezerniert und in die Blutbahn abgegeben. Die Freisetzung erfolgt, bis ein bestimmter Schwellenwert an Glukose wieder unterschritten wird. Insulin bewirkt neben der Senkung der Blutglukose eine Steigerung der Glycogensynthese und die Synthese von Triacylglyceriden im Fettgewebe sowie die Proteinbiosynthese. Außerdem hemmt Insulin die Glycolyse und die Gluconeogenese der Leber sowie die Lipolyse im Fettgewebe (LÖFFLER, 2003). Insulin stimuliert die Aufnahme von Metaboliten aus dem Blut in die peripheren Gewebe und bewirkt die Aufrechterhaltung der Glukose-Homöostase. Die Tagesdynamik von Insulin lässt sich gleichermaßen, analog zur Glukose, durch vier Faktoren beeinflussen. Es wirken die Zeit nach der Fütterung, der Energiegehalt und die Zusammensetzung der Ration, die Zeitdauer des Bestehens einer bestimmten Fütterung sowie die tierindividuellen Faktoren auf die Insulinverfügbarkeit im Blut. Der Plasmainsulinspiegel unterliegt allerdings im Vergleich zur Glukose einer größeren Tagesdynamik. Sechs Stunden postprandial bewegen sich die Insulinwerte im Plasma auf einem konstant hohen Niveau, um danach allmählich abzusinken. Vor der Fütterung sind die Insulinwerte am niedrigsten und stellen im Gegensatz zur Glukose keinen Basalspiegel ein. In restriktiven Phasen ergeben sich beim Rind sogar Insulinwerte, die gegen null gehen (STAUFENBIEL, 1987a / SCHOENBERG et al., 2012). Durch Futterrationen mit hoch energetischen Futtermitteln kommt es zum allmählichen und anhaltenden Anstieg von Insulinkonzentrationen. Ein tierindividueller Einfluss auf die Insulinwerte ist nachgewiesen, wobei die Fettzellgröße und die Fettzellzahl des jeweiligen Tieres eine entscheidende Rolle spielen (STAUFENBIEL, 1987a).

Beim Rind nimmt Insulin generell eine zentrale Stellung bei der Regulation der Metabolitenverteilung zwischen Euter und Körpergewebe ein. Es reguliert die Abstimmung zwischen Milchleistungshöhe und Gesundheitsstabilität. In der Frühlaktation erfolgt ein Metabolitenstrom ins Eutergewebe infolge einer niedrigen Insulinkonzentration im Blutplasma. Die Reaktion auf insulinogene Reize von Seiten des Pankreas ist in dieser Zeit vermindert und die Ansprechbarkeit der peripheren Zellen auf Insulin entsprechend herabgesetzt. Diese endokrine Adaptation an die einsetzende Milchleistung setzt bereits ante partum ein. Zur Erzielung einer hohen Milchleistung ist der Metabolitenfluss aus dem Verdauungstrakt und aus den Körpergeweben auf die Milchdrüse gerichtet. Dieser Metabolitenstrom wird durch die Insulinhemmung und darüber hinaus durch das

Wachstumshormon STH (Somatotropin) unterstützt (BINES und HART, 1978 / BAUMAN und CURRIE, 1980 / SARTIN et al., 1985 / MOE und TYRRELL, 1986 / CHILLIARD, 1987 / STAUFENBIEL et al., 1992a / 1992b / 1993a / SCHOENBERG et al., 2012). Daher weisen die Kühe in der Früh-laktation höhere Werte an STH und niedrigere Werte an Insulin auf (GRIZARD et al., 1986 / MALVEN et al., 1987 / AGERGAARD et al., 1988 / DANFAER et al., 1988 / SEYMOUR et al., 1988 / STAUFENBIEL et al., 1992a / 1992b / 1993a). Im Laufe der Laktation ändert sich allmählich das STH- und Insulinverhältnis mit Tendenz zum Insulin. Diese endokrine Regulation bewirkt die Verschiebung der Metabolitenverteilung zwischen dem Eutergewebe und den übrigen Körpergeweben. Der beschriebene hormonelle Mechanismus spiegelt die Energiebilanzsituation wider. Die Mobilisationsvorgänge gehen fließend in Dispositionsvorgänge über (BINES und HART, 1982 / BALDWIN et al., 1985 / MOE und TYRRELL, 1986 / MERSMANN, 1986 / STAUFENBIEL et al., 1992a / 1992b / 1993a).

Insulin ist daher ebenso wie Glukose positiv mit einer geringeren negativen Energiebilanz (NEB) verbunden. Die Insulinwerte im Blut sind umso höher, je niedriger das Energiedefizit bzw. die NEB ausfällt (REIST et al., 2002). Im Unterschied zur Peripherie ist die Glukose-Aufnahme ins Euter insulinunabhängig. Eine Insulinabwesenheit fördert damit den Nährstoffstrom in die Milchdrüse und folglich die Milchsynthese. Unter einer Insulinabwesenheit sind eigentlich höhere Werte an Glukose im Blut zu erwarten, konnten aber nicht bestätigt werden. Vermutlich ist die Aufnahme von Glukose ins Drüsengewebe des Euters ausgesprochen hoch. Folglich erhöht sich der Blutglukose-Spiegel in Insulinmangelperioden nicht maßgeblich. Die Glukose-Homöostase wird so auch in der Früh-laktation aufrechterhalten (GIESECKE et al., 1987b / STAUFENBIEL et al., 1992a / 1992b / 1993b).

Insulin gilt auch als ein wichtiger Stimulator für die Fettsäuresynthese beim Rind indem es die Glukose-6-Phosphatdehydrogenase (GPDH) aktiviert. Durch Insulin wird neben der Stimulation der Lipogenese die Lipolyse gehemmt. Die Hemmung führt zu niedrigeren β -Hydroxy-Butyrat-Werten (vgl. Abbildung 2-2: Ketogenese) und auffallend niedrigeren Gesamtlipidgehalten im Lebergewebe (STAUFENBIEL et al., 1987a / 1987d / 1989a / 1989b / 1989c / 1993a / LÖFFLER, 2003). In der Früh-laktation nimmt Insulin sogar Einfluss auf das Fruchtbarkeitsgeschehen bei Milchkühen. Die Fruchtbarkeit bei Milchkühen ist in den letzten Jahrzehnten, je nach Rasse, eher rückläufig. Ein Viertel der ausgesonderten Kühe wird aufgrund von Unfruchtbarkeit gemerzt (LKV Bayern, 2007 / ADR Bonn, 2008 / BERGLUND, 2008 / LFL Bayern, 2009 / DJEDOVIĆ et al., 2012). Die züchterische Selektionen auf höhere Milchleistungen gehen aber mit Veränderungen in den wichtigen metabolischen Hormonen (Wachstumshormon, Insulin, IGF und Leptin) einher. Diese metabolischen Hormone, insbesondere Insulin, senden Signale an das reproduktive System, so dass die Funktion der

Eierstöcke mit einer Änderung des metabolischen Status verbunden ist. Eine Erhöhung zirkulierenden Insulins kann die Wiederaufnahme des Zyklusgeschehens durch eine Verbesserung des Follikelwachstums fördern (GARNSWORTHY et al., 2008). So ist die Insulinmenge im Plasma bei Kühen höher, die in den ersten drei Wochen post partum einen vollständig ablaufenden Sexualzyklus zeigen (CASTRO et al., 2012). Allerdings werden auch abnormale Aktivitäten am Eierstock mit Insulin in Verbindung gebracht (GARNSWORTHY et al., 2008). Insulin bildet auch einen wichtigen Regulator für die Proteinsynthese in der Milch, eine Supplementierung von Insulin ergab eine Steigerung des Milchproteins um bis zu 15 %. Bei einer zusätzlichen Supplementierung von Kasein und Aminosäuren zum Insulin ist sogar ein Anstieg von bis zu 25 % im Proteingehalt zu verzeichnen (MACKLE et al., 1999 / 2000).

Die Insulinresistenz im Organismus der Milchkuh in den ersten Wochen der Früh lactation ist ein physiologischer Mechanismus, um den Metabolitenstrom vom peripheren Gewebe in das Eutergewebe zu begünstigen. Die Phase der Insulinresistenz fällt zusammen mit der Phase der negativen Energiebilanz. In dieser Phase haben das Management und die Fütterung wenig Einfluss auf die postpartalen Konditionsverluste. Bis die Phase der Insulinresistenz abklingt, ist ein Abbau und eine Verstoffwechslung von Körperreserven zu erwarten (ROCHE et al., 2009). Ab der Trockenstehphase sinkt die Insulinverfügbarkeit dann wieder stark ab (ODENSTEN et al., 2007). Die Insulinresistenz wird aber nicht durch eine energetische Überversorgung in der Close-Up-Phase begünstigt und nimmt auch keinen Einfluss auf die Energieversorgung post partum (WINKELMAN et al., 2008 / JI et al., 2012).

2.1.2.3 Fettlebersyndrom

Die Ausbildung einer Fettleber ist bis zu einem gewissen Grad ein physiologischer Effekt, der die Bereitschaft der Milchkuh zur Milchsynthese in der Phase der NEB aufrecht hält. Allerdings ist die hepatische Lipidose oder Fettleber auch eine wichtige Stoffwechselstörung vieler Milchkühe. Sie geht mit einem geschwächten Gesundheitsstatus und mit einer verminderten Fruchtbarkeitsleistung einher. In schweren Fällen gehen die Futteraufnahme und die Milchleistung zurück. Präventivmaßnahmen zur Verhinderung eines Fettlebersyndroms sind aus gesundheitlicher und wirtschaftlicher Sicht daher von großem Interesse.

Die Fettleber entsteht bei der Mobilisation von Fettgewebe und der damit verbundenen Anflutung von freien Fettsäuren (NEFA) aus dem Blut in die Leber. Überschreitet das Aufnahmevermögen an freien Fettsäuren die Kapazität der Leber, kommt es zur Akkumulation von Fetten im Lebergewebe. Diese Fette werden als Triglyceride im Lebergewebe gespeichert und eingelagert, was eine verminderte Funktionalität der Leber zur Folge hat. Dabei unterscheidet man zwischen einer normalen bzw. milden und einer

mittelschweren oder schweren Form der Leberverfettung. Die schwere Form der Leberverfettung kann zudem noch in eine Fettleber mit und ohne enzephalen Begleiterscheinungen eingestuft werden. Unzureichende und unausgewogene Futterrationen, eine Verfettung des Tieres und eine erhöhte Östrogenkonzentration bilden die Ätiologie der Fettleber. In der Regel geht die Fettleber mit ursächlichen Krankheiten wie Infektionen, Entzündungen und / oder Lahmheiten einher (FÜRLL, 2000 / BOBE et al., 2004). Nach GRUMMER (1993) fördern vermutlich der Anstieg plazentalen Östrogens und der Progesteron-Abfall die Triglycerid-Synthese und die Triglycerid-Speicherung in der Leber. Zusätzlich tragen das präpartale Futteraufnahmevermögen und der Geburtsstress in Verbindung mit erhöhten Werten an Adrenalin- und Noradrenalin zu Erhöhung der freien Fettsäuren bei. Dabei erhöhen sich die hepatische Fettsäureaufnahme, die Veresterung und die TG-Speicherung proportional zur NEFA-Konzentration im Plasma (GRUMMER, 1993).

In Abbildung 2-3 sind sowohl die Ätiologie als auch die Pathogenese des Fettlebersyndroms nach FÜRLL (2000) aufgeführt. Eine Störung im Energie- und Fettstoffwechsel tritt gehäuft in der Früh-laktation bei Milchkühen auf und führt zur beschriebenen Verfettung der Leber. Deshalb schenken STAUFENBIEL et al. (1987b / 1993a) und ROSSOW et al. (1985) dem Leberfettgehalt besondere Aufmerksamkeit. Anhand von Leberbiopaten ermitteln sie histologisch und biochemisch den Gesamtfettgehalt oder den Triglyceridgehalt der Leber als diagnostische Messgröße. Als Schnelltest entwickelte ROSSOW et al. (1985) die Bestimmung der Leberdichte zur Schätzung des Lebergesamtfettgehaltes, woraus Unterschiede zum physiologischen Leberfettgehalt abgeleitet werden können.

| <u>Ätiologie: Fettmobilisationssyndrom</u> | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Primär | Sekundär |
| <ul style="list-style-type: none"> • Zu hohe Energieversorgung in der Spätlaktation und Trockenstehperiode | <ul style="list-style-type: none"> • Auslöserkrankheit wie Azidose, Indigestion, Gebärpapese, Retentio secundinarum, Endometritiden, Mastitiden, Klauenerkrankungen, BVD u.v.m. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Zu langes Trockenstehen | <ul style="list-style-type: none"> • Temporäre Futtermangelsituationen |
| <ul style="list-style-type: none"> • Bewegungsmangel | <ul style="list-style-type: none"> • Hitzebelastung |
| <ul style="list-style-type: none"> • Keine leistungsdifferenzierte Fütterung | <ul style="list-style-type: none"> • Stress |
| <ul style="list-style-type: none"> • Gemeinsame Fütterung verschiedener Rassen | <ul style="list-style-type: none"> • Mangelnder Kuhkomfort |
| <ul style="list-style-type: none"> • Restriktive Fütterung in der Transitphase | <ul style="list-style-type: none"> • Mangelnde Klauenpflege |
| <ul style="list-style-type: none"> • Schwere Kälber | <ul style="list-style-type: none"> • Schlechtes Stallklima |

| <u>Pathogenese: Fettmobilisationssyndrom</u> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| • Futtermittelaufnahme a. p. sinkt, ungenügende Energieaufnahme, Anstieg der freien Fettsäure- und Ketonkörper-Konzentration |
| • Körperfettabbau bereits a. p., Intensivierung p. p. |
| • Verfettung und Minderfunktion der Körperorgane, besonders der Leber |
| • Fettanreicherung im Blut |
| • geringere Bindung, Abbau und Ausscheidung von Endotoxin |
| • Anreicherung von freiem Endotoxin <ul style="list-style-type: none"> - stärkere Passierbarkeit von Krankheitserregern aus dem Darm in das Blut sowie in die Körperorgane - lokale Durchblutungsstörungen in Organen - Verminderung der Muskelkontraktion (reduzierte Darmmotilität, Wehenschwäche etc.) - Fieberreaktion - generalisierte Durchblutungsstörungen (Endotoxinschock) |
| • Einschränkung der Körperabwehr durch geringere Leistung der Abwehrzellen im Blut, verminderte Bildung von Immunglobulinen und somit größere Anfälligkeit für Infektionen (besonders als Faktorenkrankheiten) |

Abbildung 2-3: Ätiologie und Pathogenese des Fettmobilisationssyndroms nach FÜRLL (2000) aus STERTENBRINK (2009)

Der reversiblen Fetteinlagerung der Ketose („physiologische Leberverfettung“) steht somit die irreversible Fetteinlagerung beim Lipidmobilisationssyndrom gegenüber. Auslöser für das Fettlebersyndrom ist häufig ein wenige Tage andauerndes Krankheitsgeschehen wie eine Mastitis, eine Puerperalstörung oder Klauenerkrankung. Die damit verbundene Inappetenz bedingt die krankhaft überschießende Fettmobilisation. Die hohe Fettsäurefreisetzung führt zur Entgleisung des Stoffwechsels, aber vorrangig zur beschriebenen Leberverfettung.

Im Stoffwechselgeschehen kommt der Leber generell die zentrale Rolle zu. Durch eine Leberverfettung kommt es daher zu einem eigenständigen Krankheitsbild, auch wenn die Auslöser-Erkrankung bereits abgestellt ist. Der Grad der Leberverfettung bestimmt dabei das Krankheitsgeschehen und kann bis zum Verenden der Tiere führen. Die bei Kühen ohnehin stark beanspruchte Leber ist mit einer überschießenden Fettmobilisation und der damit verbundenen Anflutung freier Fettsäuren überfordert. Die Übergänge zwischen Milchrückgang, Körpermasseverlust, Puerperalstörung, Fruchtbarkeitsstörung, Ketose und Lipidmobilisationssyndrom sind dabei fließend. Die aufgeführten Störungen können als ein einheitliches pathologisches Geschehen aufgefasst werden. Für die Ausprägung der

aufgeführten Störungen ist der Verfettungsgrad der Kühe zum Zeitpunkt der Geburt ausschlaggebend (FARRIES, 1979 / BELL, 1980 / VERNON, 1980 / ROSSOW und STAUFENBIEL, 1983 / STAUFENBIEL et al., 1987c / 1987d / 1987e / 1993a / DIRKSEN, STÖBER und GRÜNDER, 2003).

Mit einer Leberverfettung (Triglyceridgehalt über 150 mg / g in frischem Lebergewebe) gehen der portale Blutfluss und die Venenpulsation vermutlich infolge einer vaskulären Fettinfiltration deutlich zurück (STARKE et al., 2011). Allerdings ist der Grad der Leberverfettung sehr variabel und zeigt deutliche Unterschiede in den krankhaften Veränderungen. In der Tiergruppe mit den höchsten Leberfettgehalten findet man das geringste Trockensubstanzaufnahmevermögen, die größte negative Energiebilanz, einen erhöhten Fettgehalt in der Milch, höhere Werte an freien Fettsäuren (NEFA) und Beta-Hydroxy-Butyrat im Blut und niedrigere Konzentrationen an Plasmaglukose. Die Ausbildung einer nicht physiologischen Leberverfettung hängt eng mit der Fütterung während der Trockenstehphase und einer genetischen Veranlagung zusammen (HAMMON, 2009). Als Präventivmaßnahme kann eine 14tägige postpartale subkutane Injektion von Glukagon die Akkumulation von Triglyceriden in der Leber vermindern und bei einer akuten Leberverfettung eingesetzt werden. Darüber hinaus erhöht Glukagon die Konzentration an Glukose und Insulin im Blut und vermindert die Freisetzung freier Fettsäuren, ohne die Milchleistung und den Stoffwechsel negativ zu beeinflussen. Die Milchleistung und das Futteraufnahmevermögen werden ebenfalls nicht weiter beeinträchtigt (NAFIKOV, 2006). Eine effektive Behandlung einer Fettleber mit Glukagon haben bereits HIPPEN et al. (1999) erzielt. Dabei ist eine Erhöhung der Plasmaglukose um 142 % und eine Verminderung der Triglyceride in der Leber um 71 % dokumentiert worden.

Außerdem erfolgt die Ausschleusung der synthetisierten Triglyceride als Lipoproteine (VLDL = very low density lipoprotein) aus der Leber beim Wiederkäuer sehr langsam und ist ein weiterer bedeutender Faktor für die Entstehung des Fettlebersyndroms. Fütterungsstrategien sollten daher auf eine Minimierung der NEFA-Plasma-Konzentration abzielen. Das Verhältnis zwischen dem Triglycerid- und dem Glykogengehalt in der Leber gibt dabei Hinweise auf die Anfälligkeit einer Kuh, eine Fettleber oder eine Ketose zu entwickeln. Strategien, die einer Leberverfettung vorbeugen, würden zusätzlich die Inzidenz von Ketosen herabsetzen (ROSSOW et al., 1985 / GRUMMER, 1993). Eine energetisch reduzierte Fütterung in der Trockenstehphase ist dabei von Vorteil. Die Kühe, die eine Überfütterung in den letzten acht Wochen der Trächtigkeit erfahren, neigen zur Ausbildung einer Fettleber und sind prädisponiert für die Entstehung des Fettlebersyndroms (GRAUGNARD et al., 2013). Eine Studie von SEJERSEN et al. (2012) beschreibt die Fettleber als eine häufig subklinische auftretende Gesundheitsstörung bei Milchkühen, die zu Störungen der Leberfunktionen führen kann. Inwieweit dabei die Anreicherung von Triglyceriden (TG) auf den

Leberstoffwechsel Einfluss nimmt, ist noch unklar. Dazu wurden die Proteomstruktur in der Leber zwischen Kühen mit hohen TG-Gehalten und niedrigen TG-Gehalten in der Frühlaktation untersucht. Die Leber-Proteom-Analyse zeigt, dass ein hoher TG-Gehalt in der Leber zu einer erhöhten Oxidation von gesättigten Fettsäuren, vermehrter Harnstoffsynthese und verminderter Oxidation von ungesättigten Fettsäuren führt. Die Gluconeogenese wird dabei nicht durch einen erhöhten Triglyceridgehalt beeinträchtigt oder gestört. Zum Nachweis einer Fettleber schlagen die Autoren dieser Studie die Untersuchung der Aspartataminotransferase, von β -Hydroxy-Butyrat, von Gesamtbilirubin, Gallensäuren oder γ -Glutamyltransferase im Plasma als potentielle Biomarker zur frühen Diagnostizierung vor.

2.1.3 Möglichkeiten zur Beurteilung des Energiestoffwechsels

2.1.3.1 Körperkonditionsbeurteilung

Die Energiebilanz wird von ES und BOEKHOLT (1987) als Körperenergie-Retention bezeichnet. Bei einer Zunahme der Körperenergie spricht man von einer positiven Energiebilanz und bei einer Abnahme von einer negativen Energiebilanz. Ergibt sich keine Abnahme oder Zunahme der Körperenergie wird das als ausgeglichene Energiebilanz beschrieben. Die Energiebilanz ist nach dieser Definition für die Wechselbeziehung zwischen Milchleistung, Fruchtbarkeit und Gesundheit bei Milchkühen von zentraler Bedeutung. Im Laktationszyklus ergibt sich daraus ein Wechselspiel zwischen negativer, ausgeglichener und positiver Energiebilanz. (ES und VAN BOEKHOLT, 1987 / STAUFENBIEL et al., 1993b). Zusätzlich unterscheidet man noch die aktuelle und die kumulative Energiebilanz.

Die aktuelle Energiebilanz gibt die Änderung des Körperenergiegehaltes zu einem bestimmten Zeitpunkt (Tag) wieder. Rapide Schwankungen in der aktuellen Energiebilanz, besonders in der Frühlaktation, sind für das Auftreten von Leistungsdepressionen und Stoffwechselstörungen verantwortlich. Die kumulative Energiebilanz ergibt sich aus der Summe der aktuellen Energiebilanzbeträge für einen gewählten Zeitraum. Die kumulative Energiebilanz entspricht der Differenz zu Beginn und zum Ende des gewählten Zeitraums. Mit Hilfe der kumulativen Energiebilanz lassen sich Entwicklungen im Energiegehalt des Körpers überwachen und negativen Auswirkungen langfristig entgegenwirken. Die kumulative Energiebilanz ist für die leistungsfördernde Wirkung der Körperfettreserven bedeutsam und kann zur Kontrolle und Beeinflussung der Mobilisation und Deposition herangezogen werden (STAUFENBIEL et al., 1993a). Zur Bestimmung der Energiebilanz werden ebenfalls Blutparameter wie Fettsäuren, Ketonkörper und andere aussagekräftige Parameter bestimmt. Die Konzentration dieser Parameter im Blut gibt Auskunft über die vorliegende Energiebilanz (LÜGNER und LÜGNER, 1989 / STAUFENBIEL et al., 1993a).

Nach der Kalbung vollbringt der Stoffwechsel der Milchkuh enorm hohe Energieleistungen. Neben Energie für Erhaltung, Gesundheit und Fruchtbarkeit benötigt die Milchkuh den größten Energiebedarf für die Synthese von Milch (vgl. Abschnitt 2.1.1.3). In den ersten Wochen post partum stellt sich dabei ein Ungleichgewicht zwischen Energieaufnahme (Futteraufnahme) und Energieaufwand ein. Diese Phase wird als Phase der negativen Energiebilanz (NEB) bezeichnet (STAUFENBIEL et al., 1989b / STAUFENBIEL, 1993a).

Um das Energiedefizit in der postpartalen Phase auszugleichen, werden körpereigene Energiereserven angegriffen und abgebaut. Den Hauptenergiespeicher zur Deckung und Pufferung bilden die vorhandenen Fettdepots. Nach 5 bis 12 Woche post partum kommt es durch ein steigendes Trockensubstanzaufnahmevermögen zur ausgeglichenen Energiebilanz und im späteren Verlauf der Laktation gleitet die Milchkuh in eine Phase der positiven Energiebilanz. In der positiven Phase baut die Kuh die aufgebrauchten Fettdepots bzw. die Körperkonditionen für die nachfolgende Laktation wieder auf. Man spricht dabei vom Körpermasse-Energie-Zyklus (BAUMAN, 1976 / OSTERGAARD, 1982 / ROBERTS, 1982 / STAUFENBIEL et al., 1987a / 1987b / 1987c / 1987d / 1993a / STAUFENBIEL und SCHRÖDER, 2004).

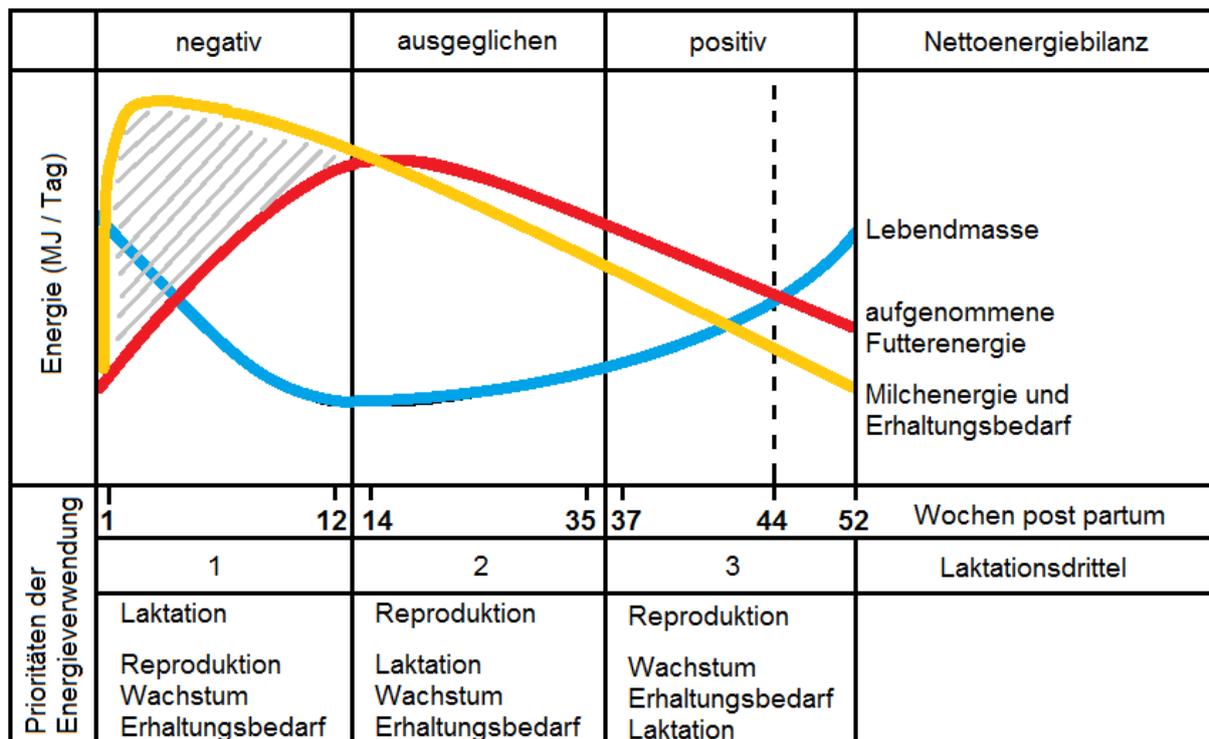


Abbildung 2-4: *Lebendmasse-Energie-Zyklus über eine gesamte Standardlaktation für Hochleistungsmilchkühe modifiziert nach STAUFENBIEL (2013)*

Die Körperkondition besitzt folglich eine hohe Aussagekraft über das Vermögen einer Milchkuh die negative Energiebilanz zu überbrücken. Zur Beurteilung der Körperkondition in

Milchviehherden hat sich daher neben der visuellen Beurteilung, dem Body Condition Score (BCS / Abbildung 2-5) nach EDMONSON et al. (1989), mehr und mehr die Messung der Rückenfettdicke (RFD) etabliert und durchgesetzt. Die Lebendmassenwägung ist in Bezug auf die Beurteilung des Energiestoffwechsels nur bedingt ein adäquates Mittel und wird diesbezüglich eher selten eingesetzt. Da Körperfetteinlagerungen Wasser verdrängen, kann der Lebendmassenverlust in Summe kleiner sein als die tatsächlich abgebaute Fettmenge (STAUFENBIEL et al., 1987a / 1987b / 1987c / 1993a). Demgegenüber wird beim Fettabbau Wasser eingelagert. Es besteht also eine negative Korrelation zwischen Körperfettgehalt und Wassergehalt im Körper. Eine Änderung des Körperfettgehaltes kann sich deshalb ohne adäquate Änderung der Körpermasse vollziehen (PANARETTO und TILL, 1963 / LEMKE, 1985 / MARTIN und EHLE, 1986 / KAUFMANN et al., 1987 / STAUFENBIEL et al., 1989a / 1989c / 1989d / 1989e / 1993a). Ein Proteinabbau bringt hingegen nur eine geringe Menge Energie für die Milchsynthese, schlägt sich aber dafür umso stärker in den Lebendmasseverlusten nieder. Der Vergleich zwischen Fett und Protein zeigt, dass die Lebendmassenwägung nur geringe Aussagekraft für die Beurteilung des Energiestoffwechsels bietet (STAUFENBIEL et al., 1987a / 1987b / 1987c / 1993a). Vor allem, da die ermittelte Lebendmasse keine differenzierte Aussage über die vier Bestandteile Protein, Fett, Wasser und Mineralstoffe auf ihre Masseanteile macht. Eine weitere Fehlerquelle bei der Lebendmassewägung ist ein stark variierender Füllungszustand des Verdauungstraktes. Über die Lebendmasseermittlung kann folglich nur ungenau auf den Körperfettgehalt und auf die tatsächliche Energiebereitstellung über die Fettreserven geschlossen werden (STAUFENBIEL et al., 1989c / 1993a).

Ein zweckmäßiges Mittel zur Beurteilung von Körperkonditionen ist das „Body Condition Scoring“, das bereits zu einem wesentlichen Bestandteil im Herdenmanagement in Milchviehbeständen geworden ist. Der Body Condition Score (BCS = Körperkonditionswert in Punkten), den eine Milchkuh am Tag der Kalbung besitzt, ist eng mit dem Milchleistungsvermögen, der Reproduktionsleistung und mit dem Gesundheitsstatus assoziiert. Die Änderung im BCS ist somit ein anerkannter Indikator für den Energieabbau einer Milchkuh. Untersuchungen dazu sollten eruieren, in wie weit der BCS und die Änderung im BCS Einfluss auf die Gesundheit und das Wohlbefinden von Kühen nehmen und welche Werte für das Wohlbefinden, für die Gesundheit und für die Leistungsbereitschaft am besten sind. Die BCS-Beurteilung erfolgt nach einem (rassespezifischen) Punktesystem. Anhand der Besichtigung und durch Betasten der Lendenwirbelregion, der Kruppenregion und der Schwanzfaltengrube wird eine Punktevergabe und eine BCS-Benotung vorgenommen (WILDMAN et al., 1982 / BRAUN et al., 1986 / GERLOFF, 1987 / HERDT, 1988 / STAUFENBIEL et al., 1993c). Die häufigste BCS-Benotung ist eine Benotung von 1 bis 5. Dabei steht 1 für stark unterkonditioniert und die Zahl 5 für stark überkonditioniert oder

verfettet. Die Beurteilung erfolgt hauptsächlich durch die Ausprägung der subkutanen Fettdepots. Untersuchungen zeigen eine enge Korrelation zwischen dem BCS-Wert und dem Gesamtkörperfettgehalt sowie der Dicke der subkutanen Fettlager (GRESHAM et al., 1986 / GARNSWORTHY und JONES, 1987 / JONES und GARNSWORTHY, 1988 / NICHOLSON und LITTLE, 1989 / STAUFENBIEL et al., 1993a).

Die BCS-Methode ist ohne großen Aufwand durchzuführen und besitzt auf Grund ihrer Einfachheit eine weite Verbreitung im Herdenmanagement. Allerdings handelt es sich beim Body Condition Score um eine rein subjektive Beurteilung der Körperkondition. Daneben lässt das BCS-System nur eine grobe Differenzierung und Einschätzung zu. Im Rahmen des Konditionsmanagements sollte zur Beurteilung der Körperfettdepots daher eine Kombination zwischen visueller Einschätzung und der Messung der Rückenfettdicke vorgenommen werden (STAUFENBIEL et al., 1993c). Eine Untersuchung zum Body Condition Scoring und zur Messung der Rückenfettdicke zeigt eine enge Korrelation zwischen den beiden Beurteilungsmethoden. Beide Methoden sind daher geeignet, um die Körperkonditionen von Milchkühen zu beurteilen und einzuschätzen (DOMECQ et al., 1995). Ein optimaler BCS um die Kalbung liegt bei 3,0 bis 3,25 Punkten (5-Punkte-Skala). BCS unter 3,0 führen zu geringeren Milchleistungen und zur schlechteren Fruchtbarkeit. Werte im BCS-System, die $\geq 3,5$ liegen, werden mit einer verminderten Trockenmassenaufnahme, einer geringeren Milchleistung und einem erhöhten Risiko für Stoffwechsellentgleisungen assoziiert (ROCHE et al., 2009).

Ursprünglich ist das BCS-Bewertungssystem von JEFFERIES (1961) für die Körperkonditionsbeurteilung von Mutterschafen einwickelt worden. Dieses Bewertungssystem diente LOWMAN et al. (1976) als Grundlage für die Entwicklung eines BCS-Systems für Rinder. Aber in Form einer 11-Punkte-Skala. MULVANY modifizierte 1981 das System von LOWMAN et al. (1976) und erstellte ein BCS-System für Milchleistungskühe (EDMONSON et al., 1989 / Abbildung 2-5 und 2-5a). EDMONSON et al. (1989) verfeinerten dann noch das BCS-System zum heute gängigen Schema zur Körperkonditionsbeurteilung speziell für Holstein-Kühe (Abbildung 2-5b und c).

| Body Condition Score | Übergang Dorn- & Querfortsätze | Übergang Hüftbein- & Sitzbeinhöcker | Übergang Hüftbein- & Sitzbeinhöcker | Becken- ausgangs- grube |
|--------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| 1 hochgradig unterkonditioniert (kachektisch) | | | | |
| 2 Knochen- vorsprünge gut sichtbar | | | | |
| 3 Knochen- vorsprünge gut abgedeckt | | | | |
| 4 Knochen- vorsprünge angedeutet | | | | |
| 5 hochgradig überkonditioniert (verfettet) | | | | |

Abbildung 2-5: Vereinfachte Darstellung des BCS-System als 5-Punkte-Skala nach EDMONSON et al. (1989) und M'HAMDI et al. (2012) mit Beschriftung nach METZNER et al. (1993)

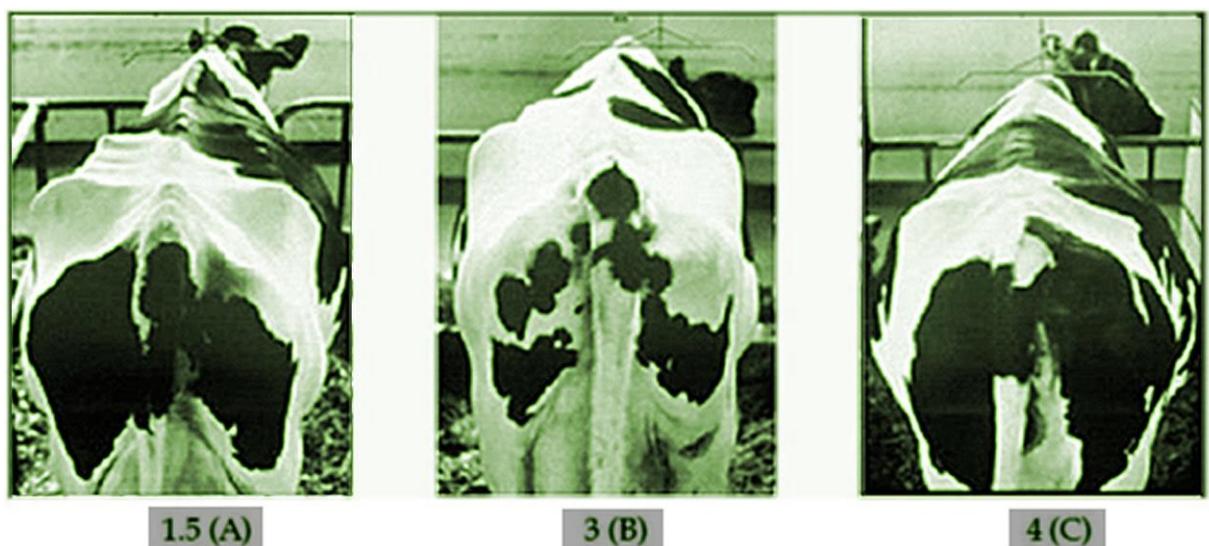


Abbildung 2-5a: Beurteilung von Kühen nach dem BCS-System modifiziert nach M'HAMDI et al. (2012)

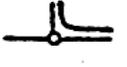
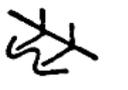
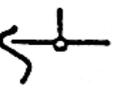
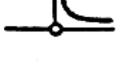
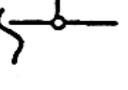
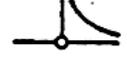
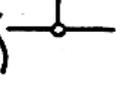
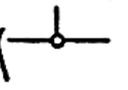
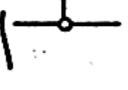
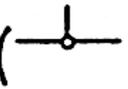
| | Score | Dornfortsätze (DF) (individuelle Unterschiede!) | Verbindungsline zwischen Quer- und Dornfortsätzen | Querfortsätze (QF) | überstehender Teil der LW-Querfort- sätze (Pansenfüllung!) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| hochgradig unterkonditioniert (abgemagert) | 1,00 | einzelne Dornfortsätze treten deutlich hervor, "sägezahnähnlich" | tief eingesenkt | deutlich hervortretende >1/2 sichtbar | deutlicher Sims, hager |
| | 1,25 |  |  |  |  |
| | 1,50 | | | | |
| | 1,75 | | | 1/2 sichtbar | |
| Knochenvorsprünge gut sichtbar | 2,00 | einzelne Fortsätze zu erkennen | deutlich eingesenkt | | vorstehender Sims |
| | 2,25 |  |  | 1/2-1/3 sichtbar |  |
| | 2,50 | deutlich hervorstehende Rückenlinie |  | 1/3-1/4 sichtbar | leicht vorstehend |
| | 2,75 | |  | | kaum vorstehend |
| ausgeglichene Nährstoffbilanz (Ausbildung von Skelettvorsprüngen und übrigem Gewebe im Gleichgewicht) | 3,00 |  | leicht konkave Linie | <1/4 sichtbar |  |
| | 3,25 | | | weich QF angedeutet | |
| | 3,50 | weiche Rückenlinie, DF treten nicht hervor | leicht geneigt | leichte Konturbildung, keine einzelnen QF erkennbar |  |
| | 3,75 | | | | |
| Knochenvorsprünge undeutlich erkennbar | 4,00 | flache Rückenlinie, DF nicht erkennbar | fast waagrecht | weiche, runde Enden | nicht vorstehend |
| | 4,25 | |  | |  |
| | 4,50 | | | Enden kaum erkennbar | |
| | 4,75 |  |  | |  |
| hochgradig überkonditioniert | 5,00 | DF von Fettauflage verdeckt | abgerundet konvex | im Fett verschwunden | abgerundet |

Abbildung 2-5b: Konditionsindex-Bestimmungstafel für Deutsche Holstein Kühe in Anlehnung an EDMONSON et al. (1989), übersetzt von WÄLTERMANN, modifiziert von MANSFELD (aus FIETZE, 2004)

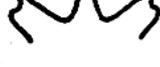
| | Score | Hüfthöcker und Sitzbeinhöcker | Bereich zwischen Hüft- und Sitzbeinhöcker | Bereich zwischen den Hüfthöckern | Schwanzwurzel und Sitzbeinhöcker |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| hochgradig unterkonditioniert (abgemagert) | 1,00 | extrem scharf, kein Fettgewebe | völliger Fleischverlust | sehr stark eingesunken | Knochen deutlich hervortretend, tiefe V-förmige Beckenausgangsgrube |
| | 1,25 |  | |  |  |
| Knochenvorsprünge gut sichtbar | 1,75 | | | | |
| | 2,00 | vorstehend | stark eingefallen |  | Knochen hervortretend, U-förmige Beckenausgangsgrube |
| | 2,25 | | | |  |
| | 2,50 | | dünne Fleischauflage | deutlich eingesunken | erste Anzeichen von Fett |
| ausgeglichene Nährstoffbilanz (Ausbildung von Skelettvorsprüngen und übrigen Gewebe im Gleichgewicht) | 2,75 | |  | | |
| | 3,00 | weich | ingesunken | leicht eingesunken | Knochen weich abgehoben, Fettauflage, Beckenausgangsgrube flach |
| | 3,25 | | |  |  |
| | 3,50 | abgedeckt | leicht eingesunken | wenig eingesunken | |
| Knochenvorsprünge undeutlich erkennbar | 3,75 | | wenig eingesunken | | |
| | 4,00 | mit Fettgewebe bedeckt, abgerundet |  | flach, eben | Knochen von Fett umgeben, abgerundet, Beckenausgangsgrube angedeutet |
| | 4,25 | | flach, eben | |  |
| | 4,50 | im Fett verschwunden | | | Knochen im Fett verschwunden, Beckenausgangsgrube mit Fett angefüllt, Fettgewebefalten |
| hochgradig überkonditioniert | 4,75 |  | | | |
| | 5,00 | | abgerundet | abgerundet |  |

Abbildung 2-5c: Konditionsindex-Bestimmungstafel für Deutsche Holstein Kühe in Anlehnung an EDMONSON et al. (1989), übersetzt von WÄLTERMANN, modifiziert von MANSFELD (aus FIETZE, 2004)

Die Beurteilung der Körperkonditionen beim Fleckvieh, einer traditionellen Zweinutzungsrasse, hat in den letzten Jahren durch die erhebliche Steigerung in der Milchleistung ebenfalls an Bedeutung gewonnen. Die Bewertung und Einschätzung der Körperkondition wird allerdings bei dieser Rasse durch ihre stärkere Bemuskelung im Vergleich zu reinen Milchrassen beeinflusst. Besonders im Bereich der Quer- und Dornfortsätze treten bei der Benotung nach dem Schema von EDMONSON et al. (1989) durch die kräftige Lendenmuskulatur Probleme auf. Durch die Bemuskelung der Wirbelfortsätze treten die Knochenstrukturen nur schwach hervor. Dadurch werden die Beurteilung der Fettauflage und die Benotung nach dem BCS ungenau. Handelt es sich um reine Fleckviehherden, können die Benotung der Quer- und Dornfortsätze ausgelassen und die übrigen Bewertungspunkte zur Beurteilung herangezogen werden. Untersuchungen zeigen, dass die Benotungen in Fleckviehherden im Mittel um 0,5 Punkte höher liegen als bei Schwarzbunten Milchkühen (MANSFELD et al., 2000). Fleckviehkühe sollten zum Kalbetermin bzw. zum Trockenstellen eine BCS-Bewertung von 4,0 nicht überschreiten. Mit einer BCS-Benotung von 4,0 hat das Fleckvieh genügend Energiereserven für die gesamte Laktation, wobei ein Rückgang auf ein BCS von 3,5 normal ist. Es muss aber darauf geachtet werden, dass der BCS-Wert nicht unter 3,25 fallen darf (JILG und WEINBERG, 1998). Fleckviehtiere, die als mastig beurteilt wurden, weisen nach der Kalbung ebenso wie Holstein-Kühe eine höhere Fettmobilisation auf als normal konditionierte Tiere.

Das BCS-System stößt allerdings in einigen Fällen an seine Grenzen, vor allem bei verfetteten Kühen reicht das 5-Punkte-Schema nicht mehr aus (MANSFELD et al., 2000). Überkonditionierte Kühe mit einem BCS $\geq 3,5$ bzw. ≥ 4 besitzen ungeachtet dessen ein höheres Risiko an Milchfieber zu erkranken, wohingegen unterkonditionierte Kühe zur Ausbildung von Endometritiden neigen. Zudem zeigen überkonditionierte Tiere ein späteres Brunstgeschehen, eine höhere erste Tagesleistung und ein höheres Fett-Protein-Verhältnis ($>1,5$) in der Milch. Kühe mit einer höheren ersten Tagesleistung und einem höheren Fett-Protein-Verhältnis weisen aber ein höheres Risiko für das Auftreten von Ketosen, Labmagenverlagerungen, Ovarialzysten, Lahmheiten und Mastitiden auf und haben eine schlechtere reproduktive Leistung (vgl. Abschnitt 2.1.1.1). Daher sind die Höhe des Erstgemelks und das Fett-Protein-Verhältnis zusätzlich zuverlässige Indikatoren für die Entstehung von Krankheiten und Fruchtbarkeitsstörungen anstelle oder ergänzend zum Body Condition Scoring (HEUER et al., 1999). Im Punktevergabesystem des Body Condition Score ergibt die Erhöhung um einen Punkt in der Trockenstehphase eine Erhöhung der Milchleistung von bis zu 545,5 kg bis zum 120. Laktationstag. Jede weitere Punktzunahme in der Trockenstehphase ging mit Milchleistungsverlusten einher. Dies zeigt die Wichtigkeit von der Beurteilung der Körperkonditionen in der Trockenstehphase und unmittelbar vor der Kalbung (DOMECQ et al., 1997a).

Mehrere Verfahren zur visuellen und taktilen Bestimmung der Körperkonditionen sind über die Jahre entwickelt worden. Problem bei den meisten dieser Techniken ist neben den bekannten Nachteilen (vgl. oben) ihre erwähnte Subjektivität. Verfahren zur Bestimmung der Energiereserven bei Milchkühen sind neben dem BCS-Verfahren die Bestimmung von Stoffwechselfparametern, die Messung des Körpergewichtes, die Messung des Brustumfangs oder die Messung von Hautfaltendicken. Eine weitere Methode zur Bestimmung der Fettreserven im Körper ist die Messung der erwähnten Rückenfettdicke (RFD). Diese Ultraschalltechnik ist entwickelt worden, um die Qualität von Rindern in Bezug auf ihre Schlachtkörperzusammensetzung zu beurteilen. Im Laufe der Zeit wurde die Ultraschallmessung der Rückenfettdicke weiterentwickelt und als Monitoring-Tool zur Bestimmung des Gesamtkörperfettgehaltes im Herdenmanagement bei Milchkühen eingeführt. Die Messung der Rückenfettdicke wird häufig in Zusammenhang mit anderen Körperkonditions-Beurteilungsmethoden verwendet. Die Entwicklung und Veränderung der RFD sind über die gesamte Laktation mess- und auswertbar. Die Beziehung zwischen der Rückenfettdicke und dem Gesamtkörperfettgehalt sind dabei hoch signifikant ($r = 0,62$ absolut und $r = 0,58$ relativ). Eine Änderung der RFD von 1 mm entspricht einer Änderung um etwa 5 kg Gesamtkörperfett (KLAUHN und STAUFENBIEL, 1997 / WAPPLER, 1997 / STAUFENBIEL und SCHRÖDER, 2004). Die RFD-Abnahme ist demnach ein Maß für die Fettmobilisation und ihre Zunahme für die Fettsynthese. Der große Vorteil der RFD-Messung mittels Ultraschall ist deren Objektivität (SCHRÖDER und STAUFENBIEL, 2006). Als Messgröße ist die RFD im Gegensatz zur Lebendmassewägung sehr stabil und unterliegt keinen kurzfristigen Fütterungseinflüssen. Dies begründet beispielsweise die Überlegenheit der RFD-Messung gegenüber der Lebendmassewägung (ROSSOW et al., 1985 / GRESHAM et al., 1986 / STAUFENBIEL et al., 1987b / 1987e / 1989b / 1989c / 1989e / 1993a / STAUFENBIEL, 1987b / 1989 / 1992). Daher haben ROSSOW et al. (1985) eine Methode zur Rückenfettdickenmessung beim Rind entwickelt, die sich durch ihre einfache Anwendbarkeit und den geringen technischen Aufwand auszeichnet. Dadurch ist es möglich, den Fettgehalt im Tierkörper über die Messung der Rückenfettdicke vorzunehmen und zu bestimmen (ROSSOW et al., 1985 / STAUFENBIEL, 1993a).

Durch die Rückenfettdicke erhält man einen Überblick über die geforderten mittleren Körperkonditionen zum Partus und bekommt einen Anhaltspunkt über die Leistungsbereitschaft in der Laktation. Extrem magere Kühe besitzen eine Rückenfettdicke von unter 5 mm, wobei überkonditionierte bzw. verfettete Tiere eine RFD von über 50 mm aufweisen können. Nach ROSSOW et al. (1985) und SCHRÖDER et al. (2003) sind Messbereiche von 15 bis 25 mm anzustreben bzw. gelten Milchrinder mit einer RFD von 24 mm zum Trockenstellen als gut konditioniert. Anhand der RFD-Abnahme wird ein guter Überblick über die Ausprägung der negativen Energiebilanz gewonnen (ROSSOW et al.,

1985 / PIATKOWSKI, 1987 / LAURITSEN, 1987 / ROSSOW et al., 1989 / STAUFENBIEL et al., 1989d / 1989e / 1992a / 1993a / SCHRÖDER und STAUFENBIEL, 2006). Die Messung der Rückenfettdicke erfolgt an einem definierten Punkt im Rückenbereich zwischen dem Darmbeinhöcker (Tuber coxae) und dem Sitzbeinhöcker (Tuber ischiadicum). Dabei wird eine Verbindungslinie zwischen den beiden Punkten gezogen und der Übergang zwischen dem Kreuzbein (Os sacrum) und dem ersten Schwanzwirbel ermittelt. Der Punkt kann leicht durch pumpende Bewegungen des Schwanzes herausgefunden werden. Der sacrale Messpunkt repräsentiert die höchste Fettdicke im Rückenbereich und es besteht eine hochsignifikante Korrelation zum relativen Gesamtkörperfettgehalt. Dieser Messpunkt hat sich für routinemäßige RFD-Messungen weitgehend etabliert (Abbildung 2-6).

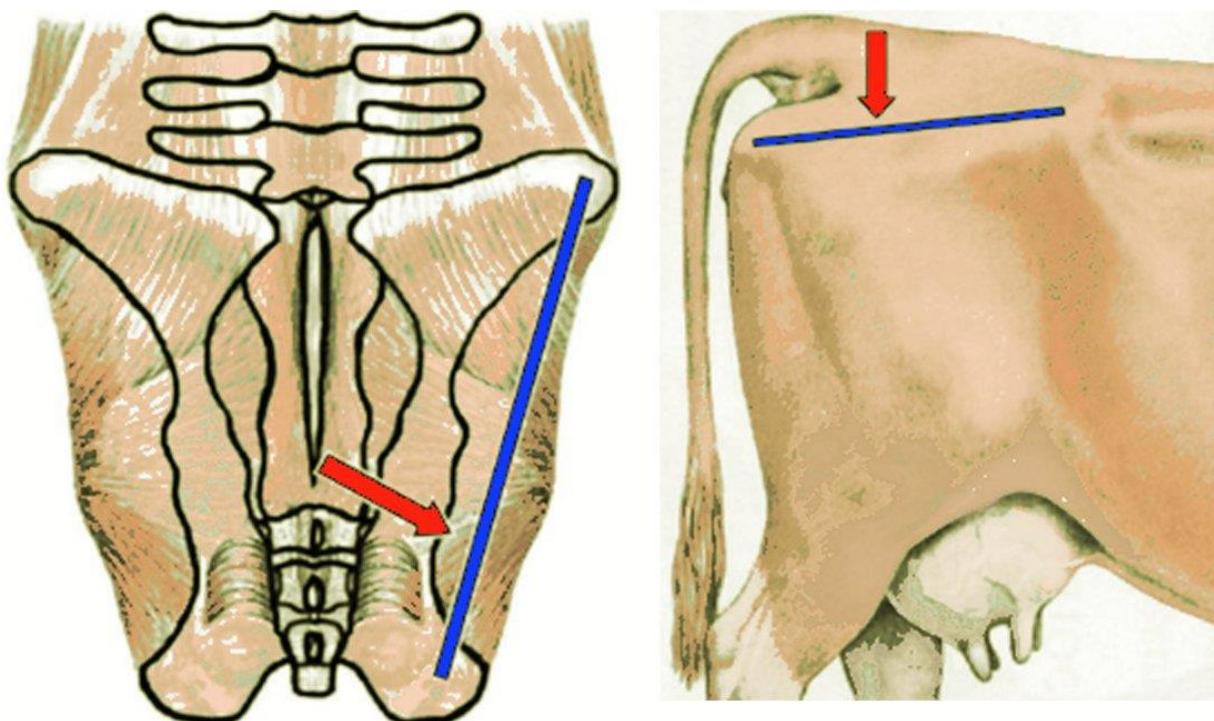


Abbildung 2-6: Darstellung des RFD-Messpunktes modifiziert nach SCHRÖDER und STAUFENBIEL (2006)

Für die Untersuchung der negativen Energiebilanz und von Stoffwechselabläufen in Milchviehherden stellt die RFD ein probates Mittel dar, um die Konditionierung einzelner Tiere zu beurteilen. Ein einziger RFD-Messwert spiegelt unabhängig von der Laktationsnummer und der Rahmengröße des Tieres (vgl. BCS-System Fleckvieh vs. Holstein) die Kondition zu einem bestimmten Zeitpunkt wider (KLAWUHN, 1991 / STAUFENBIEL et al., 1992a / 1993a). Der Verlauf der RFD während der Laktation legt Veränderungen im katabolen und anabolen Stoffwechsel sowie die Ausprägung der negativen Energiebilanz einer Milchkuh bzw. einer gesamten Herde anschaulich dar (STAUFENBIEL, 1997). Untersuchungen von STAUFENBIEL et al. (1992a) und

SCHRÖDER (2000) an 46.111 Kühen widerlegten anfängliche Ergebnisse zu gleichen Fettmobilisationsraten unabhängig von der Milchleistung. So fanden sie hochsignifikante Unterschiede in der Entwicklung der RFD im Laktationsverlauf zwischen Kühen mit unterschiedlicher Milchleistung. STAUFENBIEL et al. (2003) beschreiben, dass mit steigender Milchleistung die Körperfettdepots intensiver und länger angegriffen werden und der Wiederaufbau der Fettreserven analog zum Abbau eine längere Phase zur Regeneration benötigt. Durch höhere Milchleistungen kommt es somit zu einer zeitlichen Ausdehnung der negativen Energiebilanz. Die Lipolyserate wird aber nicht nur von der Ausgangsmenge der Fettdepots beeinflusst, sondern von weiteren Faktoren, so dass ein genetischer Hintergrund nicht auszuschließen ist. Tendenziell bedingt eine hohe Lipolyse verlängerte Zwischentragezeiten bzw. Gützeiten. Eine ausreichende Körperkondition um die Geburt herum und eine langsame Fettmobilisation in der Früh-laktation begünstigen eine stabile Fruchtbarkeitslage und können über die RFD sichtbar gemacht werden (FARRIES, 1981 und 1982 / STAUFENBIEL et al., 1989c / 1989d / 1989e / 1993b / 2003 / GWAZDAUSKAS et al., 2000 / GILLUND et al., 2001 / GARMO et al., 2009 / ROCHE et al., 2009).

Dem Fettgewebe wird auf der einen Seite ein positiver, leistungssteigernder Effekt und auf der anderen Seite ein negativer, krankheitsauslösender Effekt zugeschrieben. Diese zwei Wirkungen des Lipidstoffwechsels bezeichnet STAUFENBIEL (1993a) als Doppelcharakter des Fettgewebes. Eine intensive und längere Fettmobilisation birgt zwei Gefahren, das Auftreten von Fruchtbarkeitsstörungen und das Entstehen von Stoffwechselstörungen wie Ketosen und Leberverfettungen. Dieser Sachverhalt zeigt die Wichtigkeit der Messung der RFD zur Konditionsbeurteilung (LEMKE, 1985 / HUSZENICZA et al., 1987b / SCHÄFER et al., 1988 / STAUFENBIEL et al., 1989a / 1989c / 1993a / 2003 / CANFIELD und BUTLER, 1991 / PUSHPAKUMARA et al., 2003 / ROCHE et al., 2009 / JANUS und BORKOWSKA, 2013). So beschreiben STAUFENBIEL et al. (2003) bei Milchkühen mit einer RFD von unter 10 mm Leistungseinbußen in Milchleistung, Fruchtbarkeit und Gesundheit. Der pathologischen Potenz des Fettgewebes kann durch verschiedene Fütterungs- und Haltungssysteme begegnet werden und macht wiederum den Stellenwert der Konditionsbeurteilung deutlich (ROSSOW und STAUFENBIEL, 1983 / STAUFENBIEL et al., 1989a / 1989b / 1989c / 1993a / PFISTERER et al., 1991 / KLEE, 1992).

Untersuchungen zu den Inhaltsstoffen in der Milch zeigen, dass neben der Laktose der Milchfett- und Milchproteingehalt in unmittelbarem Zusammenhang zur RFD stehen (vgl. Abschnitt 2.2.2). Der Abbau von Körperreserven dient zur Milchfettsynthese und zur Bildung von Energie in Form von Milcheiweiß (STAUFENBIEL et al., 2003). Des Weiteren besteht eine enge Korrelation zwischen der Milchleistung und der Fruchtbarkeit zum Verlauf der RFD in der Laktation (vgl. Abschnitt 2.2.1). Aus diesen Ergebnissen wurde ein anzustrebender

Referenzbereich für die Rückenfettdicke erstellt, mit welchem eine hohe Milchleistung und eine gute Fruchtbarkeitsleistung vereinbar sein sollten (vgl. Abbildung 2-7). Die mittlere Referenzkurve aus dieser Untersuchung zeigt eine RFD zum Abkalbezeitpunkt von circa 23 mm. Im Verlauf der Laktation baut sich die RFD bis auf ungefähr 13 mm ab, um bis zum Laktationsende wieder auf 23 mm anzuwachsen (STAUFENBIEL et al., 2003). Im Gegensatz zu den Blutparametern ermöglicht die Rückenfettdicke zwar eine Aussage über die Quantifizierung der negativen Energiebilanz bzw. der Lipolyse, aber durch sie bekommt man keine klare Aussage über das damit verbundene Risiko für das Auftreten von Stoffwechsel- und Gesundheitsstörungen. Die RFD-Abnahme kann für die Entstehung solcher Erkrankungen nur hinweisend sein und die Bestimmung der klinisch-chemischen Blutparameter nicht ersetzen. Die RFD und die Blutparameter sind daher sich ergänzende Einflussgrößen (STAUFENBIEL et al., 1993b).

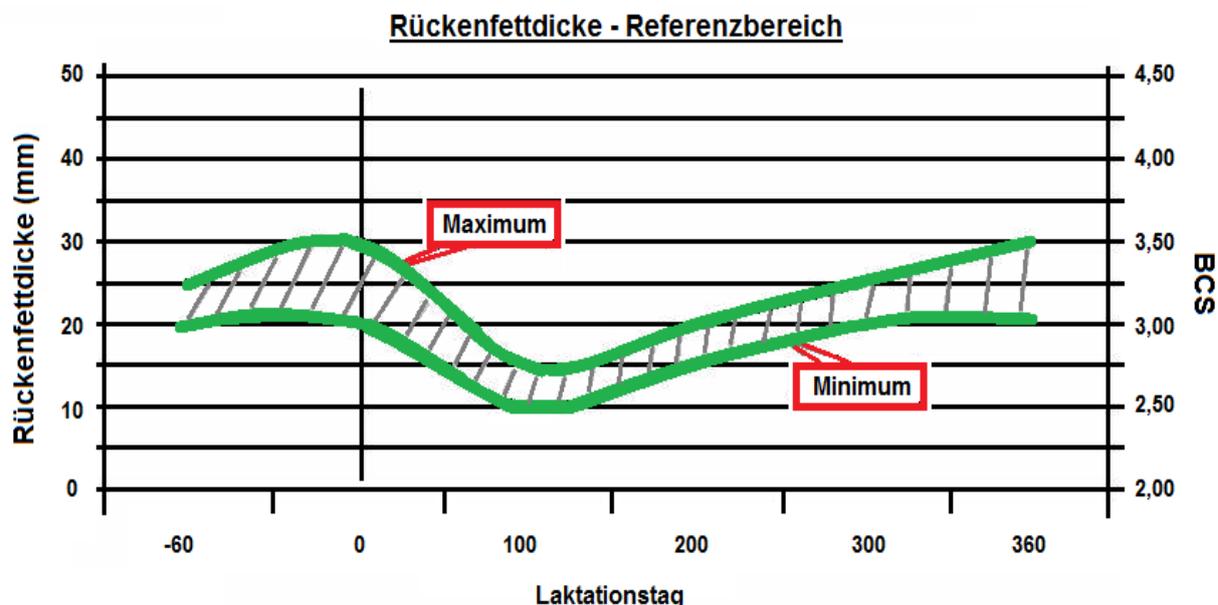


Abbildung 2-7: Referenzbereich der Rückenfettdicke über die Laktation modifiziert nach STAUFENBIEL (2004) und SCHMAUSSER (2006)

Die Konditionsbeurteilungsmethoden RFD und BCS etablieren sich in der integrierten veterinärmedizinischen Bestandsbetreuung zunehmend. Dabei dient die Erfassung der Konditionen einer Milchviehherde dem Ziel der Stabilisierung von Leistung sowie Gesundheit und zur Erkennung subklinischer Erkrankungen von Einzeltieren. Dieses Ziel kann nur erreicht werden, wenn systematisch und planmäßig die Durchführung der Konditionsbeurteilung über die gesamte Laktation gewährleistet ist. Folgende Zeitpunkte bilden dabei im Laktationszyklus die Grundlage für die Beurteilung der Kondition und die Auswertung der Ergebnisse: unmittelbar nach der Geburt, 14, 56 und 100 Tage post partum, 100 Tage vor dem Trockenstellen und direkt zum Trockenstellen (PFISTERER et al., 1991 /

KLEE, 1992 / STAUFENBIEL, 1993c). Folglich sollte der Fokus der Konditionsbeurteilung auf dem Partus, der Frühlaktation, der Spätlaktation und der Trockenstehperiode liegen. Zum Kalbezeitpunkt werden dabei die vorhandenen Fettdepots ermittelt bzw. kontrolliert, um Abweichungen vom Optimalbereich zu erkennen und eine Einschätzung für den Verlauf in der Laktation ableiten zu können. Damit können Einzeltiere sondiert werden, die durch ihre Konditionierung für das Auftreten von Erkrankungen vorherbestimmt sind. Diese Tiere stehen dann unter verschärfter Beobachtung, können gegebenenfalls separat aufgestellt und zu ihrer Körperkondition bedarfsgerecht gefüttert werden. In der Spätlaktation dient die Konditionsbeurteilung dazu, eine ausreichende Erneuerung der abgebauten Energiereserven festzustellen und eine Verfettung zu vermeiden. In der Trockenstehphase dient die Körperkonditionsbeurteilung dazu, einen reibungslosen Wechsel zwischen einem antepartalen anabolen und einem postpartalen katabolen Stoffwechsel zu gewährleisten.

Einen Nutzen wird die Konditionsbeurteilung nur dann haben, wenn eine systematische Durchführung im gesamten Laktationszyklus unter Einbeziehung der aufgeführten Untersuchungszeitpunkte gewährleistet wird. Zum Kalbezeitpunkt ist eine RFD zwischen 20 mm und 30 mm, im Mittel von 25 mm anzustreben. Allerdings sollten betriebsspezifische Faktoren bei der Festsetzung des optimalen Rückenfettdickenansatzes Berücksichtigung finden. Steht beispielsweise in einem Milchviehbetrieb eine ökonomisch günstigere Milchproduktion auf Basis eines möglichst hohen Einsatzes wirtschaftseigenen Grobfutters im Vordergrund, so sollte eine RFD zwischen 20 mm und 25 mm anzustreben sein. Steht hingegen eine möglichst hohe Milchleistung im Fokus, sollte der RFD-Ansatz zur Kalbung bei Kühen 25 mm bis 30 mm betragen. Durch diese unterschiedlichen betriebsinternen Ansatzpunkte variiert die Empfehlung für die Ausprägung der Körperfettdepots (STAUFENBIEL, 1993c / DAETZ, 2009).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Fettgewebe positive und negative Eigenschaften und Aufgaben besitzt. Das Fettgewebe dient als Energiereservoir für energetische Mangelsituationen, es wirkt stoffwechsel- und gesundheitsstabilisierend, es nimmt Einfluss auf die Fruchtbarkeitsleistung und ist entscheidend für das Milchleistungsvermögen. Dabei ist aber zu beachten, dass das Körperfettgewebe auch als ein Pathogenesefaktor zu sehen ist. Sowohl ein übermäßiger Fettansatz als auch ein zu geringer Fettansatz bewirkt eine schlechtere Fruchtbarkeitslage, geringere Milchleistungen bis hin zu Gesundheitsstörungen (BAUER, 1990 / STAUFENBIEL, 1993c / ROCHE et al., 2009). Daher ist eine Überwachung der Konditionierung einer Milchvieherde aus Sicht der Wirtschaftlichkeit und Tiergesundheit ratsam und von großem Nutzen für Mensch und Tier.

2.1.3.2 Blutuntersuchung (Glukose / Bilirubin / Ketonkörper / NEFA)

Der Wiederkäuer nimmt ernährungsphysiologisch eine Sonderstellung unter den Haussäugetieren im Vergleich zu der Tiergruppe der Monogaster ein (STAUFENBIEL, 1982 / VON ENGELHARDT und BREVES, 2010). Das Vormagensystem der Wiederkäuer dient der nutritiven Nutzung von Pflanzenpolysacchariden wie Cellulose, Hemicellulose, Pektin und Lignin. Dabei sind sie auf anaerobe Mikroorganismen, die Pansenflora, angewiesen. Endprodukte der Kohlenhydratverdauung im Pansen sind die flüchtigen Fettsäuren Acetat, Propionat und Butyrat. Die kurzkettigen Fettsäuren werden über die Pansenschleimhaut resorbiert und gelangen so in den Blutkreislauf. Ein geringer Teil der flüchtigen Fettsäuren dient den Pansenmikroben als Ernährungs- und Wachstumsquelle, wodurch ein Teil der Pansenflora wiederum dem Wiederkäuer, neben dem Futterprotein, als zusätzliche Proteinquelle zur Verfügung steht. Eine Glukoseresorption aus dem Verdauungstrakt findet nur in sehr geringem Maß statt. Um diese Situation zu kompensieren, erfolgt wiederkäuerspezifisch über die flüchtige Fettsäure Propionat eine Gluconeogenese (VON ENGELHARDT et al., 2000 / ROSSOW, 2003). Neben einer geringen Resorption von Glukose findet ebenso nur eine geringe Resorption langkettiger Fettsäuren aus dem Pansen statt. Daher ist der Wiederkäuer ebenso, wie bei der Glukose, auf eine De-novo-Synthese von Fettsäuren angewiesen. Dabei bildet Butyrat die Grundlage für die Fettsynthese im Gewebe und Acetat für die Milchfettsynthese im Euter (VON ENGELHARDT et al., 2000 / VON ENGELHARDT und BREVES, 2010).

2.1.3.2.1 Glukose

Glukose bildet eines der wichtigen Stoffwechselprodukte im Energiestoffwechsel beim Wiederkäuer. Über Glukose wird mehr als 50 % des Energiebedarfs gedeckt. In Form von Glycogen kann Glukose in der Leber gespeichert werden und dient in Mangelsituationen bzw. bei Bedarf als Glukose-Reservoir. Die Referenzwerte von Glukose liegen nach FÜRLL (2004 / 2005) zwischen 2,2 bis 3,3 mmol/l im Blut. Die Plasmakonzentration an Glukose und Insulin liegt beim Wiederkäuer ernährungsphysiologisch niedriger als beim Monogaster (VON ENGELHARDT und BREVES, 2010). In ihrer Tagesdynamik lassen sich vier Faktoren nachweisen, die auf die Blutglukose- und Insulinkonzentration Einfluss nehmen (vgl. Abschnitt 2.1.2.2).

Vier Stunden nach der Fütterung besteht eine postprandiale Glukose-Depression, in der sich die Glukose-Werte auf einem sehr niedrigen Niveau bewegen. Der Ablauf der Tagesdynamik ist dabei unabhängig vom Energiegehalt der Ration. Allerdings hat die Zusammensetzung der Ration einen hohen Einfluss auf die Glukose-Werte und bedingt die beschriebene Tagesdynamik. Ein hoher Energiegehalt der Ration bewirkt aber direkt eine Erhöhung der

Plasmaglukose. Indirekt führt eine stets energiereiche Fütterung zu einer sekundären, sehr langsamen, aber kontinuierlichen Zunahme der Fettzellgröße und Fettzellzahl, woraufhin der Blut-Glukose-Spiegel, wie bereits in Abschnitt 2.1.2.2 beschrieben, dauerhaft ansteigt (STAUFENBIEL, 1987a / 1993a).

Aufgrund der Ernährungsweise verfügt der Wiederkäuer über sogenannte Glukose-Sparmechanismen, um die Verfügbarkeit von Glukose zu gewährleisten. Zum Beispiel wird Glukose nur in einem geringen Umfang für die Fettsäuresynthese eingesetzt. Die dafür benötigten Enzyme weisen eine verschwindend geringe Aktivität beim Wiederkäuer im Vergleich zum Monogaster auf. Dem hohen Einsatz von Acetat steht dabei der niedrige Verbrauch von Glukose in der Lipogenese gegenüber und macht den ersten von drei Glukose-Sparmechanismen beim Wiederkäuer aus. Der zweite Glukose-Sparmechanismus erfolgt über den Isocitratzyklus (nach STAUFENBIEL, 1993a), in dem, wie auch beim ersten Glukose-Spareffekt, Acetat statt Glukose zur NADPH-Bereitstellung eingesetzt wird. NADPH dient als Elektronenakzeptor in der Atmungskette (vgl. Abbildung 2-8) und daher zur Gewinnung von ATP (STAUFENBIEL et al., 1982 / 1993a / VON ENGELHARDT und BREVES, 2010). Obwohl der Isocitratzyklus, der in gleicher Weise wie der Citratzyklus (vgl. Abbildung 2-8) abläuft, ist die Bildungsmöglichkeit an NADPH begrenzt. Wenn dieser Weg erschöpft ist, kommt Glukose als Reduktionsäquivalent zum Einsatz. Dabei wird NADPH mittels Glukose über den Pentosephosphat-Zyklus (vgl. Abbildung 2-9) bereitgestellt. Glukose durchläuft den gesamten Pentosephosphat-Weg allerdings mehrfach und wird so intensiv ausgenutzt. Dieser Mechanismus gilt damit als dritter Glukose-Spareffekt (WOOD et al., 1965 / SMITH, 1971 / YANG und BALDWIN, 1973a und 1973b / BALDWIN et al., 1976 / STAUFENBIEL, 1982 / 1993a).

Die oben beschriebenen Glukose-Sparmechanismen des Wiederkäuers sind eine physiologische Reaktion des Stoffwechsels auf dessen Ernährungsweise. Der Citratzyklus wird in seiner Aktivität blockiert und seine Funktion wird durch den Isocitratzyklus übernommen (STAUFENBIEL, 1981 / 1985). Erhöht man allerdings experimentell die Glukose-Verfügbarkeit beim adulten Wiederkäuer, stellt sich eine ähnliche Enzymkonstellation wie beim Monogaster oder wie beim fetalen bzw. neonatalen Wiederkäuer ein. Der nicht adulte Wiederkäuer besitzt bis zur vollständigen Entwicklung der Pansentätigkeit eine Enzymausstattung wie ein Monogaster und weist eine ähnliche Enzymaktivität der ATP-Citratzyklase auf. Daraus ergibt sich, dass Wiederkäuer generell die gleiche Enzymausstattung wie ein Monogaster aufweisen. Die Enzyme kommen bei einer wiederkäuertypischen Ernährung aber nicht zum Tragen. Steigt die Glukose-Verfügbarkeit untypisch an (z.B. experimentell) kommt es, wie beschrieben, zum Anlaufen des Citratzyklus und Glukose wird in die Fettsäuren als C-Ausgangsverbinding eingebaut (STAUFENBIEL, 1981 / 1985 / 1987a / VON ENGELHARDT et al., 2010).

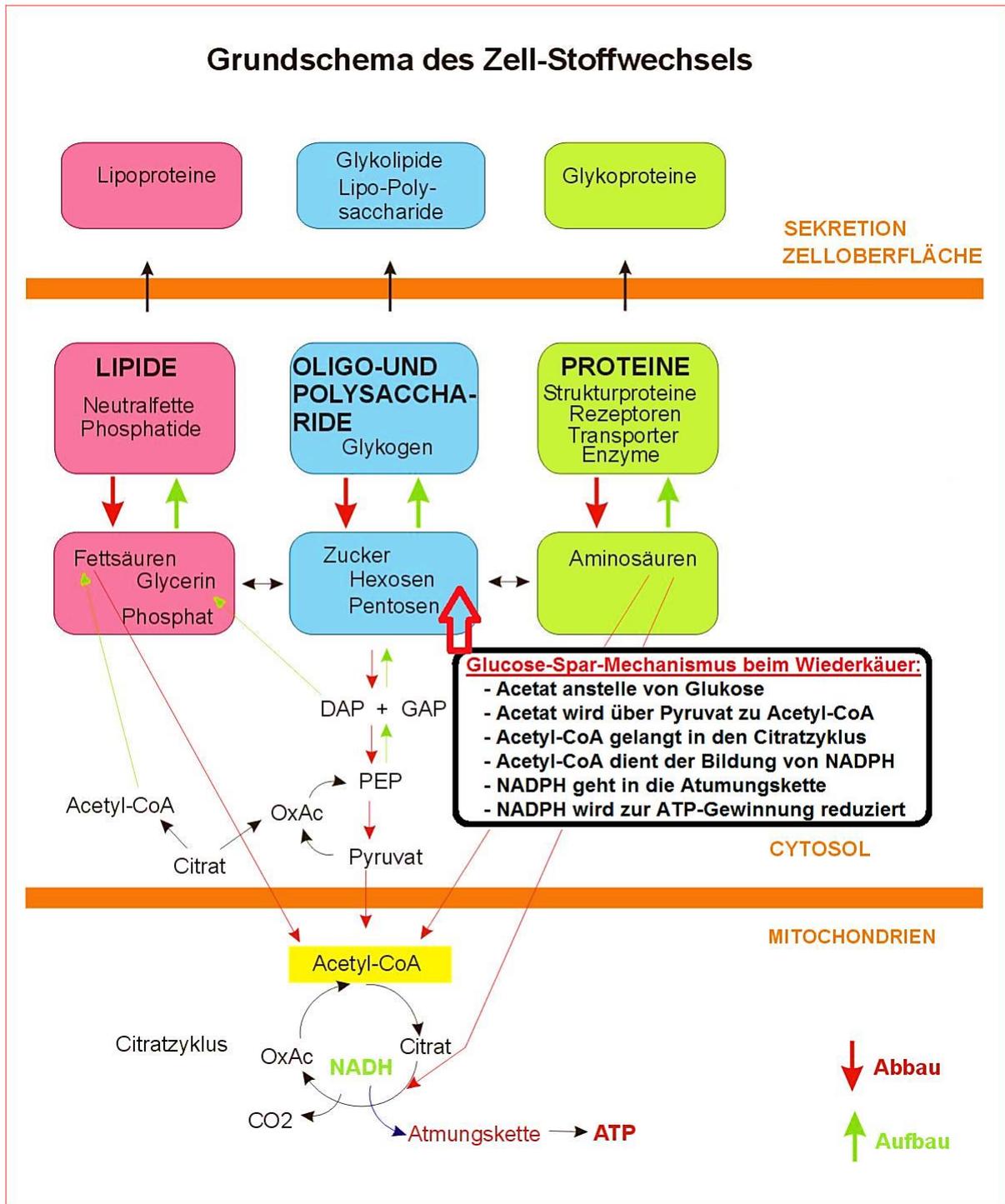


Abbildung 2-8: Übersicht über die Acetyl-CoA-Gewinnung; modifiziert nach Quelle:
http://biochemie.web.med.uni-muenchen.de/biotutor_2004/einleitung.htm
 (zuletzt besucht am 17.09.2013)

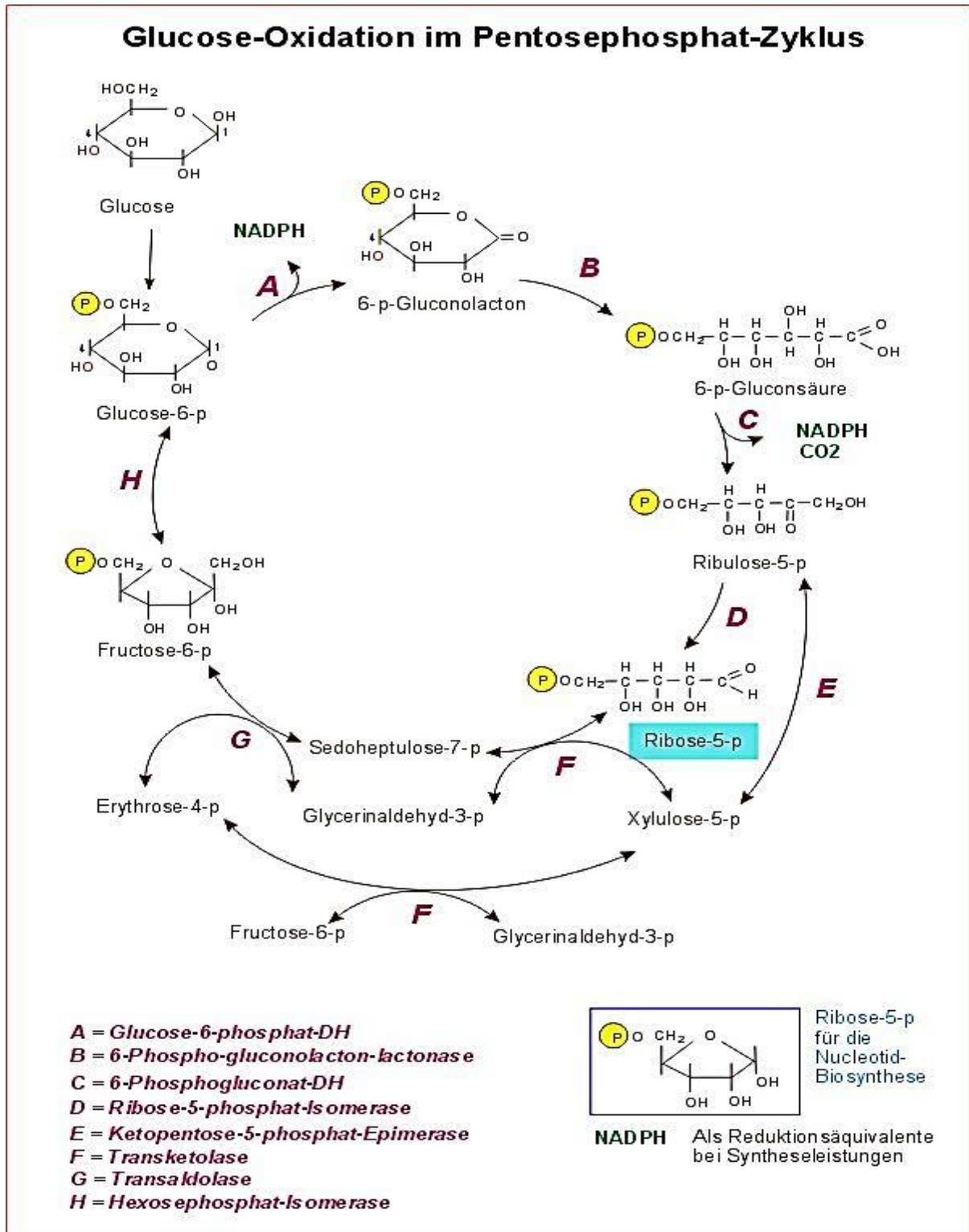


Abbildung 2-9: Pentosephosphatzyklus; Quelle:

http://biochemie.web.med.uni-muenchen.de/biotutor_2004/pentoseweg.htm

(zuletzt besucht am 17.09.2013)

Der Glukose-Bedarf, der nicht über das Futter gedeckt werden kann, muss über Proteinabbau kompensiert werden. Dieser Mechanismus wird wirksam, da der Wiederkäuer nicht in der Lage ist, aus der Lipolyse bzw. aus der β -Oxidation stammende freie Fettsäuren

als Glukose-Bildner einzusetzen. Aus diesem Grund werden in der β -Oxidation entstandene Produkte in den Citratzyklus oder in der Ketogenese zur Energiegewinnung eingeschleust (STRYER, 1999 / LÖFFLER und PETRIDES, 2003 / ROSSOW, 2003). Der Abbau von Fettgewebe trägt daher nur in sehr geringem Umfang zur Glukose-Homöostase bei. Das aus der Lipolyse frei werdende Glycerin, welches zur Glukose-Bildung verwendet werden kann, ist dabei verschwindend gering. Die Glukose-Gewinnung über den Proteinabbau bildet energetisch und metabolisch aber einen ungünstigen Prozess, bei dem zusätzlich toxische Nebenprodukte anfallen.

Die Glukose-Aufteilung zwischen dem Euter und den übrigen Geweben richtet sich während der Laktation nach einem Konzentrationsgefälle zugunsten des Eutergewebes. Dadurch wird eine hohe Milchsynthese gewährleistet. Dem großen Glukose-Entzug über das Euter ist der Organismus jedoch schutzlos ausgeliefert. Ein Glukose-Mangel führt zu einer gesteigerten Lipolyse, die dadurch bedingte Anflutung von freien Fettsäuren erhöht die Bildung von Ketonkörpern. Die Ketonkörper dienen den Geweben als Energielieferant anstelle von Glukose. Allerdings führt eine übermäßige Fettfreisetzung zu Fetteinlagerungen in das Lebergewebe. Es entsteht ein *circulus vitiosus* (Teufelskreis). Mit einsetzender Milchleistung in der Früh-laktation wird vermehrt Glukose zur Laktosebildung benötigt, die Futteraufnahmekapazität ist in dieser Phase vermindert und es entsteht aus dem Energiemangel und der Milchsynthese ein Glukose-Mangel. Der Glukose-Mangel stimuliert den Abbau von Fettgeweben, um das Energiedefizit zu kompensieren. Dabei werden freie Fettsäuren ins Blut freigesetzt und führen zu einer gesteigerten Ketogenese und Fetteinlagerung in der Leber. Die freien Fettsäuren und Ketonkörper bedingen wiederum eine wachsende Inappetenz, was die Energiemangelsituation noch weiter verschärft. Es kommt zum überdurchschnittlichen Körpermassenabbau bis hin zu den bekannten Stoffwechsellentgleisungen (vgl. Abschnitt 2.1.2.3).

Daneben besteht zwischen dem Blutglukose-Spiegel und der Fruchtbarkeit eine enge Korrelation (STAUFENBIEL, 1987a / 1993a). Die Glukose-Konzentration im Plasma ist bei Kühen mit einem ovariellen Zyklus drei Wochen nach der Kalbung höher als bei Kühen, die in dieser Phase keinen ovariellen Zyklus aufweisen (CASTRO et al., 2012). Glukose korreliert folglich positiv mit der Energiebilanz bei Milchkühen. Je positiver und ausgeglichener die Energiebilanz, umso höher sind die nachweislichen Glukose-Konzentrationen im Blutserum und umso geringer fällt die Ausprägung der negativen Energiebilanz aus (REIST et al., 2002). Allerdings ist in der Früh-laktation eine Mangelsituation an Glukose vorprogrammiert, da der Stoffwechsel der Leber darauf ausgelegt ist, Aminosäuren für die Milchproteinsynthese zu produzieren, anstatt Gluconeogenese zu betreiben (DOEPEL et al., 2009).

2.1.3.2.2 Bilirubin

Bilirubin entsteht als ein Abfallprodukt vom Hämoglobin, welches beim Abbau von Erythrozyten frei wird. Die Lebensdauer von Erythrozyten liegt bei circa 120 Tagen. Nach Ablauf ihrer Lebenszeit werden die roten Blutkörperchen in Milz, Knochenmark und Leber abgebaut. Beim Abbau von Erythrozyten entstehen aus dem Hämoglobin wiederverwertbares Eisen, wiederverwertbare Aminosäuren sowie ein nicht wiederverwendbares Porphyringerüst. Das Porphyringerüst wird über Biliverdin zum lipophilen Bilirubin I (indirektes Bilirubin), welches an Albumin gebunden über die Blutbahn zur Leber transportiert wird. In der Leber erfolgt durch Biotransformation die Konjugation an Glucuronsäure und es entsteht das wasserlösliche Bilirubin II (direktes Bilirubin). Konjugiert wird Bilirubin II über die Gallenblase in den Dünndarm ausgeschieden. Neben dem Abbau von Erythrozyten entsteht Bilirubin ebenfalls beim Abbau von Myoglobin, Zytochromen und Katalasen. Bilirubin gilt als aussagekräftiger Indikator für die Funktionalität der Leber. Eine Akkumulation von Bilirubin im Blut spricht neben erhöhtem Abbau von Erythrozyten oder Gallenabflussstörungen auch für akute oder chronische Leberfunktionsstörungen (LÖFFLER und PETRIDES, 2003 / KRAFT und DÜRR, 2005). Der Hämoglobinabbau erfolgt speziell in den retikuloendothelialen Zellen der Milz, in den nicht Parenchym-Zellen der Leber, den sogenannten Kupfer-Zellen (Phagocyten) und im Knochenmark. Der Bilirubin-Stoffwechsel kann also auf mehreren Ebenen gestört sein und die Bilirubin-Konzentration im Blut ansteigen lassen, was einen Ikterus zur Folge hat. Man unterscheidet dabei den:

- prähepatischen Ikterus, bei dem vermehrt Bilirubin durch einen erhöhten Anfall von Hämoglobin nach einer Hämolyse entsteht
- intrahepatischen Ikterus, der bei Störungen innerhalb der Leberzelle auftreten kann, wobei eine Störung des Transportes von Bilirubin I aus dem Blut in die Leberzelle, eine Störung der Biotransformation an Glucuronsäure oder eine Störung der Sekretion aus den Hepatozyten in den Gallenkanalikus (Gallenabflussstörung infolge Hepatopathie) vorliegen kann
- posthepatischer Ikterus mit einer Abflussbehinderung der Galle mit nachfolgender Anstauung und Rückfluss in die Blutbahn
- Inanitionsikterus, eine Sonderform des hepatischen Ikterus, bei dem infolge einer erhöhten Fettmobilisation eine Hyperbilirubinämie entsteht. Die freigesetzten freien Fettsäuren verdrängen Bilirubin I vom Albumin im Blut sowie von den Transportproteinen Ligandin (Y-Protein) und Z-Protein in den Leberzellen. Diese Form deutet nicht auf eine Leberfunktionsstörung, sondern auf einen Karenzzustand infolge reduzierter oder eingestellter Futteraufnahme hin (KRAFT und DÜRR, 2005).

Der Serumbilirubin-Spiegel steigt demzufolge auch bei einem Energiemangel und in der Woche um den Kalbetermin leicht an. Der Anstieg stellt eine natürliche Reaktion dar und ist von untergeordneter diagnostischer Bedeutung. Ein stärkerer Anstieg ist ein Hinweis auf zusätzliche Schäden wie Hepatopathien, Hämolysen, Cholestasen oder eine überschießende Fettmobilisation (DIRKSEN et al., 1990 / KRAFT et al., 1999 / KRAFT und DÜRR, 2005). Der obere Referenzwert im Serum liegt für das Rind beim Gesamt-Bilirubin (GB) bei 8,5 $\mu\text{mol/l}$, für Bilirubin II bei 3,4 $\mu\text{mol/l}$ und für Bilirubin I bei 6,8 $\mu\text{mol/l}$ (DIRKSEN und STÖBER, 2003 / FÜRLL, 2005) und nach ROSSOW (2004b) bei unter 6,8 $\mu\text{mol/l}$ für das Gesamtbilirubin. Gesamtbilirubin-Konzentrationen von bis zu 8,5 $\mu\text{mol/l}$ gelten nach DIRKSEN und STÖBER (2003) als verdächtig, Werte über 8,5 $\mu\text{mol/l}$ (GB) als stets krankhaft erhöht und damit als Hinweis auf eine Leberfunktionsstörung oder einen hämolytischen Prozess. Bilirubin-Konzentrationen bis 20 $\mu\text{mol/l}$ (GB) entsprechen einer Reaktion auf einen Energiemangel (Inanitionsikterus) und sind daher relativ unbedeutend. Konzentrationen darüber weisen i.d.R. auf Mikrohämolysen hin. Konzentrationen über 50 $\mu\text{mol/l}$ (GB) sind prognostisch weniger günstig und kommen u.a. bei nekrotisierenden Mastitiden oder Endometritiden, aber auch bei Salmonellose und schweren Leberschäden vor (FÜRLL et al., 2004). Eine Studie hat bei Kühen mit einer geringen Leberaktivität (Akuten-Phase-Proteine) höhere Bilirubin-Werte im Blut festgestellt im Vergleich zu Kühen mit höheren Aktivitäten in den Leberzellen. Die Studie beschreibt bei Beeinträchtigungen der Leberfunktion eine Störung des Bilirubin-Stoffwechsels. Dabei sind die betroffenen Tiere anfälliger für Erkrankungen in den ersten Laktationsmonaten und weisen eine stärker ausgeprägte negative Energiebilanz auf. Dazu haben die Kühe ein geringeres Milchleistungsvermögen gegenüber Kühen mit höheren Leberfunktionswerten (BIONAZ et al., 2007 / BERTONI et al., 2008). Es besteht also eine enge Verbindung zwischen der Ausprägung der negativen Energiebilanz und den Bilirubin-Konzentrationen im Blut. Bilirubin gilt dadurch als ein empfindlicher Indikator für eine akute Leberbelastung infolge eines Energiemangels (LOTTHAMMER, 1981). Zusätzlich besteht eine enge Korrelation zwischen dem Leberfettgehalt, einer Leberfunktionsstörung und dem Gesamtbilirubin (UHLIG et al., 1988 / WEST, 1990 / CEBRA et al., 1997 / GELFERT et al., 2003). Eine aktuelle Studie zur Bilirubin-Konzentration im Blut zeigt allerdings einen Anstieg von Bilirubin sowohl bei Kühen, die vor der Kalbung über ihren energetischen Bedarf gefüttert werden als auch bei Kühen mit energetisch ausgewogener Fütterung. Die unterschiedliche Ausprägung der negativen Energiebilanz hat danach keinen Einfluss auf die Höhe der Bilirubin-Werte im Blut um den Geburtszeitraum herum (GRAUGNARD et al., 2012). Eine Untersuchung zum Melkintervall und zum Verhalten von Bilirubin post partum im Blut zeigt keine Unterschiede in der Blutkonzentration unabhängig davon, ob die Kühe in der ersten Woche post partum 1x täglich oder 2x täglich gemolken werden (LOISELLE et al., 2009).

2.1.3.2.3 Ketonkörper

In der Frühaktation kommt es durch die negative Energiebilanz unvermeidlich zur Mobilisation von Fettgewebe. Die dabei ins Blut frei werdenden Fettsäuren werden im Mitochondrium durch β -Oxidation (vgl. 2-10) zu Acetyl-CoA. Acetyl-CoA wird im Citratzyklus zur ATP-Gewinnung weiterverwendet (vgl. Abbildung 2-8) oder zur Synthese energiereicherer Verbindungen wie Triglyceride, Ketonkörper oder Cholesterin eingesetzt. Der Eintritt von Acetyl-CoA in den Citratzyklus erfolgt aber nur dann, wenn der Fett- und der Kohlenhydratabbau in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander stehen. Der Grund dafür liegt darin, dass Acetyl-CoA nur in Anwesenheit von Oxalacetat verwertet werden kann. Die Verfügbarkeit von Oxalacetat wiederum ist an das Vorhandensein von Kohlenhydraten gekoppelt. Sind keine Kohlenhydrate verfügbar oder werden diese ungenügend verwertet, entsteht kein Oxalacetat und somit kann Acetyl-CoA nicht in den Citratzyklus eintreten. Unter dieser Bedingung wird Acetyl-CoA zur Ketogenese bzw. zur Bildung von Ketonkörpern umgeleitet. Über eine gesteigerte Anflutung von freien Fettsäuren erhöht sich die Ketonkörper-Bildung proportional (vgl. Abbildung 2-2). Darüber hinaus fördert ein Glukose-Mangel die Bildung von Ketonkörpern zusätzlich. Als Ketonkörper werden drei Verbindungen beschrieben: Acetoacetat, Aceton und β -Hydroxy-Butyrat, wobei die wichtigste der drei Verbindungen β -Hydroxy-Butyrat (BHBA) darstellt. Dabei findet die Bildung der Ketonkörper in der Leber statt.

In Hungerperioden tragen die Ketonkörper zu einem beträchtlichen Anteil zur Energiegewinnung bei. Acetoacetat und β -Hydroxy-Butyrat gelangen aus den Lebermitochondrien ins Blut und erreichen so die peripheren Gewebe. Beide sind normale Brennstoffe für die Zellatmung und sind daher als Energiequelle quantitativ bedeutsam (STRYER, 1999 / GASTEINER, 2000). Infolge einer hohen Ketonkörper-Verfügbarkeit kommt es zur gestörten Ketonkörper-Verwertung. Dies führt zum Anstieg von Ketonkörpern im Blut und folglich zur Ausprägung einer Ketose (STAUFENBIEL, 1987a / 1987b / BUSATO, 2002). Aus diesem Grund wird die Ketonkörper-Konzentration im Blut auch wieder als ein guter Indikator für die Energiebilanz der Milchkuh beschrieben (KAUPPINEN, 1984 / FÜRLL et al., 1998 / JORRITSMAN et al., 2003 / JANUS und BORKOWSKA, 2013). Die Ausprägung der negativen Energiebilanz ist folglich eng mit dem Gehalt an β -Hydroxy-Butyrat (BHBA) im Blut verknüpft. Mit zunehmender negativer Energiebilanz steigen die BHBA-Werte im Blut an. Bei Kühen zeigt die Konzentration an β -Hydroxy-Butyrat dazu eine hochsignifikante Laktationsdynamik (REIST et al., 2002).

Allerdings lässt sich auf Grund der Ketonkörper-Konzentration weder eine negative noch eine positive Energiebilanz quantifizieren. Ebenso wenig kann man den Übergang der Energiebilanz von negativ zu positiv aus den Werten der Ketonkörper ablesen. Die

Ketonkörper-Konzentration wird von mehreren Faktoren beeinflusst, insbesondere von der Lipolyserate, der Adaption der Leber und anderer Organe an die Verwertung der freien Fettsäuren sowie von der Höhe der Milchleistung (KAUPPINEN, 1984 / HEITMANN et al., 1987 / STAUFENBIEL, 1993c / BUSATO, 2002 / WEHREND und BOSTEDT, 2005 / JANUS und BORKOWSKA, 2013).

Die Ketonkörper-Konzentration im Blut spiegelt die Fähigkeit des jeweiligen Tieres zur Bewältigung des Energiedefizits wider (FÜRLL et al., 1998 / JORRITSMA et al., 2003). Hohe Werte sind Ausdruck einer schlechten Kompensation und bergen als Risiko das Auftreten gesundheitlicher Störungen infolge der Fettmobilisation (LING et al., 2004). Die β -Hydroxy-Butyrat-Konzentration im Blut ist, wie beschrieben, eng an die Verfügbarkeit von Glukose gekoppelt. Nimmt die Blutkonzentration an Ketonen ab, zeigt sich demgegenüber ein Konzentrationsanstieg von Glukose im Blut und umgekehrt (ROSSOW et al., 1985 / 1984a / STAUFENBIEL et al., 1987b / 1989a / 1989b / 1989c / 1993b). Neben der Konzentration an β -Hydroxy-Butyrat im Blut zeigt der Leberfettgehalt die Adaption der Milchkuh an das postpartale Energiedefizit. Beide weisen anhand ihres Verlaufes und ihrer Höhe im Blut bzw. im Lebergewebe auf Entgleisungen des Stoffwechsels oder auf Gesundheitsstörungen hin. Dabei ist der Leberfettgehalt eine stabilere Untersuchungsgröße im Gegensatz zur Ketonkörper-Bestimmung, da die Leberfette keinen kurzfristigen Einflüssen unterliegen (ROSSOW et al., 1984a / 1985 / STAUFENBIEL et al., 1987b / 1989a / 1989b / 1989c / 1993b). Die Ketonkörper-Konzentration im Blut spiegelt lediglich eine Momentaufnahme der Energieverfügbarkeit einer Kuh wider (STAUFENBIEL et al., 1993b / JANUS und BORKOWSKA, 2013).

In der Puerperalphase senken Ketonkörper zusätzlich den Muskeltonus am Uterus und am Labmagen. Eine Uterusatonie verzögert die Rekonvaleszenz der Gebärmutter und führt zu Fruchtbarkeitsstörungen, indem die Nidation der befruchteten Eizelle erschwert wird. Umso größer die Ketonkörper-Konzentrationen im Blut sind, desto länger erstreckt sich der Abstand von der Kalbung bis zur ersten Ovulation (Rastzeit). Eine Atonie am Labmagen infolge hoher Keton-Konzentrationen kann außerdem zur Labmagenverlagerung führen (STAUFENBIEL, 1993 / REIST et al., 2000 / VAN WINDEN et al., 2003 / SCHMAUSSER, 2006).

2.1.3.2.4 Freie Fettsäuren / NEFA / FFS

Die als Körperfett gespeicherten Triglyceride werden bei der Fettmobilisation durch die β -Oxidation in freie Fettsäuren (NEFA / FFS) und Glycerin gespalten (Abbildung 2-10). Die gewonnenen freien Fettsäuren gelangen über das Blut in Form von Acetyl-CoA in den Citratzyklus (vgl. Abschnitt 2.1.3.2.3).

FFS entstehen im erhöhten Maße in der Phase der negativen Energiebilanz bzw. in Energiemangelsituationen und dienen der Energiegewinnung in verschiedenen Geweben (vgl. Abschnitt 2.1.2.3). In der Frühlaktation werden die freien Fettsäuren vorrangig zur Milchfettsynthese genutzt (vgl. Abschnitt 2.1.1.3). Bei einem Überangebot wird ein Teil der FFS in der Leber als Triglyceride gespeichert (vgl. Abschnitt 2.1.2.3) und zur Ketonkörperbildung (vgl. Abschnitt 2.1.3.2.3) verwendet (ROSSOW, 2004b / 2004c). Als physiologische Referenzwerte für freie Fettsäuren im Blutserum gelten Werte von 0,01 bis 0,62 mmol/l.

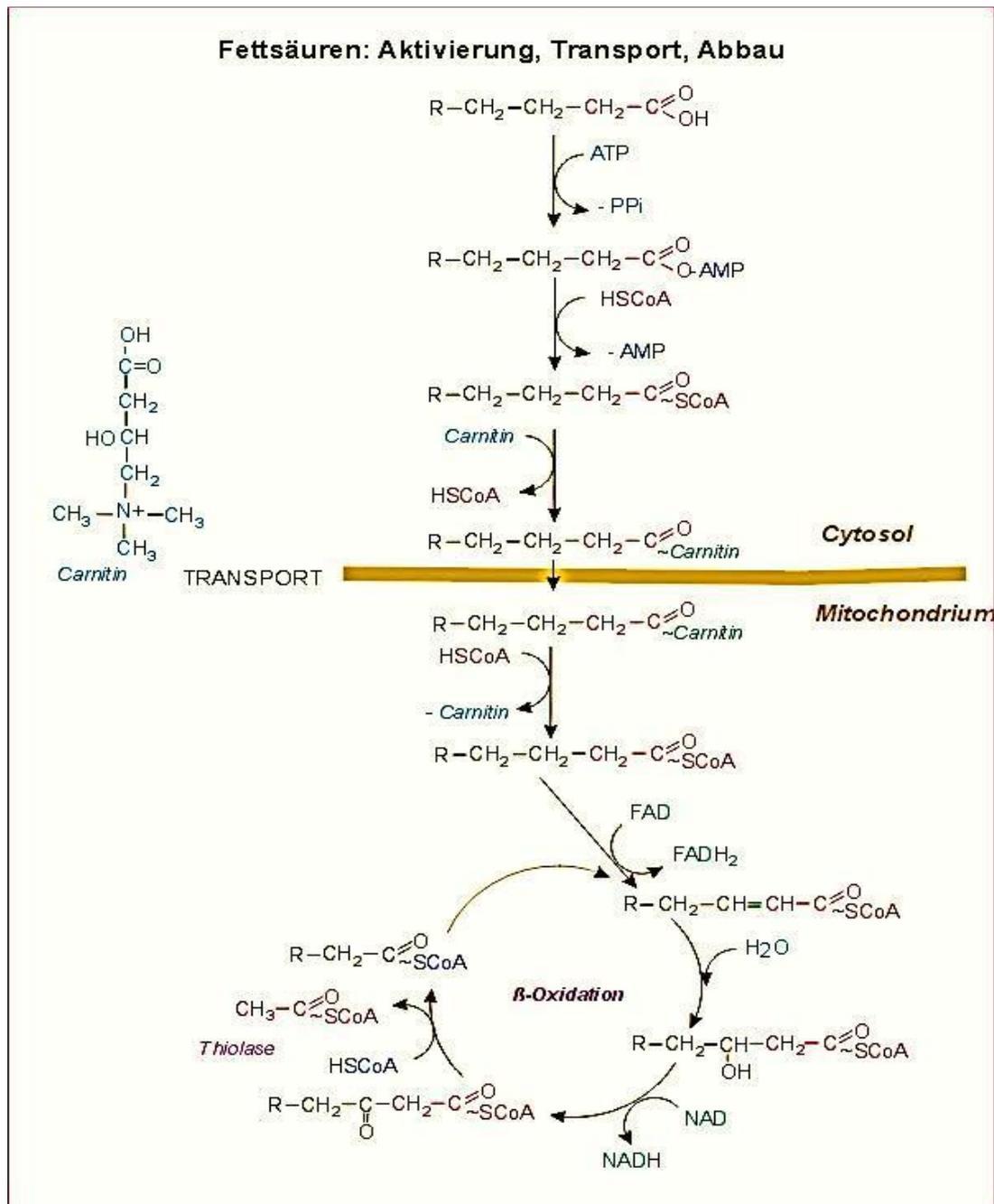


Abbildung 2-10: Abbau von Körperfett über die β -Oxidation; Quelle:

http://biochemie.web.med.uni-muenchen.de/biotutor_2004/fs_abbau.htm

(zuletzt besucht am 17.09.2013)

Eine Woche vor der Kalbung kommt es bereits zum Anstieg der FFS im Blutserum und findet sein Maximum bis zum vierten Tag post partum. Nach dieser Phase fallen die Serumwerte auf ein relativ niedriges Niveau ab (FÜRLL, 2005 / DIRKSEN und STÖBER, 2003). Höhere Werte, die mehrere Tage lang anhalten, deuten auf eine pathologische Leberverfettung mit entsprechender Funktionseinschränkung hin (DIRKSEN und STÖBER, 2003). Nach DUFFIELD et al. (2004) und CONNER et al. (2004) besteht eine signifikante Beziehung zwischen der Serum-Konzentration an freien Fettsäuren eine Woche vor der Kalbung und der Inzidenz von subklinischen Ketosen in der Folgelaktation. Daneben zeigen erhöhte Konzentrationen sieben Tage vor der Kalbung eine enge Verbindung zum Auftreten von Labmagenverlagerungen (VAN WINDEN et al., 2003) und Nachgeburtsstörungen (Retentio secundinarum). Darüber hinaus haben erhöhte Konzentrationen an FFS negative Auswirkungen auf das Fruchtbarkeitsgeschehen (JORRITSMA et al., 2003) und erhöhen das Risiko einer verzögerten ersten Ovulation (SHRESTHA et al., 2004).

Die Bestimmung der freien Fettsäuren ermöglicht die Analyse der Lipolyserate, die wiederum eng an die Ausprägung der negativen Energiebilanz gekoppelt ist (REIST et al., 2000 / REIST et al., 2002 / BUSATO, 2002). Nach STAUFENBIEL (1987a / 1987b) ist die Messung der Lipolyse aber sehr aufwendig und die Plasmakonzentration an Glycerin und freien Fettsäuren sehr ungenau. So lassen sich anhand einer wiederholten Messung der Rückenfettdicke, durch die Bestimmung der Fettgewebsbestandteile sowie durch die Fettzellgröße genauere Rückschlüsse auf die stattgefundene Fettmobilisation ziehen (YANG und BALDWIN, 1973a und 1973b / ROSSOW et al., 1985 / STAUFENBIEL, 1985 / 1993a).

Kühe, die im Vergleich wenig Fett mobilisieren, besitzen ein größeres Trockensubstanzaufnahmevermögen und eine niedrigere Ausprägung der negativen Energiebilanz als Kühe mit höheren Fettmobilisationsraten (WEBER et al., 2013). FFS bewirken zusammen mit den Ketonkörpern einen metabolischen Sättigungseffekt beim Wiederkäuer (VON ENGELHARDT und BREVES, 2010). Die größte Konzentration an freien Fettsäuren und an β -Hydroxy-Butyrat zeigen daher Kühe mit der höchsten Fettmobilisationsrate. Bei diesen Tieren sind zusätzlich die Blutglukose-Konzentration und die Insulin-Konzentration am niedrigsten (WEBER et al., 2013). Werden über die Futtermittel Fette zugeführt, unterdrückt dies jedoch nicht die körpereigene Fettmobilisation und erhöht nicht das Trockensubstanzaufnahmevermögen (DRACKLEY, 1999 / VON ENGELHARDT und BREVES, 2010).

Neben dem Fettabbau ist die Speicherung von Fetten eine entscheidende Reaktion im Lebendmasse-Energie-Zyklus einer Milchkuh (vgl. Abbildung 2-4 Kapitel 2.1.3.1). Die Fettsäuresynthese wird in drei unterschiedliche Stadien eingeteilt: die dynamische, regulative und statische Lipogenese (STAUFENBIEL, 1982 / 1987b / 1993b). Die dynamische

Lipogenese gibt Aufschluss über die Gesamtmenge an effektiv neu gebildetem Fett. Dabei spiegelt die Lipogeneserate die Enzymaktivität des jeweiligen Fettgewebes wider. Die dynamische Komponente ist die einzige Messgröße, die einen sich erhöhenden Fettansatz bereits in der Anfangsphase erkennen lässt. Diese Messgröße gibt auch Aufschluss über die Energiebilanz eines Tieres bzw. über die negative oder positive Energiebilanz. Dies ist besonders bei Milchkühen von großer Bedeutung und Interesse. Man kann mit der dynamischen Lipogenese die aktuelle Energieversorgung darstellen bzw. den Übergang der negativen Energiebilanz in positive Energiebilanz erkennbar machen (STAUFENBIEL, 1981 / 1985 / 1993b / ROSSOW et al., 1985). Der Fett-, Protein- und DNA-Gehalt im Fettgewebe bildet die regulatorische Komponente der Lipogenese und dient gleichzeitig als Bezugsbasis für die Enzymaktivität der dynamischen Phase. Die regulatorische Phase bildet das integrierende Element bei der Vermittlung zwischen dynamischer und statischer Phase der Lipogenese. Sie reguliert die Interaktionen zwischen Fettgewebe und den anderen Körpergeweben sowie zwischen Fettstoffwechsel und den übrigen Stoffwechselabläufen. Diese Phase erläutert die physiologischen Regelmechanismen beim Fettansatz und gibt Aufschluss über den eingetretenen Fettmobilisationsgrad in energierestriktiven Haltungsphasen oder in der Früh lactation (STAUFENBIEL et al., 1987b / STAUFENBIEL, 1993b). Zur Erfassung der Regulationskomponenten der Lipogenese können die Bestimmung der Fettzellgröße, die Bestimmung der Fett-, Protein- und DNA-Gehalte im Fettgewebe, das Tagesprofil von Insulin und Glukose und der Glukose-Toleranztest herangezogen werden (HIRSCH und GALLIAN, 1968 / YANG und BALDWIN, 1973a und b / GURR und KIRTLAND, 1978 / ROBELIN, 1981 / ETHEERTON, 1982 / BIERSTEDT, 1986 / STAUFENBIEL et al., 1987b / PANICKE et al., 2003). Die statische Komponente stellt die ruhende und aktivitätsärmste Phase der Lipogenese dar (STAUFENBIEL, 1982 / 1993b). Sie gibt den Fettgehalt des Tierkörpers bzw. den Verfettungsgrad wieder. Der Verfettungsgrad ist wichtig im Hinblick auf die Einschätzung der Färsen- bzw. Kalbinnenqualität und für die Einstufung des Gesundheitsrisikos für Milchkühe in der Früh lactation (STAUFENBIEL et al., 1987b / STAUFENBIEL, 1993c). Die synthetisierten Fettsäuren hemmen über einen Rückkopplungsmechanismus die Neubildung weiterer Fettsäuren (OPSTVEDT et al., 1967 / OPSTVEDT und RONNING, 1967 / BAUMAN et al., 1970 / INGLE et al., 1972 / BAUMAN, 1976 / WHITEHURST et al., 1978 / STAUFENBIEL, 1982 / 1993b).

2.1.4 Einfluss der Fütterung

Die meisten Stoffwechselerkrankungen von Milchkühen wie Milchfieber, Ketosen, Plazentaretention und Labmagenverlagerung treten in den ersten zwei Wochen der Laktation auf und werden mit einer verminderten Futteraufnahme oder mit einer mangelnden

Verwertung der Futtermittel in Verbindung gebracht. Drei grundlegende physiologische Funktionen sollten über die Fütterung während der peripartalen Phase aufgebaut und aufrecht gehalten werden. Der Pansen bzw. die Pansenflora sollte bereits in der späten Trockenstehphase (Close-Up-Phase) an die postpartale Fütterung bzw. an die postpartale hohe Energiedichte der Futtermittel angepasst werden. Zudem sollte eine antepartale calciumarme Fütterung in dieser Phase auf den Calciumbedarf post partum ausgerichtet sein, um eine Hypocalcämie zu vermeiden. Ein starkes Immunsystem ist die dritte physiologische Komponente, es stärkt die Leistungsbereitschaft und vermindert die Anfälligkeit für Infektionskrankheiten. Die Inzidenz sowohl von Stoffwechsel- als auch von Infektionskrankheiten wird stark erhöht, wenn die ein oder andere dieser physiologischen Funktionen beeinträchtigt ist (GOFF und HORST, 1997 / JANOVIK et al., 2011 / SALEEM et al., 2012 / GRAUGNARD et al., 2013).

Generell nimmt die energetische Zusammensetzung der Futtermittel Einfluss auf das Trockensubstanzaufnahmevermögen und auf die Metabolitenzusammensetzung im Blut. Bei einer Untersuchung zur Trockenmassenaufnahme (TS-Aufnahme) ergab sich bei einer energiearmen Ration eine TS-Aufnahme von 12,8 kg pro Tag gegenüber einer TS-Aufnahme von 16,8 kg/Tag bei einer Ration mit einer höheren Energiedichte. Das macht eine um 3,4 kg höhere TS-Aufnahme pro Tier und Tag in der Gruppe mit der energiereichen Fütterung aus (SCHOENBERG und OVERTON, 2011). Eine andere Untersuchung zur Fütterung in der Früh-laktation zeigt ebenfalls, dass eine energiereiche Fütterung eine höhere Trockenmassenaufnahme im Vergleich zu energetisch ärmeren Futtermitteln bewirkt (FISCHER et al., 2002 / LAW et al., 2011).

Daneben nehmen Futtermitteln mit steigender Energiedichte je nach Autor unterschiedlichen Einfluss auf die Blutmetaboliten. Bei AMETAJ et al. (2009) und SALEEM et al. (2012) steigen mit einer kohlenhydrathaltigen Fütterung die Glukose- und Laktat-Werte im Blut deutlich an. Ebenso steigen bei diesen Autoren auch die Blut-Konzentrationen freier Fettsäuren an. Ähnliches zeigt auch eine Untersuchung an Kühen, die in der Trockenstehperiode mit energiereicherem Futter versorgt werden. Jedoch haben diese Kühe niedrigere Konzentrationen an freien Fettsäuren im Blut als die Kühe mit der niedrigeren Energiedichte in der Ration (SCHOENBERG und OVERTON, 2011). Eine andere Untersuchung an 80 Milchkühen zeigt dann wiederum keine Effekte der Fütterung drei Wochen vor der Geburt auf die NEFA-Konzentrationen im Blut (LAW et al., 2011). Eine Futterrestriktion unter dem Energiebedarf im letzten Drittel der Trächtigkeit bewirkt dagegen bei SCHOENBERG et al. (2012) wieder einen deutlichen Anstieg der freien Fettsäuren. Eine weitere Untersuchung beschreibt infolge einer glukoselastigen Fütterung, dass die negative Energiebilanz analog zu den anderen Autoren geringer ausfällt gegenüber der lipogenen Fütterung. Post partum ergibt sich aber bei der glukosehaltigen Rationsgruppe ein gesenkter

Plasmaspiegel an freien Fettsäuren (NEFA), an β -Hydroxy-Butyrat (BHBA), eine geringere Konzentration an Triglyceriden in der Leber und ein höherer Insulinspiegel. Bei primiparen Kühen bzw. bei den Kalbinnen zeigen Fütterungsversuche keine Effekte bezogen auf die Metaboliten- oder auf die Milchzusammensetzung. Daraus resultiert, dass eine glukosehaltige Ration nur positiven Einfluss auf die Energiebilanz, auf die NEFA- und BHBA-Konzentration im Blut und auf den Triglyceridgehalt der Leber bei pluriparen Kühen nimmt (VAN KNEGSEL et al., 2007).

Hochverdauliche, auf Glukose basierende Futtrationen bewirken somit durchgehend größere Glukose-Konzentrationen im Blut bei Milchkühen im Vergleich zu Kühen mit ketogenen oder luzernelastigen Rationen (LARSEN und KRISTENSEN, 2012). Die Veränderungen von Glukose, Laktat und freien Fettsäuren mit unterschiedlichen Fütterungsstrategien zeigen, dass sowohl eine Beeinflussung der TS-Aufnahme als auch der Metabolitenzusammensetzung im Blut über die Fütterung möglich ist. Daraus folgt, dass unterschiedliche Fütterungsstrategien mit einer Veränderung in den Blutparametern einhergehen und das Trockenmassenaufnahmevermögen erhöhen oder mindern können (LOHRENZ, 2010). All diese Gegebenheiten sollten nach VAN STRATEN et al. (2008) in der Fütterungsstrategie Berücksichtigung finden.

Kühe, die infolge einer hochenergetischen Fütterung (1,78 Mcal/kg) energetisch besser versorgt werden, entwickeln zudem mehr befruchtungsfähige Eizellen als Kühe mit energetisch niedrigerer Energieversorgung (1,52 Mcal/kg) (KENDRICK et al., 1999). Damit nimmt die Futterzusammensetzung ebenfalls Einfluss auf die Fruchtbarkeit. Zusätzlich haben die Fütterung und die Rationsgestaltung weitreichende Konsequenzen auf die Körperkonditionierung. So haben Kühe mit einer energiereichen Fütterung in der Spätlaktation und während der Trockenstehphase einen signifikant höheren Body Condition Score zum Zeitpunkt der Kalbung gegenüber Kühen, die in diesen Phasen restriktiv gefüttert werden. Allerdings war dieser Effekt wiederum nur bei pluriparen Kühen und nicht bei Färsen bzw. Kalbinnen nachweisbar (LAW et al., 2011). Kühe, die infolge einer energetisch minderwertigen Ration eine Unterkonditionierung entwickeln, besitzen daneben eine höhere Prävalenz für die Ausbildung von Lahmheiten als normale oder überkonditionierte Kühe (ESPEJO et al., 2006).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Fütterung von Milchkühen maßgeblichen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit, auf den Gesundheitsstatus und auf die Reproduktionsleistung nimmt und daher eine optimale Fütterung über die gesamte Laktation von großer Bedeutung ist.

2.2 Energie und Fruchtbarkeit / Energie und Milchsynthese

2.2.1 Energiebilanz und Fruchtbarkeit

Die Kennzahlen für den Fruchtbarkeitserfolg einer Milchviehherde bilden die Charakteristika Rast- und Gützeit (Zwischentragezeit). Die Rastzeit beschreibt die Zeit von der Kalbung bis zur ersten vollständigen Brunst. Die Gützeit oder Zwischentragezeit gibt die Zeit zwischen der Kalbung und dem ersten Trächtigkeitstag an. Je kürzer diese Phasen sind, umso besser stellt sich die Fruchtbarkeitsleistung dar. Sowohl die Rastzeit als auch die Gützeit stehen in einem engen Verhältnis zur Energiebilanz und dadurch zur Rückenfettdicke. Allgemein versteht man unter Energiebilanz der Milchkuh eine auf der Nettoenergie basierenden Aufrechnung der tatsächlich über das Futter aufgenommenen Energie abzüglich der für Erhaltung, Reproduktion und Leistung abgegebenen Energie (STAUFENBIEL et al., 1987b / 1989d / 1989e / 2004 / VAN KNEGSEL, 2007 / vgl. Abschnitt 2.1.3.1 Abbildung 2-4). Gut ausgebildete Rückenfettdicken bzw. Körperfettreserven gehen mit kürzeren Rast- und Gützeiten und dadurch mit besseren Fruchtbarkeitsleistungen einher. Die optimale Rückenfettdicke liegt zwischen 20 bis 30 mm (STAUFENBIEL, 1993a) für Kühe der Rasse Deutsche Holsteins (vgl. Abschnitt 2.1.3.1). Für das Braunvieh werden Werte zwischen 33 bis 38 mm (MÖSENFECHEL et al., 2000) als optimale Körperkonditionierung empfohlen. Für das deutsche Fleckvieh sind keine Angaben über die optimale Rückenfettdicke zu finden, sollte sich jedoch nach den BCS-Angaben (BCS-Note 4) in der Literatur zwischen 25 bis 29 mm (nach STAUFENBIEL, 1997a / MANSFELD et al., 2000) bewegen.

Eine hohe Fettmobilisation in den ersten beiden Laktationswochen verlängert die Rast- und Gützeit der jeweiligen Kuh und verschlechtert die Fruchtbarkeitskennzahlen maßgeblich. Ab der dritten Laktationswoche (LW) kehren sich die Vorzeichen um, so wirkt ab diesem Zeitpunkt eine hohe Fettmobilisation fruchtbarkeitsstabilisierend. Für die Fruchtbarkeit ist demzufolge nicht der Umfang der Fettdepots zum Partus entscheidend, sondern vielmehr die Fettreserven ab der zweiten LW. Wichtig ist, dass die Lipolyse in den ersten beiden Wochen nach der Kalbung daher langsam einsetzt, da sich sonst der positive Effekt des Fettgewebes verliert (STAUFENBIEL et al., 1992a / VAN KNEGSEL, 2007 / ROSSOW, 2008a / vgl. ebenso Abschnitt 2.1.3.4). STAUFENBIEL (1993a) spricht daher vom Doppelcharakter des Fettgewebes.

Die Fruchtbarkeitsleistung schlägt sich letztendlich in der Konzeption der Milchkuh nieder. Die Zwischentragezeit (Gützeit) bildet daher die aussagekräftigste Kennzahl für den Erfolg der Fruchtbarkeit. Die Fruchtbarkeit wird allerdings von mannigfaltigen Faktoren beeinflusst und ist anfällig für verschiedenste Störfaktoren. Beispielsweise führen, wie bereits angesprochen, übermäßige Fettreserven zum Kalbezeitpunkt zu der oben erwähnten

intensiveren Fettmobilisation und verlängern sowohl die Rast- als auch die Gützeiten (STEVENSON und BRITT, 1979 / DOREN et al., 1986 / HUSZENICZA et al., 1987a und 1987b / HEINONEN et al., 1988 / STAUFENBIEL et al., 1993a / 1993b / 1993c / 2004). Verfügt die Milchkuh zum Zeitpunkt der Kalbung im Gegenzug über nicht ausreichende Fettlager, besitzt sie damit nicht genügend energetisches Puffergewebe zur Kompensation der negativen Energiebilanz in der Früh-laktation. Die höhere Ausprägung des Energiedefizits führt unter dieser Gegebenheit wiederum zu einer Verschlechterung der Fruchtbarkeit. Der angesprochene optimale Fettansatz minimiert das Auftreten von Fruchtbarkeitsstörungen (vgl. Abschnitt 2.1.3.1).

Aber nicht nur die RFD gibt Aufschluss über eine mögliche überschießende Fettmobilisation, auch der Body Condition Score lässt Rückschlüsse auf die Mobilisationsrate und die Ausprägung der negativen Energiebilanz (NEB) zu. Ein großer Rückgang des BCS bzw. der Körperkondition in den ersten Tagen post partum geht mit einer höheren negativen Energiebilanz (NEB), einer verminderten Konzeptionsrate, einer längeren Zwischenkalbezeit und einem höheren Aufwand an Besamungen einher (GILLUND et al., 2001). Folglich kann auch anhand des BCS-Systems eine Beurteilung zur Fettmobilisation vorgenommen werden und Aufschluss über die NEB geben. Die quantifizierte NEB fällt auch bei BUTLER et al. (2006) bzw. WINDIG et al. (2008) bezogen auf die Fruchtbarkeit mit einer späteren Aktivität des Corpus luteum und mit weniger ovariellen Zyklen innerhalb der ersten 100 Tage post partum zusammen. Die Ausprägung der negativen Energiebilanz birgt zudem ein höheres Risiko für eine längere Dauer der ovariellen Zyklen (BUTLER et al., 2006 / WINDIG et al., 2008). Zusätzlich ist die Ausprägung der negativen Energiebilanz eng mit der Dauer bis zur ersten Ovulation nach der Kalbung korreliert. Holstein Kühe mit einem schnelleren Umschalten von einer katabolen in eine anabole Stoffwechsellage zeigen durchschnittlich eine um circa 13 Tage frühere Ovulation (CANFIELD und BUTLER, 1991/ PUSHPAKUMARA et al., 2003). Die positive Funktion des Fettgewebes ist daher nur bei ausreichenden und nicht übermäßigen Fettreserven vorhanden und kann neben der RFD über den BCS abgelesen werden (BAUER, 1990 / STAUFENBIEL et al., 2004 / ROSSOW, 2008a).

Aber nicht nur eine überschießende Fettmobilisation verschlechtert die Fruchtbarkeit, sondern allgemein ein Mangel an Energie. Die Energieverfügbarkeit und die Funktionalität der Ovarien stehen dabei in enger Beziehung zueinander. So zeigte eine Studie an 23 Holsteinkühen die maßgebliche Beziehung zwischen dem Energiestatus und der Funktion an den Eierstöcken (CASTRO et al., 2012). Große Energiedefizite in der Früh-laktation verzögern das Einsetzen des ersten Zyklus bzw. erhöhen die Anzahl der Tage bis zur ersten Brunst (DE VRIES et al., 1999). Eine Auswertung an 470 Färsen / Kalbinnen in der ersten Laktation bestätigt den Zusammenhang zwischen der Energieverfügbarkeit und der

Fruchtbarkeit. Je größer die Ausprägung des Energiedefizites in der Früh-Laktation, desto später beginnt die Wiederaufnahme der lutealen Aktivität der Eierstöcke. Dabei entsprechen 10 MJ NEL (Netto-Energie-Laktation) Unterschied in der Energiebilanz einer Verzögerung des Eisprungs um 1,25 Tage (DE VRIES und VEERKAMP, 2000). Diese These wird von WESTWOOD et al. (2002) gestützt. Tiere, die eine höhere Trockensubstanzaufnahme und damit eine höhere Energieverfügbarkeit nach der Kalbung aufweisen, zeigen früher Anzeichen für eine erste Brunst und haben eine frühere Konzeptionsrate. Zudem werden in dieser Untersuchung ein höherer Blutglukose-Spiegel und ein niedrigerer Blutspiegel an freien Fettsäuren (NEFA) mit einer früheren Konzeption verbunden. Ebenso korrelieren hohe Milchleistungen im frühen Stadium der Laktation mit einer niedrigeren Energieverfügbarkeit und mit einer späteren ersten Brunst bzw. Ovulation (WESTWOOD et al., 2002). Eine energetisch schlechtere Versorgung, eine höhere Ausprägung der negativen Energiebilanz und hohe Milchleistungen zeigen auch bei REKSEN et al. (2001) eine spätere ovarielle Aktivität. Ähnliche Ergebnisse zur Abhängigkeit der ovariellen Aktivität von Energiebilanz und Milchleistung werden auch von GWAZDAUSKAS et al. (2000) bestätigt. STAPLES et al. (1990) bestätigten ebenfalls eine Korrelation zwischen negativer Energiebilanz und der Aktivität der Ovarien. Kühe, die im Untersuchungszeitraum anoestrisch sind oder einen Gelbkörper am 40. bis 60. Tag der Laktation aufweisen, verbrauchen mehr körpereigene Energiereserven als Kühe, die vor dem 40. Laktationstag über ein Corpus luteum bzw. einen ersten Zyklus verfügen.

Eine positive Energiebilanz hängt demnach mit einer Zunahme der Körperkondition, mit einem erhöhten Energiegehalt im Organismus und mit einer Erhöhung der Glukose-Werte im Blut zusammen. Die Glukose besitzt günstige Eigenschaften für eine gute Fruchtbarkeit. Andere Parameter wie β -Hydroxy-Butyrat (BHBA) und freie Fettsäuren (NEFA) stehen mit einer negativen Energiebilanz in Zusammenhang, die wiederum in einer ungünstigen Beziehung zu Reproduktionsmerkmalen stehen. So besitzen der Body Condition Score, die BHBA-, die NEFA- und die Glukose-Konzentrationen bei trächtigen Färsen (Kalbinnen) die höchste genetische Korrelation mit der zukünftigen Fortpflanzungsfähigkeit. Eine genetische Selektion auf Körperkonditionen und Blutmetaboliten könnte aus diesem Grund eine genetische Verbesserung der Fruchtbarkeit und die allgemeine Reproduktionseffizienz von Milchkühen bedeuten (OIKONOMOU et al., 2008).

Allerdings haben die täglichen Entscheidungen des Managements erhebliche Auswirkungen auf die Effektivität der Fruchtbarkeitsparameter. Das Management kann Depressionen in der Fruchtbarkeit oft durch Entscheidungen, z. B. durch eine Anpassung der Fütterung oder durch eine hormonelle Behandlung ausgleichen. Diese Annahme liegt darin begründet, dass in Hochleistungsherden oft die niedrigsten Gützeiten erzielt werden (NEBEL und MC GILLIARD, 1993). Der stetige Rückgang der Fruchtbarkeit bei Milchkühen aller Rassen

scheint ein Problem vieler Länder zu sein und wird mit der stetig zunehmenden Milchleistung verbunden. Aber die Ursachen sind nicht immer offensichtlich. So wurde eine Untersuchung zur erwähnten genetischen Komponente für Fruchtbarkeitsveränderungen in Betracht gezogen und untersucht. Dabei deuten die Ergebnisse auf einen Zusammenhang zwischen hoher Milchleistung und reduzierter Fruchtbarkeit hin. Die verminderte Fruchtbarkeitsleistung ist vor allem durch die beschriebene unterschiedliche Ausprägung der Energiebilanz zwischen hohen und niedrigeren Milchleistungen begründet. Dies wiederum deutet auf eine echte genetische Veränderung in der Fruchtbarkeit hin, da in der Milchrinderzucht in der Regel eine Selektion auf hohe Milchleistungen stattfindet (POLLOTT und COFFEY, 2008). Die Milchleistung besitzt einen großen Einfluss auf die Aktivität der Lutealphase. Je größer die genetische Milchleistungsbereitschaft ist, desto länger beträgt das Intervall zwischen den Lutealphasen. Tiere mit genetisch niedriger Milchleistung zeigen deutlich kürzere Intervalle zwischen den Zyklusphasen (22,5 Tage gegenüber 30,4 Tage). Der Unterschied in der Milchleistung liegt durchschnittlich bei 24,0 kg Milch/Tag gegenüber 27,1 kg Milch/Tag in den ersten sechs Wochen der Laktation. Eine genetische Kreuzung von Tieren (Verpaarung innerhalb des Norwegischen Rotviehs) mit genetisch hohen Milchleistungen und genetisch hoher Fruchtbarkeit bewirkt eine Verbesserung der Milchleistungs- und Fruchtbarkeitsparameter, sprich 25,3 kg Milch/Tag und einem Zyklusintervall von 27,2 Tage (GARMO et al., 2009). BRÄHMIG (2011) beschreibt in seiner Dissertationsschrift Heterosiseffekte für Fruchtbarkeitsmerkmale zwischen 0 und 25 % (in seiner untersuchten Tiergruppe zwischen 0 und 10 %). Entscheidend für das Ausmaß der Heterosiseffekte sind die Unterschiede zwischen den verwendeten Ausgangsrassen bzw. -populationen. Fleckvieh zeigt mit 389 Tagen die kürzeste Zwischenkalbezeit bei einer ECM-Milchleistung von 8.384 kg, während die Deutschen Holsteins bei einer Zwischenkalbezeit von 423 Tagen eine ECM-Milchleistung von 9.523 kg erreichen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Selektion der Milchkühe auf Milchleistung zum Rückgang der Fruchtbarkeit vor allem in der Rassegruppe Holstein Friesian, aber auch in den Rassen Fleckvieh und Braunvieh (EGGER-DANNER, 2012) geführt hat. Dabei stellt die Phase der negativen Energiebilanz (NEB) möglicherweise den entscheidenden Aspekt dar, der zu verminderten Fruchtbarkeitsleistungen führt. Die negative Energiebilanz geht mit einer anoestrischen Periode infolge niedrigerer Glukose- und Insulinkonzentrationen sowie einer niedrigeren Östrogenproduktion einher. Die NEB bewirkt eine verminderte Qualität der Eizellen und die Fähigkeit zur Entwicklung eines lebensfähigen Embryos. Neben der NEB sind auch hohe Verluste an Körperkonditionen für reduzierte Serum-Progesteron-Konzentrationen während der Brunst verantwortlich und bedingen niedrigere Konzeptionsraten in den betroffenen Kühen. Insgesamt wird die NEB mit geringeren Fruchtbarkeiten in der Früh-laktation und mit späteren Brunsterscheinungen in Verbindung

gebracht (BUTLER, 2003). Schlussfolgernd kann daraus abgeleitet werden, dass sich die Fruchtbarkeit, die Milchleistung und der Gesundheitsstatus über die Optimierung des Fettansatzes oder der Rückenfettdicke lenken und stabilisieren lassen (BAUER, 1990 / STAUFENBIEL et al., 2004 / ROSSOW, 2008a).

2.2.2 Energiebilanz und Milchleistung

Milchkühe mit dem Leistungsvermögen von 1989 produzieren in einer Laktation das 9fache ihrer Körpermasse an Milch. Dabei gibt eine 500 kg schwere Kuh bis zu 640 kg Energie in Form von Trockensubstanz, also mehr als ihr eigenes Körpergewicht, ab. Diese Trockenmasse besteht mit 170 kg Protein, 185 kg Fett, 240 kg Laktose und 40 kg Mineralstoffen aus hochwertigen und energiereichen Verbindungen (ROSSOW et al., 1985 / STAUFENBIEL et al., 1987b / 1989a / 1989b / 1989e / 1993a). Moderne Hochleistungskühe, mit einer Leistung von über 12.000 kg Milch, synthetisieren demgegenüber mehr als das 20fache ihrer Körpermasse als Milchmasse im Verlauf einer Laktation. Aufgrund der Selektion auf Milchleistung kommt es folglich zu einer intensiveren und längeren negativen Energiebilanz (NEB). Daher vollzieht sich die Ausprägung der NEB in Abhängigkeit von der tierindividuellen Leistungsbereitschaft und Energieaufnahme (KANITZ et al., 2003). Mit der Steigerung der Milchleistung erfolgt der Übergang von der negativen in die positive Energiebilanz deutlich später. Damit beeinflusst die Milchleistung nicht nur die Energiebilanz, sondern nachhaltig auch das Fruchtbarkeitsgeschehen (STAUFENBIEL et al., 1993a / SCHRÖDER, 2000 / KANITZ et al., 2003 / WATHES et al., 2003).

Kühe verfügen in der Früh-laktation über mobilisierbare Körperfettreserven für circa 600 kg Milch (STAUFENBIEL et al., 1987b / 1987c / STAUFENBIEL, 1993a). Allerdings nimmt das Körperfett nicht nur positiven Einfluss auf die Milchleistung, sondern auch auf die Fruchtbarkeit. Zudem besitzt das Fettgewebe aber auch eine pathologische Potenz (vgl. Abschnitt 2.1.1.1). Daraus ergibt sich die Frage nach der optimalen Konditionierung (vgl. Abschnitt 2.1.3.1 und Abschnitt 2.2.1) von Milchkühen im Zeitraum um den Partus. Mit Hilfe der RFD kann die optimale Körperkondition gemessen und überwacht werden (ROSSOW et al., 1985 / PIATKOWSKI, 1987 / LAURITSEN, 1987 / STAUFENBIEL et al., 1989a / 1989b / 1989c / 1993b / 2004 / ROSSOW et al., 1989 / 2003 / 2008). Der Milchfettgehalt, der Milchproteingehalt und die Milchmenge stehen somit in unmittelbarem Zusammenhang zur RFD und Energiebilanz. Dabei steht der Proteingehalt der Milch sogar in einer engeren Beziehung zur RFD als der Milchfettgehalt selbst (STAUFENBIEL et al., 2003). Der Milchproteingehalt gilt neben dem Milchfettgehalt also als ein Parameter für die energetische Versorgung einer Milchkuh. Ein Absinken weist auf eine energetische Unterversorgung hin (HEUER et al., 1999 / DE VRIES und VEERKAMP, 2000 / STAUFENBIEL et al., 2003). Tiere

mit einem Proteingehalt unter 3,2 % gelten als energetisch unterversorgt und durchlaufen eine intensivere NEB als andere Tiere mit Proteinwerten > 3,2 % (STAPLES et al., 1990 / NEBEL und MC GILLIARD, 1993 / MARKUSFELD et al., 1997 / DOMECCQ et al., 1997b / STAUFENBIEL et al., 1991a / 2003). Zudem besteht eine enge Beziehung zwischen dem Proteingehalt der Milch und der Fruchtbarkeitsleistung. In Untersuchungen von STAUFENBIEL et al. (2003) und anderen Autoren (ROSSOW et al., 1985 / PIATKOWSKI, 1987 / LAURITSEN, 1987 / ROSSOW et al., 1989) liegt der Zeitpunkt einer Konzeption nahe dem Übergang von der negativen Energiebilanz in die positive Energiebilanz. Bei Tieren mit einem Milchproteingehalt von unter 3,2 % und niedrigeren Rückenfettdicken tritt der Umschwung und die Trächtigkeit wesentlich später ein.

Statistische Auswertungen von Daten an Holstein-Kühen sowie weiterer Milchviehassen haben ergeben, dass analog zur RFD ein höherer Body Condition Score in verschiedenen Laktationsstadien positiv mit der Milchleistung und positiv mit einer verbesserten Fruchtbarkeit einhergeht. Das Körpergewicht hat in Bezug zur Milchleistung allerdings keinen Einfluss. Dabei erkannte man aber einige Hinweise zwischen Körpergewicht und Fruchtbarkeit. Aus diesen Daten wurde dann geschlossen, dass eine Selektion auf Milchleistung keine negativen Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit haben muss, wenn dabei auf die genetisch bedingten Körperkonditionen und Körpermasse sowie auf einen langsamen züchterischen Anstieg der Milchleistung geachtet wird (BERRY et al., 2003 / 2011 / BASTIN et al., 2010).

Neben der Körperkondition lässt sich die Milchleistung von Kalbinnen und mehrkalbigen Kühen post partum auch durch die Energiemenge in der Futtermischung beeinflussen. Färsen (Kalbinnen), denen eine Ration mit hoher Energiedichte gefüttert wird, zeigen Leistungen von 29,7 kg Milch pro Tag. Färsen (Kalbinnen), die einer energiearmen Versorgung post partum unterliegen, zeigen hingegen Leistungen von 24,8 kg Milch am Tag. Bei den pluriparen Kühen sind es Leistungen von 33,5 kg Milch pro Tag mit energiereicher und 28,2 kg Milch pro Tag mit energiearmer Fütterung (LAW et al., 2011). Eine Untersuchung zur Energiebilanz und Milchleistung anhand von Konzentratfütterung und freiem Zugang zu Raufutter ergibt, dass Tiere mit weniger Konzentrat einer stärkeren negativen Energiebilanz ausgesetzt sind und geringere Milchleistungen aufweisen gegenüber Tieren mit der empfohlenen Ration an Konzentratfütterung (REKSEN et al., 2001). Inwieweit die Milchkuh in der Lage ist, auch in energetischen Mangelsituationen die Leistung aufrecht zu erhalten, ergibt der nachstehende Fütterungsversuch von GROSS et al. (2011). Trotz einer induzierten negativen Energiebilanz bis zur neunten Laktationswoche infolge einer Futterrestriktion (Periode 1) auf -42 MJ Netto-Energie für die Laktation (NEL), steigt die Milchleistung der Tiere von 27,5 kg Milch ($\pm 0,7$ kg) auf ein Maximum von 39,5 kg ($\pm 0,8$ kg) Milch in der sechsten Laktationswoche an. In einer zweiten Gruppe (Periode 2) sind die

Milchkühe ab dem 100. Laktationstag mit einer energiearmen Futtermischung restriktiv versorgt worden und unterliegen einer NEL von -63 MJ. Die Milchleistung und der prozentuale Eiweißgehalt der Milch gehen im Vergleich zur Kontrollgruppe nur leicht zurück (Versuchsgruppe = $-3,1 \pm 1,1$ kg Milch und Eiweißgehalt von $-0,2 \pm 0,1$ % / Kontrollgruppe = $30,5 \pm 1,1$ kg und $3,8 \pm 0,1$ %). Die Veränderungen im Stoffwechsel und die metabolische Belastung sind somit in der Frühlaktation (Periode 1) höher als in der Hochlaktation (Periode 2). Die unterschiedlichen Auswirkungen eines Energiemangels in den unterschiedlichen Laktationsphasen zeigen, dass metabolische Probleme in der Frühlaktation nicht nur aufgrund der NEB, sondern vor allem auf Grund der spezifisch metabolischen Regulierung auftreten (GROSS et al., 2011). In einem anderen Versuch liegt die durchschnittliche Milchleistung für hochenergetisch gefütterten Kühe bei $41,6 \pm 0,3$ kg / d (Mittelwert \pm SE) und bei $32,8 \pm 0,3$ kg / d für energetisch niedriger gefütterten Kühe (KENDRICK et al., 1999).

Zusammenfassend bleibt zu sagen, dass die Energiebilanz, die RFD und die Fütterung einen großen Einfluss auf die Milchleistung ausüben. Allerdings haben die Untersuchungen von GROSS et al. (2011) auch den großen genetischen Einfluss auf die Milchleistung gezeigt.

2.3 Komfort im Laufstall

2.3.1 Was bedeutet Kuhkomfort

Die Fragestellung nach dem Wohlbefinden von Tieren enthält drei Schlüsselfragen. Die erste Frage richtet sich nach der Funktionalität eines Tieres: bei welchen Gegebenheiten ist das Tier produktiv, gesund und gut konditioniert? Die zweite Frage richtet sich danach, ob sich das Tier wohlfühlt: ist es frei von Schmerzen, von Lahmheiten oder anderen belastenden Umwelteinflüssen? Drittens: kann sich das Tier entsprechend seiner Art verhalten und seinen typischen Verhaltensweisen nachgehen? Diese drei Fragen zu beantworten und Lösungen für entsprechende Fehler in der Haltung der Tiere zu eruieren und zu verbessern bzw. zu reduzieren ist die Aufgabe der Wissenschaft. Wichtig dabei ist es neben den Tieren auch das Management-System zu berücksichtigen. Das Management einer Milchviehherde beeinflusst durch seine täglichen Entscheidungen das natürliche Verhalten, die Produktivität und sogar das Auftreten und die Inzidenz von Krankheiten (KEYSERLINGK et al., 2009).

Ursprünglich lebten Rinder bis zu ihrer Domestikation auf weiten Flächen und legten bedingt durch die Nahrungsaufnahme weite Wegstrecken am Tag zurück. In heutiger Zeit werden die Milchkühe mit zunehmender Industrialisierung der Landwirtschaft mehr und mehr ganzjährig in Stallsystemen gehalten, wodurch zwangsläufig Mängel in den Haltungsbedingungen auftreten. Sicherlich haben sich in den letzten hundert Jahren die Haltungs- und Fütterungsbedingungen der Rinder (Milchkühe) deutlich verbessert, aber es treten immer wieder Probleme auf. Beispielsweise werden Kühe durch den genetischen Fortschritt immer rahmiger und größer, so dass die Stallbauweise alter Haltungsformen obsolet geworden ist. Zudem wird durch die enorm gestiegene Milchleistung auch die energetische Versorgung der Milchkuh über geeignetes Futter immer schwieriger. In beiden Bereichen hat die Wissenschaft bereits weitreichende Erfolge und Fortschritte erzielt, allerdings sind viele Bereiche noch verbesserungswürdig.

So beschäftigt sich ein wissenschaftliches Gebiet mit den Haltungsformen und den Haltungsbedingungen bei Milchkühen, dem sogenannten Kuhkomfort. Dabei befasst sich die Wissenschaft mit Maßnahmen in der Milchviehhaltung, die die Haltungsbedingungen verbessern und die Produktivität der Milchkühe steigern sollen. Ziel ist es, die Weide in den Stall zu bringen bzw. weideähnliche Bedingungen im Stall zu schaffen. Dafür gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten, den Kuhkomfort bzw. das Wohlbefinden der Tiere und damit auch die Leistungsbereitschaft zu verbessern.

Im Folgenden sind unterschiedliche Haltungs- und Komfortmöglichkeiten sowie Mängel in der Haltung, die das Wohlergehen und die Produktivität von Milchkühen beeinflussen können, aufgelistet:

- Liegesysteme / Liegekomfort:
 - Hochboxen
 - Tiefboxen
 - Liegeboxenabmessungen
 - Kopffreiheit für Kopfschwung
 - Liegematten
 - Kuhmatratze
 - Einstreumaterial

- Laufganggestaltung / Laufflächenbeschaffenheit:
 - Breite Laufgänge
 - Freier Kuhverkehr
 - Planbefestigter oder perforierter Boden
 - Elastischer Boden / Gummimatten

- Klimabedingungen im Stall
 - Großräumige, offene, helle Ställe mit viel Luftvolumen
 - Belüftung
 - Belastung mit Schadgasen / Ammoniakkonzentration

- Einrichtungen zur Erhöhung des Wohlbefindens im Stall:
 - Tränkesystem
 - Kuhbürsten
 - Kuhduschen
 - Optimaler Melkbereich
 - AMS (automatisches Melksystem)

- Fütterung:
 - Reichlich Futter
 - Qualitativ hochwertig
 - Bequeme Futteraufnahme = gut erreichbar
 - Tier-Fressplatz-Verhältnis mindestens 1:1

- Bekämpfung von Insekten / Schadnagern / Tauben

(ALBUTT und DUMELOW, 1987 / BERGSTEN und HULTGREN, 2002 / WAGNER-STORCH et al., 2003 / TUCKER et al., 2004 / STEINER, 2004 / MAHLKOW-NERGE et al., 2005 / ROSSOW, 2005 / RICHTER et al., 2006 / ESPEJO et al., 2006 / KREMER 2006 et al., /

HERRMANN, 2006 / KREMER et al., 2007 / FRUHSTORFER und MEYER-ÖTTING, 2007 / TUCKER et al., 2007 / LEDGERWOOD et al., 2010 / VAN GASTELEN et al., 2011 / ANDREASEN und FORKMAN, 2012 / JACOBS und SIEGFORD, 2012 u.v.m.)

Dazu gibt es praktische Komfort-Kennziffern, die zur Beurteilung des Wohlbefindens bei Milchkühen herangezogen und zur Einschätzung des Kuhkomforts genutzt werden können, um einen Überblick über die Situation im Stall zu erhalten (ROSSOW, 2005).

Tabelle 2-2: *Komfort-Kennziffern nach ROSSOW (2005)*

| | |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Kuh-Komfort-Quotient = liegende Kühe : stehende Kühe x 100: Ziel: > 80 % |
| 2. | Wiederkauindex = kauende Kühe : übrige Kühe x 100; Ziel: > 50 % |
| 3. | Ruhezeit: > 14 Stunden/Tag |
| 4. | Sauberkeitsnote 1 bis 5 (je höher die Note, desto schmutziger die Kuh) |
| 5. | Anzahl der Gelenkschwellungen, Abszesse und Zitzenverletzungen: Ziel: < 5 % |
| 6. | Ergebnis des Knietests (positiv, negativ) |
| 7. | Messung der Körpertemperatur bei einer Stichprobe von 10 Tieren. Liegt sie bei mehr als 70 % der Probanden über 39,2 ⁰ C, kann Hitzestress angenommen werden. |

2.3.2 Komforteinrichtungen im Laufstall

Im nachfolgenden Text werden Komforteinrichtungen im Laufstallsystem von Milchkühen betrachtet und deren Vor- und Nachteile für die Tiergesundheit und die Produktivität unter Verwendung der gängigen Literatur gegenübergestellt. Das Hauptaugenmerk liegt dabei, angelehnt an die Fragestellung dieser Arbeit, auf der Laufflächenbeschaffenheit.

2.3.2.1 Laufflächenbeschaffenheit

Die Laufflächen in modernen Laufstallsystemen sollten unter ökonomischen Gesichtspunkten preiswert, leicht zu reinigen, langlebig und problemlos einzubauen und auszutauschen sein. Aus dem Blickwinkel des Tierwohls sollten die Bodenverhältnisse trockene und saubere Bedingungen zur Stärkung der Klauenkonstitution bieten, sie sollten ausreichenden Abrieb an der Klaue gewährleisten, sollten eben sein und keine Kanten oder Unebenheiten aufweisen. Zudem sollten die Laufflächen trittsicher und rutschfest sein, um

natürliche Verhaltensweisen von Kühen wie bei der Brunst oder beim Futterverhalten nicht zu beeinflussen. Ein hohes Maß an Trittsicherheit reduziert zusätzlich das Verletzungsrisiko (ALBUTT und DUMELow, 1987 / STEINER, 2004 / HERRMANN, 2006 / KREMER et al., 2006). Bei der Rutsch- und Trittsicherheit spielt die Sauberkeit der Lauffläche eine entscheidende Rolle. Ein trockener und sauberer Stallboden bietet die höchstmögliche Sicherheit und minimiert das Auftreten von Verletzungen der Gliedmaßen. Kühe, die von der Weide in ein Laufstallsystem umgestallt werden, zeigen gehäuftes Ausrutschen, eine geringere Bewegungsgeschwindigkeit, vorsichtigere Bewegungsabläufe und eine geringere Intensität von Hygienemaßnahmen, zum Beispiel das Belecken der hinteren Körperregion auf drei Beinen. Diese Verhaltensweisen stehen in unmittelbarem Zusammenhang zu den veränderten Haltungsbedingungen auf Betonspaltenboden (SOMMER, 1985 / BERGSTEN und HULTGREN, 2002 / BENZ, 2002 / KREMER et al., 2006). In der Praxis sind drei Arten von Bodenbelägen im Laufstallsystem zu finden: planbefestigte Laufflächen, perforierte Betonspaltenböden mit oder ohne Gummimattenauflage oder eingestreute Laufställe als Tretmistställe.

2.3.2.1.1 Planbefestigte Böden (Beton / Gussasphalt)

Als Oberflächenmaterial dient bei planbefestigten Böden, Beton, Gussasphalt oder Walzasphalt. Die Flächen sind plan abgezogen und im Allgemeinen entweder in Längs- oder Senkrechtrichtung zum Futtertisch geschlitzt oder gerillt. Diese Oberflächenbehandlung soll die Tritt- und Rutschsicherheit gewährleisten (STEFANOWSKA et al., 2002 / HERRMANN, 2006). Man spricht dabei aber auch von der Oberflächenschärfe, die obendrein dem Abrieb der Klaue dienen soll (STEINER, 2004 / KREMER et al., 2006). Die Schlitzrichtung auf planbefestigten Böden zeigt bei den Tieren keine eindeutige Präferenz für das eine oder andere Verfahren. Ein Unterschied ist aber im Aktivitätsverhalten zu beobachten. Dabei verbringen Kühe im Durchschnitt 120 min mehr Zeit pro Tag im Stall mit der geschlitzten Bodenfläche als auf der gerillten Bodenfläche. Zusätzlich führen die Kühe dort ihre Aktivitäten erheblich länger aus (STEFANOWSKA et al., 2002). Ein Vorteil von planbefestigtem Betonboden gegenüber perforierten Böden ist die große Auflagefläche der Klaue. Dadurch ist die mechanische Einwirkung und Belastung auf die Klaue geringer als auf perforierten Böden. Aufgrund der Kontaktfläche der Klaue ist eine planbefestigte Lauffläche im Kuhstall einem perforierten Spaltensystem vorzuziehen, um die Belastung an der Klaue zu reduzieren und um das Auftreten von Lahmheiten zu minimieren (HINTERHOFER et al., 2006). Ein Nachteil von planbefestigten Böden ist allerdings der höhere Feuchtigkeitsgrad. Durch die Feuchtigkeit findet dann wiederum eine Belastung der Klaue statt, die zu signifikant größere Dermatitis-Digitalis-Läsionen an den Klauen gegenüber perforierten

Betonspaltenböden führt (KREMER et al., 2006). Nach SOMERS et al. (2005) ergeben sich im Klauenwachstum, beim Klauenabrieb und bei der Inzidenz von Klauenläsionen jedoch keine Unterschiede zwischen planbefestigten und perforierten Betonböden.

2.3.2.1.2 Perforierte Böden (Betonspaltenboden / Gummiboden)

Bei perforierten Böden unterscheidet man zwischen Spalten, die aus Beton oder Gusseisen gefertigt werden. Betonspalten können dann als Einzelbalken, Zwillingsbalken oder als Flächenelemente produziert und verlegt werden. Spalten aus Gusseisen werden in der Regel nur als Flächenelemente hergestellt und werden aber kaum noch in modernen Laufställen eingesetzt. Betonspaltenböden gibt es zudem in unterschiedlichen Perforationsformen. Angeboten werden von der Industrie Spalten mit Kurzschlitzen, Schrägschlitzen oder als Lochböden bzw. als Kombinationen aus den aufgeführten Möglichkeiten (HERRMANN, 2006). Betonspaltenboden ist generell der am häufigsten verwendete Bodenbelag in Milchviehbetrieben aufgrund seiner Langlebigkeit und einfachen Reinigung. Dennoch haben die Härte, die Abrasivität und die Rutschgefahr von Betonböden negative Auswirkungen auf das Wohlbefinden und auf die Gesundheit von Kühen, vor allem bei alten und abgenutzten Spaltenböden. Eine Sanierung abgenutzter und glatter Betonböden ist durch ein Aufrauverfahren zwar möglich, bietet aber in der Regel nur einen kurzfristigen Effekt (GÖTZ, 2003). Zudem besitzt der Boden nach einer Sanierung oftmals einen zu hohen Abrieb, sodass erhebliche Klauenprobleme auftreten können.

Aus diesem Grund werden Gummimattenauflagen als eine Möglichkeit zur Verbesserung der Bodenbedingungen immer beliebter. Eine Studie dazu zeigt, dass ein signifikant höherer Anteil an Kühen zum Laufen und Stehen weiche und extra weiche Gummimatten dem reinen Betonspaltenboden vorziehen (TELEZHENKO et al., 2007). Bei Tieren mit schmerzhaften Klauenerkrankungen liegt nach FLOWER et al. (2007) aber keine Präferenz für die eine oder andere Bodenbeschaffenheit vor. In einer anderen Studie zeigen sich sogar keine Verbesserungen im Fortbewegungsmuster bei Kühen, die auf Gummimatten gehalten werden. Die Tiere auf Gummiböden haben zusätzlich größere Konzentrationen an Entzündungszellen im Blut (Neutrophilen und Lymphozyten). Dazu zeigt eine Genexpression im Haltungssystem mit Gummiauflage höhere Werte untersuchter Gene, die mit Lahmheit und Schmerzen in Verbindung gebracht werden. Außerdem zeigen die Tiere eine größere Aktivität und längere Standzeiten. Nach O'DRISCOLL et al. (2009) geben die erfassten Parameter Hinweise auf erhöhten Stress und ein geringeres Wohlbefinden der Tiere.

Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen ergeben andere Untersuchungen ein anderes Bild. Unter anderem findet auf elastischen Böden eine Erhöhung der Schrittlänge (58 ± 1 gegenüber 70 ± 1 cm) und eine Zunahme der Schritte pro Tag (4.226 ± 450 gegenüber 5.611

± 495) statt. Zudem werden die Brunstaktivitäten bzw. die Brunstbeobachtungen auf Gummiböden besser, häufiger und deutlicher (23 gegenüber 112), auch das Belecken auf drei Beinen steigt um ein Vielfaches (105 gegenüber 511). Die Haltung auf Gummimatten führt nach diesen Untersuchungen zu Verbesserungen im Hygieneverhalten und in der Brunstaktivität (BENZ, 2002 / PLATZ et al., 2008 / HOLMES, 2008 / BERGSTEN, 2010). Bei KREMER et al. (2006 / 2007 / 2012) hat die Lauffläche im Laufstall im Gegensatz zu O'DRISCOLL et al. (2009) keine Auswirkungen auf die Inzidenz von Lahmheiten. Das signifikant höhere Aktivitätslevel führen KREMER et al. (2006 / 2007 / 2012) demgegenüber auf ein vermutlich höheres Wohlbefinden der Tiere zurück, obwohl sich die Klauengesundheit im Vergleich analog zu O'DRISCOLL schlechter darstellt.

Andere Ergebnisse bestätigen allerdings eine bessere Klauengesundheit auf weichen Böden als auf harten Betonböden (BENZ, 2002 / VANEGAS et al., 2006 / OUWELTJES et al., 2011). BERGSTEN (2010) beschreibt elastische und weiche Laufflächen als Vorteil für die Klauen- und Gliedmaßen-Gesundheit. Ähnliche Ergebnisse erarbeiteten RUSHEN und DE PASSILLÉ (2006) zu Gummimattenauflagen im Laufstall. Dabei zeigt sich, dass die Tiere auf Gummiböden in kürzerer Zeit den Stall durchqueren und weniger rutschen im Vergleich zu den Tieren auf Betonböden. Gummiböden verbessern nach dieser Studie, korrespondierend zu BENZ (2002), FLOWER et al. (2007) und HOLMES (2008), durch ihre höhere Kompressibilität die Fortbewegung von Kühen und deren Trittsicherheit gegenüber Betonböden. Laufbereiche mit Gummiauflagen bewirken ein bequemeres Laufen, vor allem für Kühe mit Läsionen an den Klauen und mit Lahmheitserscheinungen (BENZ, 2002 / FLOWER et al., 2007 / HOLMES, 2008). Auf Gummimatten ist auch die Schrittabfolge besser und die Laufgeschwindigkeit der Kühe höher (CHAPINAL et al., 2011). Bei Gummimattenauflagen im Bereich vor dem Futtertisch ergibt sich zwar keine längere oder effektivere Futteraufnahme. Jedoch eine längere Stehzeit in diesem Bereich gegenüber Tieren, die keinen Zugang zu diesem Stallabschnitt haben (FREGONESI et al., 2004). Folglich geben Betonspaltenböden Kühen nicht ausreichende Möglichkeiten zu verhaltensgerechter Fortbewegung und für natürliche Verhaltensweisen (TOL VAN DER et al., 2005).

Eine Untersuchung in der Mastbullenhaltung zeigt ebenfalls deutliche Unterschiede zwischen der Aufstallung auf Betonspaltenböden und der Aufstallung auf Betonspaltenböden mit elastischen Gummimattenauflagen. Die Unterschiede liegen im Aufsteh- und Liegeverhalten der Tiere sowie in der Häufigkeit von Gelenkerkrankungen. Auf elastischen Böden stehen die Tiere leichter auf und haben weniger schwere Technopathien an den Gelenken (BAHRS, 2005 / ZERBE et al., 2008). Die Masttiere auf Gummimatten zeigen signifikant höhere Aktivitäts- und Ruhephasen als ihre Artgenossen auf reinem Betonspaltenboden (BAHRS, 2005).

In Bezug auf die Fortbewegung im Laufstallsystem zeigen Gummimattenauflagen, wie oben aufgeführt, Vorteile gegenüber perforierten oder planbefestigten Betonböden. Jedoch treten in diesen Untersuchungen auf Gummimatten gehäuft Krankheiten wie Dermatitis digitalis, Ballenhornfäule und Sohlengeschwüre auf. Auf den Betonflächen sind demgegenüber die Rehe ähnlichen Erkrankungen wie Einblutungen und Risse in der weißen Linie und in der Sohle vermehrt aufgetreten (BENZ, 2002 / BAHRS, 2005 / KREMER et al., 2007 / FJELDAAS et al., 2011). Nach AHRENS et al. (2011) schränken Gummimattenauflagen auf Betonspaltenboden die Klauengesundheit aber nur teilweise ein und ergeben keine Unterschiede im Auftreten von Hautläsionen und Verschmutzungen. VANEGAS et al. (2006) hat in seiner Studie an 166 Kühen dann wieder gezeigt, dass weiche Bodenbeläge positiven Einfluss auf die Klauengesundheit bei Kühen nehmen. Die Kühe auf Betonboden seiner Studie waren öfter einer therapeutischen Klauenpflege infolge einer Lahmheit unterzogen worden als die Kühe auf elastischen Bodenbelägen.

Ein weiteres wichtiges Indiz für positive Einflüsse von Gummimatten auf Milchkühe zeigt KREMER et al. (2008 / 2012) in einer Auswertung zur Fruchtbarkeit. Dabei wurden die Fruchtbarkeitsparameter Rast- und Gützeit sowie die Brunsterkennungsrate auf den beiden Haltungssystemen Betonboden und Betonboden mit elastischer Gummiauflage miteinander verglichen. Das Ergebnis zeigt signifikant kürzere Rast- und Gützeiten und eine höhere Brunsterkennungsrate bei Kühen, die auf elastischen Gummimatten gehalten werden.

Durch die aufgeführten wissenschaftlichen Arbeiten werden die Vor- und Nachteile von elastischen Bodenbelägen deutlich. In Summe sind weiche Bodenbeläge harten Böden vorzuziehen (BERGSTEN, 2010). BERGSTEN (2010) weist in seiner Arbeit aus, wenn Kühen die Möglichkeit gegeben wird, zwischen Betonboden und elastischen Boden zu wählen, sie immer den weichen Boden präferieren. Aber vor allem auch die durch KREMER et al. (2008 / 2012) herausgearbeitete bessere Fruchtbarkeitslage spiegelt deutlich die besseren Haltungsbedingungen, den höheren Kuhkomfort und das bessere Wohlbefinden auf Gummimatten als auf harten Betonböden der Tiere wider.

Nachteilig an den Gummimatten als Bodenbeläge ist der hohe Preis und die geringe Abrasivität an der Klaue (TELEZHENKO et al., 2008). BERGSTEN (2010) geht allerdings von geringeren Kosten für Behandlungen von Klauenerkrankten sowie von einer besseren Fruchtbarkeit und einer erhöhten Fressaktivität der Tiere einschließlich eines besseren Wohlbefindens aus. BERGSTEN (2010) stellt in seinen Experimenten eine geringere Abnutzung der Klauen auf elastischen Gummiböden im Vergleich zu den abrasiven Böden wie Betonspalten oder Gussasphalt fest. Allerdings zeigt sich ein geringeres Wachstum der Klaue infolge einer geringeren Druckbelastung. Daher entstehen zwischen alten Betonböden mit geringer Abrasivität und Gummi-Bodenbelägen keine dramatischen Unterschiede im

Klauenwachstum. Die erhöhte Inzidenz von Ballenhornerosionen auf Gummibelägen entsteht durch eine höhere Feuchtigkeit bzw. eine geringere Abtropffläche. Diesem Problem kann durch regelmäßige Reinigung der Böden begegnet werden (BERGSTEN, 2010). Es gibt auch bereits Systeme, die weiche Gummiböden mit abrasiven Zonen kombiniert. Dabei werden an stark frequentierten Bereichen mit hohem Kuhverkehr abrasive Materialien in den Laufflächenbelag eingearbeitet. Diese Zonen sollen an der Klaue den natürlichen Abrieb gewährleisten. Der übrige Laufstallbereich wird mit gewöhnlichen Gummimatten ausgelegt. Das abrasive Material besteht aus Korund (Al_2O_3). Korund ist ein Mineral und gilt als das zweithärteste Material nach dem Diamanten. Korund besitzt eine hohe Abriebfestigkeit und ist säure- und basenbeständig, was die Voraussetzung für den Einsatz im Stall bzw. im Spaltenboden bzw. in Gummimatten ermöglicht.

Neben dem höheren Klauenwachstum stellt sich dann noch die Frage nach der Haltbarkeit von Gummimatten. Ein DLG-Prüfbericht (5404) von 2004 bestätigt für die Auflagen bei Prüfstandversuchen eine gute Verschleißfestigkeit von Gummimatten. Unter Dauertrittbelastung entstehen keine bleibenden Verformungen und der Säuretest ergab keine Veränderungen am Belag. So erteilt beispielsweise die Firma Kraiburg, Elastik GmbH, Tittmoning, Deutschland für ihre Gummimatten eine Garantie von 5 Jahren (DLG Prüfbericht 5404, 2004).

2.3.2.2 Liegesystem / Liegekomfort

Der Liegeprozess ist ein hoch priorisiertes Verhalten beim Milchvieh. Dabei hat die Art und Beschaffenheit der Oberfläche einen großen Einfluss auf das Wohlbefinden und auf die Gesundheit der Tiere (NUSS und STEINER, 2004). Eine bedeutende Möglichkeit, im Laufstall das Wohlbefinden der Milchkühe zu verbessern, liegt beispielsweise im Angebot sauberer und trockener Liegebereiche. Trockene Liegeflächen im Laufstall verlängern das Liegen um bis zu fünf Stunden. In Bereichen, in denen den Tieren nur nasse Liegeflächen angeboten werden, verbringen die Kühe mehr Zeit stehend, vorzugsweise mit den Vordergliedmaßen in den Liegeboxen. Die Präferenz von Milchkühen geht eindeutig zu trockenen Liegeflächen, sowohl im Sommer als auch im Winter (FREGONESI et al., 2007 / REICH et al., 2010). Neben der Bevorzugung trockener Liegebereiche ist auch das Oberflächenmaterial von großer Bedeutung. So geht in einer Untersuchung zum Einstreumaterial im Liegebereich mit abnehmender Sandschicht eine proportionale Abnahme der Liegezeiten einher. Je dicker die Sandschicht im Liegebereich, umso länger sind die Liegezeiten (DRISSLER et al., 2005). Demgegenüber werden Liegebereiche mit Matratzen weniger bevorzugt als Bereiche mit Sand, Stroh oder Sägespänen als Lagerungsmaterial. Diese Ergebnisse implizieren, dass die Oberfläche der Liegefläche Auswirkungen auf das

Wohlbefinden der Kühe hat (TUCKER et al., 2003 / TUCKER und WEARY, 2004 / LOMBARD et al., 2010). So verbessern Gummimatratzen, die zusätzlich mit Sägemehl bedeckt werden, den Komfort von Kühen beim Liegen sichtbar (TUCKER und WEARY, 2004).

Wie erwähnt führen unkomfortable Liegebereiche in Laufstall zu geringeren Liegezeiten, kürzeren Liegeintervallen und zu längeren Stehzeiten und Zwangsstehen. Vor allem rangniedrigere Tiere werden von ranghöheren Tieren aus Liegebuchten verdrängt und zum Stehen gezwungen. Die Rangordnung wirkt sich auch beim Melkprozess und bei der Futterzuteilung negativ auf die rangniedrigeren Kühe aus. Deshalb sollten zum Wohlbefinden und zum Stressabbau aller Kühe eine Liegebox und ein Fressplatz für jedes Tier zur Verfügung stehen (NUSS und STEINER, 2004). Neben den Liegezeiten steigen aber auch die Rankämpfe um spezielle Liegebereiche signifikant mit der Zunahme an Einstreu (Sägemehl) an (TUCKER und WEARY, 2004). Zudem erhöhen unkomfortable Liegebereiche das Risiko für das Auftreten von Lahmheiten (DIPPEL et al., 2009). Untersuchungen zum Oberflächenmaterial der Liegeflächen in Bezug auf Sauberkeit, Hautveränderungen, Lahmheit und Milchleistung zwischen Betrieben mit Gummimatten, Matratzen und Sand zeigen auch für diese Leistungs- und Wohlfühlparameter deutliche Unterschiede. Die Kühe, deren Liegebereich mit Sand versehen ist, haben die geringsten Anzeichen für Verschmutzungen und Hautveränderungen an den Sprunggelenken und zeigen die geringste Inzidenz an Lahmheiten. Dazu weisen die Tiere mit Sandliegeflächen signifikant höhere Milchleistung im Vergleich zu den anderen Liegeeinrichtungen auf. Die Sauberkeit, Hautläsionen, Lahmheiten und Milchleistung sind wichtige Indikatoren für das Wohlbefinden von Milchkühen. Sand als Oberflächenmaterial besitzt aufgrund der Untersuchung positive Effekte auf diese Indikatoren und erhöht das Wohlbefinden von Kühen im Milchviehlaufstall (WAGNER-STORCH et al., 2003 / ESPEJO et al., 2006 / LOMBARD et al., 2010 / LEDGERWOOD et al., 2010 / VAN GASTELEN et al., 2011 / ANDREASEN und FORKMAN, 2012).

WEARY und TASZKUN (2000) berichten zu dem Thema Oberflächenmaterial, dass auch in ihrer Untersuchung Läsionen am Sprunggelenk in Betrieben mit Sand als Liegesystem am niedrigsten (24 % der Kühe) sind. Im Vergleich weisen Gummimatratzen (91 % der Kühe) oder Sägespänen ein höheres Auftreten von Läsionen auf. Darüber hinaus sind auch die Schwere und die Häufigkeit der Läsionen ausgeprägter im Matratzensystem. Beim Sand ist die Schwere der Läsionen am geringsten. Das Sägemehlverfahren liegt in Schwere und Häufigkeit von Läsionen zwischen den beiden Liegeformen. Ein anderes Liegesystem sind Liegeboxen, bei denen Kompost als Oberflächenmaterial dient. Kompostliegeflächen erzeugen gegenüber Sandliegeflächen ein besseres Wohlbefinden, was in einer Studie zu unterschiedlichen Haltungsformen im Laufstall gezeigt worden ist. Die Tiere mit Liegeboxen

aus Kompost haben gegenüber Sandliegeflächen noch weniger Läsionen an den Gelenken und zeigen eine noch geringere Inzidenz an Lahmheiten (LOBECK et al., 2011). Eine weitere Untersuchung zu Kompostliegebuchten zeigt, dass sich in verschiedenen Herden mit Kompostliegeflächen eine signifikante Reduzierung der Zellzahl in der Milch einstellt, dass die Infektionsrate von Mastitiden signifikant um 12 % zurückgeht und dass sich die Brunsterkennungsrate und Konzeptionsrate erheblich verbessert (BARBERG et al., 2007). Nach BUENGER et al. (2001) übt die Auswahl des Liegesystems im Laufstall sogar einen positiven Effekt auf die Länge der Nutzungsdauer bei Milchkühen aus. Allerdings geht ein positiver Nutzen bezogen auf die Gesundheit von Tieren nicht immer mit einem erhöhten Wohlbefinden einher. Zum Beispiel senken zwar Sandliegebuchten die Erkrankungen an Klauen und Gelenken gegenüber Strohmatratzen, die Kühe bevorzugen aber dennoch die Liegebuchten mit Stroheinstreu (NORRING et al., 2008 / 2010).

Eine weitere Untersuchung zum Liegesystem in Anbindehaltung zeigt auch in dieser Haltungsform wiederum die Bevorzugung weicher Liegebereiche gegenüber harten Liegeeinrichtungen. Dabei ist die Versuchsgruppe auf Gummimatten mit Stroheinstreu und die Kontrollgruppe auf Betonboden mit Stroheinstreu gehalten worden. Die Kühe auf der Gummimattenseite standen häufiger zwischen den Liegeintervallen auf und ihr Aufstehverhalten vom Liegen zum Stehen und vom Stehen zum Liegen war deutlich zügiger und flüssiger als in der Gruppe mit Betonboden. Die Tiere auf Gummiboden hatten zudem eine niedrigere Inzidenz von Schwellungen im Carpalgelenk (Carpus) im Vergleich zur signifikant höheren Anzahl von Carpalgelenksschwellungen bei den Kühen auf Betonboden (RUSHEN et al., 2007). Ein weiteres Kriterium für die Bedeutsamkeit der Liegeflächenbeschaffenheit ergibt sich aus einer Untersuchung im letzten Trächtigkeitsstadium. Im letzten Trimester der Trächtigkeit manifestiert sich ein größerer Blutfluss im graviden Uterushorn bei liegenden Tieren im Vergleich zu stehenden Tieren. Das bestärkt die Wichtigkeit kuhgerechter Liegebereiche im Stall, die das Wohlbefinden der Tiere verbessern und damit die Blutversorgung der Feten sichern (NISHIDA et al., 2004).

Aber nicht nur die Liegeoberfläche besitzt einen Effekt auf das Liegeverhalten von Kühen, sondern auch die Boxengröße bzw. die Boxenabmessungen und weitere Einrichtungen der Liegebox, wie zum Beispiel ein Nackenriegel. Ohne Nackenriegel stehen die Kühe deutlich länger in den Liegeboxen als mit Nackenriegel. Nackenriegel scheinen das Wohlbefinden der Tiere einzuschränken, besitzen aber den Effekt, die Liegeboxen und damit auch die jeweiligen Kühe durch weniger Kot im Liegebereich sauberer zu halten (TUCKER et al., 2005). Zur Boxenabmessung ist zu sagen, dass bei einer möglichen Auswahl der Boxengröße Kühe mehr Zeit liegend und weniger Zeit stehend in längeren und breiteren Liegeboxen verbringen als in kleiner dimensionierten Liegebuchten (TUCKER et al., 2004). Sowohl die Länge als auch die Breite der Liegebuchten haben dabei Einfluss auf die

Liegezeiten. Die Liegezeit beträgt zusätzliche 42 Minuten pro Tag in Ständen mit 126 cm Breite im Vergleich zu Ständen mit 106 cm Breite (TUCKER et al., 2004).

2.3.2.3 Weitere Komforteinrichtungen

Kühe werden in ihrer Umwelt durch viele klimatische Faktoren wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Sonneneinstrahlung und Wind in ihrem Wohlbefinden und damit auch in ihrer Leistungsbereitschaft beeinflusst. So können extreme klimatische Bedingungen unter Umständen sogar die Reproduktionsleistung nachteilig beeinträchtigen. Zum Beispiel ist die Konzeptionsrate unter Stress infolge von Wärme und Kälte deutlich reduziert (GWAZDAUSKAS, 1985). Eine Untersuchung zur Temperaturempfindlichkeit bei Milchkühen veranschaulicht diesen Sachverhalt. Kühe, die in heißen Sommermonaten 30 Minuten pro Tag mit Wasser berieselt und durch Wind gekühlt werden, weisen höhere Konzeptionsraten auf als unbehandelte bzw. „ungekühlte“ Tiere. Anhand der höheren Konzeptionsrate kann also davon ausgegangen werden, dass Berieselungsanlagen im Laufstall eine Form darstellen, die den Kuhkomfort bzw. das Wohlbefinden von Kühen verbessern (WOLFENSON et al., 1988). Eine aktuelle Studie zur Hitzebelastungen im Sommer bestätigt diese Annahme. Durch Berieselungsanlagen oder sogenannte Kuhduschen kann einem Hitzestress im Laufstall begegnet werden. Milchkühe, denen eine Sprinkleranlage zur individuellen Kühlung angeboten wird, nutzen diese aber sehr unterschiedlich. Demgegenüber verbringen die Tiere mit Kuhdusche (Versuchsgruppe) im Laufstall nur halb so viel Zeit in der Nähe der Wassertröge als die Tiere ohne Kuhdusche (Kontrollgruppe). Darüber hinaus zeigen die Rinder der Kontrollgruppe Verhaltensänderungen bei erhöhter Wärmebelastung durch geringere Liegezeitenintervalle.

Unabhängig von der Möglichkeit einer Berieselung mit Wasser haben Kühe bei hohen Außentemperaturen eine höhere Atemfrequenz, eine höhere Hauttemperatur sowie eine erhöhte Körpertemperatur. Daran ist zu erkennen, dass eine Dusche die Wärmebelastung reduzieren kann und den Hitzestress herabsetzt (LEGRAND et al., 2011). Die erwähnten Sprinkleranlagen besitzen noch einen Effekt, sie dienen zur Abwehr von Insekten und erhöhen so wiederum das Wohlbefinden von Kühen. In Betrieben mit Berieselungsanlage zeigen die Tiere weniger Schwanzschläge und weniger Fußschläge zur Insektenabwehr als in Betrieben ohne Kuhduschen (SCHÜTZ et al., 2011). Kühlungsmöglichkeiten nehmen zudem Einfluss auf die oben erwähnten Atemfrequenzen. Dabei zeigt sich, dass Milchkühe mit mehr Kühlungsintervallen geringere Atemfrequenzen aufweisen. Zudem sind die Milchleistung und die Liegezeiten höher und die Tiere zeigen mehr Ruhephasen (HONIG et al., 2011). Auf das Ruheverhalten haben daneben auch die Außentemperatur und die Luftfeuchtigkeit erheblichen Einfluss (CALDERON und COOK, 2011).

Ein weiteres wichtiges Merkmal für das Wohlbefinden von Kühen stellt die Körperpflege dar. Die Körperpflege ist ein normales Verhalten bei Kühen, das zur Linderung von Stress beitragen kann. Der Zugang zu Kuhputzbürsten kann dabei ein adäquates Mittel sein, um das Wohlbefinden von Milchkühen zusätzlich zu steigern (NEWBY et al., 2013). Eine weitere Möglichkeit das Wohlergehen zu steigern, bietet ein automatisches Melksysteme (AMS). AM-Systeme haben das Potenzial, die Milchproduktion um bis zu 12 % zu erhöhen, die Arbeitskosten um mehr als 18 % zu verringern und gleichzeitig das Wohlergehen der Milchkuh zu verbessern. Das Wohlbefinden wird dahingehend verbessert, indem die Kühe entscheiden können, wann sie gemolken werden möchten (SCHOLZ et al., 2001a / 2001b / GRUBER, 2011 / JACOBS und SIEGFORD, 2012). Allerdings sollte dabei beachtet werden, dass Kühe unterschiedlicher Rassen nicht gemeinsam an einem AMS gemolken werden sollten, da sonst das Leistungspotenzial, vor allem der Deutschen Holstein Kühen, nicht voll ausschöpfen werden kann (SCHOLZ et al., 2001a). Zudem hängt der positive Effekt auf das Wohlergehen und auf die Milchleistung vom jeweiligen AM-System selbst ab (GRUBER, 2011). Eine letzte oft unterschätzte Form, um das Wohlbefinden von Milchkühen zu steigern, ist die Möglichkeit einer ausreichenden Futteraufnahme. Gut konditionierte Tiere sind gesünder, besitzen eine höhere Leistungsbereitschaft, eine bessere Infektabwehr und eine längere Nutzungsdauer. Kühe mit einem niedrigen Body Condition Score (vgl. 2.3.1) während der Laktation sind anfälliger für das Auftreten von Mastitiden und sind prädestiniert für die Ausbildung von metabolischen Erkrankungen (LOKER et al., 2012).

2.3.2.4 Cortisol und Stressoren

Cortisol ist ein Hormon und zählt zu den Steroidhormonen. Die Bildung von Cortisol findet in den Zellen der Nebennierenrinde statt. Es ist ein Glucocorticoid und nimmt dadurch hauptsächlich Einfluss auf den Glukose-Stoffwechsel. Die Synthese der Glucocorticoide erfolgt durch den enzymatischen Umbau von Cholesterol in Cortisol. Die Freisetzung von Cortisol aus der Nebenniere wird über neuroendokrine Regelmechanismen wie folgt gesteuert. Aus dem Hypothalamus wird das Corticotropin-Releasing Hormon (CRH) freigesetzt, welches die Ausschüttung von dem adrenocorticotropen Hormon (ACTH) aus dem Hypophysenvorderlappen nach sich zieht. ACTH wiederum stimuliert die Synthese von Cortisol in der Zona fasciculata der Nebennierenrinde (VON ENGELHARDT et al., 2000 / LÖFFLER und PETRIDES, 2003). Da die Nebenniere keine größere Menge an Cortisol speichern kann, ist die Cortisol-Synthese auf die Stimulation durch ACTH angewiesen. Ein negativer Rückkopplungsmechanismus der Cortisol-Konzentration im Blut hemmt dann wieder die Ausschüttung von ACTH. Der Abbau von Cortisol findet vorwiegend in der Leber statt, aber auch in der Niere und der Speicheldrüse. Die Ausscheidung erfolgt über die Niere

und zu einem geringen Teil über den Faeces. Die Halbwertszeit von Cortisol liegt im Blut bei weniger als zwei Stunden (VON ENGELHARDT et al., 2000 / LÖFFLER und PETRIDES, 2003).

Glucocorticoide besitzen generell einen katabolen Wirkmechanismus und spielen bei der Regulation der Metabolisierung von Kohlenhydraten, Fetten und Proteinen eine wichtige Rolle (VON ENGELHARDT et al., 2000). Unter dem Einfluss von Glucocorticoiden steigen die Konzentrationen von Glukose, freien Fettsäuren, freien Aminosäuren und Harnstoff im Blut an. Cortisol fördert den vermehrten Proteinabbau in den peripheren Geweben, wodurch die freien Aminosäuren ins Blut gelangen. Der Anstieg der freien Aminosäuren bedingt eine erhöhte Gluconeogenese aus Aminosäuren in der Leber. Durch diese Art der Gluconeogenese in der Leber kommt es dann zusätzlich zum Anstieg von Harnstoff im Blut und dadurch zu einer negativen Stickstoffbilanz im Wiederkäuerorganismus. Die synthetisierte Glukose wird ins Blut abgeben oder in der Leber in Form von Glycogen gespeichert (KREUTZIG, 1993 / VON ENGELHARDT et al., 2000 / FEIST, 2004). Neben dem Anstieg der Blutglukose-Konzentration führen Glucocorticoide zur Anregung der Fettsäuremobilisation und zur Hemmung der Fettsäuresynthese. Die Proteinsynthese wird ebenfalls gehemmt, was zur verminderten Produktion entzündungsfördernder Substanzen führt und damit die entzündungshemmende Wirkung von Glucocorticoiden erklärt. Auch die Antikörpersynthese ist unter Cortisol-Anwesenheit vermindert und verdeutlicht die immunsuppressiven Wirkung (VON ENGELHARDT et al., 2000).

Durch körperliche und psychische Belastungen (Stressoren) wird die Cortisol-Ausschüttung stimuliert. Cortisol dient dadurch zur Adaption des Körpers an eine Stresssituation. Die Cortisol-Freisetzung bewirkt eine Mobilisierung des Energiestoffwechsels, eine Erhöhung der Herzfrequenz und andere, zum Teil bereits erwähnte, stoffwechselfördernde und leistungsfördernde Reaktionen (SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2001). Bei einer längeren Belastung und der daraus resultierenden längeren Cortisol-Anwesenheit wird der Glukose-Gehalt im Blut auf einem dauerhaft hohen Niveau gehalten. Durch eine Senkung des Glukose-Umsatzes und durch die vermehrte Gluconeogenese kommt es zur verminderten Verwertung von Glukose in der Fettzellsynthese, was die Konzentrationen im Blut zusätzlich erhöht. Die Leistungsfähigkeit des Organismus nimmt unter Cortisol-Einfluss zu. Der Cortisol-Spiegel unterliegt beim Rind einer klaren Tagesdynamik, die allerdings in Stresssituationen bzw. durch Stressoren wie Angst, Krankheit und Schmerz ausgesetzt wird (FÜRLI et al., 1998a / FEIST, 2004).

Nach den aufgeführten Regelmechanismen zur Sekretion von Cortisol wird der Einfluss von sogenannten Stressoren auf eine vermehrte Ausschüttung des bedeutendsten Stresshormons ersichtlich. Stressoren können beim Rind eine Vielzahl von Umweltfaktoren

sein. Stress kann aufgrund von Schmerzen, Angstzuständen, klimatischen Bedingungen, Stalleinrichtungen und anderen Gegebenheiten, die das Wohlbefinden und die natürlichen Verhaltensweisen eines Tieres negativ beeinflussen, auftreten. Diese mannigfaltigen Faktoren bedingen die Grundlage für eine erhöhte Ausschüttung vom Stresshormon. Dabei besitzt Cortisol die oben thematisierten weitreichenden Auswirkungen auf den Organismus, sowohl im positiven als auch im negativen Sinn. Veränderungen der Umgebung, Veränderungen im Herdenverband und Transporte führen zu Stress. Stress führt nachgewiesen zu verminderten Konzeptionsraten und zur Erhöhung der benötigten Besamungen bis zur Nidation. Stress erhöht also die Dauer der Rast- und Gützeiten (COLLICK et al., 1989 / DOBSON und SMITH, 2000 / DOBSON et al., 2001 / HERNANDEZ et al., 2001 / MELENDEZ et al., 2003 / GARBARINO et al., 2004 / DOBSON et al., 2008 / WALKER et al., 2008). Die Mensch-Tier-Interaktion bzw. das Verhalten des Tierhalters gegenüber seinen Tieren gilt auch als möglicher Stressfaktor für Kühe und kann ebenfalls bei Fehlverhalten des Milchviehhalters dauerhaften Stress auslösen und die Fruchtbarkeitsleistung negativ beeinflussen. Daher sollten jegliche stressauslösende Faktoren in der Milchviehhaltung minimiert werden (DOBSON et al., 2001).

- Steigerung der Sekretion von Glucocorticoiden (Cortisol)
- Abbau von Proteinen, erhöhte Mobilisierung von Fettsäuren aus dem Depotfettgewebe
- Steigerung der Sekretion von Schilddrüsenhormonen (T3, T4)
- Erhöhung der Verbrennungsvorgänge in der Zelle und Zunahme des Verbrauchs an Vitaminen
- Gesteigerte Bindung von Cortisol an Rezeptoren der Immunzellen
- Abnahme der Bildung von Interleukin 1, des Tumor-Nekrose-Faktors und verschiedener Complementfaktoren in den Makrophagen
- Verminderung von Anzahl und Vermehrungsfähigkeit der Helfer-T-Lymphozyten
- Verminderung der Leistung der Killer-Zellen
- Abnahme der Immunglobuline im Blutplasma

Abbildung 2-11: *Auswirkungen von Haltungstress (Stressoren) auf die Infektabwehr (KOLB, 1995a aus ROSSOW, 2005)*

3 Material und Methode

3.1 Versuchstiere

Für die Untersuchungen und Datenerhebung wurden 96 Kühe und Kalbinnen der Rassen Deutsches Fleckvieh, Deutsche Holsteins sowie deren Rotationskreuzungstiere aus den beiden Ausgangsrassen der Herde des Lehr- und Versuchsgutes Oberschleißheim der tierärztlichen Fakultät der Ludwig – Maximilians – Universität München vorgesehen.

Die genetische Ausprägung bzw. der jeweilige Genotyp bestand aus 12,5 % bis zu 100 % der Fleckvieh- oder Holsteinpopulation. Um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten, erfolgte eine zufällige Verteilung der Tiere sowohl für die Versuchsgruppe als auch für die Kontrollgruppe. Lediglich eine Selektion nach dem repräsentativen Genotyp wurde vorgenommen. Die gesamte Versuchsherde wies zudem noch Unterschiede bezüglich ihres Alters und ihrer Anzahl an Laktationen auf. Anhand dieser vorliegenden Kriterien ergab sich eine nahezu homogene Verteilung der Versuchstiere in eine Versuchs- und eine Kontrollgruppe. Die Verteilung der Kühe und Kalbinnen auf die Versuchstiergruppe und auf die Kontrolltiergruppe ist in Tabelle 3-1 detailliert dargestellt. Über die Versuchsphase wurden beide Gruppen in zwei verschiedenen Stallabteilen im selben Laufstallsystem gehalten. Die Versuchsphase erstreckte sich von drei Wochen vor der erwarteten Abkalbung bis zum 305. Tag der Laktation. Daraus ergaben sich 96 Laktationen, in denen Daten erhoben werden konnten.

Von den geplanten 96 Tieren konnten 82 Versuchstiere in die Auswertung einbezogen werden. Die Gruppe von 82 Tieren konnte in zwei gleiche Gruppen mit 41 Kühen in der Kontrollgruppe (BSB = Betonspaltenboden; n = 41) und mit 41 Tieren in der Versuchsgruppe (GMB = Gummimattenboden; n = 41) in die statistische Analyse einfließen. Von den 14 nicht in die Auswertung eingegangenen Tieren waren alle Tiere aufgrund von krankhaften Ursachen aus dem Versuch genommen worden.

Tabelle 3-1: Verteilung der Genotypen auf die Versuchs- und auf die Kontrollgruppe

| Genotypzusammensetzung | | Beton | | | | | | Gummi | | | | | | | |
|------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Deutsche Holstein | Fleckvieh | 1. LP | 2. LP | 3. LP | 4. LP | >5. LP | Summe | Deutsche Holstein | Fleckvieh | 1. LP | 2. LP | 3. LP | 4. LP | >5. LP | Summe |
| 100 | 0 | 3 | 2 | 1 | | | 6 | 100 | 0 | 2 | 3 | 1 | | | 6 |
| 87,5 | 12,5 | | | | | 1 | 1 | 87,5 | 12,5 | | | | | | 0 |
| 84,38 | 15,63 | 1 | | | | | 1 | 84,38 | 15,63 | | | | | | 0 |
| 75 | 25 | | 1 | 1 | 1 | | 4 | 75 | 25 | 2 | 4 | 2 | 1 | | 9 |
| 68,75 | 31,25 | | | 1 | | | 1 | 68,75 | 31,25 | 1 | | | | | 1 |
| 62,5 | 37,5 | 3 | 2 | | | | 5 | 62,5 | 37,5 | 3 | 2 | | | | 5 |
| 50 | 50 | | | 1 | 1 | 1 | 3 | 50 | 50 | | | | | | 3 |
| 37,5 | 62,5 | 2 | 2 | | | | 4 | 37,5 | 62,5 | 2 | 2 | | | | 4 |
| 31,25 | 68,75 | | | | | | 0 | 31,25 | 68,75 | | | | | | 0 |
| 25 | 75 | 1 | 4 | | 2 | 1 | 8 | 25 | 75 | 1 | 4 | | 2 | 1 | 8 |
| 15,63 | 84,38 | | | | | | 0 | 15,63 | 84,38 | | | | | | 0 |
| 12,5 | 87,5 | 2 | | | | | 2 | 12,5 | 87,5 | 2 | | | | | 2 |
| 0 | 100 | 3 | 1 | | 1 | 1 | 6 | 0 | 100 | 3 | 1 | | 1 | 1 | 6 |
| | Summe: | 15 | 12 | 4 | 5 | 5 | 41 | | Summe: | 15 | 12 | 9 | 3 | 2 | 41 |
| Genotypzusammensetzung | | Beton | | | | | | Gummi | | | | | | | |
| Deutsche Holstein | Fleckvieh | 1. LP | 2. LP | 3. LP | 4. LP | >5. LP | Summe | Deutsche Holstein | Fleckvieh | 1. LP | 2. LP | 3. LP | 4. LP | >5. LP | Summe |
| 100 | 0 | 2 | 3 | 1 | | | 6 | 100 | 0 | 2 | 3 | 1 | | | 6 |
| 87,5 | 12,5 | | | | | | 0 | 87,5 | 12,5 | | | | | | 0 |
| 84,38 | 15,63 | | | | | | 0 | 84,38 | 15,63 | | | | | | 0 |
| 75 | 25 | 2 | 4 | 2 | 1 | | 9 | 75 | 25 | 2 | 4 | 2 | 1 | | 9 |
| 68,75 | 31,25 | 1 | | | | | 1 | 68,75 | 31,25 | 1 | | | | | 1 |
| 62,5 | 37,5 | 1 | | | | | 1 | 62,5 | 37,5 | 1 | | | | | 1 |
| 50 | 50 | | 1 | 1 | 1 | 2 | 5 | 50 | 50 | | 1 | 1 | 1 | 2 | 5 |
| 37,5 | 62,5 | 3 | 1 | | | | 4 | 37,5 | 62,5 | 3 | 1 | | | | 4 |
| 31,25 | 68,75 | | | | | | 0 | 31,25 | 68,75 | | | | | | 0 |
| 25 | 75 | 1 | | 4 | | | 5 | 25 | 75 | 1 | | 4 | | | 5 |
| 15,63 | 84,38 | | | | | | 0 | 15,63 | 84,38 | | | | | | 0 |
| 12,5 | 87,5 | 1 | | | 1 | | 2 | 12,5 | 87,5 | 1 | | | 1 | | 2 |
| 0 | 100 | 4 | 3 | 1 | | | 8 | 0 | 100 | 4 | 3 | 1 | | | 8 |
| | Summe: | 15 | 12 | 9 | 3 | 2 | 41 | | Summe: | 15 | 12 | 9 | 3 | 2 | 41 |

3.2. Haltung / Aufstallung

Der Kuhstall am Lehr- und Versuchsgut Oberschleißheim (LVG) ist als Laufstall für eine ganzjährige Nutzung konzipiert und ausgelegt. Es handelte sich dabei um einen Warmstall mit Trauf – First – Lüftung. Der Milchviehstall ist durch einen Futtertisch in zwei separate Laufstallabteile mit teilweise eingeschränktem Kuhverkehr und sich gegenüberliegenden Tiefstreuboxen unterteilt (Abbildung 3-1). Die Liegeboxengröße und -fläche sind in beiden Abteilen identisch. Jedes Abteil verfügt über zwei Liegeboxenreihen, die durch einen circa vier Meter breiten Gang geteilt sind. Beide Abteilungen sind mit Betonspaltenboden ausgelegt und werden von einem automatischen selbstfahrenden Entmistungssystem mehrmals am Tag gereinigt (Abbildung 3-2).

Das Laufstallabteil der Versuchsgruppe ist zusätzlich mit elastischen Gummimatten ausgestattet. Zur natürlichen Abnutzung der Klauen sind in Bereichen mit hohem Kuhverkehrsaufkommen Gummimatten mit abrasivem Material (Korund) verlegt worden. Diese abrasiven Gummimatten machen im Laufstallabteil der Versuchsgruppe 20 % an der gesamten Lauffläche aus.

Beide Tiergruppen werden von einem automatischen Melksystem (AMS) der Firma LELY „Astronaut A 3 bzw. A 3 next“ gemolken. Der Zugangsbereich zum Melksystem ist mit Einwegtoren versehen worden, um die Blockierung durch ruhende Tiere zu vermeiden und den freien Zugang zum AMS zu sichern (eingeschränkter Kuhverkehr). In jedem Laufstallabteil befinden sich vier Tränkebecken, die jeweils an der Kopfseite der beiden Liegebereiche angebracht sind (Abbildung 3-3).

Über ein Selbstfangfressgitter haben die Tiere Zugang zum Futtertisch. Das Tier-Fressplatz-Verhältnis am LVG beträgt mindestens eins zu eins, also für jedes Tier steht ein Fressplatz zur Verfügung. Dadurch ist für jede Kuh der freie Zugang zur Aufnahme von Futter gewährleistet.

Außerdem unterlagen die Kühe beider Untersuchungsgruppen dem gleichen Management, der gleichen Fütterung (partielle Mischration) und waren den gleichen klimatischen Bedingungen ausgesetzt. Die Fütterung erfolgte ad libitum. Konzentratfutter erhielten die Tiere sowohl über die Mischration als auch über eine Transpondererkennung im Melkroboter.

Über die Versuchsdauer wurden die Kühe routinemäßig im Laufstall gehalten und kamen nur für den Zeitraum der Abkalbung in den separaten Abkalbbereich. Im Abkalbestall standen die Kühe in Anbindehaltung auf Stroheinstreu und verbrachten dort, nach der Kalbung, für weitere fünf Tage die Kolostralmilchphase. Die Futtermittelerstattung in diesem Bereich war identisch zu der Futtermittelerstattung im Laufstall. Die Kraftfutterzuteilung erfolgte manuell.

Die Versuchsperiode begann für jedes Tier drei Wochen vor dem errechneten Abkalbetermin mit der Umstallung vom Trockensteherbereich in den Laufstall.



Abbildung 3-1: Aufstallungs- und Haltungssystem am Lehr- und Versuchsgut
Oberschleißheim



Abbildung 3-2: Entmistungssystem am Lehr- und Versuchsgut Oberschleißheim

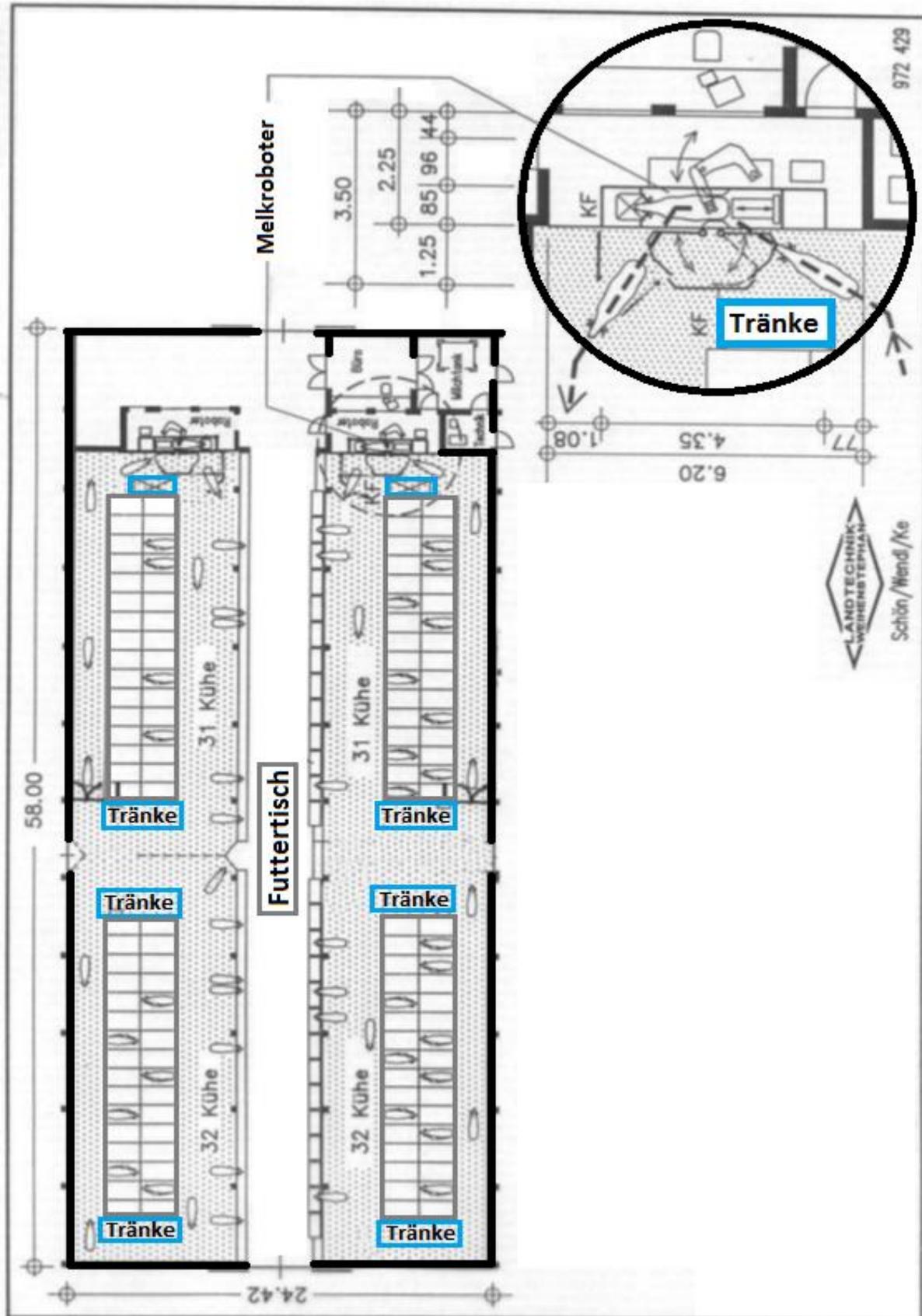


Abbildung 3-3: Übersicht über den Laufstall des LVG Oberschleißheim, modifiziert nach SCHÖN, WENDL, KE (modifiziert nach KREMER, 2006)

3.2.1 Betonspaltenboden

Die Lauffläche im Abteil der Kontrollgruppe bestand aus einem Betonspaltenbodensystem (Abbildung 3-4). Die Verlegung der Betonspaltenboden wurde im rechten Winkel zum Liegebereich in zwei Spaltenreihen vorgenommen. Die einzelnen Spaltenelemente besaßen zwei parallel verlaufende Spaltenreihen. Jede Spaltenreihe hatte eine Spaltenbreite von 3 cm, eine Auftrittsfläche von 8,5 cm und eine Schlitzlänge von 35 cm. Im Fressgang hatten die Spalten eine Länge von 300 cm und eine Breite von 105 cm. Im Gang zur Außenwand waren die Elemente 190 cm lang und 105 cm breit.

Im Abteil der Versuchsgruppe befand sich das gleiche Betonspaltensystem wie im Kontrollabteil. Der Betonspaltenboden der Versuchsgruppe wurde aber zusätzlich mit elastischen Gummimatten der Firma Kraiburg, Elastik GmbH ausgelegt (Abbildung 3-5).



Abbildung 3-4: *Betonspaltenboden im Haltungssystem der Kontrollgruppe*

3.2.2 Elastische Gummimatten

Bei den Gummimatten der Laufflächen im Versuchsabteil handelte es sich um Kura S – und um PediKura S – Spaltenbodenmatten für Milchviehställe der Firma Kraiburg Elastik GmbH, Tittmoning, Deutschland. Abbildung 3-5 zeigt rechts das Modell Kura S und links das Modell Pedikura S mit den zusätzlich eingearbeiteten abrasiven Anteilen (Korund). Abbildung 3-6 zeigt das abrasive Material bzw. das Korund noch einmal im Detail.

Die Gummimatten wurden vor der Produktion genau auf die Maße der vorhandenen Spaltenabmessungen des Lehr- und Versuchsgutes Oberschleißheim angepasst, gefertigt und zugeschnitten. Bei der Verlegung erfolgte für jedes Spaltenelement eine exakte Positionierung der einzelnen Matten, die dann mittels der mitgelieferten Dübel auf dem Spaltenboden verankert wurden (Abbildung 3-7). Die Gummimatten waren schwarz profiliert und wiesen eine Dicke von 2,4 cm auf. Die Oberfläche war leicht erhaben und die Unterseite der Matte war mit einer 5 mm starken Noppenstruktur ausgestattet.



Abbildung 3-5: Lauffläche im Haltungssystem der Versuchsgruppe (rechts KURA S und links PEDIKURA S, Gummiwerk Kraiburg, GmbH)

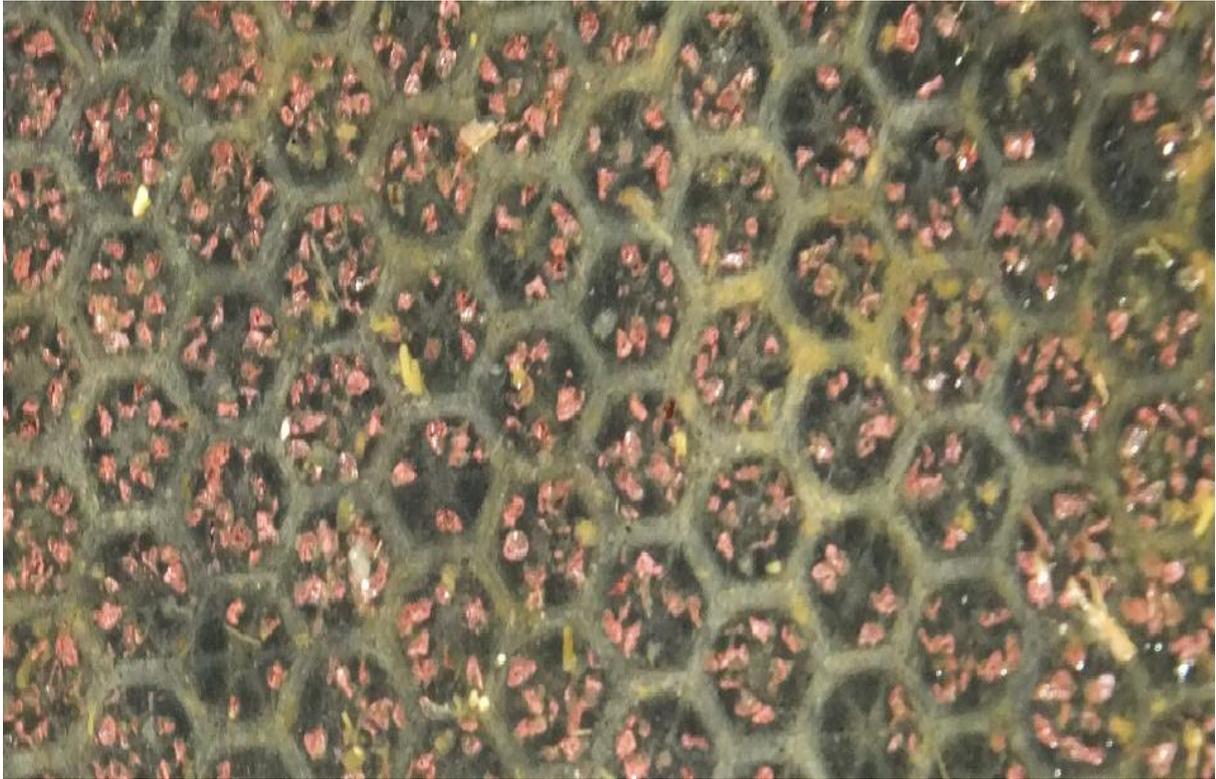


Abbildung 3-6: Abrasive Anteile in 20 % der Lauffläche der Versuchsgruppe



Abbildung 3-7: Spaltenbodenauflage KURA S der Fa. Kraiburg mit den entsprechenden Dübeln (Quelle: Firma Kraiburg Elastik GmbH, Deutschland)

3.2.3 Liegeboxensystem

Die Liegebuchten in beiden Laufställen bestanden aus Tiefstreu-*liegeboxen*, die mit einer Stroh-Mist-Matratze als Liegefläche ausgestattet waren. Einmal am Tag wurde in beiden Abteilen die hintere Liegefläche der Tiere mit frischem Häckselstroh eingestreut und zur Desinfektion mit einer Kalkmischung überzogen (Abbildung 3-8).



Abbildung 3-8: *Liegeboxensystem am LVG Oberschleißheim*

3.3 Herdenmanagement

3.3.1 Fütterung

Die Fütterung der Tiere erfolgte über eine partielle Mischration, die aus

- 24,0 kg Grassilage
- 16,0 kg Maissilage
- 2,0 kg Heu
- 1,0 kg Körnermais
- 1,5 kg Rapsschrot
- 1,5 kg Sojaschrot NT
- 1,0 kg Kraftfutter (KF-6)
- 2,0 kg Trockenschnitzel

bestand.

Die Gesamtration enthielt für die Synthese von einem Kilogramm Milch 6,8 MJ NEL / kg TM (Trockenmasse), 29,3 g nXP (nutzbares Rohprotein), 32,8 g Calcium und 35,1 g Phosphor.

Zur Rationsberechnung wurden folgende Tierdaten zugrunde gelegt:

- 750 kg Lebendgewicht
- 30 kg Milchleistung
- 3,7 % Fett
- 3,4 % Eiweiß

Die Berechnung der einzelnen Rationskomponenten wurde mittels der Rationsberechnungs-Software MILLIWIN[®] bestimmt (Beispiel siehe Anlage). Die Mischung der Futterkomponenten erfolgte mit einem Futtermischwagen der Firma TRIOLIET. Das Futter für die Tiere wurde zweimal am Tag bzw. am Morgen und am frühen Nachmittag vorgelegt. Zusätzlich zur Mischration erhielten die Tiere zwei unterschiedliche Leistungsfutterkonzentrate, die sich aus

- 25,00 % Körnermais
- 13,00 % Wintergerste
- 37,00 % Winterweizen
- 20,00 % Sojaextraktionsschrot (44RP)
- 5,00 % Rapsextraktionsschrot

zusammensetzten.

Die zwei Konzentratfuttermittel wurden vom Lehr- und Versuchsgut (LVG) eigenständig mittels einer Pelletieranlage hergestellt. Die Fütterung des Kraftfutters (einschließlich einer Melasse-Komponente durch Flüssigfütterung) erfolgte zusätzlich zur partiellen Mischration, leistungsabhängig im automatischen Melksystem (Tabelle 3-2) durch Transpondererkennung (Abbildung 3-9).

Tabelle 3-2: Übersicht über die leistungsbezogenen Kraftfuttermengen im AMS

| Leistung (kg Milch) | Kraftfutter (kg) |
|------------------------|---------------------|
| bis 15 | 1 |
| bis 20 | 2 |
| bis 25 | 3 |
| bis 30 | 4 |
| bis 35 | 5 |
| bis 40 | 6 |
| bis 45 | 7 |
| bis 50 | 8 |
| bis 55 | 9 |
| bis 60 | 10 |



Abbildung 3-9: Kraftfuttergabe im automatischen Melksystem

3.3.2 Melksystem - Datenerfassung

Das Melken am LVG erfolgte sowohl im Versuchsbereich (Lely A3 next) als auch im Kontrollbereich (Lely A3 mit Software-Update vom Lely A3 next) über ein automatisches Melksystem (AMS) (Abbildung 3-10). Das Melksystem diente zusätzlich zur Erfassung verschiedener Leistungsparameter, wie tägliche Milchmenge (kg), Leitfähigkeit der Milch und Zellzahlklasse pro Viertel. Zusätzlich zu den erfassten Milchleistungsdaten über das AMS, fand 11x jährlich eine Milchleistungsprüfung über das Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung Bayern, kurz LKV statt.



Abbildung 3-10: Automatisches Melksystem am Lehr- und Versuchsgut Oberschleißheim

3.3.3 Fruchtbarkeit

Die Fruchtbarkeit stellte neben der Milchleistung die bedeutendste Kenngröße für diese Untersuchung dar. Am LVG wurden über die Versuchsdauer die Fruchtbarkeitsdaten der Tiere untersucht, dokumentiert und ausgewertet. Als Vergleichsparameter wurden hierfür die Güt- (Zwischentragezeit) und die Rastzeit (freiwillige Wartezeit) herangezogen.

Die Gützeit gilt besonders beim Rind als ein Parameter zur Beurteilung der Reproduktionsleistung von Einzeltieren, Herden oder ganzen Populationen. Sie beschreibt das Zeitintervall in Tagen zwischen der letzten Geburt und der darauffolgenden, zur Trächtigkeit führender Besamung. Der Tag der Geburt gilt als Tag Null, der Tag der erfolgreichen Belegung als letzter Tag der Gützeit. Je kürzer diese Zeit ist, umso besser stellt sich die Fruchtbarkeitsleistung dar. Als Rastzeit wird die Zeit von der Kalbung bis zur ersten Belegung bezeichnet. Die Rastzeit ist durch die freiwillige Wartezeit und durch die Qualität der Brunstbeobachtung (unfreiwillige Wartezeit) zum Teil managementabhängig und wird damit betriebsintern beeinflusst.

Am LVG wurde im Zuge dieser Studie die Rastzeit in Abhängigkeit von der Milchleistung festgelegt. Zur Berechnung wurde bei einer beobachteten Brunst die Milchleistung vom Vortag mit drei multipliziert. Wurde beispielsweise eine erste Brunst post partum am 50. Laktationstag bei einer Leistung von 40 kg Milch erkannt, wurde das Tier nicht besamt. Der rechnerische Belegungszeitpunkt lag bei 40 kg Milch erst beim 120. Laktationstag. Bei einer zweiten Brunst am 70. Laktationstag mit 30 kg Milchleistung wurde wiederum keine Besamung vorgenommen. Nach der Berechnungsformel (Milchleistung \times 3) war der 90. Laktationstag noch nicht erreicht. Lag eine dritte Brunst mit 25 kg Milchmenge am 85. Laktationstag vor, wurde nach der Formel der 75. Tag berechnet und eine erste Belegung durchgeführt.

Die Brunstbeobachtungen im Laufstall wurden am LVG durch das im Schichtdienst eingeteilte Personal vorgenommen. Des Weiteren erfolgte eine Brunsterkennung durch das automatische Melksystem anhand von Aktivitätsbestimmungen und Milchmengenmessungen. Alle positiven Brunstbeobachtungen wurden umgehend an den Tierarzt gemeldet und von diesem überprüft. Bei einem positiven Befund wurde dann das Tier besamt. Dabei wurden die erste und die zweite Belegung anhand künstlicher Besamung vorgenommen. Bei einer dritten Brunst wurde die Kuh dann im Natursprung gedeckt. Falls die besamten Kühe keine weitere Brunst zeigten, erfolgte eine Trächtigkeitsuntersuchung sechs Wochen nach der letzten Belegung mittels Ultraschall. Anhand der Dokumentation der Daten und Befunde war es möglich, die vorgenommenen Besamungen und positiven Trächtigkeitsuntersuchungen einer Kuh bzw. einer Versuchsgruppe abzurufen und statistisch auszuwerten. Durch diese Daten gelang es die Rast- und Gützeit wie auch die

Brunsterkennungsrate (Heat-Detection-Rate / HDR) für die untersuchte Milchvieherde zu ermitteln.

3.3.4 Klauenpflege

Die Klauenpflege am Lehr- und Versuchsgut wurde bei jedem Tier dreimal im Laufe einer gesamten Laktation durchgeführt. Die erste Pflege erfolgte am Tag der Einstallung, also am Tag 21 vor dem errechneten Abkalbetermin. Die zweite Klauenpflege wurde am 150. Tag der Laktation und die letzte Pflege zum Ende der Laktation am Tag 305 durchgeführt.

Zur Klauenpflege wurden die Tiere auf einen Kippstand der Firma WERNER, Höhenkirchen, Deutschland fixiert und abgelegt. Die Klauen wurden nach dem Prinzip der Funktionellen Klauenpflege gepflegt und im Anschluss daran wurden krankhafter Befunde erhoben. Hierbei wurde jede einzelne Klaue und der jeweilige Zwischenklauenspalt betrachtet und alle Auffälligkeiten bestimmt. Bei vorliegenden Erkrankungen wurden die Tiere (*lege artis*) behandelt. Die erhobenen Befunde wurden dann noch elektronisch in die Datenbank des LVG aufgenommen.

Um ein Verkalben der Tiere durch das Liegen auf der Seite zu verhindern, bekamen alle Tiere, die sich zum Zeitpunkt des Messens im letzten Trächtigkeitsdrittel befanden, ein Tokolytikum in Form von 0,3 mg Clenbuterolhydrochlorid (Planipart®).

Für eine parallel ablaufende Studie (GÜNTHER, persönliche Mitteilung) wurden vor und nach der Klauenpflege zusätzlich die Klauenmaße für jedes Tiere bestimmt und dokumentiert.

3.4 Versuchsdurchführung

3.4.1 Blutprobenentnahme und -untersuchung

Der Versuch begann mit dem 21. Tag vor dem errechneten Abkalbetermin und endete mit dem 305. Laktationstag. In dieser Zeit wurden im wöchentlichen Abstand bei jedem Tier Serum- und Plasmablutproben entnommen (Abbildung 3-11). Die Blutprobenentnahme erfolgte an der Vena caudalis mediana (Schwanzvene / Abbildung 3-12). Die Proben dienten zur Bestimmung der Konzentrationen an Glukose, Bilirubin, freien Fettsäuren sowie zur Bestimmung der Ketonkörper (Der Tierversuch wird bei der Regierung von Oberbayern unter der Nummer: 55.2-1-54-2532.3-80-10 geführt).

Zur wöchentlichen Datenerhebung wurden zuvor die Blutprobenröhrchen für die Blutentnahme am Tier mit den Tiertranspondernummern versehen und numerisch sortiert. Daneben wurden vor der eigentlichen praktischen Arbeit im Laufstall das Ketonkörper-Messgerät neu geeicht und die erforderlichen Ketonkörper-Messtreifen vorbereitet.

Die Kühe eines Laufstallabteils wurden dann mittels manueller Kraftfuttergabe in die Selbstfangfressgitter gelockt und fixiert. Die Blutentnahme erfolgte nach der jeweiligen Transpondernummer für jedes Tier. Die Blutprobenentnahme wurde von zwei bis drei fachkundigen Personen durchgeführt und fand in der Zeit zwischen 6 und 8 Uhr am Morgen statt. Eine weitere Person war für die sich an die Blutentnahme anschließende Ketonkörper-Messung und Dokumentation der Werte verantwortlich. Zur Serumgewinnung und zur Plasmagewinnung wurden Monovetten der Firma SARSTEDT, Nümbrecht verwendet. Es handelte sich bei dem Serumröhrchen um eine Blutprobenmonovette mit 9 ml Fassungsvermögen und Silikonkugeln als Gerinnungshilfe. Die Plasmagewinnung basierte auf einer Blutprobenmonovette, die mit Kalium-EDTA zur Gerinnungshemmung bestückt war und ebenfalls ein Fassungsvermögen von 9 ml aufwies. Die Ketonkörper-Messstreifen mit der Bezeichnung Precision Xtra β -Ketone Test Strips und das zugehörige Ketonkörper-Messgerät Precision Xtra stammten von der Firma ABBOTT (Abbildung 3-11).

Nach der Blutprobenentnahme wurden die Serum- und Plasmaröhrchen umgehend 15 Minuten lang bei 3000 Umdrehungen pro Minute und einer Temperatur von 8 °C zentrifugiert. Nach der Zentrifugation wurden die Serum- und Plasmaproben abpipettiert und bei minus 18 °C bis zur Auswertung tiefgefroren.

Die Proben wurden dazu mit einer Pipette in vier Mikro-Röhrchen mit je 1,5 ml Fassungsvermögen der Firma SARSTEDT abgefüllt. Dabei dienten eine Serumprobe zur Bestimmung von Glukose und Bilirubin und eine andere Serumprobe zur Bestimmung der freien Fettsäuren. Die dritte Serumprobe und die Plasmaprobe galten als Rückstellprobe. Neben der tierspezifischen Transpondernummer wurden die Mikro-Röhrchen noch mit dem

jeweiligen Probenentnahmedatum gekennzeichnet. Die Ketonkörper-Bestimmung wurde mittels Vollblut direkt im Anschluss an die Blutentnahme vorgenommen (Abbildung 3-12).

Ziel war es, anhand der Blutproben die anabolen bzw. katabolen Stoffwechselforgänge im Organismus der Kuh zu erfassen und damit Unterschiede im Verlauf der negativen Energiebilanz und eventuelle Zusammenhänge mit der Laufflächenbeschaffenheit zu erkennen.

Zur Bestimmung der freien Fettsäuren (NEFA) wurden die aus dem Blut gewonnenen Serumproben verwendet und mittels eines speziellen NEFA-HR-Testkits der Firma QU-IDEE, Homberg angesetzt und photometrisch bestimmt (Abbildung 3-13).

Die Bestimmung der Stoffwechselfparameter Bilirubin und Glukose erfolgte in der Klinik für Wiederkäuer der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München mit einem „Automatic Analyzer Hitachi 911 E“, Hitachi Ltd. Tokyo, Japan.



Abbildung 3-11: Material zur Blutprobenentnahme und Ketonkörper-Messung



Abbildung 3-12: Blutprobenentnahme an der Schwanzvene (linkes Bild) und Ketonkörper-Messung mittels Vollblut (rechtes Bild)



Abbildung 3-13: NEFA-Bestimmung mittels Testkit und Photometer

Die tiefgefrorenen Serumproben wurden zur Analyse blockweise aufgetaut und zur Bestimmung von Glukose und Bilirubin der Klinik für Wiederkäuer der Tierärztlichen Fakultät der LMU München zur Untersuchung überlassen. Die Serumproben zur Bestimmung der freien Fettsäuren wurden ebenfalls blockweise aufgetaut und auf ihren Gehalt hin untersucht.

Die Untersuchung der freien Fettsäuren erfolgte exakt nach Anleitung des Vertreibers. Die genaue Vorgehensweise und Anleitung sind im Anhang zu finden.

Von den 3.840 genommenen Blutproben konnten aus 3.572 Proben Werte in die statistische Auswertung aufgenommen und miteinander verglichen werden. Die 268 nicht ausgewerteten Blutproben stammten von Tieren, die vorzeitig aus dem Versuch genommen worden sind.

3.4.2 Rückenfettdickenmessung

Zu den wöchentlichen Blutuntersuchungen fand ebenfalls die erwähnte Messung der Rückenfettdicke statt. Die RFD gilt als Maß für die Körperkonditionierung bzw. für den Ernährungszustand bei Kühen und Kalbinnen. Der Konditionsverlauf, der durch die Rückenfettdicke bestimmt werden kann, eignet sich zur Kontrolle des Verlaufs der negativen Energiebilanz. Die RFD - Messung wurde im Anschluss an die Blutentnahme bei allen Versuchstieren nach SCHRÖDER und STAUFENBIEL (2006) vorgenommen (Abbildung 3-14a und b). Die Messung erfolgte stets durch ein und dieselben Person, und die Dokumentation der spezifischen Tierdaten erfolgte durch eine Hilfskraft.

Vor der Messung der RFD wurde bei den Tieren nach dem Prinzip von SCHRÖDER und STAUFENBIEL (2006) der Messpunkt ermittelt. Sie empfehlen zur Messung einen sakralen Messpunkt. Dieser liegt auf der Verbindungslinie zwischen dem dorsalen Teil des Tuber ischiadicum des Sitzbeins und dem oberen Bereich des Tuber coxae des Hüftbeins. Bei jedem Versuchstier wurde die Verbindungslinie zwischen Sitzbeinhöcker und Hüftbeinhöcker festgelegt, dann wurde das Lot vom tiefsten Punkt des Kreuzbeins gefällt und an dieser Stelle das Fell zur Kennzeichnung ausgeshoren (Abbildung 3-15). Die Messung erfolgte mit Hilfe eines Ultraschallgerätes der Firma SonoSite, Bothell (Seattle, USA), Modell Micromaxx und einer 7,5 Megahertz Ultraschallsonde (Abbildung 3-16). Auf den erzeugten Ultraschallbildern waren die Haut und die Fascia superficialis und die Fascia profunda zu erkennen. Unterhalb der Fascia profunda befindet sich die Glutealmuskulatur (Abbildung 3-17). Ausgehend von der Fascia profunda wurde die RFD einschließlich der Haut gemessen und bestimmt. Dabei zeigte die Haut eine nahezu immer gleiche Dicke von 5 mm (Abbildung 3-18).

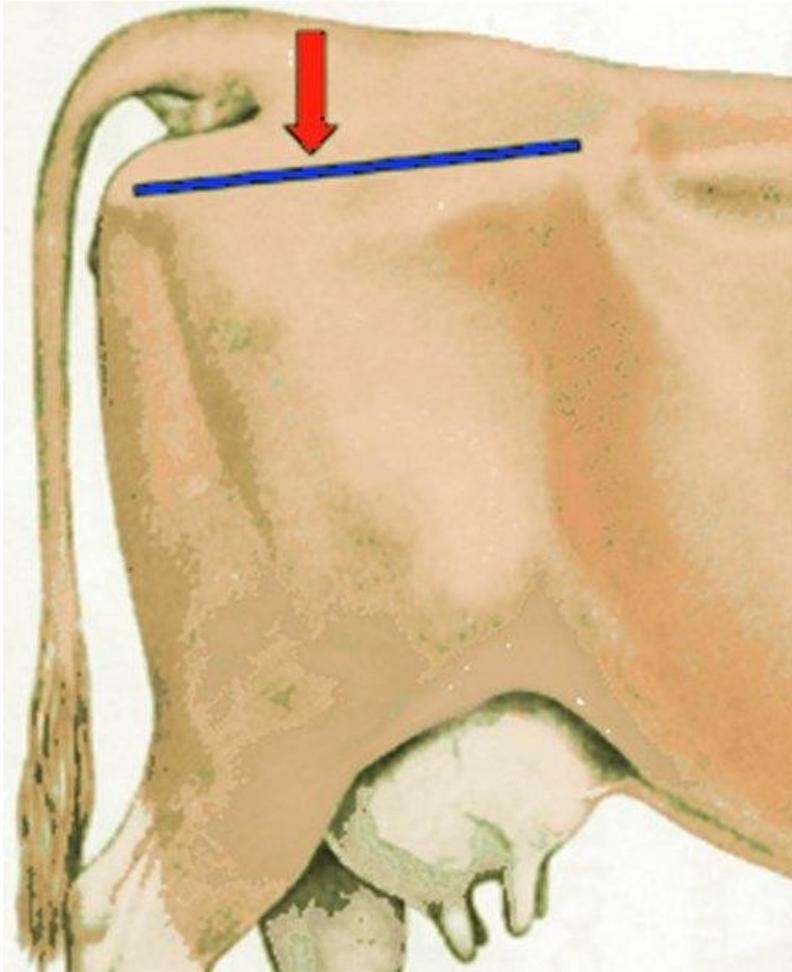


Abbildung 3-14a: RFD-Messpunkt modifiziert nach SCHRÖDER und STAUFENBIEL (2006)

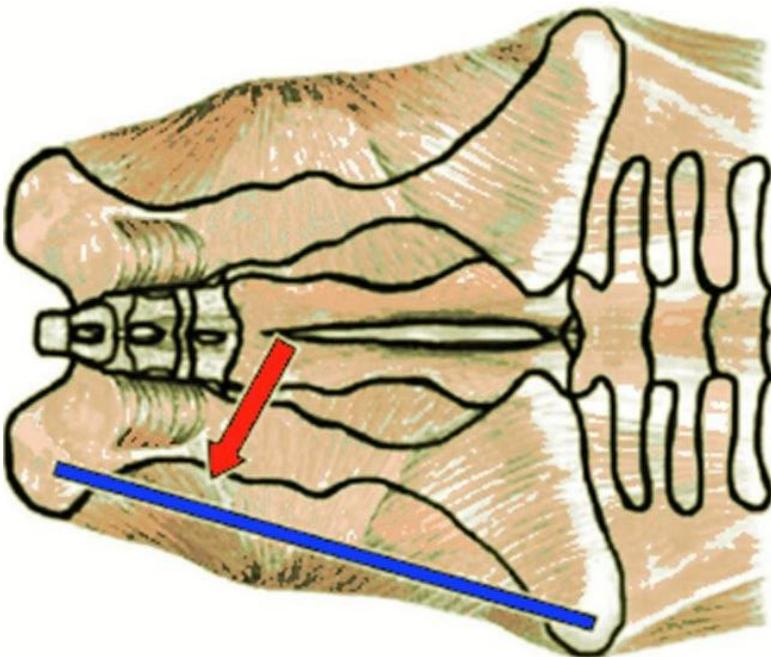


Abbildung 3-14b: Schematisch-anatomische Darstellung des RFD-Messpunktes modifiziert nach SCHRÖDER und STAUFENBIEL (2006)



Abbildung 3-15: Bestimmung des Messpunktes zur RFD-Messung am Tier



Abbildung 3-16: Messung der Rückenfettdicke am Tier; rechts unten Topographie des sakralen Messpunktes nach STAUFENBIEL (1993)

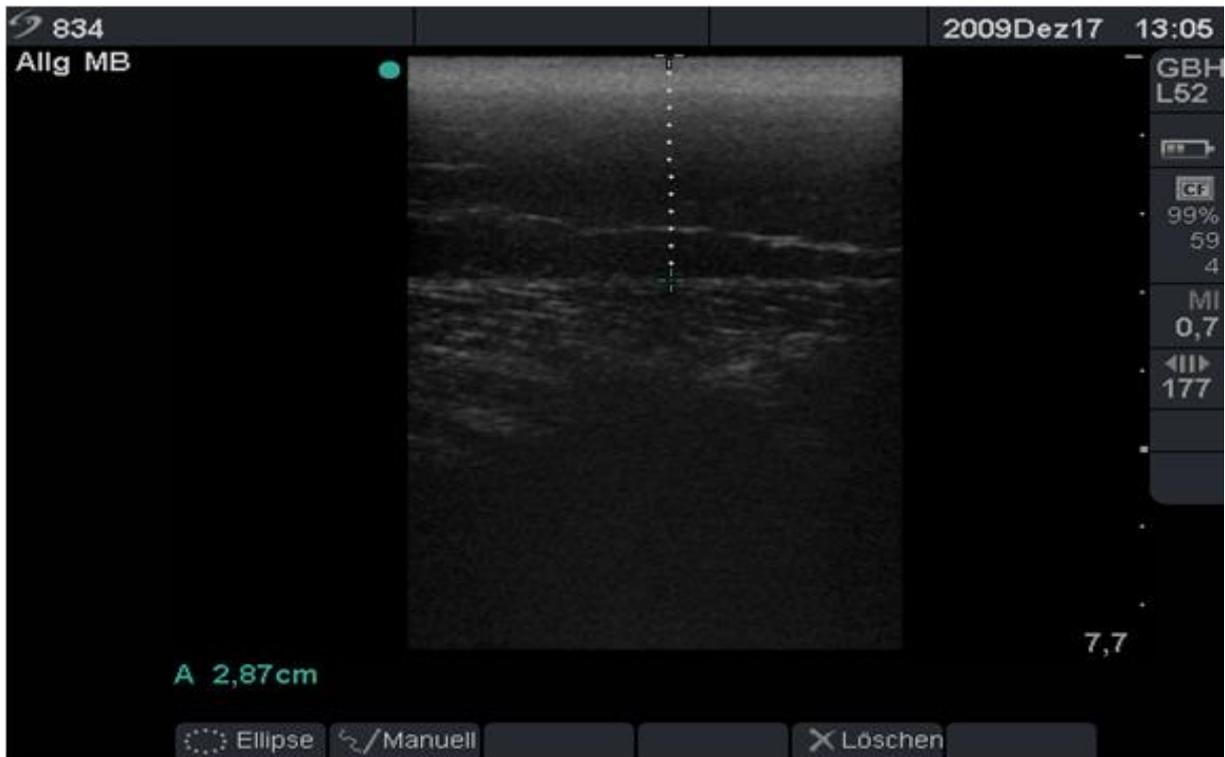


Abbildung 3-17: Ultraschallbild der Rückenfettdicke

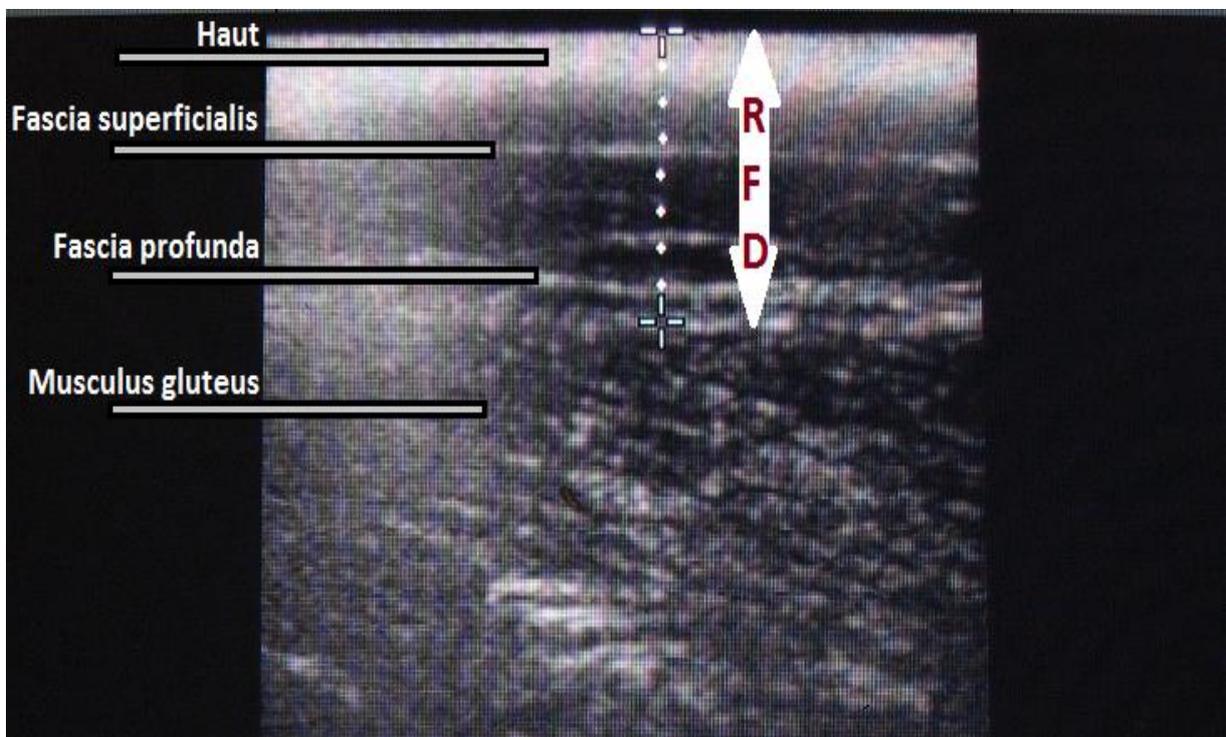


Abbildung 3-18: Anatomische Gegebenheiten für die Rückenfettdickenmessung

3.5 Statistische Methode

Zur Datenanalyse wurden das Statistikprogramm der Firma SAS (Cary, North Carolina, USA) Version 9.3 herangezogen, um die gewonnenen Daten auswerten zu können. Die Varianzanalyse wurde mit Hilfe eines Mischmodells (MIXED model) vorgenommen. Dabei wurde als Schätzmethodik das REML-Verfahren (Restricted Maximum Likelihood) und zur Schätzung der Freiheitsgrade die SATTERTHWAITE Methode verwendet. Durch das Mischmodell ist es möglich sowohl fixe Effekte als auch zufällige Effekte in die Varianzanalyse einfließen zu lassen. Die Grenze für das Signifikanzniveau wurde sowohl für den F-Test (Varianzen) als auch für den t-Test (Kleinste Quadrate Mittelwerte bzw. Least Squares Means = LSM) bei $p < 0,05$ festgelegt.

In der vorliegenden Arbeit wurden für die untersuchten Variablen Rückenfettdicke, Glukose, Ketonkörper, freie Fettsäuren und Bilirubin jeweils dasselbe Mischmodell mit folgenden

fixen Effekten:

- Boden (Gummi- oder Betonboden, $i = 2$)
- Genotypen ($j = 12$)
- Interaktion Abstand zur Kalbung (in Tagen -- Zeitabstand von 5 Tagen) und Boden (mit $k = 132$ Klassen)

Kovariablen:

- Milchleistung (durchschnittliche tägliche Milchleistung aus der Vorwoche)
- Kraftfuttergabe vom Vortag

und zufälligen Effekten:

- Tiernummer
- Geburtsdatum
- Laktationsnummer (5 Klassen, 1.,2.,3.,4.,>4. Laktation)
- Geburtsverlauf
- Anzahl der Kälber bei der letzten Geburt / Mehrling
- Kalbedatum
- Erstkalbealter
- Residual (Rest)

verwendet.

Das Modell für die tägliche Milchleistung wurde modifiziert, indem allein die Kraftfuttergabe als Kovariable und bei den zufälligen Effekten anstelle der Anzahl der Kälber bei der Geburt die Abkalbesaison sowie eine Interaktion Laktationsnummer x Abkalbesaison anstelle des Geburtsverlaufs verwendet worden sind. Die Messergebnisse zur Energiebilanz und täglicher Milchleistung (aus den vollautomatischen Melksystemen) wurden für die statistische

Auswertung wie folgt zusammengefasst: Messergebnisse von Kühen, die zwischen dem 5. und 9. Laktationstag lagen, wurden als Datenblock von Tag 5 zusammengefasst. Daten von Kühen, die zwischen ihrem 10. und 14. Tag der Laktation lagen gemäß als Daten für Tag 10. So wurde die Zusammenfassung der Daten bis zum standardisierten Laktationsende vollzogen. Darüber hinaus wurden noch Daten über die Güt- und Rastzeiten ausgewertet und zudem die Brunsterkennungsrate (BER) / Heat-Detection-Rate (HDR) kalkuliert. Bei der BER werden die zur Brunstbeobachtung (BBO) vorgesehenen Tiere mit dem Anteil erkannter Brunsten, unabhängig von einer Besamung, ins Verhältnis gesetzt. Daraus ergibt sich folgenden Formel:

$$\text{BER (\%)} = \frac{\text{Anzahl brünstiger Tiere} \times 100}{\text{Anzahl zur BBO vorgesehener Tiere}}$$

Zusätzlich zur täglichen Milchleistung aus den AMS-Daten (jeweils Durchschnitt aus den letzten 7 Tagen -- mit Ausnahme der Laktationstage 1 – 13) wurde die energiekorrigierte 100-Tage-Laktationsleistung aus den LKV-Prüfergebnissen in die Auswertung einbezogen. Dafür wurde folgende Formel zur Berechnung der energiekorrigierten Milchleistung (ECM, 4,0 % Fett, 3,4 % Eiweiß) nach SPIEKERS und POTTHAST (2004) verwendet:

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

Hinsichtlich der Parameter für die Energiebilanz, der Rückenfettdicke, der Tagesmilchleistung, der Gützeit und der Rastzeit wurden jeweils die Kleinsten Quadrate Mittelwerte (LSM) sowie die Standardschätzfehler (RMSE = root mean squared error) ermittelt und für die Interpretation der Ergebnisse verwendet.

4. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Blutparameter, der Rückenfettdicke, der Milchleistung und der Fruchtbarkeitskennzahlen werden im nachstehenden Abschnitt im Detail erörtert. Sie sind in Diagrammform dargestellt und zeigen im Vergleich die Werte der Versuchsgruppe und der Kontrollgruppe (Abbildung 4-1 bis 4-8). Die Rast- und Gützeit werden aufgrund der Zielsetzung dieser Studie an den Anfang der Ergebnisdarstellung gesetzt.

4.1 Fertilität

Die Fruchtbarkeit ist zusammen mit der Milchleistung für die Rentabilität einer Milchviehherde von zentraler Bedeutung. Die Bestimmung der wichtigsten Fruchtbarkeitsparameter (Rast- und Gützeit) ist daher das primäre Ziel dieser Studie.

4.1.1 Rastzeit

Abbildung 4-1 zeigt die Unterschiede der Rastzeit in der Versuchsgruppe und der Kontrollgruppe im Vergleich.

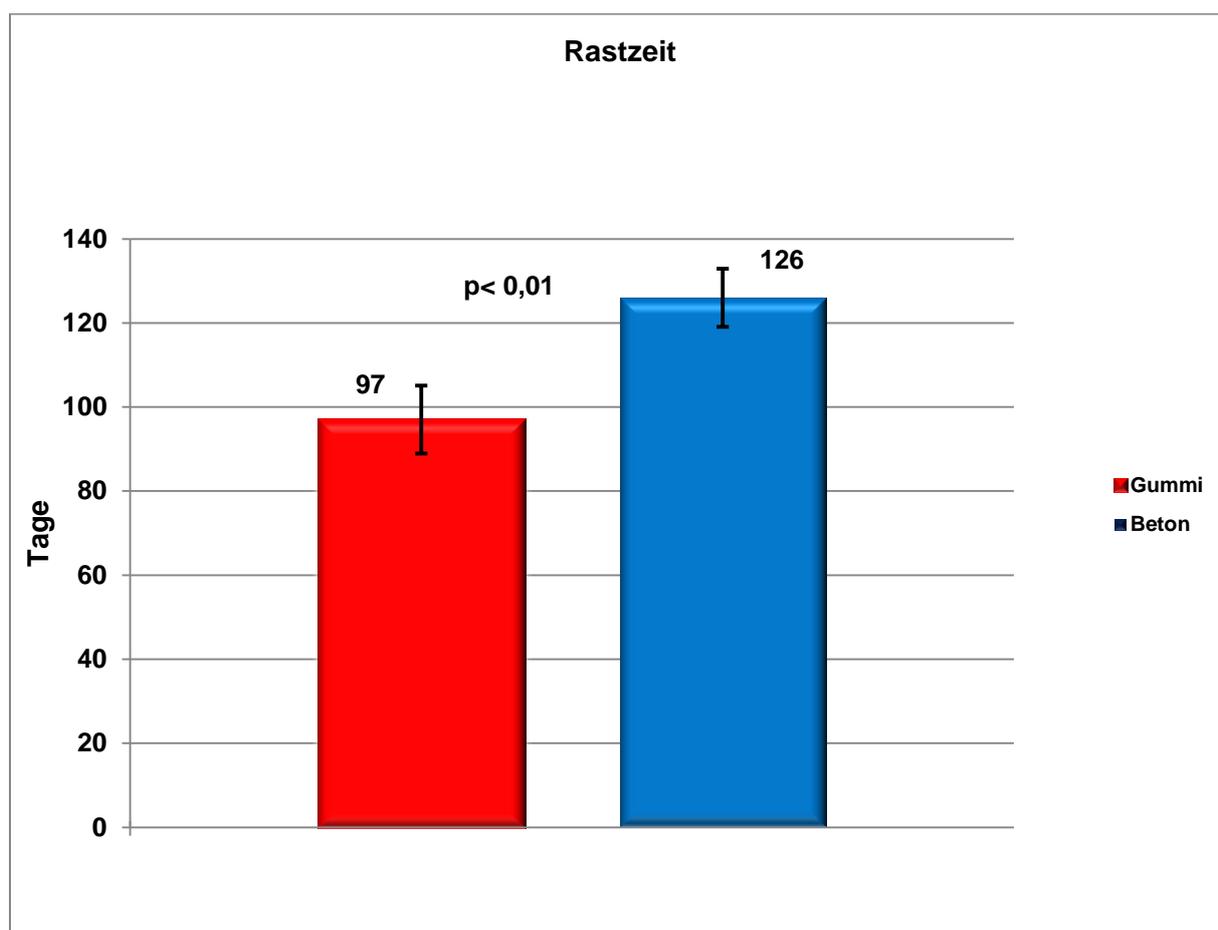


Abbildung 4-1: Vergleichende Darstellung der Rastzeit (LSM) beider Rinderherden inklusive der Standardschätzfehler

Die Rastzeit wurde am LVG zum Teil in Abhängigkeit von der Milchleistung der Tiere mit der Formel Milchleistung mal drei festgelegt (vgl. Kapitel 3.7). Die Tiere der Versuchsgruppe wiesen dabei eine durchschnittliche Rastzeit von 97 Tagen auf. Die Tiere der Kontrollgruppe zeigten eine Rastzeit von durchschnittlich 126 Tagen. Im Unterschied machte das eine um 29 Tage längere Rastzeit auf der Seite der Kontrollgruppe.

Die Rastzeit der Versuchsgruppe war signifikant ($p = 0,0051$) niedriger als die Rastzeit in der Kontrollgruppe (Tabelle 4-1).

Neben der Bodenbeschaffenheit als fixer Effekt beeinflussten zusätzlich die beiden Kovarianz-Parameter (bzw. zufälligen Effekte) Laktationsnummer und Erstkalbedatum die Rastzeit.

Tabelle 4-1: *Ergebnisse der Mischmodell-Varianzanalyse (fixe Effekte + Kovariable) für das Merkmal Rastzeit*

| Effekt | Num DF | Den DF | F-Wert | P > |
|---------------------------------------|-----------|-----------|--------|--------|
| Boden | 1 | 22,1 | 9,66 | 0,0051 |
| Genotyp | 9 | 33,9 | 1,14 | 0,3644 |
| Laktationsleistung (Milch, kg) | 1 | 42,8 | 0,07 | 0,7957 |

4.1.2 Gützeit

Abbildung 4-2 zeigt den Unterschied in der Gützeit der beiden Untersuchungsgruppen.

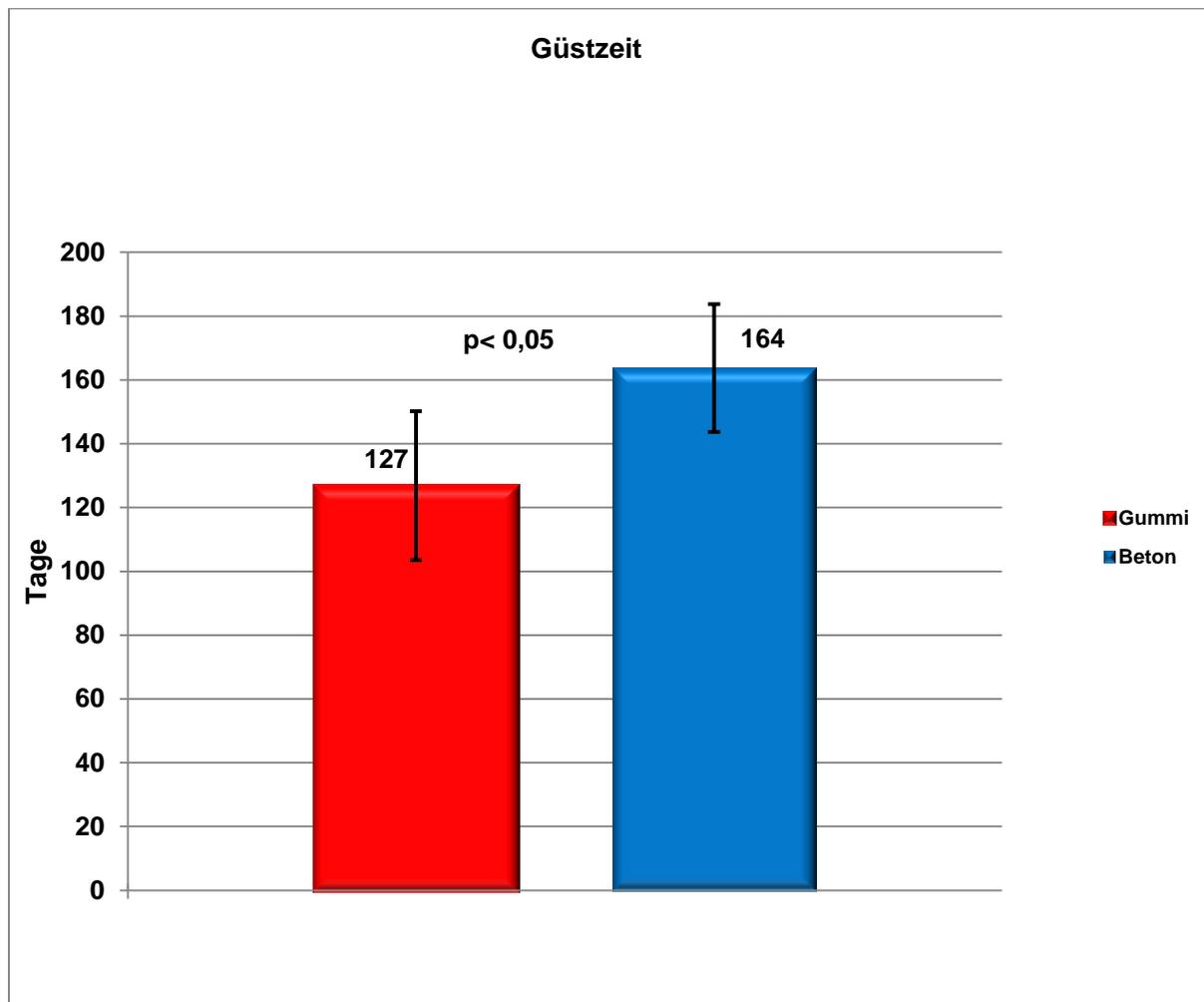


Abbildung 4-2: Vergleichende Darstellung der Gützeit (LSM) beider Kuhherden inklusive der Standardschätzfehler

Die mittlere Gützeit der Tiere in der Versuchsgruppe lag bei 127 Tagen, die mittlere Gützeit der Kontrollgruppe bei 164 Tagen. Das macht eine längere Gützeit von 37 Tagen aus, die die Tiere der Kontrollgruppe benötigten, um erneut trächtig zu werden ($p < 0,0196$).

Zu den Rast- und Gützeiten wurde noch die Heat-Detection-Rate bestimmt. Die Heat-Detection-Rate oder Brunsterkennungsrate lag in der Versuchsgruppe bei 75,6 % und in der Kontrollgruppe bei 55 % Brunsterkennungen.

Tabelle 4-2: Ergebnisse der Mischmodell-Varianzanalyse (fixe Effekte + Kovariable) für das Merkmal Günstzeit

| Effekt | Num DF | Den DF | F-Werte | P > |
|---------------------------------------|-----------|-----------|---------|--------|
| Boden | 1 | 14 | 6,94 | 0,0196 |
| Genotyp | 9 | 26,8 | 0,94 | 0,5101 |
| Laktationsleistung (Milch, kg) | 1 | 27,6 | 1,86 | 0,1840 |

4.2 Ergebnis der Rückenfettdickenmessung

4.2.1 Rückenfettdicke

Um der Zielsetzung dieser Studie nachzukommen, wurde bei allen Tieren im wöchentlichen Abstand vom 21. Tag ante partum bis zum 305. Tag post partum die Rückenfettdicke (RFD) gemessen. Damit konnten im Verlauf der Laktation die Zu- und Abnahmen der RFD berechnet, der Verlauf der RFD über die Laktation zwischen beiden Gruppen verglichen und Rückschlüsse auf die Ausprägung und Dauer der (negativen) Energiebilanz gezogen werden.

Abbildung 4-3 zeigt den Verlauf der Rückenfettdicke (RFD) der Kontrollgruppe und der Versuchsgruppe im Vergleich über die Untersuchungsdauer unter Verwendung der kleinsten Quadrate-Mittelwerte (LSM) inklusive der Standardschätzfehler (RMSE).

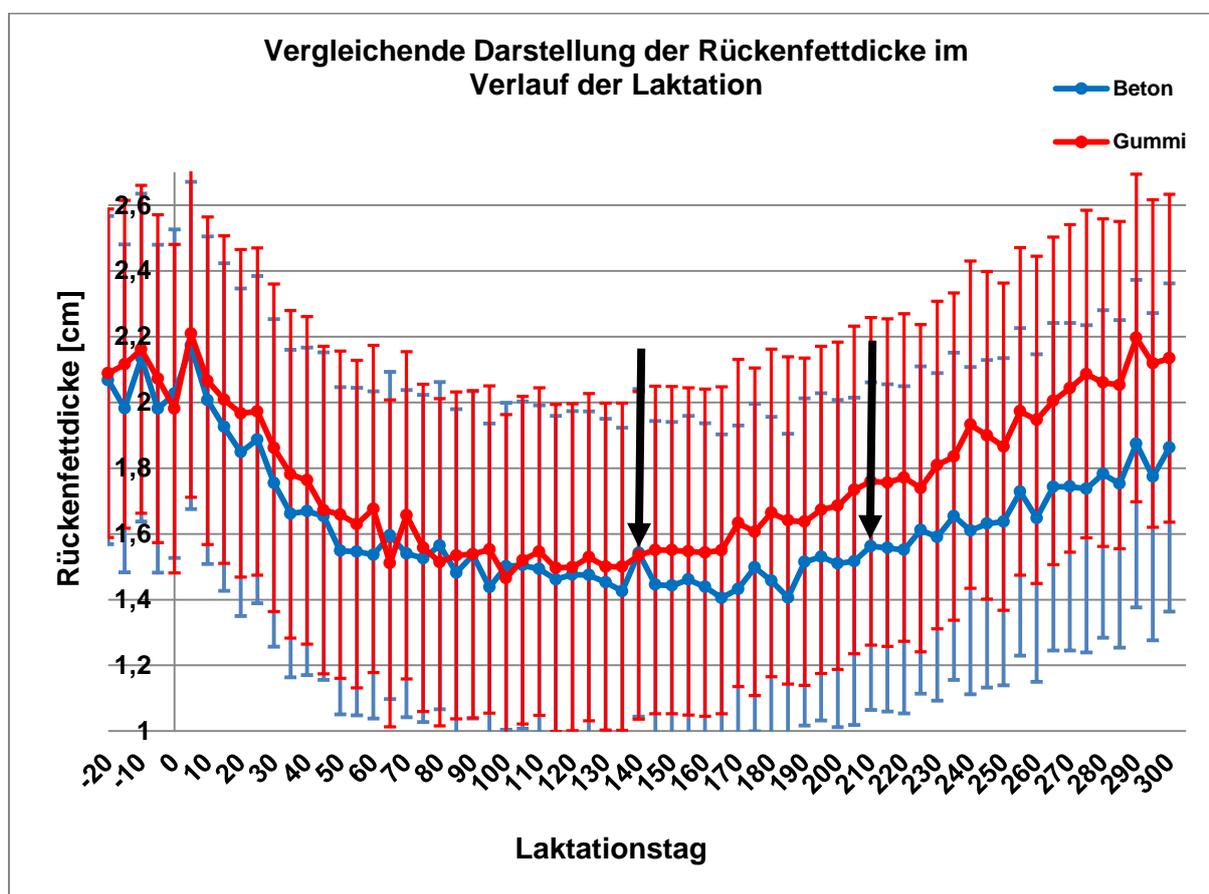


Abbildung 4-3: Vergleichende Darstellung der Rückenfettdicke im Verlauf der Laktation mit den kleinsten Quadrate-Mittelwerten und den Standardschätzfehlern; die Markierungspfeile zeigen den Umschwung von der katabolen in die anabole Stoffwechsellage der Versuchsgruppe (Tag 140) und der Kontrollgruppe (Tag 210)

Die Tiere der Versuchsgruppe und der Kontrollgruppe starteten in den Versuch mit einer durchschnittlichen RFD von circa 2,1 cm (Versuchsgruppe = $2,09 \pm 0,50$ cm / Kontrollgruppe = $2,07 \pm 0,51$ cm). In den darauf folgenden drei Wochen bis zu Kalbung ging die RFD in beiden Gruppen auf ähnliche Werte zurück. Allerdings zeigt der Verlauf in der Versuchsgruppe bis zur Kalbung einen kontinuierlichen Rückgang, wohingegen der Verlauf der Kontrollgruppe sichtlich „sprunghafter“ Zu- und Abnahmen zeigt. Am Tag der Kalbung lag die RFD in beiden Gruppen dann bei nahezu gleichen 2,0 cm (Versuchsgruppe = $1,98 \pm 0,50$ cm / Kontrollgruppe = $2,03 \pm 0,51$ cm). Nach der Kalbung stieg die RFD bis eine Woche post partum in beiden Gruppen auf einen relativ ähnlichen Wert von 2,2 cm (Versuchsgruppe = $2,21 \pm 0,50$ cm / Kontrollgruppe = $2,17 \pm 0,51$ cm) an. Im weiteren Verlauf der Laktation ging die RFD dann in beiden Gruppen kontinuierlich zurück. Der Verlauf der RFD war bis zum 140. Laktationstag nahezu identisch. Ab dem 140. Tag konnte dann bei der RFD der Versuchsgruppe (RFD am 140. Tag = $1,53 \pm 0,50$ cm) ein Zunahme verzeichnet werden, während die RFD der Kontrollgruppe erst ab dem 210. Laktationstag (RFD am 210. Tag = $1,56 \pm 0,51$ cm) eine Zunahme erkennen ließ. Beide Umschlagspunkte von der katabolen in die anabole Stoffwechsellage sind im Diagramm 4-1 mit einem Markierungspfeil gekennzeichnet. Die Tiere der Versuchsgruppe erreichten zum Versuchsende (305. Laktationstag) eine RFD wie zu Versuchsbeginn (RFD-Versuchsgruppe = $2,14 \pm 0,50$ cm). Die Tiere der Kontrollgruppe erreichten den Ausgangswert nicht (RFD-Kontrollgruppe = $1,86 \pm 0,51$ cm). Der Unterschied lag bei circa 3 mm, wobei die angegebenen Werte statistisch nicht signifikant waren. Dennoch hatte der Interaktionseffekt Messtag (Abstand zur Kalbung) x Boden einen signifikanten Einfluss auf den Verlauf der Rückenfettdicke (Tab. 4-3).

Tabelle 4-3 zeigt die Varianzanalyseergebnisse der fixen Effekte und der Kovariablen (Milchleistung = Durchschnitt über 7 Tage sowie Krafffutterverzehr vom Vortag) aus dem verwendeten Statistikmodell. Es ist ersichtlich, dass der Genotyp, der Abstand zur Kalbung (Laktationstag in Schritten von 5 Tagen) sowie die Milchleistung und die Krafffuttergabe vom Vortag einen signifikanten Einfluss ($p < 0,05$) auf die Entwicklung der RFD nahmen. Die verwendeten zufälligen Effekte, Laktationsnummer und Erstkalbealter (nicht gezeigt in der Tabelle 4-3) zeigten ebenfalls einen Einfluss auf die Entwicklung der RFD.

Tabelle 4-3: Ergebnisse der Mischmodell-Varianzanalyse (fixe Effekte + Kovariablen) für das Merkmal Rückenfettdicke

| Effekt | Num DF | Den DF | F-Wert | P > |
|------------------------------------|-----------|-----------|--------|--------|
| Boden | 1 | 5,23 | 0,85 | 0,3973 |
| Genotyp | 10 | 51,1 | 3,19 | 0,0030 |
| Abstand zur Kalbung * Boden | 130 | 3398 | 7,13 | <,0001 |
| Milchleistung (kg/d) | 1 | 3423 | 62,37 | <,0001 |
| Krafffutter (Vortag, kg/d) | 1 | 3401 | 10,06 | 0,0015 |

4.3. Ergebnisse der Blutanalyse

4.3.1 Glukose

Der Blutglukose-Spiegel steht für die energetische Versorgung der einzelnen Kuh auf Zellebene und gibt Aufschluss über eine gute oder unzureichende Energieversorgung für die anfallenden Stoffwechselleistungen während der Laktation. Glukose-Werte unter dem Referenzbereich (< 2,2 mmol/l) stellen daher einen signifikanten aussagekräftigen Indikator für kurzfristige Energiemangelzustände dar.

Die Abbildung 4-4 zeigt den Verlauf der Glukose für beide Milchviehherden über die Versuchsdauer mit den kleinsten Quadrate-Mittelwerten inklusive der Standardschätzfehler.

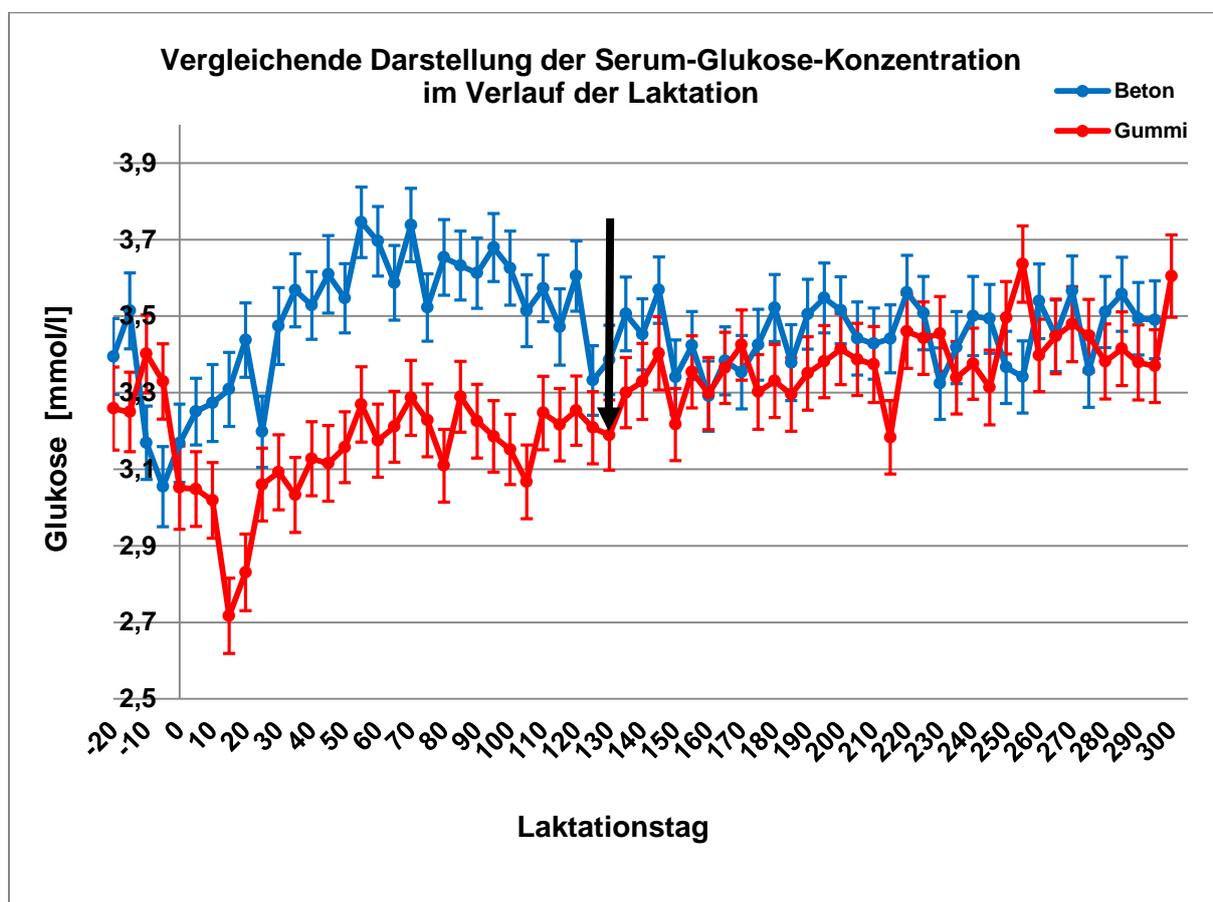


Abbildung 4-4: Vergleichende Darstellung der Serum – Glukosekonzentration im Verlauf der Laktation mit den kleinsten Quadrate-Mittelwerten und den Standardschätzfehlern; der Pfeil markiert den Tag, an dem die Glukosewerte sich angleichen; Referenzbereich 2,2 bis 3,3 mmol/l (FÜRLL, 2004)

Die Serum-Glukose-Werte verliefen bis zur Kalbung auf einem relativ ähnlichen Niveau. Dabei war zu erkennen, dass der Glukose-Spiegel im Blut mit Einsetzen der Laktation in beiden Gruppen deutlich abfiel. Die Glukose-Konzentration der Kontrollgruppe stieg ab der zweiten Woche post partum wieder allmählich auf Werte zwischen 3,8 und 3,2 mmol/l an und

lag bis zum 130. Laktationstag signifikant höher im Vergleich zur Versuchsgruppe. Die Glukose-Konzentration in der Versuchsgruppe fiel bis zur dritten Laktationswoche auf 2,7 mmol/l ab, erfuhr erst ab der 4. Laktationswoche einen Anstieg und bewegte sich ab dieser Zeit im Mittel zwischen 3,3 und 3,2 mmol/l. Die Werte der Versuchsgruppe lagen mit Werten zwischen 3,3 und 2,7 mmol/l bis zum 130. Laktationstag signifikant niedriger. Ab dem 130. Laktationstag (Markierungspfeil) näherten sich die Werte beider Gruppen wieder an und verliefen bis zum Ende der Versuchsphase auf einem relativ ähnlichem Level mit Werten zwischen 3,6 und 3,2 mmol/l. In der statistischen Auswertung zeigte dabei die Bodenbeschaffenheit als fixer Effekt ein Signifikanzniveau von $p < 0.0001$.

Dieses Ergebnis zeigt eine signifikant bessere energetische Versorgung der Kühe auf der Laufstallseite mit Betonspaltenboden. Die Tiere wiesen gegenüber den Tieren der Versuchsgruppe im Durchschnitt bis zum 130. Laktationstag eine um 0,4 mmol/l höhere Konzentration an Glukose im Blutserum auf.

Tabelle 4-4 zeigt die Einflüsse der fixen Effekte und der Kovariablen für das zugrunde gelegte Statistikmodell. Neben dem Boden hatten der Abstand zur Kalbung und die Milchleistung einen signifikanten Einfluss auf die gemessenen Glukose-Werte. Unter den zufälligen Effekten hatten das Geburtsdatum, die Laktationsnummer und das Erstkalbealter ferner einen Einfluss auf die Glukose-Konzentration (Ergebnisse nicht gezeigt).

Tabelle 4-4: *Ergebnisse der Mischmodell-Varianzanalyse (fixe Effekte + Kovariablen) für das Merkmal Glukose*

| Effekt | Num DF | Den DF | F-Werte | P > |
|------------------------------------|-----------|-----------|---------|--------|
| Boden | 1 | 70,2 | 26,70 | <,0001 |
| Genotyp | 10 | 64,4 | 1,08 | 0,3886 |
| Abstand zur Kalbung * Boden | 130 | 3379 | 2,71 | <,0001 |
| Milchleistung (kg/d) | 1 | 2396 | 20,60 | <,0001 |
| Krafftutter (Vortag, kg/d) | 1 | 3455 | 0,83 | 0,3630 |

4.3.2 Beta-Hydroxy-Butyrat

Die Abbildung 4-5 zeigt den Verlauf von β -Hydroxy-Butyrat in beiden Gruppen über den Untersuchungszeitraum mit den kleinsten Quadrate-Mittelwerten inklusive der Standardschätzfehler.

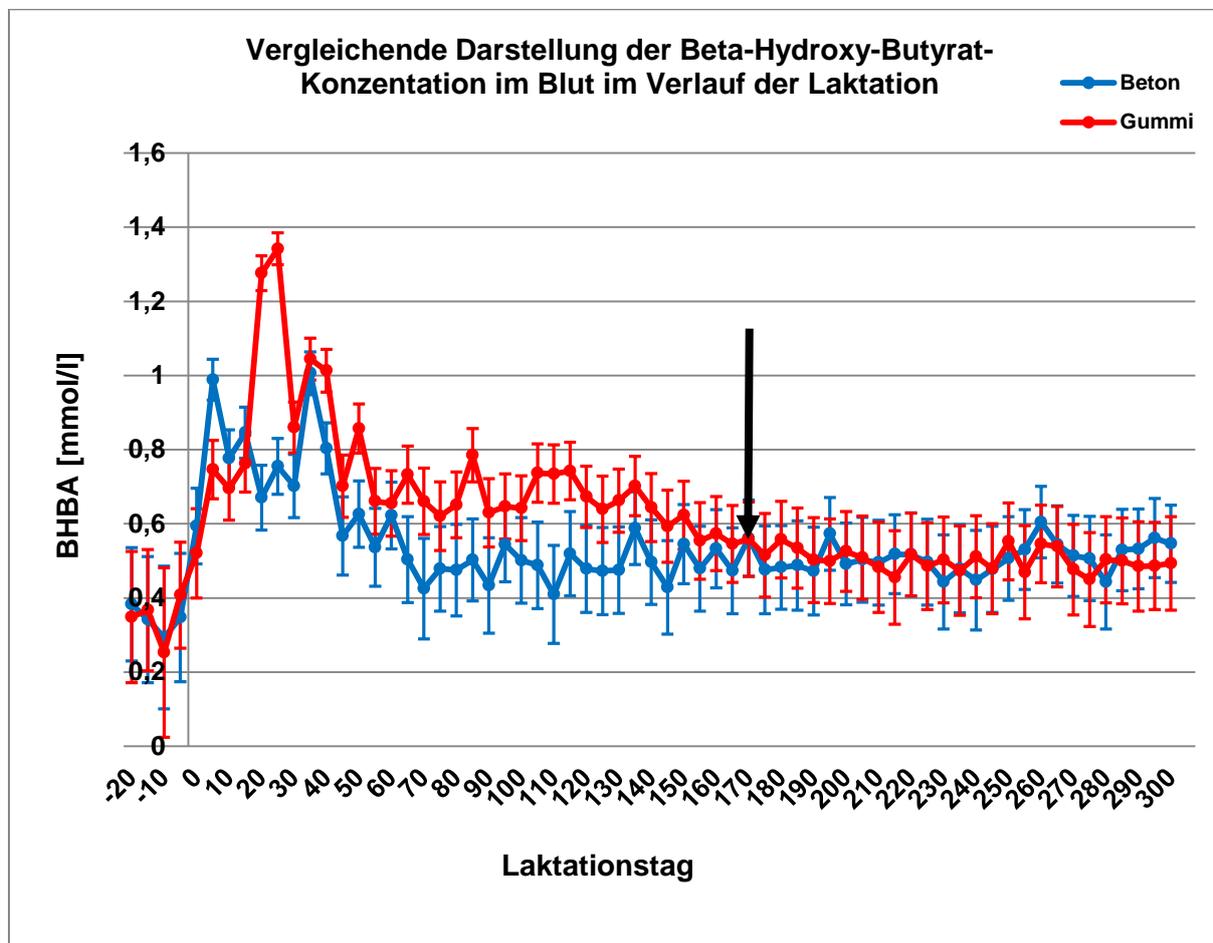


Abbildung 4-5: Vergleichende Darstellung der Beta-Hydroxy-Butyrat-Konzentration im Blut im Verlauf der Laktation mit den kleinsten Quadrate-Mittelwerten und den Standardschätzfehlern; der Pfeil markiert die Phase, ab der die Werte auf einem ähnlichen Niveau verlaufen

Die Konzentration des Ketonkörpers β -Hydroxy-Butyrat (BHB) stieg mit Einsetzen der Laktation in beiden Gruppen deutlich an. Dabei erreichten die Werte der Kontrollgruppe einen Peak in der ersten und sechsten Laktationswoche von 1,01 mmol/l ($\pm 0,09$). Bei der Versuchsgruppe entstand der Peak in der vierten Laktationswoche mit einem Wert von 1,34 mmol/l ($\pm 0,09$). Ab der siebten Laktationswoche fielen die Werte mit 0,9 bis 0,5 mmol/l in der Versuchsgruppe und von 0,7 bis 0,4 mmol/l in der Kontrollgruppe in beiden Gruppen deutlich ab. Die Konzentration des β -Hydroxy-Butyrat (BHBA) im Blut lag bei den Tieren der Versuchsgruppe somit signifikant höher. Ab dem 175. Laktationstag (Markierungspfeil) näherten sich die Werte an und verliefen bis Versuchsende auf annähernd gleichem Niveau.

Tabelle 4-5 legt die Einflüsse der fixen Effekte für die Ketonkörper-Werte des zugrunde gelegten Statistikmodells dar. Dabei ist zu erkennen, dass neben der Bodenbeschaffenheit, der Abstand zur Kalbung und die Milchleistung signifikanten Einfluss auf die Ketonkörper-Konzentration im Blut nehmen. Neben den fixen Effekten zeigten die Kovarianz-Parameter (zufällige Effekte) Kalbedatum und Laktationsnummer ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf die BHBA-Konzentration.

Tabelle 4-5: *Ergebnisse der Mischmodell-Varianzanalyse (fixe Effekte + Kovariablen) für das Merkmal Beta-Hydroxy-Butyrat*

| Effekt | Num DF | Den DF | F-Wert | P > |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|---------------|---------------|
| Boden | 1 | 55,7 | 6,79 | 0,0117 |
| Genotyp | 10 | 58,6 | 1,82 | 0,0762 |
| Abstand zur Kalbung * Boden | 130 | 3390 | 4,39 | <,0001 |
| Milchleistung (kg/d) | 1 | 2747 | 5,06 | 0,0246 |
| Krafffutter (Vortag, kg/d) | 1 | 3455 | 2,98 | 0,0843 |

4.3.3 Freie Fettsäuren / Nicht veresterte Fettsäuren Non esterified fatty acids (NEFA)

Außerdem wurde eine Bestimmung der freien Fettsäuren im Blutserum über die Versuchsperiode vorgenommen, um die Ausprägung der negativen Energiebilanz näher zu quantifizieren und eventuelle Unterschiede zwischen der Versuchsgruppe und Kontrollgruppe deutlicher zu machen.

Die Abbildung 4-6 zeigt den Verlauf der freien Fettsäuren beider Gruppen im Vergleich.

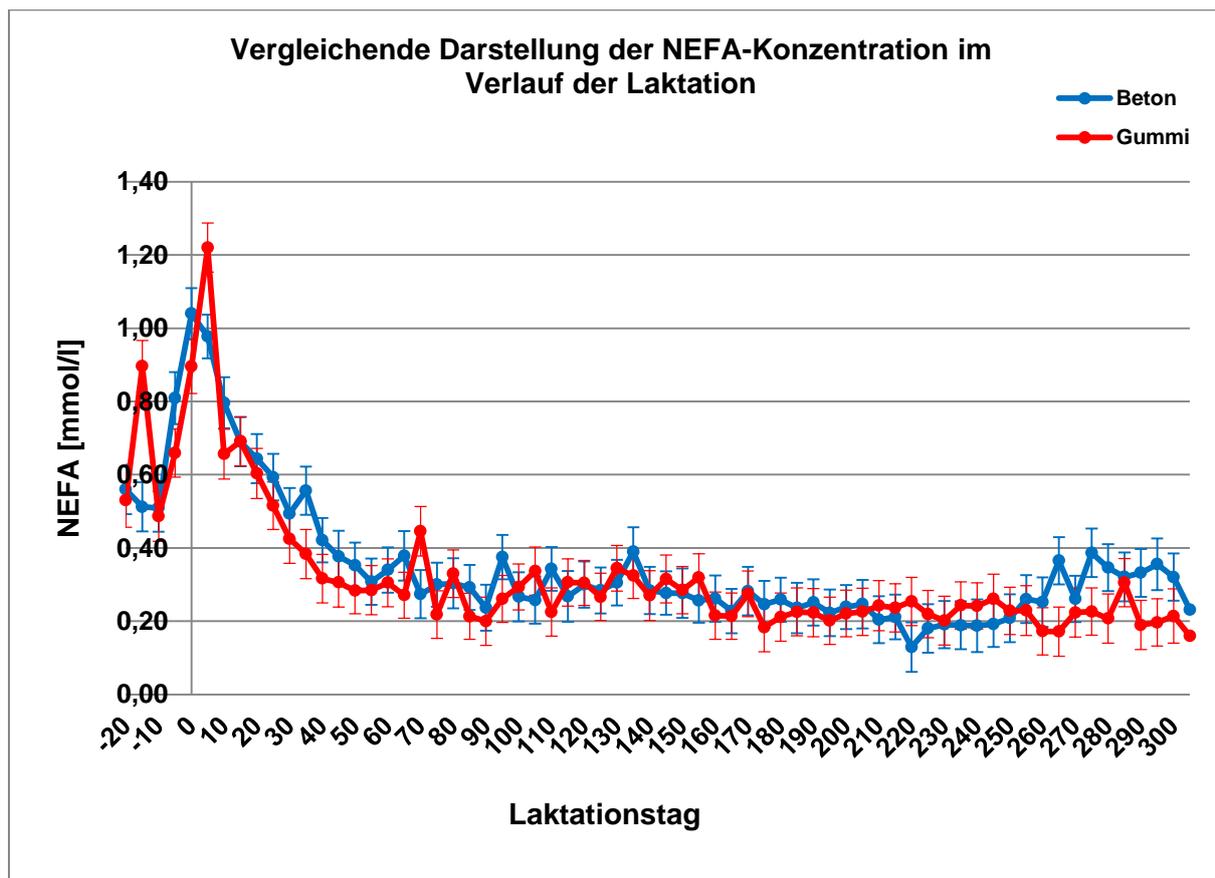


Abbildung 4-6: Vergleichende Darstellung der Serum – NEFA – Konzentration im Verlauf der Laktation mit den kleinsten Quadrate-Mittelwerten und den Standardschätzfehlern

Die Serum-NEFA-Konzentration stieg in beiden Gruppen unmittelbar nach der Kalbung stark an, bei der Versuchsgruppe (= 1,216 mmol/l \pm 0,074) etwas ausgeprägter als bei der Kontrollgruppe (= 0,978 mmol/l \pm 0,070). Ab der zweiten Laktationswoche konnte aber ein Wiederingleichen der Serum-NEFA-Konzentration beobachtet werden.

Die Serum-NEFA-Konzentration zeigten keine signifikanten Unterschiede ($p = 0,076$) zwischen den Bodenbelägen.

Tabelle 4-6 zeigt die Einflüsse der fixen Effekte und Kovariablen auf die NEFA-Werte im Blut. Es haben sowohl die Interaktion Boden x Laktationstag (Abstand zur Kalbung) als auch die

Kovariable Milchleistung einen Einfluss auf die Konzentration der freien Fettsäuren. Außerdem wirken zusätzlich die zufälligen Effekte Geburtsdatum, Laktationsnummer und Erstkalbealter auf die NEFA-Werte (Werte nicht im Einzelnen aufgeführt).

Tabelle 4-6: *Ergebnisse der Mischmodell-Varianzanalyse (fixe Effekte + Kovariablen) für das Merkmal freie Fettsäuren (NEFA)*

| Effekt | Num DF | Den DF | F-Wert | P > |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|---------------|---------------|
| Boden | 1 | 73,2 | 3,24 | 0,0761 |
| Genotyp | 10 | 58,3 | 1,60 | 0,1281 |
| Abstand zur Kalbung * Boden | 130 | 3277 | 6,54 | <,0001 |
| Milchleistung (kg/d) | 1 | 814 | 8,55 | 0,0036 |
| Kraffutter (Vortag, kg/d) | 1 | 3284 | 0,01 | 0,9397 |

4.3.4 Gesamt-Bilirubin

Die Abbildung 4-7 zeigt den Verlauf von Bilirubin in beiden Gruppen über die Versuchsperiode.

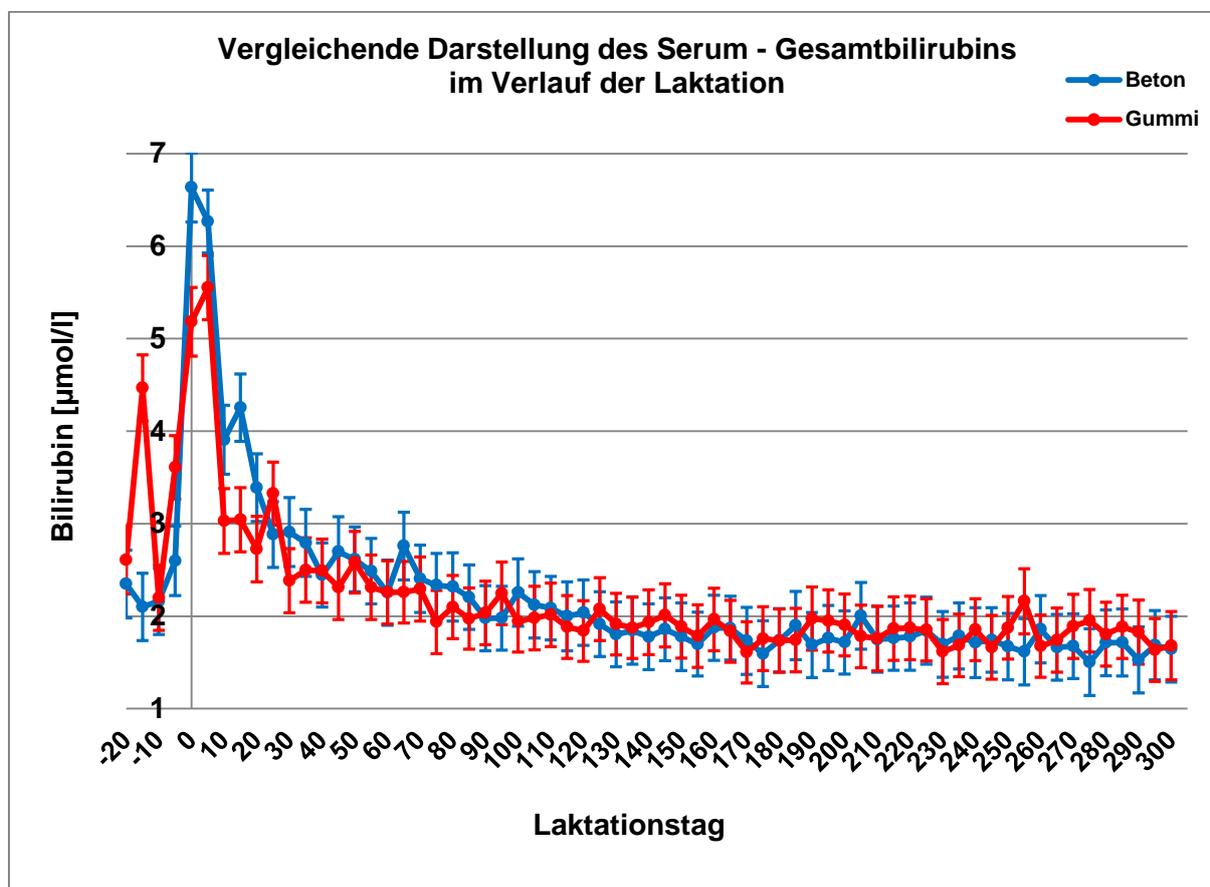


Abbildung 4-7: Vergleichende Darstellung der kleinsten Quadrate-Mittelwerte und der Standardschätzfehler des Serum-Gesamtbilirubins im Verlauf der Laktation

Der Verlauf des Serum-Gesamt-Bilirubins erfuhr in beiden Gruppen ihr Maximum um den Tag der Kalbung (Kontrollgruppe) bzw. kurz nach der Kalbung (Versuchsgruppe). Der Spitzenwert der Kontrollgruppe lag deutlich über dem Referenzbereich von 0,3 bis 5,3 $\mu\text{mol/l}$ mit einem Wert von 6,7 $\mu\text{mol/l}$ ($= 6,63 \mu\text{mol/l} \pm 0,37$). Der Spitzenwert der Versuchsgruppe lag mit 5,55 $\mu\text{mol/l}$ ($\pm 0,37$) am Rand der Referenzobergrenze. Ab der zweiten Laktationswoche lagen sowohl die Versuchsgruppe als auch die Kontrollgruppe unterhalb des oberen Referenzwertes von 5,3 $\mu\text{mol/l}$ (FÜRLL, 2004). Statistisch war kein signifikanter Unterschied in Bezug auf die Bodenbeschaffenheit zu erkennen (Tab. 4-7).

Der Genotyp, die Interaktion Abstand zum Kalbedatum (Laktationstag) x Boden sowie die Kovariable Krafffuttergabe am Vortag zeigten neben den zufälligen Effekten Geburtsdatum und Laktationsnummer einen signifikanten Einfluss auf die Bilirubin-Konzentration im Blut. Die Kovariable Milchleistung lag dabei nur minimal über der Signifikanzgrenze von $p < 0,05$.

Tabelle 4-7: Ergebnisse der Mischmodell-Varianzanalyse (fixe Effekte + Kovariablen) für das Merkmal Bilirubin

| Effekt | Num DF | Den DF | F-Wert | P > |
|------------------------------------|-----------|-----------|--------|--------|
| Boden | 1 | 10,8 | 0,00 | 0,9672 |
| Genotyp | 10 | 60,3 | 4,63 | <,0001 |
| Abstand zur Kalbung * Boden | 130 | 3369 | 8,88 | <,0001 |
| Milchleistung (kg/d) | 1 | 1671 | 3,78 | 0,0519 |
| Krafffutter (Vortag, kg/d) | 1 | 3413 | 5,03 | 0,0250 |

4.4 Milchleistung

Die Milchmengenmessung der Tiere fand täglich durch das automatische Melksystem (AMS) sowie im Rahmen der Milchleistungsprüfung des LKV 11 x im Jahr statt. Diese Daten wurden für die Auswertung verwendet und zueinander in Relation gesetzt. Statistisch ergaben sich für beide Gruppen nahezu identische Laktationskurven. Die gemessene 100-Tage-Milchleistung (ECM - energiekorrigierte Milchmenge, kg) durch das LKV lag in der Kontrollgruppe bei 4.089 kg und in der Versuchsgruppe bei 3.862 kg. Die Bodenbeschaffenheit bewirkte in der Milchleistung keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Die Signifikanz lag bei der 100 Tagesleistung des AMS (AMS_100) bei $p = 0,1253$ und bei der energiekorrigierten 100 Tagesleistung des LKV (ECM_100) bei $p = 0,0720$.

Die Abbildung 4-8 zeigt den Verlauf der AMS-Milchleistung beider Gruppen über den Untersuchungszeitraum.

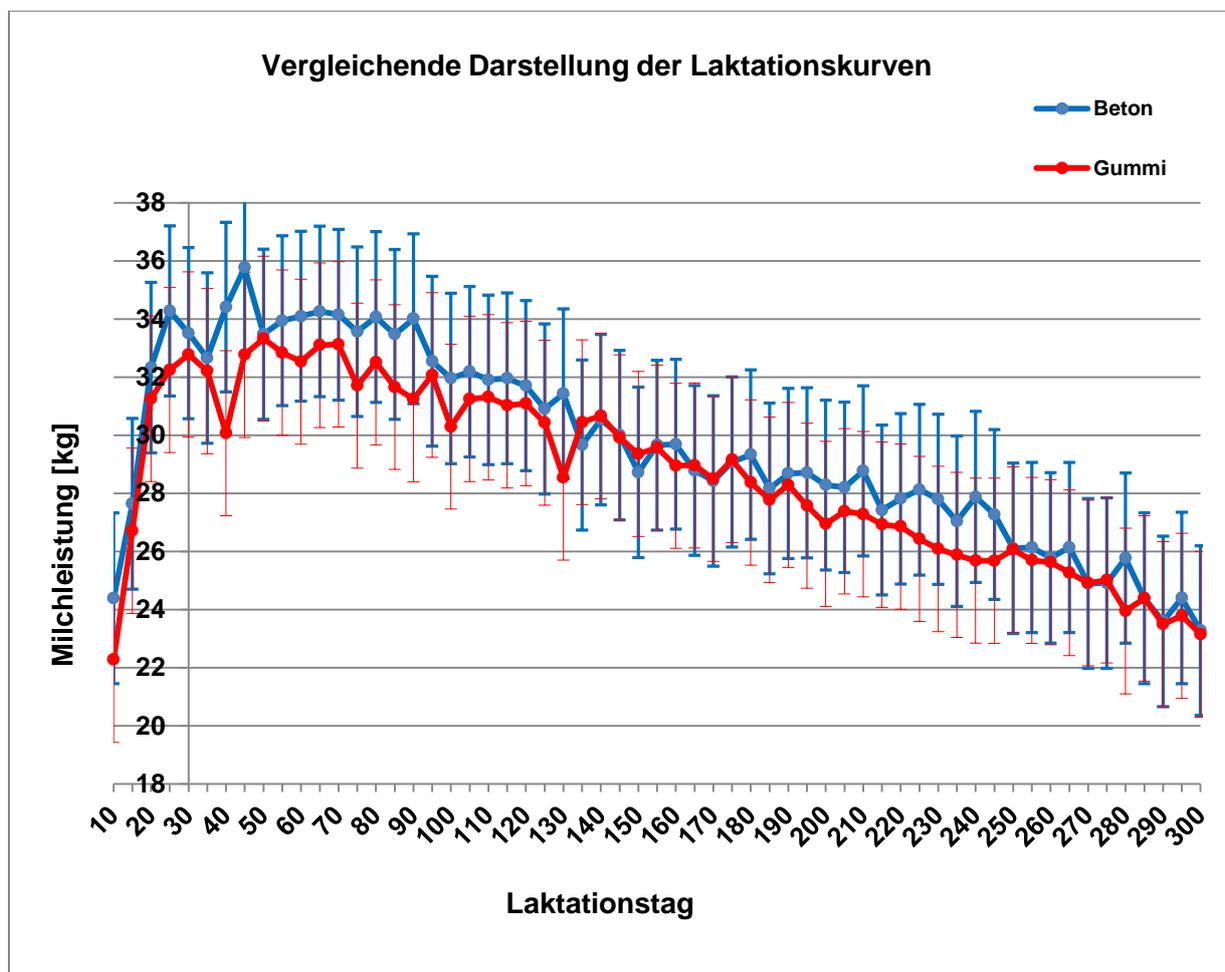


Abbildung 4-8: Vergleich der Milchleistung im Verlauf der Laktation mit den kleinsten Quadrate-Mittelwerten und den Standardschätzfehlern

Die Milchleistung zeigte in beiden Gruppen einen hohen Anstieg in den ersten vier Laktationswochen. Die „Betongruppe“ erreichte mit durchschnittlich 38,6 (\pm 1,99) kg Milch pro Tier ihre Leistungsspitze in der 7. Laktationswoche. Die „Gummigruppe“ erreichte mit einer durchschnittlichen Milchleistung von 35,9 (\pm 1,66) kg Milch pro Tier das Laktationsmaximum in der 8. Woche post partum. Ab dieser Zeit nahm die Milchmengenleistung in beiden Gruppen auf einem ähnlichen Niveau allmählich, aber stetig ab und erreichte Werte von 26,1 (\pm 1,95) kg Milch (Beton) und 25,7 (\pm 1,69) kg Milch (Gummi) pro Tier am 300. Laktationstag (Versuchsende). Der Boden zeigte keinen signifikanten Effekt auf die durchschnittliche tägliche Milchleistung, während die Interaktion zwischen Laktationstag (Abstand zur Kalbung) x Boden (Tabelle 4-8a) einen signifikanten Einfluss ausübte. Die Milchleistung der Kühe / Kalbinnen auf Gummi lag tendenziell leicht unter der Leistung der "Betonseite".

Neben den beschriebenen Effekten beeinflusste erwartungsgemäß die Krafffuttergabe vom Vortag die Milchleistung signifikant (Tabelle 4-8a). Unter den zufälligen Effekten hatte daneben die Laktationszahl und das Erstkalbealter signifikante Auswirkungen auf die Milchleistung, sowie die Kovarianzen Abkalbesaison, Interaktion Abkalbesaison x Laktationsnummer und das Kalbedatum (Ergebnisse nicht gezeigt). Tabelle 4-8b zeigt zusätzlich die Ergebnisse der Varianzanalyse für ECM 100 aus der LKV-Prüfung und bestätigt die Ergebnisse aus den AMS.

Tabelle 4-8a: Ergebnisse der Mischmodell-Varianzanalyse (fixe Effekte) für das Merkmal Milchleistung (AMS)

| Effekt | Num DF | Den DF | F-Wert | P > |
|------------------------------------|-----------|-----------|---------|--------|
| Boden | 2 | 1 | 31,33 | 0,1253 |
| Abstand zur Kalbung * Boden | 116 | 3073 | 13,64 | <,0001 |
| Krafffuttergabe Vortag (kg) | 1 | 3141 | 1740,45 | <,0001 |

Tabelle 4-8b: *Ergebnisse der Mischmodell-Varianzanalyse (fixe Effekte + Kovariablen) für das Merkmal Milchleistung (energiekorrigierte Milch = ECM)*

| Effekt | Num DF | Den DF | F-Wert | P > |
|------------------------|-------------------|-------------------|---------------|---------------|
| Boden | 1 | 45,3 | 3,39 | 0,0720 |
| Laktationszahl | 4 | 54,9 | 20,71 | <,0001 |
| Erstkalbeklasse | 5 | 54,7 | 2,52 | 0,0401 |
| Genotyp | 10 | 56,1 | 1,85 | 0,0723 |

5. Diskussion

Vorhergehende Untersuchungen zeigen signifikante Unterschiede in der Fruchtbarkeit zwischen Kühen auf, die entweder auf Betonspaltenboden oder auf Betonspaltenboden mit elastischer Bodenaufgabe gehalten wurden (KREMER et al., 2012).

Ziel dieser Studie war es, herauszufinden, ob die gefundenen Unterschiede in der Fruchtbarkeit zum einen reproduzierbar sind und zum anderen, ob die gefundenen Unterschiede in einer unterschiedlichen Stoffwechsellage begründet liegen.

Daran angelehnt sind in der vorliegenden Arbeit der Einfluss elastischer Spaltenbodenaufgaben auf die negative Energiebilanz, auf die Entwicklung der Rückenfettdicke, auf die Fruchtbarkeit und auf die Milchleistung von Milchkühen evaluiert worden. Dies vor allem vor dem Hintergrund, dass sich wissenschaftliche Arbeiten bislang kaum mit Unterschieden bezogen auf den Stoffwechsel und die Bodenbeschaffenheiten im Laufstall beschäftigt haben.

Dafür wurden 82 Laktationen von 82 Kühen zur Datenerhebung herangezogen. Die Versuchsphase erstreckte sich für die Kühe vom 21. Tag vor dem errechneten Abkalbetermin bis zum 305. Tag der Laktation. Vor Versuchsbeginn wurden die Kühe in zwei weitgehend identische Milchviehherden aufgeteilt und entweder auf Betonspaltenboden oder auf Betonspaltenboden mit elastischer Spaltenbodenaufgabe routinemäßig gehalten. Während der Versuchsperiode wurde bei allen Kühen im wöchentlichen Abstand die Rückenfettdicke gemessen sowie die Blutparameter Glukose, Beta-Hydroxy-Butyrat, freie Fettsäuren und Bilirubin bestimmt.

Aufgrund der Fülle der erhobenen Daten und der kurzen Messabstände sollten mögliche Unterschiede in der Energiebilanz und im Stoffwechsel zwischen den Gruppen sichtbar gemacht werden. Zusätzlich wurden aufgrund der Fragestellung Fruchtbarkeits- und Milchleistungsparameter erfasst und den beiden Tiergruppen gegenübergestellt.

Die genannten Untersuchungsparameter wurden in dieser Studie so ausgewählt, um die Energiebilanz detailliert bestimmen zu können. Bei Milchkühen spiegelt die Energiebilanz die Wechselbeziehung zwischen der Energieaufnahme und der Energieabgabe wider. Im Laktationszyklus ergibt sich daraus ein Wechselspiel zwischen negativer, ausgeglichener und positiver Energiebilanz (ES und VAN BOEKHOLT, 1987 / STAUFENBIEL et al., 1993b). Dieser Vorgang wird als Lebendmasse-Energie-Zyklus bezeichnet (STAUFENBIEL, 1993a / 1993b / 1993c). Die Energiebilanz steht dabei in einem unmittelbaren Zusammenhang zur Milchleistung und Fruchtbarkeit (STAUFENBIEL et al., 2003 / DAETZ, 2009 / HECKEL, 2009).

5.1 Rast- und Gützeit

Das Ziel dieser Studie lag vordergründig darin, die von KREMER et al. (2012) beschriebenen und postulierten Unterschiede in der Rast- und Gützeit zwischen Kühen auf Betonspaltenboden und Kühen auf Betonspaltenboden mit Gummiauflage zu reproduzieren. In eben diesem Zusammenhang sind in dieser Studie die Rast- und Gützeiten bestimmt worden. Zusätzlich sollten auftretende Unterschiede in der Fruchtbarkeitsleistung durch mögliche Unterschiede in der Energiebilanz und Stoffwechsellage anhand der Rückenfettdicke und der Blutparameter erklärbar gemacht werden.

Dabei ist es in der vorliegenden Studie gelungen, die Fruchtbarkeitskennzahlen von KREMER et al. (2012) zu verifizieren (vgl. Kapitel 4.4 Fertilität). So haben sich signifikante Unterschiede für die Rast- und Gützeiten zwischen den untersuchten Gruppen ergeben. Die Rastzeit der Kontrollgruppe beläuft sich auf 126 Tage und die Rastzeit der Versuchsgruppe auf 97 Tage. Das macht eine um 29 Tage kürzere Rastzeit auf der Seite der Versuchsgruppe aus. Bei der Evaluierung der Gützeit verhält es sich ähnlich. Die Gützeit der Versuchsgruppe liegt mit 127 Tagen 37 Tage niedriger als die Gützeit der Kontrollgruppe mit 164 Tagen.

Diese Unterschiede können gegebenenfalls auf eine bessere Brunsterkennungsrate (BER) infolge der unterschiedlichen Laufflächen zurückzuführen sein (KREMER et al., 2012). Die BER der Versuchsgruppe bewegt sich mit 75,6 % gegenüber der BER der Kontrollgruppe mit 55,0 % auf einem deutlich höheren Niveau. Die Literatur beschreibt diese Unterschiede vor allem dadurch, dass Kühe auf Gummimatten im Vergleich deutlich natürlichere Verhaltensweisen zeigen als Kühe auf Betonböden. Sie sind trittsicherer, zeigen eine höhere Bewegungsgeschwindigkeit und weisen ein höheres Aktivitätsniveau auf (SOMMER, 1985 / BERGSTEN und HULTGREN, 2002 / BENZ, 2002 / KREMER et al., 2006 / FLOWER et al., 2007 / HOLMES, 2008). Somit ergibt sich für Kühe auf weichen Böden ein signifikant größerer Bewegungsanteil als für Kühe auf reinem Betonboden (TELEZHENKO et al., 2007). Nach KREMER et al. (2006 / 2007 / 2012) geht die signifikant gestiegene Aktivität vermutlich mit einer Steigerung des Wohlbefindens der Kühe einher.

Ebenso beschreibt BERGSTEN (2010) eine Verbesserung des Wohlbefindens auf Grund einer besseren Klauen- und Gliedmaßen-gesundheit. Durch die höheren Brunstaktivitäten ergeben sich letztendlich höhere Konzeptionsraten und deutlich bessere Fruchtbarkeitskennzahlen auf Gummimatten als Laufflächenmaterial (BENZ, 2002 / PLATZ et al., 2008 / HOLMES, 2008 / BERGSTEN, 2010 / KREMER et al., 2012). Demgegenüber geben Betonböden den Tieren nicht ausreichend Möglichkeiten zur art- und verhaltensgerechten Fortbewegung und zum Anzeigen natürlicher Verhaltensweisen (VAN

DER TOL et al., 2005). Die Kühe sind nicht trittsicher, es finden sich vermehrtes Rutschen und eine Asymmetrie in der Schrittabfolge (CHAPINAL et al., 2011).

Der in der vorliegenden Arbeit gefundene positive Einfluss von Gummimatten auf die Reproduktionsleistung von Kühen stimmt größtenteils mit Angaben in der gängigen Literatur überein und konnte durch die kürzeren Rast- und Gützeiten bestätigt werden. Inwieweit die Verbesserung der Fruchtbarkeitskennzahlen aber neben der höheren Aktivität auf eine unterschiedliche Stoffwechsellage zurückgeführt werden kann, wird im Folgenden erörtert und diskutiert.

5.2 Rückenfettdicke

Die ultra-sonographische Messung der Rückenfettdicke (RFD) zur Bestimmung der Körperkondition von Milchkühen ist im heutigen Herdenmanagement ein gängiges Monitoring-Tool geworden. Die Entwicklung und Veränderung der Körperkonditionen ist durch die Messung der RFD über die gesamte Laktation mess- und auswertbar. Dabei ist die Beziehung zwischen der Rückenfettdicke und dem Gesamtkörperfettgehalt deutlich signifikant (WAPPLER, 1997 / SCHRÖDER und STAUFENBIEL, 2006). Daher wird die RFD-Messung als ein probates Mittel für die Körperkonditionsbeurteilung, für die Energieversorgung und für die Leistungsbereitschaft von Milchkühen eingesetzt (ROSSOW et al., 1985 / GRESHAM et al., 1986 / STAUFENBIEL et al., 1987b / 1987e / 1989a / 1989b / 1989c / STAUFENBIEL, 1992 / SCHRÖDER und STAUFENBIEL, 2006).

Aus diesen Gründen wurde die Methode der RFD-Messung als Untersuchungsgröße für die vorliegende Promotionsarbeit ausgewählt. Die RFD-Messung sollte den Verlauf und die Ausprägung der negativen Energiebilanz sowie mögliche Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen ersichtlich machen. Die Durchführung der Messung erfolgte für jedes Tier über die gesamte Versuchsperiode im wöchentlichen Abstand. Aus den erhobenen Daten haben sich schließlich erkennbare Entwicklungsunterschiede ergeben. In den ersten 140 Tagen der Laktation nimmt in beiden Gruppen die RFD gleichermaßen ab, was auf ein ähnliches Energiedefizit hinweist (SCHRÖDER und STAUFENBIEL, 2006). Ab dem 140. Tag verzeichnet dann die RFD der Versuchsgruppe auf der elastischen Lauffläche eine Zunahme. Mit der Zunahme der RFD ist nach STAUFENBIEL et al. (1992a / 1992b / 1993a) die Phase der negativen Energiebilanz überwunden und es beginnt die Phase, in der die zuvor mobilisierten Fettdepots für die Folgelaktation wieder aufgebaut werden. Die RFD der Kontrollgruppe lässt erst ab dem 210. Tag der Laktation einen Anstieg erkennen. Dieser Sachverhalt spricht in erster Linie für eine längere und intensivere Mobilisation von Fettgewebe und für eine längere Phase der negativen Energiebilanz in der Kontrollgruppe (STAUFENBIEL, 1997).

Bei einer längeren Phase der negativen Energiebilanz gehen FARRIES (1981 und 1982) und STAUFENBIEL et al. (1989e / 1993a) von höheren Milchleistungen aus. So bestehen hochsignifikante Unterschiede in der Entwicklung der RFD im Laktationsverlauf zwischen Kühen mit unterschiedlichen Milchleistungen. Mit steigender Milchleistung werden die Körperfettdepots intensiver und dauerhafter angegriffen. In der Folge kommt es zu einer zeitlichen Ausdehnung der negativen Energiebilanz. Andere Untersuchungen zur Energiebilanz und Milchleistung unterstreichen diese Annahme (REKSEN et al., 2001).

Bei der Berechnung der energiekorrigierten Milch (ECM) aus den LKV-Daten ergeben sich dann auch tendenzielle aber statistisch nicht signifikante Milchleistungsunterschiede zugunsten der Kontrollgruppe. Diese tendenziellen Unterschiede sind ein möglicher Erklärungsansatz für die unterschiedlichen Verläufe der RFD. Allerdings sind die Leistungsunterschiede relativ gering und beide Kuhherden befinden sich abschließend auf einem annähernd gleichen Milchleistungsniveau. Die Milchleistungs-Verlaufskurven sind nahezu identisch mit ähnlichen 100-Tage-Milchleistungen von 4.089 kg (ECM) auf der Seite der Kontrollgruppe und 3.862 kg (ECM) auf der Seite der Versuchsgruppe (vgl. Kapitel 4.3 Milchleistung).

Der Literatur zur Folge müssten höhere Milchleistungen eine größere negative Energiebilanz bzw. ein höheres Energiedefizit bedingen (STAUFENBIEL et al., 1993a / REKSEN et al., 2001). In der Versuchsgruppe und in der Kontrollgruppe stellt sich die Phase der rein negativen Energiebilanz allerdings als relativ gleich dar und dauert nach den vorliegenden Ergebnissen bis zum circa 50. Laktationstag. Ab dieser Phase ist nur noch ein moderater Rückgang der RFD zu erkennen und beschreibt eher die Phase der ausgeglichenen bzw. einer leicht negativen Energiebilanz. Die Phase der leicht negativen / ausgeglichenen Energiebilanz dauert bei der Versuchsgruppe, wie bereits beschrieben, bis zum 140. Laktationstag und bei der Kontrollgruppe bis zum 210. Laktationstag an. Dieses Ergebnis zeigt einen um 70 Tage späteren Übergang von der katabolen in die anabole Phase auf der Seite der Kontrollgruppe - aber eben mit einer annähernd gleichen negativen Energiebilanz. Dieser Sachverhalt erklärte damit nicht schlüssig die höhere Milchleistung der Kontrollgruppe.

Ein weiterer Unterschied, der aufgrund der RFD-Verlaufskurve ersichtlich wird, sind leichte Körperkonditionsunterschiede zum Ende der Versuchsphase (305. Laktationstag). Die Tiere der Versuchsgruppe erreichten zum Versuchsende eine RFD wie zu Versuchsbeginn. Die Tiere der Kontrollgruppe erreichten diese Werte nicht. Dabei handelte es sich um Werte, die im Unterschied circa 3 mm ausmachten. Diese Situation steht im Übrigen in Übereinstimmung mit der gängigen Literatur, in der aufgeführt wird, dass eine längere Phase der Fettmobilisation mit einer längeren Phase der Regeneration der abgebauten

Fettreserven einhergeht (FARRIES, 1981 und 1982 / STAUFENBIEL, 1993b). Unter Umständen ist nach FARRIES (1981 und 1982) und nach STAUFENBIEL (1993a / 1993b / 1993c) bei den Tieren der Kontrollgruppe die Aufbauphase der Fettreserven zum Ende des Versuchszeitpunktes noch nicht erreicht.

Die Daten dieser Studie belegen aber, dass unter Versuchsbedingungen die Kühe der Kontrollgruppe ihre Ausgangs-Körperkonditionen nicht wieder erreichen, die Tiere der Versuchsgruppe hingegen schon. Geht man von den zugrundeliegenden Werten aus, dann verlieren die Kühe der Kontrollgruppe bei einer tendenziell höheren Milchmenge pro Laktationszyklus 3 mm an Körperkondition, was nach drei Laktationen bereits einen Konditionsverlust von fast einem Zentimeter ausmacht. Eine Referenzkurve nach STAUFENBIEL et al. (2003) zeigt bei einer RFD von 23 mm zum Kalbezeitpunkt, dass diese im Laufe der Laktation bis auf 13 mm RFD abgebaut wird, um anschließend bis zum Ende der Laktation den Ausgangswert von 23 mm wieder zu erreichen. Bei Werten unter 10 mm beschreiben STAUFENBIEL et al. (2003) Leistungseinbußen in der Milch, Fruchtbarkeit und Gesundheit. Zudem ist es von großer Bedeutung, dass die Fettdepots bis zum Erreichen der Trockenstehphase wieder angelegt sind, um eine Verfettung in dieser Phase zu vermeiden. Zumal eine Zu- und Abnahme in der Trockenstehphase mit deutlichen Risiken für die Gesundheit und die Leistungsbereitschaft bei Milchkühen einhergeht (ROSSOW und STAUFENBIEL, 1983 / STAUFENBIEL et al., 1989e / STAUFENBIEL, 1993a / ROSSOW, 2004a / DAETZ, 2009). Dadurch würde es vermutlich unvermeidlich zu einer kürzeren Nutzungsdauer der Kontrolltiere kommen, beziehungsweise im Umkehrschluss dieser These, eine längere Nutzungsdauer der Versuchskühe nach sich ziehen. Eine längere Nutzungsdauer bedingt eine höhere Wirtschaftlichkeit von Milchkühen und fördert den Gedanken der Nachhaltigkeit in der Milchviehwirtschaft bzw. Landwirtschaft.

Betrachtet man die Daten der RFD zum Versuchsende, ergeben sich nicht nur konditionsbezogene Unterschiede, sondern auch energetisch unterschiedliche Voraussetzungen für die Folgelaktation. Ein Millimeter gemessene RFD entsprechen circa 4,8 kg Körperfettgehalt, was einer Nettoenergie von circa 200 MJ (Megajoule) entspricht (KLAWUHN, 1991 / STAUFENBIEL et al., 1993a / SCHRÖDER und STAUFENBIEL 2004). Bezieht man diese Werte auf die Ergebnisse dieser Studie, dann gehen die Tiere auf elastischem Boden mit 14,4 kg mehr Körperfett bzw. mit 600 MJ mehr Nettoenergie in die Folgelaktation. Damit erreichen nur die Kühe der Versuchsgruppe zum Versuchsende die anzustrebende Körperkondition und die optimalen Voraussetzungen für eine gute Milchleistungsbereitschaft, Fruchtbarkeit und Gesundheit für die Folgelaktation. Die Kühe der Kontrollgruppe erreichen diese Ausgangslage regelmäßig nicht.

Die RFD zum Partus und der Verlauf der RFD zeigen aber nicht nur das Milchleistungsvermögen, die Ausprägung der negativen Energiebilanz und den Übergang von der katabolen in die anabole Stoffwechsellage an, sondern besitzen auch eine enge Beziehung zur Fruchtbarkeitsleistung. STAUFENBIEL et al. (2003) konnten wiederholt die Beziehung zwischen dem Verlauf der RFD und den Fruchtbarkeitsparametern, Rast- und Gützeit nachweisen. So stehen längere Gützeiten sowohl bei STAUFENBIEL et al. (2003) als auch bei STAPLES et al. (1990) in einem engen Verhältnis zu einer intensiveren Fettmobilisation bzw. zu einem späteren Wiederaufbau der Körperfettreserven. Folglich spiegelt die Laktationskurve der RFD die Energiebilanz wider und lässt Rückschlüsse auf die Dauer der Rast- und Gützeiten zu.

Aktuell beschreiben CASTRO et al. (2012) die enge Beziehung der Energiebilanz zur Funktionalität der Ovarien. Große Energiedefizite in der Früh-laktation verzögern das Einsetzen des ersten Zyklus bzw. erhöhen die Zahl der Tage bis zur ersten Brunst und verlängern damit die Rast- und Gützeiten (DE VRIES et al., 1999 / DE VRIES und VEERKAMP, 2000).

Die beiden Untersuchungsgruppen gingen allerdings mit annähernd identischen Körperkonditionen in die Versuchsphase. Die eigenen Ergebnisse zur RFD zum Partus bestätigen diese Aussage. Die zeitlichen Unterschiede in der Rast- und Gützeit lassen sich somit nicht allein mit unterschiedlichen Körperkonditionen zum Kalbezeitpunkt erklären. Die Verlaufskurve der RFD hingegen gibt näheren Aufschluss über ein früheres Zyklusgeschehen und über eine frühere Konzeptionsrate bei den Tieren der Versuchsgruppe. Der Zeitpunkt einer Konzeption liegt nach BERRY et al. (2003 / 2011) und nach BASTIN et al. (2010) nahe am Übergang zur positiven Energiebilanz. Das bildet neben der tendenziell geringeren Milchleistung einen weiteren Erklärungsansatz für die kürzeren Rast- und Gützeiten. Ebenso bestätigt der Verlauf der RFD die Rast- und Gützeiten der Kontrollgruppe. Der um 70 Tage spätere Umschwung in die anabole Stoffwechsellage schlägt sich letztendlich in einer später einsetzenden Ovulation und in einer späteren Konzeption nieder (BERRY et al., 2003 / 2011 / BASTIN et al., 2010).

Die statistische Analyse konnte aber keinen signifikanten Einfluss des Bodens auf die RFD über eine komplette Standardlaktation sichern ($p > 0.3973$). Die Vermutung eines Einflusses des Bodens auf die Ausprägung der negativen Energiebilanz wurde dagegen für den kompletten Laktationsverlauf trotzdem bestätigt (siehe Abbildung 4-3, S. 103). Zusammenfassend bleibt daher festzuhalten, dass die Kühe auf elastischem Boden einer geringeren Dauer der negativen Energiebilanz ausgesetzt sind und zum Laktations- und Versuchsende die gleichen Ausgangswerte der RFD wie zu Versuchsbeginn aufweisen (vgl. Abbildung 4-3 und Tabelle 4-3). Inwieweit der frühere Umschlag von der katabolen in die

anabole Stoffwechsellage mit einer geringen Milchleistung oder anderen Faktoren zu erklären ist, wird anhand der nachstehenden Untersuchungsparameter weiter diskutiert und beschrieben.

5.3 Glukose

Um eine genaue Analyse bezüglich der negativen Energiebilanz und der energetischen Versorgung zwischen den Tiergruppen vorzunehmen, wurden unter anderem die Blutglukose-Konzentrationen der Versuchskühe bestimmt. Der Blutglukose-Spiegel gibt Aufschluss über eine gute oder schlechte Energieversorgung und nimmt weitreichenden Einfluss auf die Milchleistung und auf das Fruchtbarkeitsgeschehen (REIST et al., 2002 / DOEPEL et al., 2009 / WESTWOOD et al., 2002 / OIKONOMOU et al., 2008). Glukose-Werte unter dem Referenzbereich ($> 2,2$ mmol/l) stellen daher einen aussagekräftigen Indikator für Energiemangelzustände und Fruchtbarkeitsstörungen dar (FÜRL, 2004 / REIST et al., 2002 / DOEPEL et al., 2009).

Die Versuchsgruppe und die Kontrollgruppe unterlagen während der Versuchsphase der gleichen Fütterung durch eine partielle Mischration. Energetische Unterschiede in der Rationsgestaltung, die die Glukose-Verfügbarkeit beeinflussen, waren aus diesem Grund nicht zu erwarten (AMETAJ et al. 2009 / SALEEM et al. 2012). Allein Unterschiede bezüglich der leistungsabhängigen Kraffuttermenge im automatischen Melksystem (AMS) kamen erwartungsgemäß individuell zum Tragen. Dieser Effekt wurde im statistischen Modell berücksichtigt. In den Untersuchungen der vorliegenden Dissertationsarbeit zeigen die Glukose-Werte eine Woche nach der Kalbung deutliche Unterschiede. Post partum fällt in beiden Gruppen der Glukose-Spiegel stark ab, was nach DOEPEL et al. (2009) einen physiologischen Prozess mit dem Einsetzen der Milchsynthese darstellt. Ebenso beschreibt STAUFENBIEL (1987b) einen Glukose-Abfall in der Frühaktation infolge des schlagartig gestiegenen Glukose-Verbrauchs zur Laktosesynthese im Euter als normale Laktationsdynamik. In der zweiten Woche post partum steigen die Glukose-Konzentrationen der Kontrollgruppe wider Erwarten auf Werte zwischen 3,8 und 3,2 mmol/l an. Nach STAUFENBIEL (1993a / 1993b / 1993c) und DOEPEL et al. (2009) sind niedrige Glukose-Konzentrationen über die gesamte Frühaktation zu erwarten. Vor allem, da in dieser Phase der Laktation die bevorzugte Aufgabe der Leber darin besteht, Aminosäuren für die Milchsynthese zu produzieren, statt Glukose zu synthetisieren. Zudem wird die Leber von der Fettmobilisation in ihrer Funktionalität und damit in der Synthese von Glukose beeinflusst (DOEPEL et al., 2009 / WEBER et al., 2013). Darüber hinaus bedingt der physiologisch gerichtete Glukose-Strom ins Euter ebenfalls niedrigere Blut-Glukose-Konzentrationen in der

Frühlaktation trotz eines verminderten Ansprechverhaltens der peripheren Gewebe auf Insulin (STAUFENBIEL, 1987a / 1993a / 1993b / 1993c / SCHOENBERG et al., 2012).

Bis zum 130. Laktationstag sind die Glukose-Werte in der Kontrollgruppe signifikant höher. Dabei liegt der Spiegel der Kontrollgruppe deutlich über dem von FÜRLL (2004) angegebenen Referenzbereich. Die Tiere weisen im Durchschnitt eine um 0,4 mmol/l höhere Konzentration an Glukose im Blutserum auf ($p < 0.0001$). Die Werte der Versuchsgruppe liegen demzufolge bis zum 130. Laktationstag signifikant niedriger, befinden sich aber nach FÜRLL (2004) und STÖBER / GRÜNDER (1990 / 2003) im Referenzbereich mit Werten zwischen 3,3 und 2,7 mmol/l. Dies spricht in erster Linie für eine außergewöhnlich gute Energieversorgung der Kontrollgruppe in dieser Phase der Laktation. Die Werte deuten auf eine sehr schwach ausgebildete negative Energiebilanz hin (PEDRON et al., 1993 / MARKUSFELD et al., 1997 / DOMEQ et al., 1997a / STAUFENBIEL, 1993a / 1993b / 1993c / REIST et al., 2002). Betrachtet man die Glukose-Werte für sich allein, scheint es, als seien die Kühe der Versuchsgruppe energetisch schlechter versorgt und sind einer größeren Ausprägung der negativen Energiebilanz ausgesetzt (PEDRON et al., 1993 / MARKUSFELD et al., 1997 / DOMEQ et al., 1997a / REIST et al., 2002).

In der Literatur werden höhere Glukose-Werte allerdings regelmäßig mit kürzeren Rast- und Gützeiten in Verbindung gebracht (WESTWOOD et al., 2002 / OIKONOMOU et al., 2008 / POLLOTT und COFFEY, 2008 / GARVERICK et al., 2013). Zwischen dem Blutglukose-Spiegel und der Fruchtbarkeit besteht demnach eine enge Korrelation. Das Ablauf eines vollständigen Sexualzyklus ist also abhängig von der Höhe der Glukose-Verfügbarkeit im Körper (STAUFENBIEL, 1987a / 1993a / 1993b / 1993c / HECKEL, 2009). So ist die Glukose-Konzentration im Plasma bei Kühen mit einem ovariellen Zyklus drei Wochen nach der Kalbung höher als bei Kühen, die in dieser Phase keinen ovariellen Zyklus zeigen (CASTRO et al., 2012).

Demzufolge besitzt eine hohe Glukose-Verfügbarkeit günstige Eigenschaften für eine gute Fruchtbarkeit. Diese Darstellung zur Abhängigkeit der Gützeit von Glukose kann mit unseren Untersuchungen nicht bestätigt werden und ergeben keinen klaren Zusammenhang zu den erhobenen Daten. Dieser Sachverhalt würde ein früher einsetzendes Ovulationsgeschehen und eine frühere Konzeption bei den Tieren der Kontrollgruppe erwarten lassen. Jedoch ergeben sich ein um 29 Tage verzögerter erster ovarieller Zyklus und eine um 37 Tage spätere Konzeption. Die Glukose-Verfügbarkeit allein erlaubt damit keine Aussage zur Energiebilanz und Fruchtbarkeitsleistung.

Die Glukose-Verfügbarkeiten der Kontrollgruppe und der Versuchsgruppe stehen neben den Rast- und Gützeiten zusätzlich im Widerspruch zur RFD-Entwicklung. Studien von AL-TRAD et al. (2009) zur verfügbaren Glukose im Blut zeigen, dass Tiere mit höheren

Blutglukose-Konzentrationen höhere RFD-Zunahmen erreichen als Tiere mit niedrigeren Glukose-Konzentrationen im Blut. Es besteht insgesamt ein enger Zusammenhang zwischen der Glukose-Verfügbarkeit, einer positiven Energiebilanz und der RFD-Entwicklung. Je höher die Glukose-Konzentration im Blutserum ist, umso geringer ist die Ausprägung der negativen Energiebilanz (REIST et al., 2002) und umso früher nimmt die RFD wieder zu (STAUFENBIEL, 1987a / 1993a / 1993b / 1993c / AL-TRAD et al., 2009). Glukose bildet folglich einen bedeutenden Stimulator für die Fettsäuresynthese (STAUFENBIEL et al., 1987a / 1987b / 1987c / 1993c / REIST et al., 2002).

In der vorliegenden Studienarbeit verzeichnet allerdings die RFD der Kontrollgruppe eine um 70 Tage spätere Zunahme trotz signifikant höherer Glukose-Werte. Den Werten der Glukose in der Kontrollgruppe stehen folglich die Entwicklung der RFD, die RFD zum Versuchsende sowie die Rast- und Gützeiten entgegen (vgl. Kapitel 4.1 Ergebnisse der RFD-Bestimmung). Somit folgen die Glukose-Werte der Kontrollgruppe nicht der typischen Laktationsdynamik, woraus unter Umständen ein nicht physiologisches Geschehen in den Fokus der Betrachtung gerückt werden sollte, zumal höhere Glukose-Werte in der Regel bei Kühen mit niedrigeren Milchleistungen gefunden werden (ANDERSON et al., 2005 / POLLOTT und COFFEY, 2008 / DE FEU et al., 2009).

Die signifikant niedrigeren Glukose-Werte der Versuchsgruppe könnten hingegen möglicherweise mit der beschriebenen höheren Aktivität von Kühen auf elastischen Bodenbelägen einhergehen. Höhere Aktivitäten könnten zu einer höheren Energieumsetzung führen. Darauf aufbauend könnten sich dann wiederum niedriger Glukose-Werte bzw. die niedrigeren Glukose-Werte der Versuchsgruppe ergeben.

Der Umstand der hohen Glukoseverfügbarkeit, der längeren Rast- und Gützeit, der später einsetzenden Zunahme der Rückenfettdicke und der höheren Milchleistung in der Kontrollgruppe und die analog dazu niedrigere oder höheren Untersuchungsparameter der Versuchsgruppe wird in der zusammenfassenden Diskussion aller Parameter wieder aufgegriffen.

5.4 Beta-Hydroxy-Butyrat

Die Ketonkörper-Bestimmung bzw. die Bestimmung des Ketonkörpers β -Hydroxy-Butyrat (BHBA) erlaubt weitere Aussagen über die energetische Versorgung von Milchkühen. Die Höhe der Ketonkörper-Konzentration im Blut spiegelt die Fähigkeit einer Milchkuh zur Bewältigung des Energiedefizits wider. Hohe Werte sprechen dabei stets für eine erhöhte Fettmobilisation, eine größere negative Energiebilanz und damit in der Folge für ein erhöhtes Risiko zum Auftreten von Stoffwechsellentgleisungen und Fruchtbarkeitsstörungen

(STAUFENBIEL, 1993c / REIST et al., 2000 / VAN WINDEN et al., 2003 / SCHMAUSSER, 2006). Die Konzentration von β -Hydroxy-Butyrat ist eng an die Verfügbarkeit von Glukose gekoppelt. Nimmt die Glukose-Blutkonzentration ab, zeigt sich demgegenüber ein Konzentrationsanstieg von Ketonkörpern im Blut und umgekehrt (ROSSOW et al., 1985 / 1984a, b / STAUFENBIEL et al., 1987b / 1989b / 1993 / REIST et al., 2002 / AL-TRAD et al., 2009).

Die Auswertung der BHBA-Messwerte ergab in dieser Studie signifikant höhere Werte für die Versuchsgruppe auf Gummiboden im direkten Vergleich zur Kontrollgruppe auf Betonboden (vgl. Kapitel 4.2.2 Ergebnisse der Blutuntersuchung). Mit Einsetzen der Milchsynthese nach der Kalbung stiegen in der Versuchsgruppe die Ketonkörper-Werte schlagartig bis auf ein Maximum in der 5. Laktationswoche an. Die Werte bewegen sich bis zur 5. Laktationswoche nahe am oberen Referenzbereich, überschreiten aber nur kurzzeitig die Schwelle zur subklinischen Ketose $\geq 1,20$ mmol/l (DIRKSEN, GRÜNDER und STÖBER, 2003 / SUTHAR et al., 2013). Nach einer Erholungsphase bewegen sich die Ketonkörper-Werte der Versuchsgruppe bis zum 175. Tag der Laktation zwischen 0,9 bis 0,5 mmol/l. Innerhalb der Kontrollgruppe zeigt sich nach der Kalbung ein eher mäßiger Anstieg der Ketonkörper-Konzentrationen im Blut. Die Werte liegen stets im physiologischen Bereich und bewegen sich zwischen 0,7 bis 0,4 mmol/l bis zum 175. Laktationstag. Ab dem 175. Laktationstag nähern sich die Werte der Gruppen an und verlaufen bis Versuchsende auf einem ähnlichen Niveau.

Die differierenden Werte lassen sich vermutlich durch die signifikant unterschiedliche Glukose-Konzentration der beiden Milchviehherden erklären. Ketonkörper unterliegen dem oben erwähnten Rückkopplungsmechanismus zur Glukose. Dieser Rückkopplungsmechanismus zeigt sich zur Verdeutlichung in einem Versuch zur intravenösen Glukose-Applikation. Eine intravenöse Infusion von Glukose vermindert den Gehalt an BHBA im Blut dabei merklich (AMARAL-PHILLIPS et al., 1993 / AL-TRAD et al., 2009).

Die ermittelten Daten deuten zwar vordergründig auf eine bessere energetische Versorgung der Tiere in der Kontrollgruppe hin, verlaufen aber erwartungsgemäß zur Glukose-Verfügbarkeit (AMARAL-PHILLIPS et al., 1993 / REIST et al., 2002 / AL-TRAD et al., 2009). Dies spricht nach ROSSOW et al. (1984a, b / 1985) und STAUFENBIEL et al. (1987a / 1987b / 1987c / 1989a / 1989b / 1993) aber trotzdem für eine geringere Ausprägung der negative Energiebilanz. Die ermittelten BHBA-Werte für die Versuchsgruppe liegen demgegenüber zwar signifikant höher, zeigen aber keinerlei physio-pathologische Auswirkungen. Zudem bewegen sich die Werte größtenteils im gängigen Referenzbereich (DIRKSEN, GRÜNDER und STÖBER, 2003 / SUTHAR et al., 2013). Neben der Glukose

steht der Parameter β -Hydroxy-Butyrat (BHBA) auch mit der Energiebilanz, der RFD-Entwicklung und der Fruchtbarkeit in Zusammenhang (OIKONOMOU et al., 2008). Erhöhte Ketonkörper-Werte führen zu einer Atonie des Myometriums, wodurch der Transport der Eizelle und eine Nidation erschwert bzw. gänzlich verhindert werden (STAUFENBIEL, 1993c / REIST et al., 2000 / VAN WINDEN et al., 2003 / SCHMAUSSER, 2006).

Die signifikant höheren Ketonkörper-Werte der Versuchsgruppe zeigen aber keinen Einfluss auf die Fruchtbarkeitsleistung dieser Kühe. Trotz der signifikant erhöhten Ketonkörper-Werte konzipieren die Tiere der Versuchsgruppe deutlich früher als die Tiere der Kontrollgruppe. Ebenso wenig sprechen die Entwicklung und der Verlauf der RFD nach Meinungen der gängigen Literatur für eine energetisch schlechtere Versorgung der Versuchsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe (ROSSOW et al., 1985 / PIATKOWSKI, 1987 / LAURITSEN, 1987 / ROSSOW et al., 1989 / STAUFENBIEL et al., 1989a / 1989b / 1989c / STAUFENBIEL, 1993a / 1993b / 1993c / AL-TRAD et al., 2009).

5.5 Freie Fettsäuren / NEFA

Die mit der Laktation vermehrt einsetzende Fettmobilisation dient der Kompensation des Energiedefizits in der Früh-laktation und damit den unterschiedliche Stoffwechselprozesse als Energiequelle. Die freien Fettsäuren werden ins Blut sezerniert und gelangen über die Blutbahn zu den verschiedenen Geweben. In der Milchdrüse dienen sie zur Protein- und Milchfettsynthese. Ein Teil der freien Fettsäuren werden in der Leber zu Acetat, zu Ketonkörpern und zu Lipoproteinen umgebaut und werden anschließend wieder in die Blutbahn abgegeben (STAUFENBIEL et al., 1987b / STAUFENBIEL, 1993a). Somit besteht eine positive Beziehung zwischen den freien Fettsäuren und der Serum-Konzentration an Ketonkörpern im Blut ($r = 0,22$ für Versuchsgruppe, $r = 0,18$ für Kontrollgruppe im eigenen Material). Die Höhe der frei werdenden Fettsäuren wird von der Ausprägung der negativen Energiebilanz bestimmt und lässt daher auf die Energieversorgung während der Laktation schließen (BELL, 1980 / STAUFENBIEL, 1993a). Damit ermöglicht die Bestimmung der freien Fettsäuren (FFS) eine Quantifizierung der Mobilisation von Körperfettreserven. Die Konzentration an FFS entspricht folglich der Ausprägung der negativen Energiebilanz (REIST et al., 2000 / BUSATO, 2002). Durch den Einfluss der FFS auf die Progesteron-Konzentration und das damit verbundene geringere Gewicht des Corpus luteum haben erhöhte Konzentrationen negative Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit (JORRITSMA et al., 2003 / DAETZ, 2009), erhöhen das Risiko für eine verzögerten ersten Ovulation post partum (SHRESTHA et al., 2004) und führen zum Auftreten längere Rast- und Gützeiten (STAPLES et al., 1990 / NEBEL und MC GILLIARD, 1993 / MARKUSFELD et al., 1997 /

DOMECQ et al., 1997b / STAUFENBIEL et al., 2003 / BUTLER et al., 2006 / WINDIG et al., 2008).

In der zugrundeliegenden Studie waren jedoch über die Laktation keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen in der Konzentration der freien Fettsäuren zu erkennen. Beide Gruppen bewegten sich ab der 5. Woche post partum im Referenzbereich von unter 0,5 mmol/l (FÜRLL, 2004). Die Ergebnisse für die Serum-NEFA-Konzentration lassen daher keine Aussage über eine unterschiedliche Mobilisation von Fettgewebe und keine Aussage über eine unterschiedliche Energiebilanz während des Versuchs zu. Nur vom Partus bis zur 5. Laktationswoche bewegen sich die Konzentrationen an freien Fettsäuren über dem Referenzwert. Mit dem Verlauf der freien Fettsäuren können jedoch weder die signifikant niedrigeren Werte der Glukose, noch die signifikant höheren Werte der Ketonkörper der Versuchsgruppe erklärt werden. Die höheren Ketonkörper-Werte der Versuchsgruppe müssten demnach erwartungsgemäß mit höheren Spiegeln an freien Fettsäuren im Blut einhergehen. Höhere Blutwerte an freien Fettsäuren wiederum würden die niedrigeren Glukose-Konzentrationen konkretisieren (STAUFENBIEL et al., 1987b / STAUFENBIEL, 1993a / 1993b / 1993c).

Beide erwartungsgemäßen Reaktionen sind aus den erhobenen Daten aber zu keinem Zeitpunkt der Untersuchungen ersichtlich. Daher kann bei den BHBA- und Glukose-Werten der Versuchsgruppe von physiologischen Werten ausgegangen werden. Sowohl die Ketonkörper-Werte als auch die Glukose-Werte und die NEFA-Werte der Versuchsgruppe bewegen sich in den in der Literatur angegebenen Referenzbereichen und weisen keine Unregelmäßigkeiten auf (DIRKSEN, GRÜNDER und STÖBER, 2003 / SUTHAR et al., 2013). In beiden Milchviehherden ergeben sich nur leichte Unterschiede bezüglich der Verlaufskurve der freien Fettsäuren und erklären nicht die signifikanten Unterschiede in der Fruchtbarkeitsleistung. Außerdem verhalten sich die NEFA-Verlaufskurven darüber hinaus analog zum Verlauf der RFD und geben die negative und die ausgeglichene Energiebilanz über die Laktation wieder.

Aus diesen Gründen und anhand der bisher diskutierten Daten und der damit verbundenen Literatur ist es verwunderlich, dass sich in der vorliegenden Studie keinerlei Unterschiede im Verlauf der freien Fettsäuren ergeben haben. Vor allem die signifikante Erhöhung der Glukose-Werte auf der Seite der Kontrollgruppe hätte deutlich niedrigere NEFA-Werte und eine andere Fruchtbarkeitslage vermuten lassen. Ebenso hätten die signifikant erhöhten Ketonkörper-Werte der Versuchsgruppe infolge der positiven Korrelation höhere NEFA-Werte bedingen müssen. Da sich allerdings die Ketonkörper-Werte in einem physiologischen Bereich in der Versuchsgruppe bewegen, erklärt dies den Verlauf der NEFA-Werte. Ebenso sprechen die Daten der RFD bzw. die ähnliche Ausprägung der negativen Energiebilanz in

beiden Gruppen, sowie die besseren Fruchtbarkeitskennzahlen der Versuchsgruppe für physiologische NEFA-Verlaufskurven. Die NEFA-Verlaufskurve der Kontrollgruppe kann zwar primär mit den Ketonkörper-Werten, der RFD-Entwicklung und der Energiebilanz, jedoch nicht mit den Werten der Glukose und mit den längeren Rast- und Gützeiten in Verbindung gebracht werden.

5.6 Gesamt-Bilirubin

Steigende Bilirubin-Konzentrationen signalisieren kurzfristige Energiemangelzustände, können aber auch infolge einer erhöhten Hämolyse oder durch eine Leberfunktionsstörung auftreten. Bei einer unzureichenden Energieversorgung treten erhöhte Konzentrationen von Bilirubin aufgrund einer überschießenden Fettmobilisation, Leberbelastung oder Leberverfettung infolge eines Retentionsikterus auf. Hauptsächlich sollte der Verlauf des Bilirubins über die Laktation Aufschluss über energetische Mangelzustände geben und Unterschiede in der Ausprägung der negativen Energiebilanz aufzeigen.

Im zentralen Fokus dieser Studie stand ein möglicher Unterschied im Energiedefizit zwischen den Milchviehherden, die auf weichen Spaltenbodenaufgaben oder auf harten Spaltenboden gehalten werden. Aus diesem Grund sollte hier die Sonderform des hepatischen Ikterus, der Inanitionsikterus, untersucht werden. Bei dem Inanitionsikterus entsteht eine Hyperbilirubinämie infolge einer erhöhten Fettmobilisation (vgl. Kapitel 2.1.3.2.2). Diese Form deutet dabei nicht auf eine Leberfunktionsstörung, sondern auf einen Karenzzustand infolge reduzierter oder gänzlich eingestellter Futteraufnahme oder auf eine unterschiedliche Ausprägung der Energiebilanz in der Laktation hin (KRAFT und DÜRR, 2005).

Die erhobenen Bilirubin-Werte der vorliegenden Studie verhalten sich ähnlich wie die Werte der freien Fettsäuren. Ihre Verläufe ähneln sich sehr stark und zeigen weder auf Seite der Versuchsgruppe noch auf der Seite der Kontrollgruppe ungewöhnliche Werte. Beide Verlaufskurven entsprechen den Angaben in der Literatur, zeigen keine Auffälligkeiten und deuten nicht auf Unterschiede in der Energiebilanz hin. Nach den bis zu diesem Zeitpunkt diskutierten Daten wären in diesem Zusammenhang deutliche Unterschiede zu erwarten gewesen. Vor allem die Werte an Glukose und Ketonkörpern der Kontrollgruppe hätten dies wiederum vermuten lassen. Aufgrund der scheinbar besseren energetischen Versorgung der Kontrolltiere hätte eine niedrigere und flachere Verlaufskurve von Bilirubin im Vergleich zur Versuchsgruppe zur Klärung der Glukose- und Ketonkörper-Werte der Kontrollgruppe beigetragen. Allerdings verhalten sich die Bilirubin-Werte erwartungsgemäß zum Verlauf der NEFA-Werten und ergeben keine weiteren Aufschlüsse über eine unterschiedliche

energetische Lage in der Kontrollgruppe zur Versuchsgruppe und bilden ebenfalls keinen Anhaltspunkt für die unterschiedlichen Rast- und Gützeiten.

5.7 Milchleistung

Die bedeutendsten Mengen an Energie verliert die Milchkuh über die Synthese von Milch. Die Milchleistung stellt damit für den Stoffwechsel der Kuh energetisch die größte und anspruchsvollste Herausforderung dar. Gerade in der Frühlaktation fallen die höchste Milchleistung und das geringste Futteraufnahmevermögen zusammen. Es kommt unvermeidlich zur Ausprägung einer negativen Energiebilanz. Aus diesem Grund ist die Milchleistung für diese Studienarbeit ein geeigneter Parameter, um zum einen die Leistungen der Versuchsherde und der Kontrollherde miteinander zu vergleichen und zum anderen gegebenenfalls Rückschlüsse auf die Fruchtbarkeitsunterschiede, die Energiebilanz und auf Zusammenhänge mit der Bodenbeschaffenheit ziehen zu können.

Die Milchmengenmessung erfolgte durch das automatische Melksystem und im Rahmen der Milchleistungsprüfung durch das LKV. Diese Daten sind für die Auswertung verwendet und zueinander in Relation gesetzt worden. Statistisch ergeben sich für die Kontrollgruppe und für die Versuchsgruppen nahezu identische Milchleistungskurven, allerdings mit etwas unterschiedlichen Milchleistungsmengen. Zur besseren Beurteilung basiert der Milchleistungsvergleich auf der Berechnung der energiekorrigierten Milch (ECM) (vgl. Kapitel Ergebnisse 4.4). Die gemessene ECM-100-Tage-Milchleistung ergibt für die Kontrollgruppe 4.089 kg Milch und für die Versuchsgruppe 3.862 kg Milch. Damit weist die Kontrollgruppe eine um 227 kg höhere Milchleistung im Vergleich zur Versuchsgruppe auf. Der Einfluss der Bodenbeschaffenheit kann beim Merkmal Milchleistung als nicht signifikant eingestuft werden, lässt aber einen Trend zur höheren Milchleistung in den ersten 100 Laktationstagen in der Kontrollgruppe vermuten ($p = 0,0720$).

Bezieht man die Abhängigkeit der Milchleistung auf die RFD, auf die Glukose und die Fettmobilisation so wird auch der Einfluss der Milchleistung auf die Fruchtbarkeit ersichtlich. Je höher die Milchleistung, umso größer ist die zu erwartende negative Energiebilanz und umso niedriger die Verfügbarkeit von Glukose im Blut. Dadurch entsteht wiederum eine höhere Fettmobilisation mit höheren Ketonkörper-Werten. Daraus resultieren schließlich längere Intervalle zwischen den einzelnen Lutealphasen und eine spätere ovarielle Aktivität (STAPLES et al., 1990 / NEBEL und MC GILLIARD, 1993 / MARKUSFELD et al., 1997 / DOMECCQ et al., 1997b / LUCY, 2001 / REKSEN et al., 2001 / STAUFENBIEL et al., 2003 / BUTLER et al., 2006 / WINDIG et al., 2008 / POLLOTT und COFFEY, 2008 / GARMO et al., 2009). Folglich zeigen Kühe mit höheren Milchleistungen einen späteren Umschwung in den anabolen Stoffwechsel und weisen in Folge dessen spätere Ovulationsphasen auf

(CANFIELD und BUTLER, 1991 / WESTWOOD et al., 2002 / BUTLER, 2003 / PUSHPAKUMARA et al., 2003 / OIKONOMOU et al., 2008). Daher erklärt vermutlich die höhere Milchleistung der Kontrollgruppe deren längeren Rast- und Gützeiten (POLLOTT und COFFEY, 2008). Allerdings sind die Unterschiede in den Milchleistungsdaten nicht signifikant und geben lediglich eine Tendenz an, wohingegen die Unterschiede in den Rast- und Gützeiten hoch signifikant sind. Die tendenziell höhere Milchleistung bietet daher auf den ersten Blick für die vorliegende Untersuchung nur einen mäßigen Anhaltspunkt für die Unterschiede in der Fruchtbarkeit.

Neben dem Einfluss der Milchleistung auf die Fruchtbarkeit nimmt die RFD zum Abkalbetermin signifikant Einfluss auf die Milchleistung. Dabei geht eine gute körperliche Konditionierung einer guten Leistungsbereitschaft voraus (STAUFENBIEL et al., 1989b / 1989d / 1989e / STAUFENBIEL, 1993a / MC GILL University, 2009). Die Kühe der vorliegenden Studie sind mit nahezu gleichen Rückenfettdicken von circa 20 mm in die Laktation gestartet. Nach der oben aufgeführten Beschreibung verfügen damit beide Kuhherden über die gleiche Milchleistungsbereitschaft. Dazu weisen beide Kuhherden ein ähnliches genetisches Milchleistungspotential auf (vgl. Kapitel 3 Material und Methode Tabelle 3-1), so dass keine Unterschiede hinsichtlich der Milchleistung zu erwarten waren.

Vor dem Hintergrund einer höheren Milchleistung käme es dann wiederum analog dazu zu einer stärkeren und intensiveren Körperfett-Mobilisation. Durch den intensiveren Abbau benötigt die Phase des Wiederaufbaus der Körperfettressourcen mehr Zeit als bei Tieren mit niedrigeren Milchleistungen (FARRIES, 1981 und 1982 / STAUFENBIEL et al., 1989a / 1989b / 1989c / 1989d / 1989e / STAUFENBIEL, 1993a / 1993b / DAETZ, 2009). Damit gibt die tendenziell höhere Milchleistung im Ansatz die RFD-Entwicklung der Kontrolltiere wieder. Der deutlich spätere Umschlag in die anabole Phase ist aber nicht generell durch die tendenziell erhöhte Milchleistung zu erklären. Schließlich bewegen sich beiden Gruppen auf einem annähernd gleichen Milchleistungsniveau.

Daneben geben in keiner Weise die signifikanten Unterschiede in den Glukose- und Ketonkörper-Werten der Kontrollgruppe die Milchleistungssituation wieder. Frei verfügbare Glukose dient während der Früh-laktation vorwiegend zur Milchsynthese und die Glukoseaufnahme ins Euter wird in dieser Phase durch eine Unempfindlichkeit der peripheren Gewebe gegenüber Insulin gefördert (STAUFENBIEL, 1987a / 1993a / 1993b / ROSSOW, 2008b). Steht dem Stoffwechsel demnach mehr freie zirkulierende Glukose zur Verfügung, dient diese einer höheren Laktosesyntheserate. Laktose wiederum bindet Wasser und bedingt durch ihre hohe Osmolarität eine höhere Milchleistung. Allerdings werden in der Literatur zur höheren Milchleistungen deutlich geringere Glukose-Werte im Blut beschrieben (ANDERSON et al., 2005 / WATHES, 2006 / POLLOTT und COFFEY,

2008 / DE FEU et al., 2009 / HAMMON et al., 2010 / SCHLAMBERGER et al., 2010 / CARBONNEAU et al., 2012).

Daher ist die signifikant hohe Glukose-Konzentration der Kontrolltiere nicht mit einer höheren Milchleistung zu erklären. Sicherlich tragen die höheren Glukose-Werte durch den gerichteten Glukosestrom zur tendenziell höheren Milchleistung bei. Die höhere Milchleistung erklärt dementsprechend aber nicht die signifikant höheren Glukose-Werte der Kontrollgruppe. Es sind auch keine Unterschiede in der Leberbelastung ersichtlich, die die unterschiedlichen Glukose-Werte aufklären könnten. Der Leberstoffwechsel in beiden Gruppen unterlag den gleichen Belastungen und hatten die gleiche Möglichkeit Glukose zu synthetisieren – Phänomene, die am Verlauf der RFD, der freien Fettsäuren und am Bilirubin abgelesen werden können. Die Glukose-Werte der Versuchsgruppe bewegen sich ohnehin im Referenzbereich. Die Glukose-Werte der Kontrollgruppe liegen sogar teilweise deutlich über dem Referenzbereich.

Zu den Ketonkörper-Konzentrationen ist zu sagen, dass die signifikant höheren Werte der Versuchsgruppe keine Milchleistungseinbußen (ECM) ergeben haben. Ohnehin stellen die Werte der Versuchsgruppe physiologische Konzentrationen dar. Widersprüchlich sind hingegen die Werte der Kontrollgruppe mit den signifikant höheren Glukose-Werten, den signifikant niedrigeren Werten der Ketonkörper, der Entwicklung der RFD und der tendenziell höheren Milchleistung. Vermutlich resultieren die signifikant niedrigeren Ketonkörper-Werte der Kontrollgruppe mit hoher Wahrscheinlichkeit aus den analog signifikant höheren Glukose-Konzentrationen (AMARAL-PHILLIPS et al., 1993 / REIST et al., 2002 / AL-TRAD et al., 2009).

Die Höhe der freien Fettsäuren ist, wie bereits beschrieben, an die Ausprägung der negativen Energiebilanz gekoppelt (REIST et al., 2000 / BUSATO, 2002). Die Verlaufskurven der freien Fettsäuren in beiden Gruppen zeigen keine Unterschiede. Das entspricht einem gleichen Energiedefizit in der Früh lactation und einer gleichen Mobilisation von Körperfettgewebe. Die Verlaufskurven der freien Fettsäuren reflektieren damit die Entwicklung der RFD und projizieren die annähernd identische Milchleistung. Die erarbeiteten Bilirubin-Werte verhalten sich ähnlich zu den NEFA-Verlaufskurven. Die Bilirubin-Werte dieser Studie sprechen ebenfalls gegen Unterschiede im Energiehaushalt und geben keinen Aufschluss über eine unterschiedliche negative Energiebilanz und Leberbelastung.

Eine mögliche Ursache bezüglich der geringeren Milchleistung in der Versuchsgruppe könnte in der Annahme liegen, dass durch eine höhere Aktivität der Kühe auf elastischen Bodenbelägen die Milchleistung sinkt (BENZ, 2002 / HOLMES, 2008 / PLATZ et al., 2008 / O'DRISCOLL et al., 2009 / BERGSTEN, 2010 / KREMER et al., 2012). Höhere Aktivitäten

werden mit längeren Standzeiten und kürzeren Liegezeiten in Verbindung gebracht (FREGONESI et al., 2004). Änderungen in der Liegezeit wiederum werden mit Änderungen in der Milchleistung assoziiert. Geringere Liege- und Ruhezeiten verursachen demnach einen geringen Blutfluss im Euter und mindern die Milchleistung (RUUD et al., 2010 / GRANT, 2011). Eine Studie von FREGONESI et al. (2004) zeigt allerdings keine Unterschiede im Steh- und Liegeverhalten bei Kühen, die auf elastischen oder unelastischen Böden gehalten werden. Gleichermaßen finden sich bei KREMER et al. (2006 / 2012) zwar eine höhere Aktivität der Tiere auf elastischen Bodenbelägen, aber keine Unterschiede bezüglich der Milchleistung. In wie weit die Aktivität der Kühe für die Ergebnisse dieser Arbeit bedeutenden Einfluss auf die Milchleistung nimmt, ist schwer zu beurteilen, da im Rahmen dieser Arbeit keine Untersuchungen zur Aktivitätsmessung oder zum Liegeverhalten gemacht worden sind. Die Aktivität kann aber ein möglicher Erklärungsansatz für die tendenziell geringe Milchleistung in der Versuchsgruppe sein.

Abschließend kann zur Milchleistung gesagt werden, dass sie keinen entscheidenden Ansatzpunkt für die Erklärung der signifikant unterschiedlichen Rast- und Gützeiten bietet. Die Milchleistungskurven verlaufen nahezu identisch und verdeutlichen nicht die Energiebilanz vor allem in der Kontrollgruppe. Für eine höhere Milchleistung auf der Seite der Kontrollgruppe sprechen auch nicht die signifikant höheren Glukose- und die signifikant niedrigeren Ketonkörper-Werte. Nur beim Verlauf der Rückenfettdicke und der damit verbundenen längeren Phase der ausgewogenen Energiebilanz lässt sich die höhere Milchleistung ablesen. Somit bedürfen die Unterschiede in der Dauer der ausgeglichenen / leicht negativen Energiebilanz und der längeren Rast- und Gützeiten sowie der signifikant höheren Glukose-Werte womöglich einen anderen Erklärungsansatz.

Zusammenfassende Bewertung

Für das Merkmal Rastzeit und das Merkmal Gützeit besitzt die Bodenbeschaffenheit als fixer Effekt im Vergleich der beiden Gruppen einen signifikanten Einfluss von $p < 0,01$ und $p < 0,05$. Werden zusammenfassend die zugrundeliegenden Ergebnisse der Rast- und Gützeiten auf die erarbeiteten Untersuchungsparameter und auf die aufgeführte Literatur bezogen, so ergeben sich dabei einige Auffälligkeiten: Die signifikant höheren Blutglukose-Konzentrationen sowie die signifikant niedrigeren Ketonkörper-Konzentrationen der Kontrollgruppe sprechen in erster Linie für eine geringere Ausprägung der negativen Energiebilanz bzw. für ein geringeres Energiedefizit in der Phase der Frühaktation. Die enge Beziehung zwischen der Fruchtbarkeit, der Energiebilanz und der verfügbaren Glukose steht dabei außer Frage.

Die Werte der Kontrollgruppe lassen daher anhand der Blutparameter im Vergleich zur Versuchsgruppe eine deutlich bessere Fruchtbarkeitssituation erwarten. Faktisch sind die Rast- und Gützeiten der Kontrollgruppe aber signifikant länger bzw. sind die Fruchtbarkeitskennzahlen der Versuchsgruppe signifikant kürzer. Für die schlechtere Fertilität der Kontrollgruppe sprechen auf den ersten Blick sicherlich die etwas unterschiedlichen Milchleistungen. Allerdings liegen bei der Milchleistung nur tendenzielle Unterschiede vor und keine Signifikanzen. Damit ist auch anhand der Milchleistung eine andere Fruchtbarkeitslage zu erwarten. Deutlicher spricht da die Entwicklung der RFD für die längere Rast- und Gützeiten der Kontrollgruppe. Eine längere katabole bzw. ausgewogene Energiebilanz geht nach den Angaben in der Literatur mit später einsetzenden Ovulationen bzw. Konzeptionen einher und würde die schlechteren Fruchtbarkeitskennzahlen erklären. Warum sich allerdings eine längere Phase der negativen Energiebilanz, die tendenziell höhere Milchleistung und die signifikant höheren Glukose-Werte und die signifikant niedrigeren Ketonkörper-Werte ergeben, obwohl die Tiere bis auf die Bodenbeschaffenheit gleichen Gegebenheiten unterlagen, ist fraglich bzw. bleibt erklärungsbedürftig.

Werden aber alle diese Widersprüche zueinander in Beziehung gesetzt, so lässt sich erkennen, dass sogar in der Phase der Frühaktation mit der höchsten Milchleistung und dem geringsten Futteraufnahmevermögen die Tiere der Kontrollgruppe deutlich höhere Glukose-Werte aufweisen als die Tiere der Versuchsgruppe. Der Glukose-Spiegel liegt dabei sogar teilweise über dem physiologischen Referenzbereich (STÖBER und GRÜNDER, 1990 / 2003 / FÜRLL, 2004). Die Ketonkörper-Werte hängen an dem Rückkopplungsmechanismus zur Glukose und bedürfen keiner weiteren Erklärung (AMARAL-PHILLIPS et al., 1993 / AL-TRAD et al., 2009). Demgegenüber zeigen die Verlaufskurven der freien Fettsäuren und die Verlaufskurven von Bilirubin im direkten Vergleich zwischen den einzelnen Gruppen nahezu identische Verläufe. Dieses Phänomen spricht für eine gleichartige Mobilisation von

Körperfettreserven und für eine gleiche Ausprägung der negativen Energiebilanz.

Stellt man diesen Ergebnissen die Ergebnisse der RFD-Entwicklung gegenüber, so erkennt man wiederum eine nahezu gleiche Ausprägung der negativen Energiebilanz. Allerdings mit der beschriebene längere Phase der ausgewogenen bis leicht negativen Energiebilanz auf der Seite der Kontrollgruppe. Daraus wird ersichtlich, dass beide Gruppen zwar ein ähnliches Energiedefizit in der Früh-laktation aufweisen, aber jeweils unterschiedliche Umschlagspunkte in die anabole Stoffwechsellage. Die ausgewogene Energiebilanz schlägt sich verständlicherweise nicht in den Verlaufskurven der freien Fettsäuren und von Bilirubin nieder und erklärt plausibel die gleichen Verläufe zwischen den beiden Gruppen. Die Leberbelastung stellt sich nach dem Verlauf der RFD und nach den Verlaufskurven der freien Fettsäuren und des Bilirubins über die gesamte Laktation als gleich dar. Somit sind die Voraussetzungen und Möglichkeiten der Leber für beide Gruppen identisch.

Das erklärt daher nicht die signifikanten Unterschiede in den Glukose-Werten. Auch die tendenziell höhere Milchleistung der Kontrollgruppe erklärt nicht die signifikant höheren Glukose-Werte. Höhere Glukose-Werte werden bei Kühen mit niedrigeren Milchleistungen gefunden und nicht bei Tieren mit höheren Milchleistungen. Die hohen Glukose-Werte und deren Verlauf, die höhere Milchleistung sowie der deutlich spätere Umschwung in die anabole Phase sprechen daher verstärkt für ein nicht physiologisches Geschehen bei den Tieren der Kontrollgruppe zum Zeitpunkt der Untersuchung.

Allerdings sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass die kürzeren Rast- und Gützeiten der Versuchsgruppe gegebenenfalls auf ein höheres Aktivitätsniveau und damit auf eine bessere Brunsterkennungsrate zurückgeführt werden könnten. Ebenso könnten die niedrigeren Glukose-Werte durch die höhere Aktivität erklärt werden, woraus wiederum die geringeren Milchleistungen resultieren könnten. Letztendlich könnte dann noch die höhere Aktivität geringere Liegezeiten hervorrufen, die einen niedrigeren Blutfluss im Euter bedeuten und so die niedrigere Milchleistung weiter erklären.

Die oben aufgeführten Widersprüche zwischen der Fruchtbarkeit, der RFD, den Blutparametern und der Milchleistung, die vor allem bei der Kontrollgruppe zu erkennen sind, lassen aber einen pathologischen Vorgang vermuten. Es wäre möglich, dass die Tiere der Kontrollgruppe unter einem erhöhten Einfluss des Steroidhormones Cortisol stehen. Aus diesem Grund wird im Folgenden der Wirkmechanismus von Cortisol beschrieben und auf die herausgearbeiteten Daten dieser Studie projiziert.

5.8 Cortisol

Cortisol zählt zu den glucocorticoidalen Steran-Abkömmlingen. Es reguliert die Metabolisierung von Kohlenhydraten, Fetten und Proteinen und besitzt auf den Stoffwechsel der Kuh bezogen eine allgemein katabole Wirkung. Unter dem Einfluss von Cortisol steigen die Konzentrationen von Glukose, freien Fettsäuren, freien Aminosäuren und Harnstoff im Blut an (VON ENGELHARDT et al., 2000).

Durch endogene und exogene, abiotische und biotische Stressoren (vgl. Kapitel 2.3.2.4 Stressoren und Cortisol) wird die Cortisol-Ausschüttung im Körper angeregt. Dabei dient Cortisol zur Anpassung des Körpers an die eigentliche Stresssituation (SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2001). Unter normalen Umständen unterliegt der Cortisol-Spiegel beim Rind einer klaren Tagesdynamik. Diese Tagesdynamik wird allerdings in Stresssituationen bzw. durch Stressoren wie Angst, Krankheit und Schmerz ausgesetzt (FÜRLI et al., 1998a / FEIST, 2004). Exogene und endogene Stressoren beim Rind sind neben Schmerzen, Krankheit und Angstzuständen klimatische Bedingungen, Stalleinrichtungen, wie schlechte ausgestattete und formulierte Liegebuchten und andere Stressreize, die das Wohlbefinden der Tiere zu stören im Stande sind.

In der vorliegenden Studie sind bis auf die unterschiedliche Bodenbeschaffenheit alle Bedingungen gleich. Daher kam die Vermutung auf, dass die widersprüchlichen Ergebnisse in der Fruchtbarkeit, der RFD-Entwicklung und beim Blutparameter Glukose in der Bodenbeschaffenheit zu suchen sind. So bedingt gegebenenfalls der harte Betonboden eine chronische Stresssituation mit Schmerzen für die Kühe der Kontrollgruppe. Infolge dessen das Wohlbefinden der Tiere allgemein gemindert ist und der Stressreiz eine erhöhte Cortisol-Ausschüttung bewirken könnte.

Ein Grund für möglich erhöhte Cortisol-Werte in der Kontrollgruppe könnte also in der Härte des Betonbodens liegen. Dieser Mechanismus könnte zusätzlich noch durch die negative Energiebilanz in der Früh lactation verstärkt worden sein. Schließlich dient in der Früh lactation nicht nur das subkutane Fettgewebe zur Pufferung der negativen Energiebilanz, sondern jegliche im Körper vorkommenden Fettlager, so beispielsweise auch das Fettlager im Ballen. Das sogenannte Ballenpolster, Torus unguiae, dient der Stoßbrechung und federt das Körpergewicht beim Laufen ab (HABERMEHL, 1996 / SCHOONMAKER, 2012). Im Zuge der physiologischen Fettmobilisation und der Ballenpolsterabnahme würde möglicherweise der Einfluss des harten Betonbodens auf das Wohlbefinden der Kühe der Kontrollgruppe noch zusätzlich verstärkt. Die Daten aus der zu dieser Arbeit parallel gelaufenen Studie von GÜNTHER (persönliche Mitteilung) spiegeln diese Vermutung wieder. Bei den Klauendaten haben sich signifikante Unterschiede bezüglich der Ballenhöhe am 150. Laktationstag ($p < 0,01$) ergeben. Die Kühe der

Versuchsgruppe besitzen höhere Ballenpolsterauflagen analog zur gemessenen statistisch signifikant größeren Ballenhöhe. Damit spiegelt die Ballenhöhe den Verlauf der RFD ziemlich genau wieder. Ein geringeres Ballenpolster führt zu einer geringeren Stoßbrechung in der Klaue und könnte höhere Schmerzbelastungen verursachen. Dieser Effekt könnte den Stressreiz, der von dem harten und unelastischen Betonboden bereits ausgeht, zusätzlich verstärken. Die Kühe der Kontrollgruppe wären demzufolge durch ein signifikant geringeres Ballenpolster mehr Stress in Form von Schmerzen ausgesetzt gewesen, wodurch die Ausschüttung von Cortisol über normale Werte und über die normale Tagesdynamik hinausgehen würde.

In der Literatur werden Stress bzw. erhöhte Cortisol-Konzentrationen, neben den aufgeführten Veränderungen im Blut, für eine verminderte Konzeptionsrate verantwortlich gemacht (DOBSON et al., 2001). Die Wirkung von Cortisol bedingt einen negativen Einfluss auf die Zyklusaktivität bzw. auf die Aktivität der Eierstöcke (COLLICK et al., 1989 / DOBSON und SMITH, 2000 / HERNANDEZ et al., 2001 / MELENDEZ et al., 2003 / GARBARINO et al., 2004 / DOBSON et al., 2008 / WALKER et al., 2008). So supprimiert Cortisol die Reifung des Tertiärfollikels, blockiert das Ovulationsgeschehen und verschlechtert die reproduktive Leistung von Milchkühen (FÜRLI et al., 1998a / FEIST, 2004). Der Einfluss von Cortisol könnte die schlechtere Fruchtbarkeit der Kontrollgruppe erklären und die längeren Rast- und Gützeiten plausibel erscheinen lassen. Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit und Auswirkungen auf andere Parameter entstehen jedoch nur bei chronisch erhöhten Cortisol-Werten im Blut bzw. bei chronischen Stressreizen und nicht bei kurzfristigen Stimuli (RIVIER und RIVEST, 1991 / WILSON et al., 1998 / MORRIS et al., 2011 / PEAKE et al., 2011).

Der Einfluss von Cortisol würde auch die Verlaufskurve der Rückenfettdicke und die verminderte Rückenfettdicke der Kontrolltiere zum Laktationsende erklären (WALKER et al., 2008). Unter der katabolen Wirkung von Cortisol könnte die RFD-Zunahme verzögert worden sein und so den um 70 Tage späteren Umschwung in die anabole Phase auf der Seite der Kontrollgruppe erklären. Der spätere Umschwung wiederum erklärt plausibel die schlechtere Konditionierung zum Versuchsende (COLLICK et al., 1989 / DOBSON und SMITH, 2000 / HERNANDEZ et al., 2001 / MELENDEZ et al., 2003 / GARBARINO et al., 2004 / DOBSON et al., 2008 / WALKER et al., 2008). So entstehen als Beispiel verminderte Körperkonditionen lahmer Kühe in Untersuchungen von VON ENGELHARDT et al. (2000) und WALKER et al. (2008) nicht aufgrund einer mangelnden Futteraufnahme, sondern gehen auf den erhöhten Einfluss von Cortisol auf den Stoffwechsel und dessen katabole Wirkung zurück. Lahme Kühe zeigen bei WALKER et al. (2008) keine Verhaltensänderungen in ihrer Futteraufnahme oder in ihrem Futteraufnahmevermögen. Lediglich im Steh- und Liegeverhalten sind deutliche Unterschiede auszumachen. Damit

könnte die geringe Körperkondition zum Versuchsende ebenfalls mit dem Betonboden in Verbindung gebracht werden und die erhobenen Daten der Kontrollgruppe verdeutlichen.

Eine Studie von EICHER et al. (2013) zu chronischen Schmerzen und unterschiedlichen Bodenbelägen im Laufstallsystem unterstreicht diese Hypothese. Dabei sind die Kühe auf weichen Bodenbeschaffenheiten weniger chronischen Entzündungen ausgesetzt als Kühe, die auf hartem Betonboden gehalten werden. Jedoch sind in dieser Studie keine Unterschiede zwischen den Cortisol-Konzentrationen gefunden worden, obwohl zwischen den Untersuchungsgruppen eine unterschiedliche Menge an Interleukin-1 β (IL-1 β) gefunden worden ist. Interleukin-1 β zählt zu den Zytokinen. Zytokine wirken als Immunmodulatoren und werden bei Abwehrreaktionen aus Monozyten freigesetzt (DALEY et al., 1991 / RIOLETT et al., 2001). Interleukin-1 β ist ein hochwirksames Zytokin – es induziert Fieber, einen Anstieg neutrophiler Granulozyten, der Thrombozyten und der Sekretion der Akuten-Phase-Proteine-Gruppe aus der Leber. Zusätzlich bewirkt IL-1 β bei Entzündungsreaktionen eine vermehrte Bildung von Prostaglandinen, stimuliert die Ausschüttung von ACTH sowie die Freisetzung von Interleukin-6 und dadurch die Ausschüttung von Cortisol (RIVEST et al., 2000 / DINARELLO, 2005). Daher ist es nicht leicht erklärbar, warum in der Studie von EICHER et al. (2013) keine unterschiedlichen Konzentrationen bezüglich Cortisol gefunden worden sind, obwohl die Untersuchung auf Cortisol und Stress basiert (EICHER et al., 2013). Allerdings bedingt nach RIVIER und RIVEST (1991) nur chronischer Stress lang anhaltende Stoffwechselveränderungen und auswertbare Unterschiede in den Basalwerten von Stoffwechselfparametern.

Eine zusätzliche Stichproben-Untersuchung (n = 176) von Plasma-Rückstellproben aus dem eigenen Versuch auf die Cortisol-Konzentration durch den Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians Universität München ergab allerdings ähnliche Ergebnisse wie bei EICHER et al. (2013). Es ergaben sich keine aussagekräftigen Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe. Das Signifikanzniveau lag bei $p > 0,6129$ (Ergebnisse wurden nicht explizit aufgeführt).

Die Hypothese zum erhöhten Stressaufkommen auf Betonspalten wird durch die Untersuchung von TELEZHENKO et al. (2007) aber weiter unterstützt. In seiner Studie bevorzugten die Tiere die weichen und extra weichen Bodenbeläge und zeigen eine signifikant höhere Bevorzugung von elastischen Bodenbelägen. In der Literatur erhöhen weiche Bodenbeläge im Allgemeinen das Wohlbefinden und unterstützen dementsprechend artspezifische Verhaltensweisen von Rindern (TELEZHENKO et al., 2007 / BERGSTEN, 2010 / KREMER et al., 2012).

Allerdings unterstreichen nicht nur die Unterschiede in der Rast- und Gützeit und die Entwicklung der RFD die Stress-Hypothese, sondern auch die signifikant erhöhten Glukose-Werte der Kontrolltiere (KREUTZIG, 1993 / VON ENGELHARDT et al., 2000 / FEIST, 2004). Höhere Glukose-Werte würden unter physiologischen Bedingungen eine bessere Energiebilanz mit sich bringen, die Fettsäuresynthese anregen und mit einer Zunahme der RFD einhergehen (STAUFENBIEL, 1993a / 1993b / REIST et al., 2002 / WEBER et al., 2013). Höhere Glukose-Konzentrationen würden ebenfalls die Fruchtbarkeit positiv beeinflussen und die Rast- und Gützeiten verkürzen. Unter Cortisol-Einfluss sind allerdings auch höhere Glukose-Werte zu erwarten, jedoch mit einer stärker ausgeprägten negativen Energiebilanz, mit verminderten Körperkonditionen und mit längeren Rast- und Gützeiten. Damit sprechen die Ergebnisse für das Merkmal Glukose bei den Kühen der Kontrollgruppe stark für den Einfluss von erhöhten Cortisol-Konzentrationen (COLLICK et al., 1989 / FÜRLL et al., 1998a / DOBSON und SMITH, 2000 / HERNANDEZ et al., 2001 / MELENDEZ et al., 2003 / FEIST, 2004 / WALKER et al., 2008 / HECKEL, 2009). Die tendenziell höhere Milchleistung lässt sich durch die höhere Glukose-Verfügbarkeit unter Cortisol und der Osmolarität von Laktose in gleicher Weise erklären.

Dieser Mechanismus der Cortisol-Wirkung und Cortisol-Ausschüttung kann ein Erklärungsansatz für die eingeschränkte reproduktive Leistung und für die spätere Zunahme der Rückenfettdicke und die verminderte Konditionierung zum Laktationsende, für die signifikant höheren Glukose-Werte und die leicht höhere Milchleistung der Kühe der Kontrollgruppe sein (COLLICK et al., 1989 / FÜRLL et al., 1998a / DOBSON und SMITH, 2000 / HERNANDEZ et al., 2001 / MELENDEZ et al., 2003 / WALKER et al., 2008).

Folgeuntersuchungen sollten die Hypothese weiter verifizieren sowie den Einfluss von erhöhten Cortisol-Konzentrationen näher bestimmen. Nur so ist es möglich, die oben angenommene Vermutung der unterschiedlichen Stress- und Schmerzsituationen des Nutztieres Rind zu belegen. Allerdings sollte dabei immer auch beachtet werden, dass Cortisol im Blut unter Stress auf Grund einer Manipulation am Tier kurzfristig temporär erhöht sein kann. Nach eigenen subjektiven Erfahrungen reagierten die Kühe auf dem elastischen Gummiboden deutlich wehrhafter bei der Blutentnahme als die Tiere der Kontrollgruppe auf Betonboden. Dieser Eindruck lässt sich gegebenenfalls aufgrund der besseren Klauengesundheit erklären. Die Cortisol-Untersuchung sollte daher anhand von Kotproben spezifiziert werden, um zweifelhafte Ergebnisse zu vermeiden. Kotproben weisen den Cortisol-Spiegel der letzten 24 Stunden auf und unterliegen keinen plötzlichen Konzentrationsänderungen infolge gestresster Tiere.

6. Schlussfolgerungen

In dieser Arbeit ist es gelungen, die Ergebnisse von KREMER et al. (2012) in Bezug auf die Rast- und Gützeiten zwischen Kühen auf Gummiböden und Kühen auf Betonböden zu reproduzieren bzw. zu verifizieren. Zur Reproduzierbarkeit der Fruchtbarkeitskennzahlen wurde zwischen den Gruppen zusätzlich kein signifikanter Unterschied in der ECM-100-Menge festgestellt. Allerdings konnten bemerkenswerte Unterschiede im Verlauf der Körperkondition zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe verzeichnet werden. Die erhobenen Stoffwechselfparameter konnten dies jedoch nur bedingt erklären. Als mögliche Ursache wurde daher hypothetisch ein möglicher Unterschied in Bezug auf den Cortisol-Spiegel zwischen der Versuchsgruppe und der Kontrollgruppe diskutiert. Schlussfolgernd scheint es in der Auswertungsphase dieser Arbeit im Rahmen der Tiergesundheit und der damit verbundenen Nachhaltigkeit sinnvoll und wünschenswert zu sein, elastische Bodenbeläge im Laufstallsystem von Milchkühen zu etablieren.

7. Zusammenfassung

Zielsetzung der vorliegenden Arbeit war es herauszufinden, ob die Beschaffenheit der Bodenfläche im Laufstallsystem einen reproduzierbaren Einfluss auf die Fruchtbarkeitsparameter Rast- und Gützeit nimmt und ob die vermuteten Unterschiede in einer unterschiedlichen Ausprägung der negativen Energiebilanz zwischen den Versuchsgruppen begründet liegen.

Daraus ergab sich die Zieldefinition dieser Studie mit folgender Fragestellung: Beeinflussen elastische Gummimattenauflagen den Stoffwechsel von Milchkühen und verbessern demnach die Fruchtbarkeitsmerkmale Rast- und Gützeit im Vergleich zu Betonspaltenboden?

Um dieser Fragestellung nachzugehen, wurden die

- Rückenfettdicke (RFD) mittels Ultraschall und
- weitere Parameter für die Energiebilanz

der Milchviehherde am Lehr- und Versuchsgut der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München in Oberschleißheim untersucht. Die Untersuchung fand an 82 Kühen der Rassen Deutsches Fleckvieh, Deutsche Holsteins und deren Wechselkreuzungen statt. Bei allen Kühen wurden über den Zeitraum einer Laktation im wöchentlichen Abstand die aufgeführten Parameter untersucht. Sowohl in der Kontrollgruppe (Beton) als auch in der Versuchsgruppe (Gummi) befanden sich jeweils 41 Tiere, die für die Auswertung herangezogen worden sind.

Die RFD diente der präpartalen Konditionsbeurteilung und zur Beurteilung der negativen Energiebilanz während der Laktation. Die Messung fand mittels eines Ultraschallgerätes nach dem von STAUFENBIEL und SCHRÖDER (2006) beschriebenen Verfahren statt. Zur Bestimmung der Energiebilanz wurden darüber hinaus Serum- und Plasmablutproben entnommen. Anhand der Blutproben wurden die Kenngrößen

- Glukose,
- Ketonkörper bzw. β -Hydroxy-Butyrat,
- nicht veresterte Fettsäuren (NEFA) und
- Bilirubin

bestimmt.

Über einen Zeitraum von insgesamt 18 Monaten wurden 3.840 Blutproben genommen und ebenso viele RFD-Messungen durchgeführt.

Der Milchentzug fand in beiden Gruppen über ein automatisches Melksystem (AMS) statt. Die Milchleistungsdaten wurden sowohl über das AMS als auch über das Landeskuratorium

der Erzeugerringe für tierische Veredelung (LKV) Bayern erfasst und aufgezeichnet. Neben der Milchmenge wurden durch das LKV auch die Protein- und Eiweißgehalte der Milch ermittelt, so dass eine energiekorrigierte Milchmenge (ECM) über die ersten 100 Laktationstage berechnet werden konnte.

Alle ermittelten Studiendaten wurden mit dem Statistikprogramm SAS 9.3 unter Verwendung einer Varianz-Mischmodelanalyse (SAS-Prozedur "mixed") ausgewertet. Aus den erhobenen Daten ergaben sich für die Versuchsgruppe signifikant niedrigere Rast- und Gützeiten im Vergleich zur Kontrollgruppe. Die mittleren Rastzeiten in der Versuchsgruppe lagen dabei um 29 Tage ($p < 0,01$) und die mittleren Gützeiten um 37 Tage ($p < 0,05$) niedriger.

Ein weiterer Unterschied ließ sich auch im Verlauf der Rückenfettdicke erkennen. Die Abnahme der RFD erfolgte bei beiden Gruppen bis zum 140. Laktationstag relativ ähnlich. Ab dem 140. Laktationstag nahm die Rückenfettdicke der Versuchsgruppe bereits wieder zu, während eine Zunahme der RFD auf der Kontrollseite erst ab dem 210. Laktationstag zu erkennen war. Zudem erreichten die Tiere der Versuchsgruppe zum Versuchsende (305. Laktationstag) eine RFD wie zu Versuchsbeginn. Die Tiere der Kontrollgruppe erreichten diese Werte regelmäßig nicht.

Demgegenüber stehen die Werte der Kontrollgruppe für den Parameter Blutglukose, diese waren bis zum 130. Laktationstag signifikant höher als in der Versuchsgruppe. Erst ab diesem Zeitpunkt näherten sich die Werte an und verliefen bis zum Ende der Versuchsphase nahezu identisch. Die Konzentration der Ketonkörper (BHBA) war demgegenüber bei den Tieren der Versuchsgruppe bis zum 175. Tag signifikant höher. Erst ab dem 175. Laktationstag näherten sich diese Werte wieder an. In der Serum-NEFA-Konzentration und bei den Gesamtbilirubin-Werten waren keine deutlichen Unterschiede zwischen den beiden Gruppen zu erkennen.

Zusammenfassend und abschließend kann gesagt werden, dass die Studie signifikante Unterschiede in den Rast- und Gützeiten festgestellt hat. Darauf aufbauend lag der Untersuchung die anfangs erwähnte Hypothese zu Grunde, kürzere Rast- und Gützeiten von Kühen auf Gummiboden könnten auf eine bessere Stoffwechsellage zurückgeführt werden. Die früher einsetzende Zunahme der RFD bei der Versuchsgruppe unterstreicht diese Annahme ebenso der Verlauf der RFD über die Laktation. Dagegen sprechen die Glukose- und Ketonkörper-Werte der Versuchsgruppe und die Werte der Kontrollgruppe. Die Hypothese, dass Unterschiede in der Rast- und Gützeit bzw. in der Stoffwechselsituation auf Unterschiede in der Laufflächenbeschaffenheit zurückzuführen sind, kann aber dennoch als bestätigt aufgefasst werden.

Werden allerdings nur die Daten der Kühe aus der Kontrollgruppe betrachtet, so fallen deutliche Unregelmäßigkeiten auf. Höheren Glukose-Werten und niedrigeren Ketonkörper-

Werten stehen längere Rast- und Gützeiten sowie eine spätere Rückenfettdicken-Zunahme, verminderte Körperkonditionen zum Versuchsende und eine tendenziell höher Milchleistung gegenüber. Dies widerspricht in einigen Fällen den Angaben aus der wissenschaftlichen Literatur.

Dadurch ist eine Folgehypothese aufgrund der vorliegenden Daten entstanden und sollte in weiteren Studien überprüft werden. Dabei liegt die Annahme darin, dass Kühe auf harten und unelastischen Spaltenböden eventuell einem erhöhten Einfluss von Cortisol infolge von mehr Stress und Schmerzen ausgesetzt sein könnten.

Erhöhte Cortisol-Konzentrationen verursachen längere Rast- und Gützeiten, sowie höhere Glukose-Werte, eine katabole Stoffwechsellage und verminderte Körperkonditionen. Ebenfalls könnte aus der cortisolbedingten erhöhten Glukosekonzentration eine tendenziell höhere Milchleistung abgeleitet werden, die aufgrund des zum Euter gerichteten Glukosestroms und durch die Osmolarität von Laktose entstehen würde.

8. Summary

The aim of the study was to evaluate whether there is a reproducible effect of different floorings in loose housing systems on the fertility rates of days open (DO) and days to first breeding (DFB). Another aim was to assess whether the possible effects are due to a different characteristic of the negative energy balance between the test groups.

The study focuses on the following question:

Does rubber matted slatted flooring affect the metabolism of dairy cows and therefore improve fertility traits such as days open and days to first breeding in comparison with concrete slatted flooring?

In order to answer this question we examined 82 dairy cows at the Livestock Center Oberschleissheim, Ludwig-Maximilians-University Munich regarding their

- back fat thickness (BFT) and their
- energy balance (EB).

The examination was conducted on cows and heifers originating from the breeds German Holstein, German Fleckvieh and their crossbreds. During the whole lactation period, the parameters of all cows were measured at weekly intervals.

The control group (concrete flooring) and the examination group (rubber flooring) consisted of 41 cows each.

The BFT served as a basis for the prenatal body condition scoring and the assessment of the negative EB during lactation. The measurement was carried out using an ultrasound device as described by STAUFENBIEL and SCHRÖDER (2006). To determine the EB, additional blood serum and blood plasma samples were collected. On the basis of those blood samples the following parameters were determined:

- glucose (GLUC),
- ketone bodies / β -hydroxybutyrate (BHBA),
- non-esterified fatty acids (NEFA) and
- bilirubin (BIL)

Over a period of 18 months, 3840 blood samples were taken and the same number of BFT measurements were carried out.

The milking of both groups was performed by an automatic milking system (AMS). The milk yield data was collected and recorded by the AMS as well as by the State Board of Trustees

of producer rings for animal production (Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V. – LKV) Bavaria. Besides the amount of milk, the LKV also determined the protein and fat levels in the milk, enabling the calculation of an energy-corrected amount of milk during the first 100 days of lactation.

All data on fertility and metabolism were evaluated with the statistical program SAS 9.3 using a mixed model variance analysis. Consequently, a significantly lower DO and DFB was found in the test group compared to the control group. The DO of the test group was lower by 29 days ($p < 0.01$) and the DFB by 37 days ($p < 0.05$).

Another difference could also be detected in the course of BFT. The decrease in BFT was almost equal in both groups up to 140 days of lactation. At the 140th day of lactation the BFT in the test group increased, while an increase in BFT of the control group was only recognized starting with day 210 of lactation. Besides that, the animals in the test group reached the same BFT at the end of the experiment (305 days of lactation) that they had started with. The animals of the control group regularly did not reach their start values.

In contrast, the values of the blood glucose in the control group were significantly higher until 130 days of lactation than were the values of the test group. Only after this time the values converged and were nearly identical in both groups towards the end of the experimental period.

On the other hand the concentration of ketone bodies (BHBA) was significantly higher in the animals of the test group up to day 175 of lactation. Only at the 175th day of lactation, these values concurred and continued at the same level. No significant differences could be detected in the two groups in relation to serum NEFA concentration and the overall bilirubin values. The time course was almost identical.

In summary, it can be stated that the study has found significant differences in the DO and DFB. Based on that, the investigation underlay the hypothesis that shorter DO and shorter DFB of cows on rubber flooring could be due to the negative EB being less pronounced or rather shorter. The earlier onset of increase in BFT in the test group supports this hypothesis as well as the development of the BFT in the control group.

This, however, is opposed by the glucose and ketone body levels of both the test group and the control group. The hypothesis can be confirmed that there is a correlation between days open and days to first breeding and also between the energy balance and the different flooring system. Taking only the data of the control group into consideration distinct irregularities will be noticed. Higher glucose and lower ketone body values oppose longer DO and DFB as well as later increase in BFT and decreased body condition at the end of the study. This in some cases contradicts the information given in scientific and clinical literature.

Based on these results a new hypothesis can be proposed, which should be tested in future studies: Keeping cows on hard and inelastic concrete flooring could result in higher levels of cortisol due to higher levels of stress and pain. Increased cortisol levels cause, higher glucose values, a catabolic state and inferior body conditions, combined with longer DO and DFB. Also, a cortisol-associated higher concentration of glucose could lead to a higher milk yield, revealing a higher availability of glucose in early lactation.

9. Literaturverzeichnis

ADR; Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter 2007: Rinderproduktion in Deutschland, Jahresberichte 2007. Bonn, Ausgaben 2008

AGERGAARD, N., DANFAER, A. und AAES, O. 1988: Influence of feed composition on key metabolic hormones in dairy cows – In: Proceedings of the VI. World conference on animal production, Helsinki

AHRENS, F., PLATZ, S., LINK, C., MAHLING, M., MEYER, H. H. D. und ERHARD, M. H. 2011: Changes in hoof health and animal hygiene in a dairy herd after covering concrete slatted floor with slatted rubber mats: A case study – Journal of Dairy Science Volume 94, Issue 5, Pages 2341-2350

ALBUTT, R. W. und DUMELOW, J. C. 1987: An online computer technique for measuring foot movement of cattle to access the skid resistance of various floor surfaces. In: WIERENGHA, H. K. und PETERSE (Hrsg.) 1987: Cattle housing systems, lameness and behaviour, Martinsu Nijhoff Publishers

AL-TRAD, B., REISBERG, K., WITTEK, T., PENNER, G. B., ALKAASSEM, A., GÄBEL, G., FÜRLL, M. und ASCHENBACH 2009: Increasing intravenous infusions of glucose improve body condition but not lactation performance in midlactation dairy cows – Journal of Dairy Science Volume 92, Issue 11, Pages 5645-5658

AMARAL-PHILLIPS, D. M., MC GILLIARD, A. D., LINDBERG, G. L., VEENHUIZEN, J. J. und YOUNG, J. W. 1993: Effects of Decreased Availability of Glucose for Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 76, Issue 3, Pages 752-761

AMETAJ, B. N., EMMANUEL, D. G. V., ZEBELI, Q. und DUNN, S. M. 2009: Feeding high proportions of barley grain in a total mixed ration perturbs diurnal patterns of plasma metabolites in lactating dairy cows – Journal of Dairy Science Volume 92, Issue 3, Pages 1084-1091

ANDERSON, J. B., LARSEN, T., INGVARTSEN, K. L. und NIELSEN, M. O. 2005: The Effects of Dry Period versus Continuous Lactation on Metabolic Status and Performance in Periparturient Cows – Journal of Dairy Science Volume 88, Issue 10, Pages 3530-3541

ANDREASEN, S. N. und FORKMAN, B. 2012: The welfare of dairy cows is improved in relation to cleanliness and integument alterations on the hocks and lameness when sand is used as stall surface – Journal of Dairy Science Volume 95, Issue 9, Pages 4961-4967

BAHRS, E. 2005: Verhalten und Gesundheitsstatus von Mastbullen auf Gummispaltenboden – Dissertation zum Erlangen der tiermedizinischen Doktorwürde, München

BALDWIN, R. L., YANG, Y. T., CRIST, K. und GRICHTING, G. 1976: Theoretical model of ruminant adipose tissue metabolism in relation to the whole animal – Fed. Proc. 35, 2314

BALDWIN, B. R., FORSBERG, N.E. und HU, C. Y. 1985: Potential for altering energy partition in the lactating cow – Journal of Dairy Science Volume 68, Issue 12, Pages 3394-3402

BARBERG, A. E., ENDRES, M. I., SALFER, J. A. und RENEAU, J. K. 2007: Performance and Welfare of Dairy Cows in an Alternative Housing System in Minnesota – Journal of Dairy Science Volume 90, Issue 3, Pages 1575-1583

BASTIN, C., LOKER, S., GENGLER, N., SEWALEM, A. und MIGLIOR, F. 2010: Genetic relationships between body condition score and reproduction traits in Canadian Holstein and Ayrshire first-parity cows – Journal of Dairy Science Volume 93, Issue 5, Pages 2215-2228

BAUER, J. 1990: Untersuchungen zur Anwendung der Rückenfettdickenmessung beim Rind – Vet. Diss., Humboldt-Univ. Berlin

BAUMAN, D. E., BROWN, R. E. und DAVIS, C. L. 1970: Pathways of fatty acid synthesis and reducing equivalent generation in mammary gland of rat, sow and cow – Arch. Biochem. Biophys. 140, 237

BAUMAN, D. E. 1976: Intermediary metabolism of adipose tissue – Fed. Proc. 35, 2308

BAUMAN, D. E. und CURRIE, W. B. 1980: Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation. A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis – Journal of Dairy Science Volume 63, Issue 9, Pages 1514-1529

BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LfL) 2009: Untersuchungen zur Nutzungsdauer bei Braunvieh und Fleckvieh unter besonderer Berücksichtigung der Exterieurmerkmale – Institut für Tierzucht, Dr. Dieter Krogmeier

BELL 1980: Lipid metabolism in liver and selected tissues and in the whole body of ruminant animals – Prog. Lipid. Res. 18, 117-164

BENZ, B. 2002: Elastische Beläge für Betonspaltenböden in Liegeboxenlaufställen – Dissertation am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Garbenstr. 9, D-70599 Stuttgart ISSN-Nr. 0931-6264

BERGLUND, B. 2008: Genetic Improvement of Dairy Cow Reproductive Performance – Reprod Dom Anim 43 (Suppl. 2), 89–95

BERGSTEN, C. 2010: Impact of flooring on claw health and lameness – WCDS Advances in Dairy Technology proceedings / http://progressivedairy.com/index.php?option=com_content&view=article&id=4954:impact-of-flooring-on-claw-health-and-lameness&catid=45:herd-health&Itemid=71

BERGSTEN, C. und HULTGREN, J. 2002: Effects of a rubber-slat system on cleanliness, foot health, and behaviour in tied dairy cows. In: Shearer JK (ed). 12th International Symposium on Lameness in Ruminants. 2002 Jan. 9-13; Orlando, USA 2002; 284-286

BERRY, D. P., BUCKLEY, F., DILLON, P., EVANS, R. D., RATH, M. und VEERKAMP, R. F. 2003: Genetic Relationships among Body Condition Score, Body Weight, Milk Yield, and Fertility in Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 86, Issue 6, Pages 2193-2204

BERTONI, G., TREVISI, E., HAN, X. und BIONAZ, M. 2008: Effects of Inflammatory Conditions on Liver Activity in Puerperium Period and Consequences for Performance in Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 91, Issue 9, Pages 3300-3310

BIERSTEDT 1986: Untersuchungen zum Verhalten der Fettgewebsbestandteile Fett, Protein und DNA beim Rind – Diplomarbeit, Humboldt-Univ., Berlin

BINES, J. A. und HART, I. C. 1978: Hormonal regulation of the partitioning of energy between milk and body tissue in adult cattle – Proc. Nutr. Soc. 37, 281

BINES, J. A. und HART, I. C. 1982: Metabolic limits to milk production, especially roles of growth hormone and insulin – Journal of Dairy Science Volume 65, Issue 8, Pages 1375-1389

BIONAZ, M., TREVISI, E., CALAMARI, L., LIBRANDI, F., FERRARI, A. und BERTONI, G. 2007: Plasma Paraoxonase, Health, Inflammatory Conditions, and Liver Function in Transition Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 90, Issue 4, Pages 1740-1750

BOBE, G., YOUNG, J. W. und BEITZ, D. C. 2004: Pathology, Etiology, Prevention, and Treatment of Fatty Liver in Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 87, Issue 10, Pages 3105-3124

BRÄHMIG, J. 2011: Einfluss der Wechselkreuzung von Deutschen Holsteins und Deutschem Fleckvieh auf Milchleistung und Milchqualität in einem automatischen Melksystem – Dissertation, Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians Universität München

BRAUN, R. K., DONOVAN, G. A., TRAN, T. Q., SHEARER, J. K., BLISS, E. L. und WEBB, D. W. 1986: Body condition scoring dairy cows as a herd management tool – Comp. Educ. Pract. Vet. 8, F 62

BUENGER, A., DUCROCQ, V. und SWALVE, H. H. 2001: Analysis of Survival in Dairy Cows with Supplementary Data on Type Scores and Housing Systems from a Region of Northwest Germany – Journal of Dairy Science Volume 84, Issue 6, Pages 1531-1541

BUSATO, A., FAISSLE, D., KÜPFER, U., und Blum, J. W. 2002: Body condition scores in dairy cows: Associations with metabolic and endocrine changes in healthy dairy cows – Journal of veterinary medicine. a physiology, pathology, clinical medicine; 49: 455–460

BUTLER, W. R. 2003: Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows – Livestock Production Science Volume 83, Issues 2–3, Pages 211–218

BUTLER, S. T., PELTON, S. H. und BUTLER, W. R. 2006: Energy Balance, Metabolic Status, and the First Postpartum Ovarian Follicle Wave in Cows Administered Propylene Glycol – Journal of Dairy Science Volume 89, Issue 8, Pages 2938-2951

CALDERON, D. F. und COOK, N. B. 2011: The effect of lameness on the resting behavior and metabolic status of dairy cattle during the transition period in a freestall-housed dairy herd – Journal of Dairy Science Volume 94, Issue 6, Pages 2883-2894

CANFIELD, R. W. und BUTLER W. R. 1991: Energy balance, first ovulation and the effects of naloxone on LH secretion in early postpartum dairy cows – Journal of Animal Science 1991 Feb; 69 (2): 740-746

CARBONNEAU, E., DE PASSILLÉ, A. M., RUSHEN, J., TALBOT, B. G. und LACASSE, P. 2012: The effect of incomplete milking or nursing on milk production, blood metabolites, and immune functions of dairy cows – Journal of Dairy Science Volume 95, Issue 11, Pages 6503-6512

CASTRO, N., KAWASHIMA, C., VAN DORLAND, H. A., MOREL, I., MIYAMOTO, A. und BRUCKMAIER, R. M. 2012: Metabolic and energy status during the dry period is crucial for the resumption of ovarian activity postpartum in dairy cows – Journal of Dairy Science Volume 95, Issue 10, Pages 5804-5812

CEBRA C. K., GARRY F. B., GETZY D. M. und FETTMAN M. J. 1997: Hepatic lipidosis in anorectic, lactating Holstein Cattle: A retrospective study of serumbiochemical abnormalities. Journal of Veterinary Internal Medicine Volume 11, Issue 4, Pages 231–237

CHAPINAL, N., DE PASSILLÉ, A. M., PASTELL, M., HÄNNINEN, L., MUNKSGAARD, L. und RUSHEN, J. 2011: Measurement of acceleration while walking as an automated method for gait assessment in dairy cattle – Journal of Dairy Science Volume 94, Issue 6, Pages 2895-2901

CHILLIARD, Y. 1987: Revue bibliographique: Variations quantitatives et métabolisme des lipides dans les tissus adipeux et le foie au cours du cycle gestation-lactation. 2e partie: chez la brebis et la vache – Reprod. Nutr. Develop. 27, 327

CLEMMONS, D. R. 2012: Metabolic actions of insulin-like growth factor-I in normal physiology and diabetes – Endocrinol Metab Clin North Am. 2012 Jun;41(2):425-43

COLLICK, D. W., WARD, W. R. und DOBSON, H. 1989: Associations between types of lameness and fertility – Vet Rec. 1989 Jul 29; 125(5): 103-106

CONNER, T., JOSHI, N., HERDT, T. und NEUDER, L. 2004: Association of prepartum plasma non-esterified fatty acid concentrations with postpartum metabolic diseases in holstein cows – 23rd World Buiatrics Congress, Quebec City, Canada, July 11-16, 2004, Abstract 61

CORL, C. M., GANDY, J. C. und SORDILLO, L. M. 2008: Platelet Activating Factor Production and Proinflammatory Gene Expression in Endotoxin-Challenged Bovine Mammary Endothelial Cells – Journal of Dairy Science Volume 91, Issue 8, Pages 3067-3078

CURTIS, C. R. and ERB, H. N. 1985: Path Analysis of Dry Period Nutrition, Postpartum Metabolic and Reproductive Disorders, and Mastitis in Holstein Cows

DAETZ, C. 2009: Untersuchungen zur Konditionsentwicklung bei Milchkühen in der Trockenstehperiode mittels ultrasonographischer Messung der Rückenfettdicke und deren Einfluss auf Leistung, Fruchtbarkeit und Tiergesundheit in der Früh lactation – Dissertation, Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin

DALEY, M. J., COYLE, P. A., WILLIAMS, T. J., FURDA, G., DOUGHERTY, R. und HAYES, P. W. 1991: Staphylococcus aureus Mastitis: Pathogenesis and Treatment with Bovine Interleukin-1 β and Interleukin-2 – Journal of Dairy Science Volume 74, Issue 12, Pages 4413-4424

DANFAER, A., AGERGAARD, N. und AAES, O. 1988: relationships between feed composition, metabolism and production in dairy cows - In: Proceedings of the VI. World conference on animal production, Helsinki

DANN, H. M., LITHERLAND, N. B., UNDERWOOD, J. P., BIONAZ, M., D'ANGELO, A., MC FADDEN, J. W. und DRACKLEY, J. K. 2006: Diets during Far-Off and Close-Up Dry Periods Affect Periparturient Metabolism and Lactation in Multiparous Cows – Journal of Dairy Science Vol. 89, Issue 9, Pages 3563-3577

DE FEU, M. A., EVANS, A. C. O., LONERGAN, P. und BUTLER, S. T. 2009: The effect of dry period duration and dietary energy density on milk production, bioenergetic status, and postpartum ovarian function in Holstein-Friesian dairy cows – Journal of Dairy Science Volume 92, Issue 12, Pages 6011-6022

DE VRIES, M. J., VAN DER BEEK, S., KAAL-LANSBERGEN, L. M. T. E., OUWELTJES, W. und WILMINK, J. B. M. 1999: Modeling of Energy Balance in Early Lactation and the Effect of Energy Deficits in Early Lactation on First Detected Estrus Postpartum in Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 82, Issue 9, Pages 1927-1934

DE VRIES, M.J. und VEERKAMP, R.F. 2000: Energy Balance of Dairy Cattle in Relation to Milk Production Variables and Fertility – Journal of Dairy Science Volume 83, Issue 1, Pages 62-69

DIEPENBROCK, Y. 2010: Einsatz von Menbuton und Dexamthason-21-Isonicotinat zur Stoffwechsel- und Leistungsstabilisierung bei Milchkühen post partum – Dissertation, Veterinärmedizinische Fakultät der Universität Leipzig

DINARELLO, C. A. 2005: Blocking IL-1 in systemic inflammation – Journal of Experimental Medicine Vol. 201 no. 9 1355-1359 – <http://jem.rupress.org/content/201/9/1355.full>

DIPPEL, S., DOLEZAL, M., BRENNINKMEYER, C., BRINKMANN, J., MARCH, S., KNIERIM, U. und WINCKLER, C. 2009: Risk factors for lameness in freestall-housed dairy cows across two breeds, farming systems, and countries – Journal of Dairy Science Volume 92, Issue 11, Pages 5476-5486

DIRKSEN, G., GRÜNDER, H. – D. und STÖBER, M. 1990: Die klinische Untersuchung des Rindes – 3. Auflage Verlag Paul Parey

DIRKSEN, G., GRÜNDER, H. – D. und STÖBER, M. 2003: Innere Medizin und Chirurgie des Rindes – Parey Buchverlag, 4. Vollständig neubearbeitete Auflage

DISKIN, M. G., MACKEY, D. R., ROCHE, J. F. und SREENAN, J. M. 2003: Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle – Anim. Reprod. Sci., 78, 345-370

DJEDOVIĆ, R., BOGDANOVIĆ, V., TRIFUNOVIĆ, G., PETROVIĆ, M. D., PETROVIĆ, M. M. und STANOJEVIĆ, D. 2012: The effect of the level of milk yield on the reproduction traits in black and white cows – Biotechnology in Animal Husbandry 28 (3), p 487-496

DOBSON, H. und SMITH, R. F. 2000: What is stress, and how does it affect reproduction? – Anim. Reprod. Sci. 2000 Jul2; 60-61: 743-752

DOBSON, H., TEBBLE, J. E., SMITH, R. F. und WARD, W. R. 2001: Is stress really all that important? – *Theriogenology*. 2001 Jan 1; 55(1): 65-73

DOBSON, H., WALKERA, S. L., MORRIS, M. J., ROUTHLY, J. E. und SMITH, R. F. 2008: Why is it getting more difficult to successfully artificially inseminate dairy cows? – *The Animal Consortium: Animal* (2008), 2:8, pp. 1104–1111

DOEPEL, L., LOBLEY, G. E., BERNIER, J. F., DUBREUIL, P. und LAPIERRE, H. 2009: Differences in splanchnic metabolism between late gestation and early lactation dairy cows – *Journal of Dairy Science* Volume 92, Issue 7, Pages 3233-3243

DOMECQ, J. J., SKIDMORE, A. L., LLOYD, J. W. und KANEENE, J. B. 1995: Validation of Body Condition Scores with Ultrasound Measurements of Subcutaneous Fat of Dairy Cows – *Journal of Dairy Science* Volume 78, Issue 10, Pages 2308-2313

DOMECQ, J. J., SKIDMORE, A. L., LLOYD, J. W. und KANEENE, J. B. 1997a: Relationship Between Body Condition Scores and Milk Yield in a Large Dairy Herd of High Yielding Holstein Cows – *Journal of Dairy Science* Volume 80, Issue 1, Pages 101-112

DOMECQ, J. J., SKIDMORE, A. L., LLOYD, J. W. und KANEENE, J. B. 1997b: Relationship Between Body Condition Scores and Conception at First Artificial Insemination in a Large Dairy Herd of High Yielding Holstein Cows – *Journal of Dairy Science* Volume 80, Issue 1 , Pages 113-120

DOREN, P. E., LONG, C. R. und CARTWRIGHT, T. C. 1986: Factors affecting the relationship between calving interval of cows and weaning weight of calves – *J. Anim. Sci.* 62, 1194

DOUGLAS, G. N., OVERTON, T. R., BATEMAN II, H. G., DANN, H. M. und DRACKLEY, J. K. 2006: Prepartal Plane of Nutrition, Regardless of Dietary Energy Source, Affects Periparturient Metabolism and Dry Matter Intake in Holstein Cows – *Journal of Dairy Science* Volume 89, Issue 6, Pages 2141-2157

DRACKLEY, JAMES K. 1999: Biology of Dairy Cows During the Transition Period: the Final Frontier? – *Journal of Dairy Science* Volume 82, Issue 11, Pages 2259-2273

DRISLER, M., GAWORSKI, M., TUCKER, C. B. und WEARY, D. M. 2005: Freestall Maintenance: Effects on Lying Behavior of Dairy Cattle – Journal of Dairy Science Volume 88, Issue 7, Pages 2381-2387

DUFFIELD, T. F. 2004: Monitoring strategies for metabolic disease in transition dairy cows – 23. World Buiatric Congress, Québec, Canada

DUFFIELD, T., PLAIZIER, J. C., FAIRFIELD, A., BAGG, R., VESSIE, G., DICK, P., WISON, J., ARAMINI, J. und MC BRIDE, B. 2004: Comparison of Techniques for Measurement of Rumen pH in Lactating Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 87, Issue 1, Pages 59-66

EDMONSON, A. J., LEAN, I. J., WEAVER, L. D., FARVER, T. und WEBSTER, G. 1989: A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 72, Issue 1, Pages 68-78

EGGER-DANNER, C. 2013: Zucht auf Fitness und Robustheit. In: Tiere züchten - High Tech und Verantwortung. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 10:65-77 (ISSN 1611-4159)

EICHER, S. D., LAY D. C. Jr., ARTHINGTON, J. D. und SCHUTZ, M. M. 2013: Effects of rubber flooring during the first 2 lactations on production, locomotion, hoof health, immune functions, and stress – Journal of Dairy Science

EL-GHOUL, W. und HOFMANN, W. 2002: Einfluss von Klauenkrankheiten verschiedenen Grades auf die Höhe der messbaren Stressreaktionen unter besonderer Berücksichtigung von Cortisol und Laktat im Blutserum beim Rind – Praktischer Tierarzt 83: 4, 354–361;© Schlütersche GmbH & Co.KG,Verlag und Druckerei; ISSN 0032-681 X

ENJALBERT, F., NICOT, M. C., BAYOURTHE, C. und MONCOULON, R. 2001: Ketone Bodies in Milk and Blood of Dairy Cows: Relationship between Concentrations and Utilization for Detection of Subclinical Ketosis – Journal of Dairy Science Volume 84, Issue 3, Pages 583-589

ES, A. J. H. und VAN BOEKHOLT, H. - A. 1987: Energy metabolism of farm animals. In: Verstegen, M. W. A., Henken; A. M.: Energy metabolism in farm animals – Martinus Nijhoff Publ., Dordrecht, 3

ESPEJO, L. A., ENDRES, M. I. und SALFER, J. A. 2006: Prevalence of Lameness in High-Producing Holstein Cows Housed in Freestall Barns in Minnesota – Journal of Dairy Science Volume 89, Issue 8, Pages 3052-3058

ETHERTON 1982: The role of insulin-receptor interaction in regulation of nutrient utilisation by skeletal muscle and adipose tissue: a review – J. Anim. Sci. 54, 58-67

FARRIES 1979: In: Hoffman, Maron und Schmidt: Calving problems and early viability of the calf – Martinus Nijhoff Verl. Den Haag, Bosten, London

FARRIES, E. 1981 und 1982: Fütterung vor und nach der Kalbung + Milchfettgehalt und Fettsäuremuster bei Kühen in Abhängigkeit von der Gewichtsentwicklung post partum – Züchtungskunde 54 & 55, 25 und 265

FARRIES, E. 1983: Stoffwechselstörungen und ihre Einfluss auf die Zusammensetzung der Milch – Züchtungskunde 55, 265

FEIST, M. 2004: Untersuchungen zum Schmerzausdrucksverhalten bei Kühen nach Klauenoperation – Dissertation zum Erlangen der tiermedizinischen Doktorwürde, Ludwig-Maximilians Universität München

FIETZE, S. 2004: Vergleich der unterschiedlichen Körperkonditionsbeurteilungsmethoden - Body Condition Scoring (BCS) und Rückenfettdickenmessung (RFD) - und deren Aussagefähigkeit in Bezug auf die Fruchtbarkeit von Holstein-Friesian (HF) Kühen – Dissertation zum Erlangen der tiermedizinischen Doktorwürde, Hannover

FISCHER, B., MÄURER, H., ENGELHARD, T. und HAACKER, W. 2002: Feed intake and energy supplementation of far-off dry cows – Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Deutschland; D-39606 Iden

FJELDAAS, T., SOGSTAD, Å. M. und ØSTERÅS 2011: Locomotion and claw disorders in Norwegian dairy cows housed in freestalls with slatted concrete, solid concrete, or solid rubber flooring in the alleys – Journal of Dairy Science Volume 94, Issue 3, Pages 1243-1255

FLOWER, F. C., DE PASSILLÉ, A. M., WEARY, D. M., SANDERSON, D. J. und RUSHEN, J. 2007: Softer, Higher-Friction Flooring Improves Gait of Cows With and Without Sole Ulcers – Journal of Dairy Science Volume 90, Issue 3, Pages 1235-1242

FREGONESI, J. A., TUCKER, C. B., WEARY, D. M., FLOWER, F. C. und VITTIE, T. 2004: Effect of Rubber Flooring in Front of the Feed Bunk on the Time Budgets of Dairy Cattle – Journal of Dairy Science Volume 87, Issue 5, Pages 1203-1207

FREGONESI, J. A., VEIRA, D. M., VON KEYSERLINGK, M. A. G. und WEARY, D. M. 2007: Effects of Bedding Quality on Lying Behavior of Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 90, Issue 12, Pages 5468-5472

FRUHSTORFER, W. und MEYER-ÖTTING, U. 2007: Fachstufe Landwirt: Tierische Produktion – 8. Aufl.. BLV Buchverlag, München

FÜRLI, M. und FÜRLI, B. 1998a: Glucocorticoid-(Prednisolon)Wirkungen bei Kühen in der zweiten Woche post partum. In: Füll, M. (Hg): Stoffwechselbelastung, -diagnostik und -stabilisierung beim Rind, 124-138, Leipzig. In: FEIST, M. 2004: Untersuchungen zum Schmerzausdrucksverhalten bei Kühen nach Klauenoperation – Dissertation zum Erlangen der tiermedizinischen Doktorwürde, München

FÜRLI, M. und FÜRLI, B. 1998b: Glukokortikoid-(Prednisolon-) Wirkungen auf einige Blut-, Harn- und Leberparameter bei Kühen in der zweiten Woche post partum. Tierärztl. Prax. 26: 262 – 8. In: DIEPENBROCK, Y. 2010: Einsatz von Menbuton und Dexamthason-21-Isonicotinat zur Stoffwechsel- und Leistungsstabilisierung bei Milchkühen post partum – Dissertation, Veterinärmedizinische Fakultät der Universität Leipzig

FÜRLI, M. 2000: Das Fettmobilisationssyndrom – eine Herausforderung für den Tierarzt. Großtierpraxis 1 (11): 24-34

FÜRLI, M. und LEIDEL, I. 2002: Untersuchungen zur Gesundheitsstabilisierung im peripartalen Zeitraum bei Milchkühen – Tierärztliche Umschau 57. Jahrgang Nr. 8 Seiten 423 – 438

FÜRLI, M. 2004: Stoffwechselkontrollen und Stoffwechselüberwachung bei Rindern. Teil 1: Chancen, Regeln und Risiken. Nutztierpraxis Aktuell. 2004 / 9

FÜRLI, M., HOOPS, M., JÜNGER, C. und WILKEN, H. 2004: Stoffwechseleinflüsse auf die Eutergesundheit – Nutztierpraxis aktuell, Agrar- und Veterinärakademie (AVA), 11. Ausgabe

FÜRLL, M. 2005: Spezielle Untersuchung beim Wiederkäuer. In: Kraft, W., und Dürr, U. M. (Hrsg.) – Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin; Schattauer Verlag, Stuttgart, New York, 6. Auflage, Seiten 444-474

FÜRLL, M. und JÄCKEL, F. 2005: Glucocorticoideinflüsse auf den Fett- und Leberstoffwechsel, auf hämatologische Parameter sowie auf die Milchleistung bei Hochleistungskühen in der Früh lactation; Berl Münch Tierärztl Wochenschr 2005, 118 (5-6) : 247-254

GARBARINO, E. J., HERNANDEZ, J. K., SHEARER, J. K., RISCO, C. A. und THATCHER, W. W. 2004: Effect of Lameness on Ovarian Activity in Postpartum Holstein Cows – Journal of Dairy Science Volume 87, Issue 12 , Pages 4123-4131

GARMO, R. T., ROPSTAD, E., HAVREVOLL, Ø., THUEN, E., STEINSHAMN, H., WALDMANN, A. und REKSEN, O. 2009: Commencement of luteal activity in three different selection lines for milk yield and fertility in Norwegian Red cows – Journal of Dairy Science Volume 92, Issue 5, Pages 2159-2165

GARNSWORTHY, P. C. und JONES, G. P. 1987: The influence of body condition at calving and dietary protein supply on voluntary food intake and performance in dairy cows – Anim. Prod., 44, 347

GARNSWORTHY, P. C., SINCLAIR, K. D. und WEBB, R. 2008: Integration of physiological mechanisms that influence fertility in dairy cows – Animal Consortium Volume 2 / Issue 08 / Pages 1144-1152

GARVERICK, H. A., HARRIS, M. N., VOGEL-BLUEL, R., SAMPSON, J. D., BADER, J., LAMBERSON, W. R., SPAIN, J. N., LUCY, M. C. und YOUNGQUIST 2013: Concentrations of nonesterified fatty acids and glucose in blood of periparturient dairy cows are indicative of pregnancy success at first insemination – Journal of Dairy Science Volume 96, Issue 1, Pages 181-188

GASTEINER, J. 2000: Ketose, die bedeutendste Stoffwechselerkrankung der Milchkuh – 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Gumpenstein, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, 11-18

GASTELEN, VAN S., WESTERLAAN, B., HOUWERS, D. J. und EERDENBURG VAN, F. J. C. M. 2011: A study on cow comfort and risk for lameness and mastitis in relation to different types of bedding materials – Journal of Dairy Science Volume 94, Issue 10, Pages 4878-4888

GEISHAUSSER, T., LESLIE, K., TENHAG, J. und BASHIRI, A. 2000: Evaluation of Eight Cow-Side Ketone Tests in Milk for Detection of Subclinical Ketosis in Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 83, Issue 2, Pages 296-299

GELFERT, C. C., AHMED, M. und STAUFENBIEL, R. 2003: Der Leberfettgehalt bei Kühen mit unterschiedlichen Erkrankungen – Vet Med. Report 27/3

GERLOFF, B. J. 1987: Body condition scoring in dairy cattle – Agri-Practice 8, 31

GIESECKE, D., STANGASSINGER, M. und THERIS, W. 1987b: Insulinresistenz, Insulin-Clearance und Lipolyse bei normalen und bei fetten Kühen – Fortschritte d. Tierphys. u. Tierernähr. 18, 70

GILLUND, P., REKSEN, O., GRÖHN, Y. T. und KARLBERG, K. 2001: Body Condition Related to Ketosis and Reproductive Performance in Norwegian Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 84, Issue 6, Pages 1390-1396

GÖTZ, M. 2003: Weiche und trittsichere Bodenbeläge im Laufstall – Landwirtschaftliche Bauberatung – GmbH / Herausgeber: Schweizer Tierschutz STS, Basel

GOFF, J. P. und HORST, R. L. 1997: Physiological Changes at Parturition and Their Relationship to Metabolic Disorders – Journal of Dairy Science Volume 80, Issue 7, Pages 1260-1268

GRANT, R. 2011: Taking Advantage of Natural Behavior Improves Dairy Cow Performance – W. H. Miner Agricultural Research Institute; <http://www.extension.org/pages/11129/taking-advantage-of-natural-behavior-improves-dairy-cow-performance>

GRAUGNARD, D. E., BIONAZ, M., TREVISI, E., MOYES, K. M., SALAK-JOHNSON, J. L., WALLACE, R. L., DRACKLEY, J. K., BERTONI, G. und LOOR, J. J. 2012: Blood immunometabolic indices and polymorphonuclear neutrophil function in peripartum dairy cows are altered by level of dietary energy prepartum – Journal of Dairy Science Volume 95, Issue 4, Pages 1749-1758

GRAUGNARD, D. E., MOYES, K. M., TREVISI, E., KHAN, M. J., KEISLER, D., DRACKLEY, J. K., BERTONI, G. und LOOR, J. J. 2013: Liver lipid content and inflammometabolic indices in peripartal dairy cows are altered in response to prepartal energy intake and postpartal intramammary inflammatory challenge – Journal of Dairy Science Volume 96, Issue 2, Pages 918-935

GRAUNKE, K. L., TELEZHENKO, E., HESSLE, A., BERGSTEN, C. und LOBERG, J. M. 2011: Does rubber flooring improve welfare and production in growing bulls in fully slatted floor pens? – Animal Welfare 2011, 20: 173-183

GRESHAM, J. D., HOLLOWAY, J. W., BUTTS, W. T. und MC CURLEY, J. R. 1986: Prediction of mature cow carcass composition from live animal measurements – J. Anim. Sci., 63, 1041

GRIZARD, J., BALAGE, M. und MANIN, M. 1986: Hormonal control of hepatic metabolism in ruminants – Reprod. Nutr. Develop. 26, 245

GROSS, J., DORLAND VAN, H. A., BRUCKMAIER, R. M. und SCHWARZ, F. J. 2011: Performance and metabolic profile of dairy cows during a lactational and deliberately induced negative energy balance with subsequent realimentation – Journal of Dairy Science Volume 94, Issue 4, Pages 1820-1830

GRUBER, E. 2011: Vergleich zweier Roboter melkssysteme unter besonderer Berücksichtigung von Betriebssicherheit, Milchleistung und Eutergesundheit – Dissertation, Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

GRUMMER, RIC R. 1993: Etiology of Lipid-Related Metabolic Disorders in Periparturient Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 76, Issue 12, Pages 3882-3896

GUO, J., PETERS, R. R. und KOHNE, R. A. 2007: Effect of a Transition Diet on Production Performance and Metabolism in Periparturient Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 90, Issue 11, Pages 5247-5258

GURR und KIRTLAND 1978: Adipose tissue cellularity – a review. I. Techniques for studying cellularity – Int. J. Obesity 2, 401-407

GWAZDAUSKAS, F. C. 1985: Effects of Climate on Reproduction in Cattle – Journal of Dairy Science Volume 68, Issue 6, Pages 1568-1578

GWAZDAUSKAS, F. C., KENDRICK, K. W., PRYOR, A. W. und BAILEY, T. L. 2000: Impact of Follicular Aspiration on Folliculogenesis as Influenced by Dietary Energy and Stage of Lactation – Journal of Dairy Science Volume 83, Issue 7, Pages 1625-1634

HABERMEHL, K.-H. 1996: Haut und Hautorgane der Wiedehäuer – In: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band III, Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane: NICKEL, R., SCHUMMER, A und SEIFERLE, E. – Verlag Paul Parey im Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin, Wien, 3., überarbeitete Auflage

HAFNER, L., STENZEL, L. M., BÖNISCH, K. und STAUFENBIEL, R. 1991: Beziehungen zwischen Energiestoffwechsel und Donoreignung – Mh. Vet.-Med. 46, 283-288

HAMANN, J. und HEESCHEN, W. 1975: Zum Einfluss von Corticosteroiden auf die Milchmengenleistung und die Milchzusammensetzung beim Rind – Tierärztl. Umschau; 30: 501-504

HAMMON, H. M. 2009: Performance and metabolic and endocrine changes with emphasis on glucose metabolism in high-yielding dairy cows with high and low fat content in liver after calving – Journal of Dairy Science Volume 92, Issue 4, Pages 1554-1566

HAMMON, H. M., METGES, C. C., SCHULZ, A., JUNGHANS, P., STEINHOFF, J., SCHNEIDER, F., PFUHL, R., BRUCKMAIER, R. M., WEIKARD, R., und KÜHN, C. 2010: Differences in milk production, glucose metabolism, and carcass composition of 2 Charolais × Holstein F₂ families derived from reciprocal paternal and maternal grandsire crosses – Journal of Dairy Science Volume 93, Issue 7 , Pages 3007-3018, July 2010

HARASZTI, J. 1983: Untersuchungen über die fortpflanzungsbiologischen Folgen des sogenannten „fette Kuh-Syndroms“ – Mh. Vet.-Med. 38, 636

HAYIRLI, A., GRUMMER, R. R., NORDHEIM, E. V. und CRUMP, P. M. 2002: Animal and Dietary Factors Affecting Feed Intake during the Prefresh Transition Period in Holsteins – Journal of Dairy Science Volume 85, Issue 12, Pages 3430-3443

HAYIRLI, A., KEISLER, D. H. und DOEPEL, L. 2011: Peripartum responses of dairy cows to prepartal feeding level and dietary fatty acid source – Journal of Dairy Science Volume 94, Issue 2, Pages 917-930

HECKEL, F. 2009: Peripartaler Stoffwechsel- und Gesundheitsstatus sowie Fruchtbarkeit bei unterschiedlichen Milchleistungen von Schwarzbunten Kühen – Dissertation, Medizinischen Tierklinik der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig

HEINONEN, K., ETTALA, E. und ALANKO, M. 1988: The effect of mild fat infiltration in the liver on the fertility of Finnish Ayrshire cows – Acta Vet. Scand. 28, 151

HEITMANN, R. N., DAWES, Dianne J. und SENSING, S. C. 1987: Hepatic ketogenesis and peripheral ketone body utilization in ruminat – J. Nutr. 117, 174

HERDT, T. H. 1988: Fatty liver in dairy cows – Vet. Clin. North America-Food Anim. Pract. 4, 269

HERNANDEZ, J., SHEARER, J. K. und WEBB, D. W. 2001: Effect of lameness on the calving-to-conception interval in dairy cows – J. Am. Vet. Med. Assoc. 2001 May 15; 218 (10): 1611-1614

HERRMANN H. – J. 2006: Ansprüche der Tiere an die Bodenfläche – DLG e.V. Fachzentrum für Land- und Ernährungswirtschaft, Frankfurt

HEUER, C., SCHUKKEN, Y. H. und DOBBELAAR 1999: Postpartum Body Condition Score and Results from the First Test Day Milk as Predictors of Disease, Fertility, Yield, and Culling in Commercial Dairy Herds – Journal of Dairy Science Volume 82, Issue 2 , Pages 295-304

HINTERHOFER, C., FERGUSON, J. C., APPRICH, V., HAIDER, H. und STANEK, C. 2006: Slatted Floors and Solid Floors: Stress and Strain on the Bovine Hoof Capsule Analyzed in Finite Element Analysis – Journal of Dairy Science Volume 89, Issue 1, Pages 155-162

HIPPEN, A. R., SHE, P., YOUNG, J. W., BEITZ, D. C., LINDBERG, G. L., RICHARDSON, L. F. und TUCKER, R. W. 1999: Alleviation of Fatty Liver in Dairy Cows with 14-Day Intravenous Infusions of Glucagon – Journal of Dairy Science Volume 82, Issue 6, Pages 1139-1152 1

HIRSCH und GALLIAN 1968: Methods for the determination of adipose cell size in man and animals – J. Lipid Res. 9, 110-119

HOLMES, B. J. 2008: What the Research Shows about the Use of Rubber Floors for Cows – Professor and Extension Specialist University of Wisconsin-Madison 460 Henry Mall Madison WI 53706, 608-262-0096 bjholmes@wisc.edu

HONIG, H., MIRON, J., LEHRER, H., JACKOBY, S., ZACHUT, M., ZINOUE, A., PORTNICK, Y. und MOALLEM, U. 2011: Performance and welfare of high-yielding dairy cows subjected to 5 or 8 cooling sessions daily under hot and humid climate – Journal of Dairy Science Volume 95, Issue 7, Pages 3736-3742

HUSSEIN, H. A., WESTPHAL, A. und STAUFENBIEL, R. 2013: Relationship between body condition score and ultrasound measurement of backfat thickness in multiparous Holstein dairy cows at different production phases – Aust Vet J 2013;91:185–189

HUSZENICZA, G., MOLNAR, L., SOLTI, L. und HARASZTI, J. 1987a: Postpartal ovarian function in Holstein and crossbred cows on large scale farms in Hungary – J. Vet. Med. A 34, 249

HUSZENICZA, G., MOLNAR, L., FEKETE, S., HARASZTI, J. und SOLTI, L. 1987b: Function of ovaries of Holstein-Friesian and crossbred cows in large scale farms during the postpartum period. IV. Correlation of feeding and lipid mobilization in cows calved several times with the return of oestral cycles - Magy. Allatorv. Lapja 42, 337

HUZZEY, J. M., NYDAM, D. V., GRANT, R. J. und OVERTON, T. R. 2012: The effects of overstocking Holstein dairy cattle during the dry period on cortisol secretion and energy metabolism – Journal of Dairy Science Volume 95, Issue 8, Pages 4421-4433

INGLE, D. L., BAUMAN, D. E. und GARRIGUS, S. 1972: Lipogenesis in the ruminant: in vitro study of tissue sites, carbone source, reducing equivalent generation for fatty acid synthesis – J. Nutrit. 102, 609

INGVARTSEN, K. L. und ANDERSEN, J. B. 2000: Integration of Metabolism and Intake Regulation: A Review Focusing on Periparturient Animals – Journal of Dairy Science Volume 83, Issue 7, Pages 1573-1597

JACOBS, J. A. und SIEGFORD, J. M. 2012: The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare – Journal of Dairy Science Volume 95, Issue 5, Pages 2227-2247

JÄCKEL, F., und FÜRLL, M. 1998: Dexamethason-isonikotinat-(Voren) Effekte auf den Fettstoffwechsel und die Leberfunktion bei Kühen in der Früh lactation. in: Fürll M. Stoffwechselbelastung, -diagnostik und -stabilisierung beim Rind

JANOVICK, N. A. und DRACKLEY, J. K. 2010: Prepartum dietary management of energy intake affects postpartum intake and lactation performance by primiparous and multiparous Holstein cows – Journal of Dairy Science Volume 93, Issue 7, Pages 3086-3102

JANOVICK, N. A., BOISCLAIR, Y. R. und DRACKLEY, J. K. 2011: Prepartum dietary energy intake affects metabolism and health during the periparturient period in primiparous and multiparous Holstein cows – Journal of Dairy Science Volume 94, Issue 3, Pages 1385-1400

JANUS, E. und BORKOWSKA, D. 2013: Occurrence of ketone bodies in the urine of cows during the first three months after calving and their association with milk yield – Archiv für Tierzucht 56 (2013) 57 / doi: 10.7482/0003-9438-56-057

JI, P., OSORIO, J. S., DRACKLEY, J. K. und LOOR, J. J. 2012: Overfeeding a moderate energy diet prepartum does not impair bovine subcutaneous adipose tissue insulin signal transduction and induces marked changes in periparturient gene network expression – Journal of Dairy Science Volume 95, Issue 8, Pages 4333-4351

JILG, T. und WEINBERG, L. 1998: Konditionsbewertung jetzt auch beim Fleckvieh – Top Agrar 6/98, R 12 – 15

JONES, G. P. und GARNSWORTHY P. C. 1988: The effects of body condition at calving and dietary protein content on dry-matter intake and performance in lactating dairy cows given diets of low energy content – Anim. Prod., 47, 321

JORRITSMA, R., WENSING, T., KRUIP, T. A., VOS, P. L. und NOORDHUIZEN, J. P. T. M. 2003: Metabolic changes in early lactation and impaired reproductive performance in dairy cows – Vet Res. 2003 Jan-Feb; 34(1):11-26

KANITZ, W., BECKER, F., DIETL, G., REINSCH, N. und STAUFENBIEL, R. 2003: Beziehungen zwischen Milchleistung, Energieversorgung und Fruchtbarkeit unter den Bedingungen von Hochleistung beim Rind – Züchtungskunde, 75, (6) S. 489– 498, 2003, ISSN 0044-5401

KARSAI, F. und SCHÄFER, M. 1984: Diagnostische Erfahrungen bei metabolisch bedingten Lebererkrankungen der Milchkühe – Mh. Vet.-Med. 39; 181

KASKE, M., HORSTMANN, K., SEGGEWISS, S., FLACHOWSKY, G. und MEYER, U. 2006: Die Futtaufnahme der Transition der „Transition cow“: Schlüssel für die Tiergesundheit? – literatur.ti.bund.de/digbib_extern/dk037390.pdf

KAUFMANN, T. E. G., KIRCHGEßNER, M., MÜLLER, H. L. 1987: Energiebilanz und Energieverwertung bei der Milchkuh während und nach energetischer Überversorgung – J. Anim. Physiol. Nutrit. 58, 75

KAUPPINEN, K. 1984: Ketosis in dairy cows with special reference to field conditions – Vet. Diss., College of Veterinary Medicine Helsinki

KENDRICK, K. W., GARST, A. S., PRYOR, A. W., AHMADZADEH, A., AKERS, R. M., EYESTONE, W. E., PEARSON, R. E. und GWAZDAUSKAS, F. C. 1999: Effects of Energy Balance on Hormones, Ovarian Activity, and Recovered Oocytes in Lactating Holstein Cows Using Transvaginal Follicular Aspiration – Journal of Dairy Science Volume 82, Issue 8, Pages 1731-1741

KEYSERLINGK VON, M. A. G., RUSHEN, J., DE PASSILLÉ, A. M. und WEARY, D. M. 2009: The welfare of dairy cattle – Key concepts and the role of science – Journal of Dairy Science Volume 92, Issue 9, Pages 4101-4111

KLAWUHN, D. 1991: Vergleich der Rückenfettdicke mit dem über das Gesamtkörperwasser ermittelten Körperfettgehalt bei Rindern – Vet. Diss., Humboldt-Univ., Berlin

KLAWUHN, D. und STAUFENBIEL, B. 1997: Aussagekraft der Rückenfettdicke zum Körperfettgehalt beim Rind – Tierärztl. Praxis 25, 133-135

KLEE, W. 1992: Integrierte tierärztliche Bestandsbetreuung – ITB – Fulltime-Job für 500 Praktiker? – Praktischer Tierarzt 73, 693

KRAFT, W., DÜRR, U. M., BOSTEDT, H. und HEINRITZI, K. 1999: Leber In: Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin (Eds.: KRAFT, W., U. M. DÜRR) Schattauer Verlag, Stuttgart. In: Kraft, W. und Dürr, U. M. 2005: Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin, 6. Auflage, Schattauer, Stuttgart 2005

KRAFT,W. und DÜRR, U. M. 2005: Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin – 5. Auflage, Schattauer Verlag, Stuttgart, New York

KREMER, P. V., NUESKE, S., SCHOLZ, A. M. und FÖRSTER, M. 2006: Einfluss von elastischem Bodenbelag auf Milchmenge, Fett, Eiweiß und Zellgehalt bei Kühen in Laufstallhaltung – Arch. Tierz., Dummerstorf 49 3, 250-258

KREMER, P. V., NUESKE, S., SCHOLZ, A. M. und FÖRSTER, M. 2007: Comparison of Claw Health and Milk Yield in Dairy Cows on Elastic or Concrete Flooring – Journal of Dairy Science Volume 90, Issue 10, Pages 4603-4611

KREMER, P.V., SCHOLZ, A., NÜSKE, S. und FÖRSTER, M. 2008: Reproduction Traits in Dairy Cows on Elastic or Concrete Flooring – In: Proc World Buiatric Congress, 6-11 July, Budapest, Hungary, 936, 213

KREMER, P. V., NUESKE, S., SCHOLZ, A. M. und FÖRSTER, M. 2012: Do mats matter? – Comparison of fertility traits and milk yield in dairy cows on rubber or concrete flooring – Archiv Tierzucht 55 (2012) 5, 438-449

KREUTZIG, T. 1993: Hormone der Nebennierenrinde – Kurzlehrbuch der Biochemie, 7. Auflage, Jungjohann Verlagsgesellschaft Freiburg, Neckarsulm

LANGHANS, J. 1992: Verhalten der Rückenfettdicke und des Leberfettgehaltes bei Milchkühen im peripartalen Zeitraum und die Beziehungen zur Milchleistung, Fruchtbarkeit und Gesundheit – Vet. Diss. Humboldt-Univ., Berlin

LARSEN, M. und KRISTENSEN, N. B. 2012: Effects of glucogenic and ketogenic feeding strategies on splanchnic glucose and amino acid metabolism in postpartum transition Holstein cows – Journal of Dairy Science Volume 95, Issue 10, Pages 5946-5960

LAURITSEN, L. 1987: Untersuchungen zum Verhalten der Rückenfettdicke bei Jungkühen im postpartalen Zeitraum zur Einschätzung des Leistungsvermögens – Abschlussarbeit zum postgradualen Studium Fachtierarzt der Rinderproduktion, Humboldt-Univ. Berlin

LAW, R. A., YOUNG, F. J., PATTERSON, D. C., KILPATRICK, D. J., WYLIE, A. R. G., INGVARSTEN, K. L., HAMELEERS, A., MC COY, M. A., MAYNE, C. S. und FERRIS, C. 2011: Effect of precalving and postcalving dietary energy level on performance and blood metabolite concentrations of dairy cows throughout lactation – Journal of Dairy Science Volume 94, Issue 2, Pages 808-823

LEDGERWOOD, D. N., WINCKLER, C. und TUCKER, C. B. 2010: Evaluation of data loggers, sampling intervals, and editing techniques for measuring the lying behavior of dairy cattle – Journal of Dairy Science Volume 93, Issue 11, Pages 5129-5139

LEGRAND, A., SCHÜTZ, K. E. und TUCKER, C. B. 2011: Using water to cool cattle: Behavioral and physiological changes associated with voluntary use of cow showers – Journal of Dairy Science Volume 94, Issue 7, Pages 3376-3386

LEMKE, B., STAUFENBIEL, R., ROSSOW, N., JACOBI, U., KIRST, E. 1985: Untersuchungen zum Energiestoffwechsel von Milchkühen – Mh. Vet.-Med. 40, 295

LIEFERS, S. C., VEERKAMP, R. F., TE PAS, M. F. W., DELAUAUD, C., CHILLIARD, Y. und VAN DER LENDE, T. 2003: Leptin Concentrations in Relation to Energy Balance, Milk Yield, Intake, Live Weight, and Estrus in Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 86, Issue 3, Pages 799-807

LING, K., WALDMANN, A., SAMARÜTEL, J., JAAKSON, J., KAART, T. und LEESMÄE, A. 2004: Field trial on blood metabolites, body condition score (BCS) and their relation to the recurrence of ovarian cyclicity in Estonian Holstein cows – 12th International Conference on Production Diseases in Farm Animals, East Lansing, Michigan, USA

LKV (Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung) in Bayern e. V. 2007: Leistungs- und Qualitätsprüfung in der Rinderzucht in Bayern 2007. http://www.lkv.bayern.de/media/mlp_jahresbericht2007.pdf

LOBECK, K. M., ENDRES, M. I., SHANE, E. M., GODDEN, S. M. und FETROW, J. 2011: Animal welfare in cross-ventilated, compost-bedded pack, and naturally ventilated dairy barns in the upper Midwest – Journal of Dairy Science Volume 94, Issue 11, Pages 5469-5479

LÖFFLER, G. und PETRIDES, P. E. 2003: Biochemie und Pathobiochemie, 7. Auflage Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

LÖFFLER, G. 2003: Grundwissen Biochemie mit Pathobiochemie – 5. Auflage Springer Verlag

LOHRENZ, A. – K. 2010: Milk performance and glucose metabolism in dairy cows fed rumen-protected fat during mid lactation – Journal of Dairy Science Volume 93, Issue 12, Pages 5867-5876

LOISELLE, M. C., STER, C., TALBOT, B. G., ZHAO, X., WAGNER, G. F., BOISCLAIR, Y. R. und LACASSE, P. 2009: Impact of postpartum milking frequency on the immune system and the blood metabolite concentration of dairy cows – Journal of Dairy Science Volume 92, Issue 5, Pages 1900-1912

LOKER, S., MIGLIOR, F., KOECK, A., NEUENSCHWANDER, T. F.-O., BASTIN, C., JAMROZIK, J., SCHAEFFER, L. R. und KELTON, D. 2012: Relationship between body condition score and health traits in first-lactation Canadian Holsteins – Journal of Dairy Science Volume 95, Issue 11, Pages 6770-6780

LOMBARD, J. E., TUCKER, C. B., KEYSERLINGK VON, M. A. G., KOPRAL, C. A. und WEARY, D. M. 2010: Associations between cow hygiene, hock injuries, and free stall usage on US dairy farms – Journal of Dairy Science Volume 93, Issue 10, Pages 4668-4676

LOTTHAMMER, K. - H. 1981: Gesundheits- und Fruchtbarkeitsstörungen beim Milchrind – Tierärztl. Praxis 9, 419-426

LOWMAN, B. G., SCOTT, N. A. und SOMERVILLE, S.H. 1976: "Condition Scoring of Cattle," East of Scotland College of Agriculture Bulletin 6

LUCY, M. C. 2001: Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will It End? – Journal of Dairy Science Volume 84, Issue 6, Pages 1277–1293

LÜGNER, E. und LÜGNER, D. 1989: Untersuchungen zur Leberverfettung bei der Milchkuh – Vet. Diss. Humboldt-Univ. Berlin

MACKLE, T. R., DWYER, D. A., INGVARTSEN, K. L., CHOUINARD, P. Y., LYNCH, J. M., BARBANO, D. M. und BAUMAN, D. E. 1999: Effects of Insulin and Amino Acids on Milk Protein Concentration and Yield from Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 82, Issue 7, Pages 1512-1524

MACKLE, T. R., DWYER, D. A., INGVARTSEN, K. L., CHOUINARD, P. Y., ROSS, D. A. und BAUMAN, D. E. 2000: Evaluation of Whole Blood and Plasma in the Interorgan Supply of Free Amino Acids for the Mammary Gland of Lactating Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 83, Issue 6, Pages 1300-1309

MADSEN, T. G., NIELSEN, M. O., ANDERSEN, J. B. und INGVARTSEN, K. L. 2008: Continuous Lactation in Dairy Cows: Effect on Milk Production and Mammary Nutrient Supply and Extraction – Journal of Dairy Science Volume 91, Issue 5, Pages 1791-1801

MAHLKOW-NERGE, K., TISCHER, M. und ZIEGER, P. 2005: Modernes Fruchtbarkeitsmanagement beim Rind: Ein Leitfaden aus der Praxis für die Praxis – AgroConcept GmbH, Bonn

MALVEN, P. V., HEAD, H. H., COLLIER, R. J. und BUONOMO, F. C. 1987: Periparturient changes in secretion and mammary uptake of insulin and in concentrations of insulin and insulin-like growth factors in milk of dairy cows – Journal of Dairy Science Volume 70, Issue 11, Pages 2254-2265

MANSFELD, R., HEUWIESER, W., METZNER, M. und SCHÄFERS, M. 2000: Die fortlaufende Konditionsbeurteilung: Unverzichtbarer Bestandteil der Fütterungsüberwachung beim Milchvieh (München und Berlin) – Milchpraxis, 38. Jg. (4) 2000, 180-184

MARKUSFELD, O., GALON, N. und ERZRA, E. 1997: Body condition score, health, yield, fertility in dairy cows – Vet. Rec. 141, 67-72

MARTIN, E. A. und EHLE, F. R. 1986: Body composition of lactating and dry Holstein cows estimated by deuterium dilution – Journal of Dairy Science Volume 69, Issue 1, Pages 88-98

MC GILL University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Department of Animal Science 2009: Dairy Cattle Production 342 – 450A; <http://animsci.agrenv.mcgill.ca/courses/450/> -- letztmalig besucht am: 10.10.2013

MELENDEZ, P., BARTOLOME, J., ARCHBALD, L. F. und DONOVAN, A. 2003: The association between lameness, ovarian cysts and fertility in lactating dairy cows – Theriogenology. 2003 Feb; 59(3-4): 927-937

MERSMANN, H. J. 1986: Nutritional and endocrinological influences on the composition of animal growth – Prog. Food Nutr. Sci. 11; 175

M'HAMDI, N., FROUJA, S., ALOULOU, R., BOUALLEGUE, M., KAUR.BRAR, S. und HAMOUDA, M. B. 2012: Dairy Cattle Welfare Status Measured by Animal-Linked Parameters Under Tunisian Rearing Conditions – in "Milk Production - An Up-to-Date Overview of Animal Nutrition, Management and Health", book edited by Narongsak Chaiyabutr – InTech Europe, Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia

MOE, P. W. und TYRRELL, H. F. 1986: The physiological bases of nutrient responses during lactation – Proc. Nutr. Soc. 45, 215

MÖSENFECHEL, S., EIGENMANN, U. J., WANNER, M. und RÜSCH, P. 2000: Rückenfettdicke und Fruchtbarkeit bei Braunviehkühen – Schweiz. Arch. Tierheilkd. 142 Seiten 679–689

MORRIS, M. J., KANEKO, K., WALKER, S. L., JONES, D. N., ROUTLY, J. E., SMITH, R. F. und DOBSON, H. 2011: Influence of lameness on follicular growth, ovulation, reproductive hormone concentrations and estrus behavior in dairy cows – Theriogenology. 2011 September 1; 76(4): 658–668

MULVANY, P. 1981: Dairy cow condition scoring – Handout No. 4468, Natl. Inst. Res. Dairying, Reading, UK

NAFIKOV, R. A. 2006: Prevention of Fatty Liver in Transition Dairy Cows by Subcutaneous Injections of Glucagon – Journal of Dairy Science Volume 89, Issue 5, Pages 1533-1545

NANDA, A. S., WARD, W. R. und DOBSON, H. 1989: Effects of naloxone on the oestradiol-induced LH surge and cortisol release in transported cows – J Reprod Fertil. 1989 Nov; 87(2): 803-807

NEBEL, R. L. und MC GILLIARD, M. L. 1993: Interactions of High Milk Yield and Reproductive Performance in Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 76, Issue 10, Pages 3257-3268

NEWBY, N. C., DUFFIELD, T. F., PEARL, D. L., LESLIE, K. E., LE BLANC, S. J. und KEYSERLINGK VON, M. A. G. 2013: Use of a mechanical brush by Holstein dairy cattle around parturition – Journal of Dairy Science Volume 96, Issue 4, Pages 2339-2344

NICHOLSON, M. J. und LITTLE, D. A. 1989: A note on the usefulness of skinfold thickness – V. Condition score for estimating body fat content in Boran cattle – Anim. Prod. 48, 234

NISHIDA, T., HOSODA, K., MATSUYAMA, H. und ISHIDA, M. 2004: Effect of Lying Behavior on Uterine Blood Flow in Cows during the Third Trimester of Gestation – Journal of Dairy Science Volume 87, Issue 8, Pages 2388-2392

NORRING, M., MANNINEN, E., PASSILLÈ DE, A. M., RUSHEN, J., MUNKSGAARD, L. und SALONIEMI, H. 2008: Effects of Sand and Straw Bedding on the Lying Behavior, Cleanliness, and Hoof and Hock Injuries of Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 91, Issue 2, Pages 570-576

NORRING, M., MANNINEN, E., PASSILLÈ DE, A. M., RUSHEN, J. und SALONIEMI, H. 2010: Preferences of dairy cows for three stall surface materials with small amounts of bedding – Journal of Dairy Science Volume 93, Issue 1, Pages 70-74

NUSS, K. und A. STEINER 2004: Spezielle Diagnostik und Therapie Seite 77 folgende In: Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes (Herausgeber: FIEDLER, A., J. MAIERL, K. NUSS Schattauer Verlag, Stuttgart

OBESE, F., STOCKDALE, R., MACILLAN, K., EGAN, A. und HUMPHRYS, S. 2004: Effects of body condition score (BCS) at calving and level of grain feeding during early lactation on plasma concentrations of insulin-like growth factor-I (IGF-I), selected blood metabolites and resumption of ovarian cyclicity in pasture-fed dairy cows – 23. World Buiatric Congress, Québec, Canada, 34, 147

O'DRISCOLL, K. K. M., SCHUTZ, M. M., LOSSIE, A. C. und EICHER, S. D. 2009: The effect of floor surface on dairy cow immune function and locomotion score – Journal of Dairy Science Volume 92, Issue 9, Pages 4249-4261

ODENSTEN, M. O., HOLTENIUS, K. und PERSSON WALLER, K. 2007: Effects of Two Different Feeding Strategies during Dry-off on Certain Health Aspects of Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 90, Issue 2, Pages 898-907

OIKONOMOU, G., ARSENOS, G., VALERGAKIS, G. E., TSIARAS, A., ZYGOYIANNIS, D. und BANOS, G. 2008: Genetic Relationship of Body Energy and Blood Metabolites with Reproduction in Holstein Cows – Journal of Dairy Science Volume 91, Issue 11, Pages 4323-4332

OPSTVEDT, J., BALDWIN, R. L. und RONNING, M. 1967: Effect of diet upon activities of level of several enzymes in abdominal adipose and mammary tissues in the lactating dairy cow – Journal of Dairy Science Volume 50, Issue 1, Pages 108-109

OPSTVEDT, J. und RONNING, M. 1967: Effect upon lipid metabolism of feeding alfalfa hay or concentrate ad libitum as the sole feed of milking cows – Journal of Dairy Science Volume 50, Issue 3, Pages 345-354

OSTERGAARD, V. 1982: Optimum feeding strategy for high yielding dairy cow – Proceedings of the XIIth World congress on diseases of cattle, Amsterdam, 68

Ouweltjes, W., van der Werf, J. T. N., Frankena, K. und van Leeuwen, J. L. 2011: Effects of flooring and restricted freestall access on behavior and claw health of dairy heifers – Journal of Dairy Science Volume 94, Issue 2, Pages 705-715

Overton, T. R. und M.R. Waldron, M. R. 2004: Nutritional management of transition dairy cows: Strategies to optimize metabolic health – Journal of Dairy Science Volume 87, Supplement, Pages E105-E119

PANARETTO, B. A. und TILL, A. R. 1963: Body composition in vivo – Aust. J. Agric. Res. 14, 926

Panicke, L., Fischer, E., Fischer, B. und Staufenbiel, R. 2003: Schätzung des Prüfniveaus metabolischer Merkmale beim Glukose-Toleranz-Test (GTT) an Jungbullen – Arch.Tierz., Dummerstorf 46 (2003) 2, 167-176

Pedron, O., Cheli, F., Senatore, E., Baroli, D. und Rizzi, R. 1993: Effect of Body Condition Score at Calving on Performance, Some Blood Parameters, and Milk Fatty Acid

Composition in Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 76, Issue 9, Pages 2528-2535

PEAKE, K. A., BIGGS, A. M., ARGO, C. M., SMITH, R. F., CHRISTLEY, R. M., ROUTLY, J. E. und DOBSON, H. 2011: Effects of lameness, subclinical mastitis and loss of body condition on the reproductive performance of dairy cows – Vet Rec. 2011 Mar 19; 168 (11): 301

PFISTERER, T., DISTL, O., NOHNER, H. P., HAHN, R. und KRÄUßLICH, H. 1991: Tierärztliche computergestützte Milchviehbetreuung – Praktischer Tierarzt 72,

PIATKOWSKI, B. 1975: Nährstoffverwertung des Wiederkäuers– Gustav Fischer Verlag Jena – Habilitationsschrift STAUFENBIEL, R. 1993 Berlin

PIATKOWSKI, B. 1987: Rinderfütterung – 2. Auflage, Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin

PLATZ, S., AHRENS, F., BENDEL, J., MEYER, H. H. D. und ERHARD, M. H. 2008: What Happens with Cow Behavior When Replacing Concrete Slatted Floor by Rubber Coating: A Case Study – Journal of Dairy Science Volume 91, Issue 3, Pages 999-1004

POLLOTT, G. E. und COFFEY, M. P. 2008: The Effect of Genetic Merit and Production System on Dairy Cow Fertility, Measured Using Progesterone Profiles and On-Farm Recording – Journal of Dairy Science Volume 91, Issue 9, Pages 3649-3660

PUSHPAKUMARA, P. G., GARDNER, N. H., REYNOLDS, C. K., BEEVER, D. E. und WATHES, D. C. 2003: Relationships between transition period diet, metabolic parameters and fertility in lactating dairy cows – Theriogenology Volume 60, Issue 6, Pages 1165–11859

REICH, L. J., WEARY, D. M., VEIRA, D. M. und KEYSERLINGK VON, M. A. G. 2010: Effects of sawdust bedding dry matter on lying behavior of dairy cows: A dose-dependent response – Journal of Dairy Science Volume 93, Issue 4, Pages 1561-1565

REIST, M., KOLLER, A., BUSATO, A., KÜPFER, U. und BLUM, J. W. 2000: First ovulation and ketone body status in the early postpartum period of dairy cows – Theriogenology 54 (5), 685-701

REIST, M., ERDIN, D., EUW VON, D., TSCHUEMPERLIN, K., LEUENBERGER, H., CHILLIARD, Y., HAMMON, H. M., MOREL, C., PHILIPONA, C., ZBINDEN, Y., KUENZI, N. und BLUM, J. W. 2002: Estimation of Energy Balance at the Individual and Herd Level Using Blood and Milk Traits in High-Yielding Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 85, Issue 12, Pages 3314-3327

REKSEN, O., GRÖHN, Y. T., HAVREVOLL, O. S., BOLSTAD, T., WALDMANN, A. und ROPSTAD, E. 2001: Influence of Concentrate Allocation and Energy Balance on Postpartum Ovarian Activity in Norwegian Cattle – Journal of Dairy Science Volume 84, Issue 5, Pages 1060-1068

RICHTER, T. 2006: Krankheitsursache Haltung: Beurteilung von Nutztierställen. Ein tierärztlicher Leitfaden – Enke Verlag, Stuttgart

RIVEST, S., LACROIX, S., VALLIÉRES, L., NADEAU, S. ZHANG, J. und LAFLAMME, N. 2000: How the Blood Talks to the Brain Parenchyma and the Paraventricular Nucleus of the Hypothalamus During Systemic Inflammatory and Infectious Stimuli – Proc. Soc. Experimental Biology and Medicine 223(1):22-38

RIVIER, C. und RIVEST, S. 1991: Effect of stress on the activity of the hypothalamic-pituitary-gonadal axis: peripheral and central mechanisms – Biol. Reprod. 1991 Oct; 45(4): 523-532

ROBELIN 1981: Cellularity of bovine adipose tissue: developmental changes from 15 to 65 per cent mature weight – J. Lipid Res. 22, 452-457

ROBERTS, C. J., REID, J. H. und ROWLANDS, G. J. 1981: A fat mobilization syndrome in dairy cows in early lactation – Vet. Rec. 3, 57

ROBERTS, C. J. 1982: Fat mobilization of the high-yielding dairy cows in early lactation - Proceedings of the XIIth World congress on diseases of cattle, Amsterdam, The Netherlands, 7. - 10. September 1982; 501-507

ROCHE, J. R., FRIGGENS, N. C., KAY, J. K., FISHER, M. W., STAFFORD, K. J. und BERRY, D. P. 2009: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare – Journal of Dairy Science Volume 92, Issue 12, Pages 5769-5801

ROSSOW, N. und STAUFENBIEL, R. 1983: Störungen des Lipidstoffwechsels bei der Milchkuh unter besonderer Berücksichtigung der Lipolyse – Mh. Vet.-Med. 38, 404-409

ROSSOW, N., JACOBI, U., STAUFENBIEL, B., BAUER, J. und STAUFENBIEL, R. 1984a: Beziehungen zwischen fütterungsbedingten Stoffwechselstörungen und Rohmilchqualität – Forschungsbericht, Institut für angewandte Tierhygiene, Eberswalde-Finow

ROSSOW, N., STAUFENBIEL, R. und DARGEL, D. 1984b: Untersuchungen zum Verhalten der NADP-abhängigen Dehydrogenasen des Betreffgewebes, der Fettgewebsbestandteile sowie der Plasmakonzentration an Insulin und Glukose und zu ihrer Aussage über die Lipogenese des Rindes – Forschungsbericht, Institut für angewandte Tierhygiene Eberswalde-Finow

ROSSOW, N., STAUFENBIEL, R. und DARGEL, D. 1985: Methoden zur Beurteilung des Lipidstoffwechsels beim Rind – Forschungsbericht, Institut für angewandte Tierhygiene Eberwalde-Finow

ROSSOW, N., STAUFENBIEL, B., STAUFENBIEL, R. und BAUER, J. 1989: Stoffwechselüberwachung beim Milchkühen durch Bewertung und Korrektur des Körperfettansatzes – Mh. Vet.-Med. 44, 590

ROSSOW, N., STAUFENBIEL, R. und SCHULZ, J. 1990: Gestaltung der Trockenstehperiode zur Verhütung von Stoffwechsel- und Fertilitätsstörungen bei Milchkühen – Mh. Vet.-Med. 45, 426-431

ROSSOW, N. 2003: Das Glucosebeschaffungsproblem der Hochleistungskuh – <http://www.portal-rind.de/index.php?name=News&file=article&sid=51>

ROSSOW, N. 2004a: Die Energiebilanzsituation der Milchkuh in der Früh lactation – http://www.portal-rind.de/portal/data/artikel/49/artikel_49.pdf

ROSSOW, N. 2004b: Fettmobilisationssyndrom der Milchkuh – http://www.portal-rind.de/portal/data/artikel/45/artikel_45.pdf

ROSSOW, N. 2004c: Ketose der Milchkuh – Wesen der Erkrankung und Bekämpfungsstrategie – http://www.portal-rind.de/portal/data/artikel/46/artikel_46.pdf

ROSSOW, N. 2004d: Gesundheits- und Fruchtbarkeitsmanagement in Milchkuhbeständen Teil 4: Managementaufgaben im präpartalen Abschnitt der Transitperiode – <http://www.portal-rind.de/index.php?name=News&file=article&sid=88>

ROSSOW, N. 2005: Gesundheits- und Fruchtbarkeitsmanagement in Milchkuhbeständen Teil 5: Managementaufgaben vom Abkalben bis zum Erreichen der Laktationsspitze – <http://www.portal-rind.de/index.php?name=News&file=article&sid=99>

ROSSOW, N. 2008a: Neuere Erkenntnisse zur postpartalen Energiebilanz der Milchkuh – <http://www.portal-rind.de/index.php?name=News&file=article&sid=113>

ROSSOW, N. 2008b: Stoffwechselstörungen der Hochleistungskuh Teil 1 – http://www.portal-rind.de/index.php?module=Downloads&func=prep_hand_out&lid=23.

RUSHEN, J. und DE PASSILLÉ, A. M. 2006: Effects of Roughness and Compressibility of Flooring on Cow Locomotion – Journal of Dairy Science Volume 89, Issue 8, Pages 2965-2972

RUSHEN, J., HALEY, D. und PASSILLÉ DE, A. M. 2007: Effect of Softer Flooring in Tie Stalls on Resting Behavior and Leg Injuries of Lactating Cows – Journal of Dairy Science Volume 90, Issue 8, Pages 3647-3651

RUUD, L. E., BØE, K. E. und ØSTERÅS, O. 2010: Associations of soft flooring materials in free stalls with milk yield, clinical mastitis, teat lesions, and removal of dairy cows – Journal of Dairy Science Volume 93, Issue 4, Pages 1578-1586

SALEEM, F., AMETAJ, B. N., BOUATRA, S., MANDAL, R., ZEBELI, Q., DUNN, S. M. und WISHART, D. S. 2012: A metabolomics approach to uncover the effects of grain diets on rumen health in dairy cows – Journal of Dairy Science Volume 95, Issue 11, Pages 6606-6623

SANTSCHI, D. E., LEFEBVRE, D. M., CUE, R. I., GIRARD, C. L. und PELLERIN, D. 2011: Incidence of metabolic disorders and reproductive performance following a short (35-d) or conventional (60-d) dry period management in commercial Holstein herds – Journal of Dairy Science Volume 94, Issue 7, Pages 3322-3330

SARTIN, J. L., CUMMINS, K. A., KEMPPAINEN, R. J., MARPLE, D. N., RAHE, C. H. und WILLIMS, I. C. 1985: Glucagon, insulin and growth hormone responses to glucose infusion in lactating dairy cows – Am. J. Physiol. Volume 248: E108 – Jan 1, 1985

SCHÄFER, M., UHLIG, A. und JOHANNSEN, U. 1988: Untersuchungen zur Leberfunktion der Milchkühe im peripartalen Zeitraum. 1. Mitt.: Erzeugung subklinischer Leberfunktionsstörungen durch intensive Fütterung während der Hochträchtigkeit – Arch. Exper. Vet. Med. 42, 100-107

SCHLAMBERGER, G., WIEDEMANN, S., VITURRO, E., MEYER, H. H. D. und KASKE, M. 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 – Journal of Dairy Science Volume 93, Issue 6, Pages 2471-2485, June 2010

SCHMAUSSER, M. 2006: Beziehungen zwischen verschiedenen Parametern des Energiestoffwechsels und Störungen der Fertilität beim Milchrind unter Berücksichtigung der individuellen Futteraufnahme – Dissertation zum Erlangen der tiermedizinischen Doktorwürde, LMU München

SCHOENBERG, K. M. und OVERTON, T. R. 2011: Effects of plane of nutrition and 2,4-thiazolidinedione on insulin responses and adipose tissue gene expression in dairy cattle during late gestation – Journal of Dairy Science Volume 94, Issue 12, Pages 6021-6035

SCHOENBERG, K. M., ERHARDT, R. M. und OVERTON, T. R. 2012: Effects of plane of nutrition and feed deprivation on insulin responses in dairy cattle during late gestation – Journal of Dairy Science Volume 95, Issue 2, Pages 670-682

SCHOLZ, A., NEUHAUS, U., NÜSKE, S., KRAGENINGS, G. und FÖRSTER, M. 2001a: Vergleich der Milchleistung und Besuchshäufigkeit der Rassen Deutsches Fleckvieh und Deutsche Holsteins in einem automatischen Melksystem – Züchtungskunde 73: 12-22

SCHOLZ, A., NEUHAUS, U., NÜSKE, S., KRAGENINGS, G. und FÖRSTER, M. 2001b: Milchqualität bei Kühen der Rassen Deutsches Fleckvieh und Deutsche Holsteins im Vergleich von konventioneller und Roboter-Melktechnik – Züchtungskunde 73: 23-32

SCHOONMAKER, K. 2012: Lahmheit führt zu schlechten BCS-Werten – <http://www.elite->

magazin.de/gesundheits/Lahmheit-fuehrt-zu-schlechten-BCS-Werten-872607.html /

Freelance Agricultural & Life Sciences Journalist – Dairy Herd Management

SCHRÖDER, U. J. 2000: Untersuchungen zur Konditionsbeurteilung mittels ultrasonografischer Messung der Rückenfettdicke als Grundlage zur Anwendung in der Bestandsbetreuung von Milchviehherden – Dissertation zum Erlangen der tiermedizinischen Doktorwürde, Berlin

SCHRÖDER, U. J. und STAUFENBIEL, R. 2003: Relationships Between Backfat Thickness, Milk Yield and Fertility Traits with Resulting Standard Curves and Their Application in Dairy Herd Management – Acta Veterinaria Scandinavica 2003, 44 (Suppl 1)

SCHRÖDER, U. J. und STAUFENBIEL, R. 2006: Methods to Determine Body Fat Reserves in the Dairy Cow with Special Regard to Ultrasonographic Measurement of Backfat Thickness – Journal of Dairy Science Volume 89, Issue 1, Pages 1-14

SCHÜTZ, K. E., ROGERS, N. R., WEBSTER, J. R. und TUCKER, C. B. 2011: Dairy cattle prefer shade over sprinklers: Effects on behavior and physiology – Journal of Dairy Science Volume 94, Issue 1, Pages 273-283

SEJERSEN, H., SØRENSEN, M. T., LARSEN, T., BENDIXEN, E. und INGVRTSEN, K. L. 2012: Liver protein expression in dairy cows with high liver triglycerides in early lactation – Journal of Dairy Science Volume 95, Issue 5, Pages 2409-2421

SEYMOUR, W. M., HEREBEIN, J. H., AKERS, R. M. und POLAN, C. E. 1988: Effect of perpartum energy intake and postpartum protein source on plasma somatotropin and insulin in lactating cows – J. Dairy Sci. 71, 2963

SHARMA, B. K., VANDEHAAR, M. J. und AMES, N. K. 1994: Expression of Insulin-like Growth Factor-I in Cows at Different Stages of Lactation and in Late Lactation Cows Treated with Somatotropin – Journal of Dairy Science Volume 77, Issue 8, Pages 2232-2241

SHRESTHA, H. K., NAKOA, T., SUZUKI, T., HIGAKI, T. und AKTIA, M. 2004: Effects of abnormal ovarian cycles during pre-service period postpartum on subsequent reproductive performance of high-producing Holstein cows – Theriogenology. 2004 May; 61(7-8):1559-1571

SILBERNAGL, S. und DESPOPOULOS, A. 2001: Hormone und Reproduktion – Taschenatlas der Physiologie, 5. Auflage, Thieme Verlag

SJÖBERG, A., OSCARSSON, J., OLOFSSON, S.-O., EDEN, S. 1994: Insulin-like growth factor-I and growth hormone have different effects on serum lipoproteins and secretion of lipoproteins from cultured rat hepatocytes – *Endocrinology* 135, 1415-1421

SMITH, G. H. 1971: Glucose metabolism in the ruminant – *Proc. Nutrit. Soc.* 30, 265

SOMERS, J. G. C. J., SCHOUTEN, W. G. P., FRANKENA, K., NOORDHUIZEN-STRASSEN, E. N. und METZ, J. H. M. 2005: Development of Claw Traits and Claw Lesions in Dairy Cows Kept on Different Floor Systems – *Journal of Dairy Science* Volume 88, Issue 1, Pages 110-120

SOMMER, T. 1985: Untersuchungen zur Tiergerechtheit praxisüblicher Gestaltung von Laufflächen für Milchvieh im Boxenlaufstall - Liz. Arbeit, Zool. Institut, Bern. In: KREMER, P. (2006): Vergleich von Klauengesundheit, Milchleistung und Aktivität bei Kühen auf Betonspaltenboden und auf Spaltenboden mit elastischen Auflagen, Inaugural-Dissertation Ludwig-Maximilians-Universität München, 2006

SPIEKERS, H. und POTTHAST, V. (2004): Erfolgreiche Milchviehfütterung – 4., völlig neu überarbeitete Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt, ISBN: 3769005732

STAPLES C. R., THATCHER W. W. und CLARK, J. H. 1990: Relationship between Ovarian Activity and Energy Status during the Early Postpartum Period of High Producing Dairy Cows – *Journal of Dairy Science* Volume 73, Issue 4, Pages 938-947

STARKE, A., SCHMIDT, S., HAUDUM, A., SCHOLBACH, T., WOHLSEIN, P., BEYERBACH, M. und REHAGE, J. 2011: Evaluation of portal blood flow using transcutaneous and intraoperative Doppler ultrasonography in dairy cows with fatty liver – *Journal of Dairy Science* Volume 94, Issue 6, Pages 2964-2971

STAUFENBIEL, B. 1989: Experimentelle Untersuchungen zur Beurteilung der Energiebilanz der Milchkuh – Vet. Diss., Humboldt-Univ., Berlin

STAUFENBIEL, R. 1981: Lipogenese des Rindes – Diplomarbeit, Humboldt-Univ. Berlin

STAUFENBIEL, R. 1982: Biochemische Aspekte der Lipogenese beim Rind – Mh. Vet.-Med. 37, 667-674

STAUFENBIEL, R. 1985: Untersuchungen zum Verhalten der NADP-abhängigen Dehydrogenasen des Fettgewebes, der Fettgewebsbestandteile sowie der Plasmakonzentrationen an Insulin und Glukose und zu ihrer Aussage über die Lipogenese beim Rind – Vet. Diss., Humboldt-Univ. Berlin

STAUFENBIEL, R. 1987a: Untersuchungen zum Verhalten der Plasmakonzentrationen an Insulin und Glukose beim Rind – Berichte Humboldt-Univ. Berlin 7, 11, 46-50

STAUFENBIEL, R. 1987b: Zum Fettstoffwechsel des Rindes – Berichte Humboldt-Univ. Berlin 7 11, 15-19

STAUFENBIEL, R. 1992: Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes – Untersuchungskonzept und Messung der Rückenfettdicke – Mh. Vet.-Med. 47, 467-474

STAUFENBIEL, R. 1993a: Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes unter besonderer Berücksichtigung der Messung der Rückenfettdicke und der Untersuchung von Fettgewebe – Freie Universität Berlin, Habilitationsschrift

STAUFENBIEL, R. 1993b: Leitgedanken zu den Untersuchungen zum Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes – Freie Universität Berlin, Habilitationsschrift

STAUFENBIEL, R. 1993c: Anwendung der Körperkonditionsbeurteilung als Bestandteil der veterinärmedizinischen Bestandsbetreuung von Milchkühen – Zur Publikation – Habilitationsschrift STAUFENBIEL, R. 1993 Berlin

STAUFENBIEL, R. 1997: Konditionsbeurteilung von Milchkühen mit Hilfe der sonographischen Rückenfettdickenmessung – Prakt. Tierarzt, Coll. Vet. 27 87–92

STAUFENBIEL, R. 2004: Körperkonditionsbeurteilung per Ultraschall (RFD-Messung) Elite, 2004, 38.

STAUFENBIEL, R. 2013: Zusammenhänge zwischen Milchleistungshöhe, Fruchtbarkeit, Tiergesundheit und Zuchtfortschritt in Milchkuhherden – „15. Rinderfachtagung für Landwirte

und Tierärzte der Tierseuchenkasse Sachsen-Anhalt“; http://www.tgdsachsen-anhalt.de/rind/fachbtrg/020/Vortrag_Staufenbiel_05112013.pdf

STAUFENBIEL, R., ROSSOW, N. und JACOBI, U. 1982: Endokrine und klinische Aspekte der Lipogenese beim weiblichen Rind – Mh. Vet.-Med. 37, 616

STAUFENBIEL, R. und LÜGNER, D. 1987a: Zur Bestimmung des Leberfettgehaltes beim Rind – Berichte Humboldt-Univ. Berlin 7, Heft 11, 43

STAUFENBIEL, R. und ROSSOW, N. 1987b: Methoden zur Beurteilung des Lipidstoffwechsels des Rindes – Berichte Humboldt-Univ. Berlin 7 Heft 11, 19-22

STAUFENBIEL, R., ROSSOW, N. und JACOBI, U. 1987c: Zur Milchproduktion aus der Sicht des Energie- und Fettstoffwechsels – Berichte Humboldt-Univ. Berlin 7 Heft 11, 26-34

STAUFENBIEL, R. und SCHUMACHER 1987d: Zum Verhalten der Dehydrogenasen im Fettgewebe des Rindes – Berichte Humboldt – Univ. Berlin 7 Heft 11, 34-36

STAUFENBIEL, R. und WIEDEMANN, F. 1987e: Zur Bedeutung des über die Gesamtkörperwasserbestimmung ermittelten Fettgehaltes im Tierkörper und der Rückenfettdickenmessung beim Rind – Berichte Humboldt-Univ. Berlin 7 Heft 11, 40-43

STAUFENBIEL, R., LANGHANS, J., BAUER, J., DARGEL, D., ROSSOW, N. und LEUTHOLD, G. 1989a: Untersuchungen zur Beurteilung der postpartalen Energiebilanz der Milchkuh – Mh. Vet.-Med. 44, 594-598

STAUFENBIEL, R., BEILIG, S., WOLF, J. und ROSSOW, N. 1989b: Eignung der Untersuchungsgrößen des Energie- und Fettstoffwechsels zur Einzeltiercharakterisierung von Milchkühen – Mh. Vet.-Med. 44, 637-643

STAUFENBIEL, R., LANGHANS, J., ROSSOW, N. und LEUTHOLD, G. 1989c: Verhalten der Rückenfettdicke, der Aktivitäten der NADP-abhängigen Dehydrogenasen des Fettgewebes sowie der Fettgewebsbestandteile Fett und Protein und ihre Aussage zum Energiestoffwechsel der Milchkuh – Arch. Exper. Vet. Med. 43, 885-895

STAUFENBIEL, R., LAURITSEN, L. und STAUFENBIEL, B. 1989d: Verhalten der Rückenfettdicke und ihre Beziehungen zum Leistungsvermögen bei Jungkühen –Mh. Vet.-Med. 44, S. 23

STAUFENBIEL, R., LAURITSEN, L., STAUFENBIEL, B. und ROSSOW, N. 1989e: Beziehungen zwischen der Rückenfettdicke im postpartalen Zeitraum und dem Leistungsvermögen bei Jungkühen – Mh. Vet.-Med., 44, 836-840

STAUFENBIEL, R., LÜGNER, D., LÜGNER, E., DARGEL, D. und ROSSOW, N. 1990: Zur Beurteilung des Leberfettgehaltes der Milchkuh – Mh. Vet.-Med. 46, 798-806

STAUFENBIEL, R., STAUFENBIEL, B., LACHMANN, I. und KLUKAS, H. 1991a: Fettstoffwechsel und Fruchtbarkeit bei der Milchkuh – Prakt. Tierarzt 73, Sonderheft Colleg. Veterinar. XXII, 18-25

STAUFENBIEL, R., MEIER, R., HACKBARTH, K.-H., STAUFENBIEL, B. und ROSSOW, N. 1992a: Untersuchungen zum optimalen Fettansatz bei der Milchkuh – Mh. Vet.-Med. 47, 125-136

STAUFENBIEL, R., RISCHK, U., SCHUMACHER, B. und BECKER, W. 1992b: Untersuchungen zum Glukose-Insulin-System der Milchkuh mittels Tagesprofilen und mit dem Glukosetoleranztest – Mh. Vet.-Med. 47, 231-243

STAUFENBIEL, R., LACHMANN, I., BAUER, J. und STAUFENBIEL, B. 1993: Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes – Beziehungen der Rückenfettdicke zur Energieaufnahme und zur Energiebilanz – Habilitationsschrift STAUFENBIEL, R. 1993 Berlin

STAUFENBIEL, R., STAUFENBIEL B., ROSSOW, N. und KLUKAS H. 1993a: Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes – Beziehungen der Rückenfettdicke zur Milchleistung, Fruchtbarkeit und zu klinisch-chemischen Parametern – Mh. Vet.-Med. 48, 3-11

STAUFENBIEL, R., STAUFENBIEL, B. und LACHMANN, I. 1993b: Fettstoffwechsel, Fruchtbarkeit und Gesundheit der Milchkuh – Arch. Tierz. 36, 121-137

STAUFENBIEL, R., STAUFENBIEL, B., ROSSOW, N. und WIEDEMANN, F. 1993c: Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes – Vergleich der Aussage der Rückenfettdicke mit anderen Untersuchungsgrößen – Mh. Vet.-Med. 48, 167-174

STAUFENBIEL, R., SCHRÖDER, U., GELFERT, C. C. und PANICKE, L. 2003: Arch. Tierz., Dummerstorf 46 (2003) 6, 513-526

STAUFENBIEL, R., und SCHRÖDER, U. 2004: Körperkonditionsbeurteilung mittels Ultraschallmessung der Rückenfettdicke - Teil 2. Veterinärspiegel, 3, 227-230

STEFANOWSKA, J., SWIERSTRA, D., VAN DEN BERG, J. V. und METZ, J. H. M. 2002: Do Cows Prefer a Barn Compartment with a Grooved or Slotted Floor? – Journal of Dairy Science Volume 85, Issue 1, Pages 79-88

STEINER, B. 2004: Anforderungen und Lösungen für Laufflächen in Rinderställen, ITB – Schwerpunktseminar des Lehr- und Versuchsgutes Oberschleißheim, Aufbau – Seminar „Rund um die Rinderklaue“ II, Einflüsse von Haltungsbedingungen und Fütterung auf die Klauengesundheit, Oberschleißheim, 09. – 10. Oktober 2004. In: KREMER, P. (2006): Vergleich von Klauengesundheit, Milchleistung und Aktivität bei Kühen auf Betonspaltenboden und auf Spaltenboden mit elastischen Auflagen, Dissertation Ludwig-Maximilians-Universität München, 2006

STERTENBRINK 2009: Dislocatio abomasi bei Schwarzbunten Kühen: Untersuchungen während der Trockenstehperiode sowie bis 14 Tage post partum – Dissertation, Leipzig

STEVENSON, J. S. und BRITT, J. H. 1979: Relationships among luteinizing hormone, estradiol, progesterone, glucocorticoids, milk yield, body weight and post partum ovarian activity in Holstein cows – J. Anim. Sci. 48, 570-577

STRYER, L. 1999: Biochemie – 4. Auflage

SUTHAR, V. S., CANELAS-RAPOSO, J., DENIZ, A. und HEUWIESER, W. 2013: Prevalence of subclinical ketosis and relationships with postpartum diseases in European dairy cows – Journal of Dairy Science Volume 96, Issue 5, Pages 2925-2938

TELEZHENKO, E., LIDFORS, L. und BERGSTEN, C. 2007: Dairy Cow Preferences for Soft or Hard Flooring when Standing or Walking – Journal of Dairy Science Volume 90, Issue 8, Pages 3716-3724

TELEZHENKO, E., BERGSTEN, C., MAGNUSSON, M., VENTORP, M. und NILSSON, C. 2008: Effect of Different Flooring Systems on Weight and Pressure Distribution on Claws of Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 91, Issue 5, Pages 1874-1884

TOL VAN DER, P. P. J., METZ, J. H. M., NOORDHUIZEN-STASSEN, E. N., BACK, W., BRAAM, C. R. und WEIJS, W. A. 2005: Frictional Forces Required for Unrestrained Locomotion in Dairy Cattle – Journal of Dairy Science Volume 88, Issue 2, Pages 615-624

TUCKER, C. B., WEARY, D. M. und FRASER, D. 2003: Effects of Three Types of Free-Stall Surfaces on Preferences and Stall Usage by Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 86, Issue 2, Pages 521-529

TUCKER, C. B. und WEARY, D. M. 2004a: Bedding on Geotextile Mattresses: How Much is needed to Improve Cow Comfort? – Journal of Dairy Science Volume 87, Issue 9, Pages 2889-2895

TUCKER, C. B., WEARY, D. M. und FRASER, D. 2004b: Free-Stall Dimensions: Effects on Preference and Stall Usage – Journal of Dairy Science Volume 87, Issue 5, Pages 1208-1216

TUCKER, C. B., WEARY, D. M. und FRASER, D. 2005: Influence of Neck-Rail Placement on Free-Stall Preference, Use, and Cleanliness – Journal of Dairy Science Volume 88, Issue 8, Pages 2730-2737

TUCKER, C. B., DALLEY, D. E., BURKE, J. - L. K. und CLARK, D. A. 2007: Milking Cows Once Daily Influences Behavior and Udder Firmness at Peak and Mid Lactation – Journal of Dairy Science Volume 90, Issue 4, Pages 1692-1703

TAYLOR, V. J., CHENG, Z., PUSHPAKUMARA, P. G. A., BEEVER, D. E. und WATHES, D. C. 2004: Relationships between the plasma concentrations of insulin-like growth factor-I in dairy cows and their fertility and milk yield – Vet. Rec., 155, 583-588

UHLIG, A., SCHÄFER, M. und JOHANNSEN, U. 1988: Untersuchungen zur Leberfunktion der Milchkühe im peripartalen Zeitraum. 2. Mitteilung: Verhalten labordiagnostischer Kennwerte mit Beziehung zur Leberfunktion – Arch. Exper. Veterinärmed., Leipzig 42, 108-117

VAN KNEGSEL, A.T.M. 2007: Energy partitioning in dairy cows - Effects of lipogenic and glucogenic diets on energy balance, metabolites and reproduction variables in early lactation – PhD Thesis, Wageningen University, The Netherlands, ISBN 978-90-8504-734-6

VAN KNEGSEL, A. T. M., BRAND VAN DEN, H., DIJKSTRA, J., STRAALLEN VAN, W. M., JORRITSMA, R., TAMMINGA, S. und KEMP, B. 2007: Effect of Glucogenic vs. Lipogenic Diets on Energy Balance, Blood Metabolites, and Reproduction in Primiparous and Multiparous Dairy Cows in Early Lactation – Journal of Dairy Science Volume 90, Issue 7, Pages 3397-3409

VAN STRATEN, M., SHPIGEL, N. Y. und FRIGER, M. 2008: Analysis of Daily Body Weight of High-Producing Dairy Cows in the First One Hundred Twenty Days of Lactation and Associations with Ovarian Inactivity – Journal of Dairy Science Volume 91, Issue 9, Pages 3353-3362

VAN WINDEN, S. C. L., JORRITSMA, R., MÜLLER, K. E. und NOORDHUIZEN, J. P. T. M. 2003: Feed Intake, Milk Yield, and Metabolic Parameters Prior to Left Displaced Abomasum in Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 86, Issue 4, Pages 1465-1471

VANEGAS, J., OVERTON, M., BERRY, S. L. und SISCHO, W. M. 2006: Effect of Rubber Flooring on Claw Health in Lactating Dairy Cows Housed in Free-Stall Barns – Journal of Dairy Science Volume 89, Issue 11, Pages 4251-4258

VEENHUIZEN, J. J., DRACKLEY, J. M., RICHARD, M. J., SANDERSON, T. P., MILLER, L. D. und YOUNG, J. W. 1991: Metabolic Changes in Blood and Liver during Development and Early Treatment of Experimental Fatty Liver and Ketosis in Cows – Journal of Dairy Science Volume 74, Issue 12, Pages 4238-4253

VERNON, R. G. 1980: Lipid metabolism in the adipose tissue of ruminant animals – Prog. Lipid Res. 19, 23-106

VON ENGELHARDT, W., BREVES, G. und MÖSTL, E. 2000: Endokrinologie – Physiologie der Haustiere, Enke Verlag Stuttgart 1. Auflage

VON ENGELHARDT, W. und BREVES, G. 2010: Endokrinologie – Physiologie der Haustiere, Enke Verlag Stuttgart 3. Auflage

WAGNER-STORCH, A. M., PALMER, R. W. und KAMMEL, D. W. 2003: Factors Affecting Stall Use for Different Freestall Bases – Journal of Dairy Science Volume 86, Issue 6, Pages 2253-2266

WALKER, S. L., SMITH, R. F., ROUTLY, J. E., JONES, D. N., MORRIS, M. J. und DOBSON, H. 2008: Lameness, Activity Time-Budgets, and Estrus Expression in Dairy Cattle – Journal of Dairy Science Volume 91, Issue 12, Pages 4552-4559

WAPPLER, O. 1997: Vergleichende Untersuchungen zur Aussage des Harnstoffverteilungsraumes, der Lebendmasse und der Rückenfettdicke zum Körperfettgehalt der Milchkuh – Dissertation, Klautierklinik des Fachbereiches Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin

WATHES, D.C., TAYLOR, V.J., CHENG, Z. und BEEVER, D.E. 2003: Metabolic changes underlying fertility problems in high yielding dairy cows – *Reprod. Dom. Anim.* 38, 319-364

WATHES, D. C., CHENG, Z., BOURNE, N., TAYLOR, V. J., COFFEY, M. P. und BROTHERSTONE, S. 2007: Differences between primiparous and multiparous dairy cows in the inter-relationships between metabolic traits, milk yield and body condition score in the periparturient period – *Domestic Animal Endocrinology* 33 (2007) 203–225

WEARY, D. M. und TASZKUN, I. 2000: Hock Lesions and Free-Stall Design – *Journal of Dairy Science* Volume 83, Issue 4, Pages 697-702

WEBER, C., HAMETNER, C., TUCHSCHERER, A., LOSAND, B., KANITZ, E., OTTEN, W., SINGH, S. P., BRUCKMAIER, R. M., BECKER, F., KANITZ, W. und HAMMON, H. M. 2013: Variation in fat mobilization during early lactation differently affects feed intake, body condition, and lipid and glucose metabolism in high-yielding dairy cows – *Journal of Dairy Science* Volume 96, Issue 1, Pages 165-180

WEHREND, A. und BOSTEDT, H. 2005: Delayed ovulation in dairy cows: Influence of actual energy supply and milk yield – *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 147, 83-84

WEST, H. J. 1990: Effect on liver function of acetonemia and the fat cow syndrome in cattle – *Research in Veterinary Science* 48, 221-227

WESTWOOD, C. T., LEAN, I. J. und GARVIN, J. K. 2002: Factors Influencing Fertility of Holstein Dairy Cows: A Multivariate Description – *Journal of Dairy Science* Volume 85, Issue 12, Pages 3225-3237

WHITEHURST, G. B., POTHOVEN, M. A., CRUMP, M. H., BEITZ, D. C. und ELLISON, E. R. 1978: Lactate as a precursor of fatty acids in bovine adipose tissue – J. Nutrit. 108, 1806

WILDMAN, E. E., JONES, G. M., WAGNER, P. E. und BOMAN, R. L. 1982: A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics – Journal of Dairy Science Volume 65, Issue 3, Pages 495-501

WILSON, S. J., MARION, R. S., SPAIN, J. N., SPIERS, D. E., KEISLER, D. H. und LUCY, M. C. 1998: Effects of Controlled Heat Stress on Ovarian Function of Dairy Cattle. 1. Lactating Cows – Journal of Dairy Science Volume 81, Issue 8, Pages 2124-2131

WINDIG, J. J., BEERDA, B. und VEERKAMP, R. F. 2008: Relationship Between Milk Progesterone Profiles and Genetic Merit for Milk Production, Milking Frequency, and Feeding Regimen in Dairy Cattle – Journal of Dairy Science Volume 91, Issue 7, Pages 2874-2884

WINKELMAN, L. A., ELSASSER, T. H. und REYNOLDS, C. K. 2008 :Limit-Feeding a High-Energy Diet to Meet Energy Requirements in the Dry Period Alters Plasma Metabolite Concentrations but Does Not Affect Intake or Milk Production in Early Lactation – Journal of Dairy Science Volume 91, Issue 3, Pages 1067-1079

WITTEK, K. 2002: Auswirkungen einer einmaligen Glucocortikoidapplikation im postpartalen Zeitraum beim Rind auf ausgewählte hämatologische, Stoffwechsel- und immunologische Parameter – Dissertation, Veterinärmedizinische Fakultät der Universität Leipzig

WITTEK, T., WITTEK, K. und FÜRLL, M. 2005: Effects of a single application of dexamethasone-21-isonicotinat on phagocytosis of neutrophil granulocytes and monocytes in periparturient dairy cows – Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 118, Heft 3/4, 140–149

WOLFENSON, D., FLAMENBAUM, I. und BERMAN, A. 1988: Hyperthermia and Body Energy Store Effects on Estrous Behavior, Conception Rate, and Corpus Luteum Function in Dairy Cows – Journal of Dairy Science Volume 71, Issue 12, Pages 3497-3504

WOOD, H. G., PEETERS, G. J., VERBECKE, R., LAURYSSSENS, M. und JACOBSON, B. 1965: Estimation of the pentose cycle in the perfused cow's udder – Biochem. J. 96, 607

YANG, Y. T. und BALDWIN, R. L. 1973a: Preparation and metabolism of isolated cells from bovine adipose tissue – Journal of Dairy Science Volume 56, Issue 3, Pages 350-365

YANG, Y. T. und BALDWIN, R. L. 1973b: Lipolysis in isolated cow adipose cells – Journal of Dairy Science Volume 56, Issue 3 , Pages 366-374

ZARRIN, M., MATTEIS DE, L., VERNAY, M. C. M. B., WELLNITZ, O., DORLAND VAN, H. A. und BRUCKMAIER, R. M. 2012: Long-term elevation of β -Hydroxy-Butyrate in dairy cows through infusion: Effects on feed intake, milk production, and metabolism – Journal of Dairy Science Volume 96, Issue 5, Pages 2960-2972

ZERBE, F., MAYER, C. und KJAER, J. 2008: Einfluss von Spaltenbodenqualität und Flächenangebot auf das Vorkommen von Verletzungen der Schwanzspitze und am Integument bei Mastbullen – KTBL-Schrift 471, S.47ff.

10. Danksagung

Herrn Prof. Dr. A. M. Scholz möchte ich meine besondere Dankbarkeit aussprechen, vor allem für die Überlassung dieses interessanten Themas, für die Betreuung und für seine mir jederzeit gewährten Hilfe bei statistischen Fragen und bei der Durchführung und Korrektur dieser Arbeit. Vielen Dank!

Frau Prof. Dr. P. V. Kremer gilt mein größter Dank für die freundliche und hilfsbereite Betreuung während der Arbeit, die anregenden Diskussionen, für die Durchsicht des Manuskriptes und ganz besonders für ihre stetige Motivationsarbeit. Vielen Dank!

Herrn Thomas Böser möchte ich ebenfalls recht herzlich danken, vor allem für die unermüdliche praktische Hilfe und Organisation bei der wöchentlichen Blutprobenentnahme.

Frau M. Günther danke ich für die Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit und für ihr offenes Ohr bei jedweder Frage.

Bei Herrn Prof. Dr. Dr. M. Erhard und seinen Mitarbeitern am Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München bedanke ich mich für die engagierte Unterstützung bei der Auswertung der Plasma-Cortisol-Proben.

Für die gute Zusammenarbeit mit der Klinik für Wiederkäuer der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität und für die Bestimmung der Serum-Blutproben möchte ich mich auch vielmals bedanken.

Besonders bedanken möchte ich mich für die enorme Unterstützung und für die Durchsicht der Arbeit bei Ursula Auffenberg, Jule Knippschild, Doris Werny und Monika Maier.

Schließlich möchte ich mich noch bei den Mitarbeitern des Lehr- und Versuchsgutes und einigen Studenten bedanken, die mich bei der praktischen Arbeit großartig unterstützt haben. Besonderer Dank gilt dabei Christoph, Birgitt, Caro, Anna, Louise und Leonhard.

Dann möchte ich auch meiner Familie für ihre immer gewährte Unterstützung, ihren Zuspruch, ihr Verständnis und ihre Geduld während dieser Zeit Danke sagen.

Natürlich bedanke ich mich auch bei meiner Katze Theo und meinen beiden Rindern Rhonda und Elvis, die mich in der Zeit immer treu begleitet haben.



Nadine Thomsen-Zieger

Vertrieb von Agrar- und Veterinärprodukten

Hauptstr. 53 A

35315 Homberg

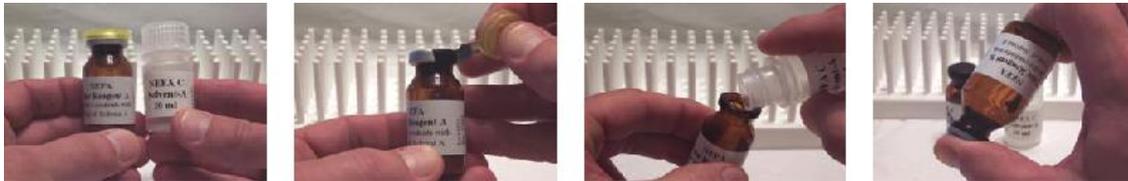
Tel./Fax: 06633/9110857

E-Mail: N.Thomsen-Zieger@gmx.de

Homepage: www.Quidee.de

NEFA HR Test (Non esterified fatty acids)

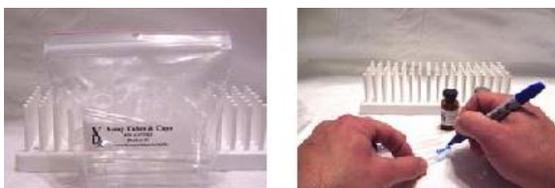
1. Mischen Sie die 50 ml Lösung-1 mit dem Reagenz-1 (gelbe Verschlusskappe mit Pulver drin) zusammen und lassen Sie sie 15 min. bei Raumtemperatur inkubieren. Sie erhalten somit Reagenzlg. 1. Die Gebrauchslösung ist bei 2-10°C zu lagern und aus Erfahrung bis zu 4 Wochen haltbar.



2. Mischen Sie jetzt die 25 ml Lösung-2 mit dem Reagenz-2 (Flasche mit oranger Kappe und Pulver drin), und schwenken Sie es danach mehrmals vorsichtig. Sie erhalten damit Reagenzlg. 2. Die Gebrauchslösung ist bei 2-10°C zu lagern und innerhalb von 4 Wochen zu verbrauchen.



3. Beschriften Sie nun jeweils ein Reagenzröhrchen mit Leerprobe, Standard und jedes einzelne zu testende Röhrchen.



4. Pipettieren Sie nun in jedes einzelne Röhrchen 1,0 ml der Reagenzlösung. 1!



- 5 Fügen Sie nun 50 μ l der Standardlösung in das hierfür vorgesehene Reagenzröhrchen und 50 μ l Blutserum in die jeweiligen vorbereiteten und beschrifteten Teströhrchen. Nehmen Sie hierzu die gelbe 50 μ l Pipette



6. Machen Sie jetzt auf jedes Reagenzröhrchen den Plastikdeckel drauf und schwenken Sie es fünfmal vorsichtig.



7. Stellen Sie die Stoppuhr auf 10 min Inkubation bei Raumtemperatur.



8. Nehmen Sie jetzt wieder die Deckel von den Reagenzröhrchen ab und pipettieren Sie jeweils 0,5 ml der Reagenzlösung. 2!



9. Machen Sie jetzt wieder auf die Röhrchen den jeweils dazugehörigen Deckel drauf und vermischen Sie abermals die Lösungen durch leichtes Schwenken, Inkubationszeit weitere 10 Minuten.



10. Nun stellen Sie den Digital Reader an, indem Sie den Knopf On/Off betätigen.

Erscheint im Display „Model 942 Absorbance“, drücken Sie ein zweites Mal diesen Knopf. Dann zeigt das Display an „Autoblank on Absorbance“.



11. Starten Sie nun die Testreihe mit dem Leer Wert: Das Gerät fordert Sie auf mit „Insert Blank“ den Leer Wert in die Aufnahme zu stellen. Nun wird diese erste Messung durchgeführt und das Display zeigt an: „Reading Blank Please wait“. Kurze Zeit später erscheint am Analyseende „Remove Blank“; d.h. Sie werden aufgefordert, das Röhrchen jetzt wieder zu herauszunehmen.



12. Bei jeder Probe müssen Sie diese eben beschriebene Prozedur wiederholen. Der Reader eicht sich quasi mit dem Leerwert jeweils vor jeder neuen Messung.



Das Gerät schaltet sich automatisch nach 15 min. aus.

13. Die erhaltenen Werte tragen Sie in die oberste Zeile der unten stehenden Tabelle ein. So erhalten Sie die jeweilige NEFA Konzentration in mmol/l.

| Date | Sample I. D. | (A) Absorbance | Result = (A (sample) / A (Std.) X Conc. Std. = Con. of Sample |
|---------|-----------------|----------------|------------------------------------------------------------------|
| 8/29/03 | Std. (Standard) | 0.265 | Concentration = 1.0 mmol/L |
| 8/29/03 | Sample A | 0.185 | $0.185/0.265 \times 1.0 = 0.70$ mmol/L |

Anleitung 3-1: *Bestimmung der freien Fettsäuren (QU-IDEE, Homberg)*

MILLIWIN[®]

Verband Deutscher Oelmühlen e.V. Kronprinzenstr. 24 53173 Bonn

27. April 2010

Betrieb: LVG Oberschleissheim
Hubertusstr. 12
85764 Oberschleissheim

Berater: Thomas Boeser

Rationsberechnung für Laktierende Milchkühe (MR03/2010)

(Gewählte Tierdaten : 750 kg Lebendgewicht 30,0 kg Milchleistung 3,7 % Fett 3,4 % Eiweiß)

Grundfutter:

| Frisch | Futtermittel | Preis je dt | Trocken |
|---------|-------------------|-------------|---------|
| 24,0 kg | Gras2009/2 | 1,20 € | 6,00 kg |
| 16,0 kg | Maissilage2009/2 | 2,20 € | 5,15 kg |
| 2,0 kg | Heu 1.Schnitt (F) | 20,00 € | 1,72 kg |
| 1,0 kg | Mais | 26,00 € | 0,88 kg |
| 1,5 kg | Rapsschrot | 38,00 € | 1,33 kg |
| 1,5 kg | Sojaschrot NT | 42,00 € | 1,32 kg |

Die Kosten dieser Ration betragen **3,34 €**

Die Kosten betragen je kg Milch **0,11 €**

kg Milch aus ...

| | MJ NEL | nXP | Calcium | Phosphor |
|---------------|--------|------|---------|----------|
| Grundfutter | 23,1 | 25,9 | 22,8 | 33,7 |
| Grundf+Ausgl. | 27,5 | 29,3 | 28,7 | 33,3 |
| Gesamtration | 30,0 | 29,3 | 32,8 | 35,1 |

Ausgleichsfutter

| Frisch | Futtermittel | Preis je dt | Trocken |
|--------|------------------|-------------|---------|
| 2,0 kg | Trockenschnitzel | 25,00 € | 1,80 kg |

Die Ration hat folgende Werte:

| | GrundF | + AusglF | mit Lf |
|---------------|--------|----------|--------|
| Menge (kg) | 46,0 | 48,0 | 49,0 |
| TS (kg) | 16,4 | 18,2 | 19,1 |
| XP (g) | 2900,0 | 3078,0 | 3309,3 |
| UDP (%) | 18,8 | 20,3 | 18,9 |
| nXP (g) | 2607,0 | 2887,0 | 2887,0 |
| RNB | 50,6 | 34,4 | 34,4 |
| MJ NEL | 112,0 | 125,4 | 132,8 |
| Stärke (g) | 2374,5 | 2374,5 | 2741,0 |
| Zucker (g) | 283,7 | 405,7 | 443,9 |
| XL (g) | 829,7 | 831,3 | 856,8 |
| XF (g) | 1225,0 | 1593,0 | 1643,0 |
| SXF (%) | 42,6 | 32,8 | 31,8 |
| Ca (g) | 87,4 | 105,0 | 116,5 |
| P (g) | 69,4 | 71,4 | 75,3 |
| Mg (g) | 30,2 | 34,8 | 37,0 |
| Na (g) | 14,1 | 18,5 | 18,7 |
| K (g) | 275,6 | 292,4 | 302,9 |
| Dichte kg/cbm | 733,5 | 691,9 | 696,0 |
| Preis | 2,5 | 3,0 | 3,3 |
| Vit-A (klE) | 25,0 | 25,0 | 25,0 |
| β-Carot (mg) | 54,0 | 54,4 | 54,4 |
| Vit-D (klE) | 2,7 | 2,7 | 2,7 |
| Vit-E (mg) | 323,5 | 323,5 | 323,5 |
| Zn (mg) | 371,2 | 415,2 | 415,2 |
| Se (mg) | 0,2 | 0,6 | 0,6 |
| XF (%) | 7,5 | 8,7 | 8,6 |

Leistungsfutter:

| Frisch | Futtermittel | Preis je dt | Trocken |
|--------|--------------|-------------|---------|
| 1,0 kg | TMR-KF6 | 35,00 € | 0,87 kg |