

Tierärztliche Hochschule Hannover

**Metabolische Reaktionsmuster von Kühen
der Rasse Deutsche Rotbunte DN in der Frühlaktation**

INAUGURAL – DISSERTATION

zur Erlangung des Grades einer Doktorin

der Veterinärmedizin

(Dr. med.vet.)

durch die Tierärztliche Hochschule Hannover

vorgelegt von

Anne Bartjen

aus Itzehoe

Hannover 2016

Wissenschaftliche Betreuung: Apl.-Prof. Dr. Martin Kaske
Klinik für Rinder
Tierärztliche Hochschule Hannover

1. Gutachter: Apl.-Prof. Dr. Martin Kaske

2. Gutachter: Prof. Dr. Distl

Meiner Familie

und

Herrn Prof. Dr. Uwe Andresen

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	13
2. SCHRIFTTUM.....	16
2.1 Historische Entwicklung der Rasse Deutsche Rotbunte DN	16
2.1.1 Beginn der systematischen Rinderzucht.....	18
2.1.2 Ursprung der Rassen „Red Holstein“ und „Rotbuntes Niederungsrind“	19
2.1.3 Züchterische Entwicklungen der Rasse „Deutsche Rotbunte DN“ seit 1992	22
2.1.3.1 Milchleistung.....	22
2.1.3.2 Fleischleistung	24
2.1.3.3 Fruchtbarkeit.....	25
2.1.3.4 Verbreitung der Rotbunt DN außerhalb Deutschlands.....	26
2.2 Charakteristika des Stoffwechsels von Milchkühen in der Transitperiode.....	27
2.2.1 Lipomobilisation und Produktionskrankheiten	27
2.2.2 Bedeutung der Höhe der Futteraufnahme	31
3. MATERIAL UND METHODEN	34
3.1 Versuchsbetrieb	34
3.1.1 Versuchstiere	34
3.2 Management.....	35
3.2.1 Haltung der Kühe.....	35
3.2.1.1 Melksystem	36
3.2.1.2 Fütterung.....	37
3.2.1.2.1 Rationsgestaltung	37
3.2.1.2.2 Zusammensetzung des Grundfutters	38
3.3 Ablauf der Untersuchungen	38
3.4 Analysen.....	40

3.4.1	Blut.....	40
3.4.1.1	Aufbereitung der Blutproben	40
3.4.1.2	Metaboliten und Enzyme	41
3.4.1.3	Hormone.....	42
3.4.2	Milch.....	42
3.4.3	Statistik.....	43
4.	ERGEBNISSE	45
4.1	Mittelwerte aller Kühe	45
4.1.1	Serumkonzentration von Metaboliten	45
4.1.2	Enzymaktivitäten im Serum.....	47
4.1.3	Serumkonzentration von Insulin und IGF-1	48
4.1.4	Erythrozyten und Leukozyten	49
4.1.5	Milchleistungsparameter	49
4.1.6	Körperkondition.....	50
4.2	Einteilung der Kühe nach der mittleren BHB-Serumkonzentration während der Frühlaktation	52
4.2.1	Serumkonzentration von Metaboliten	52
4.2.2	Enzymaktivitäten im Serum.....	54
4.2.3	Serumkonzentration von Insulin und IGF-1	55
4.2.4	Erythrozyten und Leukozyten	56
4.2.5	Körperkondition.....	57
4.2.6	Milchleistung.....	58
4.3	Einteilung der Kühe nach der Milchleistung während der Frühlaktation	60
4.3.1	Milchleistung.....	60
4.3.2	Serumkonzentration von Metaboliten	62
4.3.3	Enzymaktivitäten im Serum.....	62

4.3.4	Serumkonzentration von Insulin und IGF-1	64
4.3.5	Erythrozyten und Leukozyten	65
4.3.6	Körperkondition.....	66
4.4	Zusammenfassende Betrachtung der Laktationsleistungen.....	67
4.5	Erkrankungen.....	68
4.6	Fruchtbarkeit.....	70
5.	DISKUSSION	71
5.1	Methodische Aspekte.....	71
5.2	Diskussion der Ergebnisse	73
5.2.1	Stoffwechselfparameter	73
5.2	Bedeutung metabolischer Leitparameter	78
5.3	Vergleich von Untergruppen der Rotbunt DN-Kühe	82
6.	SCHLUSSFOLGERUNGEN	85
7.	ZUSAMMENFASSUNG	87
8.	SUMMARY	90
9.	LITERATURVERZEICHNIS	93

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

Abb.	Abbildung
AST	Aspartat-Aminotransferase
Az.	Aktenzeichen
BCS	Body condition score
BHB	Beta-Hydroxybutyrat
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
°C	Grad Celsius
ca.	circa
d.h.	das heißt
dl	Deziliter
DIN	Deutsches Institut für Normung
DLQ	Deutscher Verband für Leistungs-und Qualitätsprüfung
DN	DoppelNutzung
EBI	Economic Breeding Index
ECM	Energie-korrigierte Milchmenge
eG	eingetragene Genossenschaft
Et al	et alii
FAO	Food and Agriculture Organisation of the United Nations
FCM	Fat corrected milk
FTIR	Fourier Transform Infrared
g	Gramm
ggf.	gegebenenfalls

GGI	German Genetics International
GLUT-4	Glucosetransporter Typ 4
GLDH	Glutamatdehydrogenase
Gluc	Glucose
ha	Hektar
HaGe	Hauptgenossenschaft
HF	Holstein Frisien
I	International
IDF	Internationale Milchwirtschaftsverband
i.d.R.	in der Regel
IE	internationale Einheit
IGF	Insulin-like growth factor
ISO	Internationale Organisation für Normung
kg	Kilogramm
L	Liter
LKV	Landeskontrollverband
μ	mikro
m	milli
m ²	Quadratmeter
ME	umsetzbare Energie
MHz	Megahertz
Mio.	Million
MJ	Mega Joule
mol	mol
m.o.w.	mehr oder weniger

MW	Mittelwert
N	Anzahl der Probanden
n	nano
NEB	negative Energiebilanz
NEFA	Nicht-veresterte Fettsäuren
NEL	Netto-Energie-Laktation
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
p.p.	post partum
%	Prozent
RBG	Rinderberatungsgenossenschaft
RFD	Rückenfettdicke
RH	Red Holstein
RSH	Rinderzucht Schleswig-Holstein
RZ	Relativzuchtwert
RZFL	Relativer Zuchtwert Fleisch
SD	Standartabweichung
SEM	Standartfehler
sog.	sogenannte
Tab.	Tabelle
TMR	Total mixed ration
TS	Trockensubstanz
U	Units
u.U.	unter Umständen
u.S.	ursprüngliche Substanz
VK	Variationskoeffizient

w/w

Massenanteil

z.B.

zum Beispiel

1. Einleitung

In Europa nimmt die Kritik in den Medien und breiten Kreisen der Gesellschaft an der intensiven Haltung von Milchkühen mit immer höherer Milchmengenleistung zu. In den letzten Dekaden nahm die Zahl der Milchviehalter jährlich um ca. 4 % ab, während die Anzahl der Milchkühe weit weniger deutlich auf gegenwärtig ca. 4,2 Mio. Tiere zurückging. Die Betriebe wurden somit immer größer. Die Laktationsleistung wurde durch intensive züchterische Bemühungen um jährlich ca. 2,4 % gesteigert. Zahlreiche epidemiologische Untersuchungen und Beobachtungen aus der landwirtschaftlichen Praxis zeigen jedoch, dass die Steigerung des Leistungsniveaus der Milchkühe mit einem erhöhten Risiko für infektiöse wie nicht-infektiöse Produktionskrankheiten einhergeht (BLAHA 2011). Immer deutlicher stößt dies auf Kritik in den Medien. Dabei wird die Tierschutzrelevanz einer immer höheren Laktationsleistung zunehmend thematisiert und führt zu einer Kritik, der sich inzwischen auch die Tierärzteschaft anschließt (Positionspapier des Bundesverbandes Praktizierender Tierärzte, 2011). Die Haltung der Kühe erfolgt immer häufiger ganzjährig in Boxenlaufställen. Zudem wurde der Maisanbau einerseits als Grundlage energiereichen Grundfutters, andererseits als Substrat für Biogasanlagen erheblich ausgeweitet. Die dafür erforderlichen Flächen wurden zuvor häufig als Grünland genutzt. Diese sozio-ökologischen Aspekte geben Anlass, Alternativen für eine möglichst tiergerechte und nachhaltige Milch- und Fleischproduktion zu suchen.

Die heute züchterisch angestrebte und in der Praxis häufig auch realisierte hohe Milchmengenleistung geht auf vielen Betrieben insbesondere bei Kühen der Rasse Holstein Friesian mit einer kurzen Nutzungsdauer (im Mittel ca. 2,6 Laktationen) und einer geringen Lebenseffektivität (< 15 kg Milch pro Lebenstag) einher. Es wurden in einer Studie in Baden-Württemberg alle 2009 abgegangenen 73.212 leistungsgeprüften Kühe bezüglich der Abgangsursachen ausgewertet. Etwa 25 % der Kühe verließen demnach bereits während der ersten Laktation den Betrieb. Die durchschnittliche Lebenseffektivität lag je nach Rasse zwischen 8,8 und 10,8 kg Milch pro Lebenstag. Diese kurze Nutzungsdauer ist für den Landwirt nicht wirtschaftlich und aus Sicht des Tierschutzes bedenklich (MÜNCH und RICHTER 2012). Zudem kann der Ener-

giebedarf der Milchkühe bei Milchleistungen von täglich über 40 kg bei Einsatz der heute üblichen Milchviehrationen kaum gedeckt werden. Dies resultiert insbesondere im ersten Laktationsdrittel in einer mehr oder weniger ausgeprägten negativen Energiebilanz (NEB), die das Risiko des Auftretens sogenannter Produktionskrankheiten erhöht und damit als eine Ursache für hohe Abgangsraten insbesondere während der ersten drei Laktationsmonate angesehen wird (INGVARTSEN et al. 2003).

Das Risiko von Holstein Friesian Kühen, an einer Produktionskrankheit zu erkranken, ist in den ersten Laktationswochen besonders hoch. Dies ist die Konsequenz der erheblichen Stoffwechselbelastung, die sich nach der Kalbung durch die rapide steigende Milchleistung bei nur allmählich zunehmender Futteraufnahme ergibt. Über 50 % aller pluriparen Kühe erkranken während der ersten Laktationswochen an einer oder mehreren Produktionskrankheiten (BOBE et al. 2004, SANDER et al. 2010). Eine Lösung dieser Problematik ist trotz intensiver Bemühungen von Wissenschaft und Praxis nicht erkennbar, da die Energiedichte der Ration von Milchkühen aufgrund des erforderlichen Anteils an strukturierter Rohfaser für die Vormagenverdauung ebenso wenig beliebig erhöht werden kann wie die Futteraufnahmekapazität. Eine züchterische Alternative wären flache Laktationskurven mit einer hohen Persistenz, um 10.000-12.000 kg Milch pro Laktation mit einer niedrigeren Peak-Leistung zu erreichen, was jedoch züchterisch wenig realistisch erscheint. Somit sollte in der Rinderzucht neben der Leistung die „Robustheit“ ein entscheidendes Merkmal sein, um bei einer ökonomisch tragfähigen Laktationsleistung über eine lange Nutzungsdauer auch eine hohe Lebenseffektivität zu erzielen. TEN NAPEL et al. (2009) definierten „Robustness“ als die Fähigkeit der Kuh, die Homöostase in metabolischen Belastungssituationen aufrechtzuerhalten und stellten fest, dass die adaptive Kapazität dafür genetisch verankert sein kann. Robustheit ist somit die Resultierende von Gesundheit, guter Konstitution, Fitness und Fruchtbarkeit.

Als robust gelten in diesem Zusammenhang Rinderrassen, für die ein effizientes Zuchtprogramm vorliegt, das den aktuellen Anforderungen des Marktes entspricht und das darüber hinaus eine nachhaltige Milchproduktion mit Gras als Futtergrundla-

ge zum Ziel hat und somit eine Alternative zu einseitig auf Milchmengenproduktion gezüchtete Rassen darstellen deren Leistung krafftutterabhängig ist. Zudem könnte versucht werden, über die Konstitutionsforschung züchterisch das Anpassungsvermögen der Kühe an die negative Energiebilanz in der Frühlaktation zu verbessern und so Kühe zu selektieren, die ohne gesundheitliche Schäden die erforderliche Milchleistung erbringen können. Es bietet sich zudem die Wahl einer Rasse an, die bei geringerer täglicher Milchmengenleistung im Vergleich zu Holstein Friesian aufgrund zusätzlicher ökonomisch relevanter Leistungen in der Lage ist, ein vergleichbar hohes Betriebseinkommen zu erzielen wie spezialisierte Milchrassen. Auch spezifische Formen der Kreuzungszucht (z. B. mit Holstein-Friesian x Jersey), die in Neuseeland erfolgreich praktiziert wird, können dabei zum Einsatz kommen (VANDERICK et al. 2009).

Es war das Ziel der vorliegenden Arbeit, die peripartalen metabolischen Reaktionsmuster von Kühen der Rasse Deutsche Rotbunte DN unter Berücksichtigung der Tiergesundheit sowie der Leistungs- und Fertilitätsparameter näher zu charakterisieren. Im Einzelnen standen folgende Fragen im Vordergrund:

- Lässt sich die für Hochleistungskühe der Rasse „Deutsche Holstein“ typische Lipomobilisation nach der Kalbung auch bei Kühen der Rasse „Deutsche Rotbunte DN“ nachweisen?
- In welchem Umfang ist eine Hyperketonämie bei Kühen der Rasse „Deutsche Rotbunte DN“ während der ersten Laktationswochen nachweisbar?
- Welches Leistungsniveau bzgl. Milchmenge und Milchinhaltsstoffe erreichen Kühe der Rasse „Deutsche Rotbunte DN“ während der Frühlaktation?
- Wie häufig erkranken die Milchkühe der Rasse „Deutsche Rotbunte DN“ an typischen Produktionskrankheiten während der Frühlaktation und welche Kennzahlen ergeben sich für die Fertilität?

Dafür wurden im Rahmen einer prospektiven Feldstudie Kühe der Rasse „Deutsche Rotbunte DN“ auf einem landwirtschaftlichen Betrieb in Schleswig-Holstein untersucht und die Laktationsleistungen im Hinblick auf Produktions- und Fertilitätsparameter systematisch ausgewertet.

2. Schrifttum

2.1 Historische Entwicklung der Rasse Deutsche Rotbunte DN

Zum Verständnis der spezifischen Eigenschaften einer Rinderrasse ist es sinnvoll, sich mit deren Entstehungsgeschichte zu beschäftigen. Stets ist die Entwicklung der Nutztierassen entscheidend von der jeweiligen Region, den Bodenverhältnissen, der Futtergrundlage, dem Klima, den soziokulturellen Gegebenheiten und den wirtschaftlichen Ansprüchen des Menschen abhängig.

In Mitteleuropa wurden um 1876 etwa 35 Rinderrassen gezählt. Die Zucht der ursprünglichen Rotbunten und Schwarzbunten Rinder (*Bos taurus primigenius*) erfolgte in der norddeutschen und niederländischen Küstenregion. Diese Tiere wurden als Niederungsrinder bezeichnet, während die übrigen deutschen Rinderarten in dem meist bergigen bis hügeligen Inland der europäischen Mittelgebirge als Höhenrinder galten (WILKENS 1876).

Die Geschichte der Rasse Deutsche Rotbunte wurde einerseits geprägt durch das Zuchtgebiet Westfalen, dem später größten Zuchtverband Deutschlands. In Westfalen prägten über Jahrhunderte Adels- und Kirchengüter die bäuerliche Wirtschaftsform. Im Rahmen der sogenannten „geschlossenen Hauswirtschaft“ wurde nur das produziert, was als Eigenbedarf gebraucht wurde. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts entstand in Westfalen aus den verschiedenen lokalen rotbunten Schlägen die Rasse „Deutsche Rotbunte“. Es bestand dort allerdings darüber hinaus eine Vielfalt an Rindern, die noch 1910 von preußischen Tierzuchtbeamten so beurteilt wurde, dass „das Land einem Zoo glich und die Rinder in einem erbärmlichen Zustand waren“ (GEORGS 1914). Mit der Einführung von Milchkontrollen im Jahre 1934 begann wie im übrigen Deutschland die Leistungszucht, während bis dahin vor allem nach Typ

und Farbeigenschaften der Tiere selektiert wurde. Das in Westfalen vorhandene rotbunte Rind wurde wie erwähnt den deutschen Höhenrassen zugeordnet.

Das zweite für die Entwicklung der Rasse Deutsche Rotbunte entscheidende Zuchtgebiet war Dithmarschen. In dieser kleinen, isoliert erscheinenden Region an der Westküste Schleswig-Holsteins, begrenzt von den Flüssen Eider und Elbe, der Nordsee und einem Sumpfgebiet im Verlauf des heutigen Nord-Ostsee-Kanals, galt mindestens seit dem 15. Jahrhundert die Rinderproduktion als ein entscheidender Wirtschaftsfaktor der bäuerlichen Betriebe. Es handelte sich um eine bis zum 16. Jahrhundert relativ dünn besiedelte freie Bauernrepublik ohne die damals vorherrschenden Einschränkungen der Leibeigenschaft. Die dort als schmaler Küstenstreifen vorhandene Marsch ist gekennzeichnet durch einen schweren, lehmigen und sehr fruchtbaren Boden, der von der Nordsee angeschwemmt und durch Eindeichung gewonnen wurde. Dies hervorragende Weideland war als Ackerboden kaum zu nutzen. Das Marschland geht in die leichte, sandige und weniger fruchtbare Endmoränenlandschaft Geest (altdeutsch: „güst“ = unfruchtbar) über. Sie ist geprägt durch flache Moore und sandige, hügelige Waldgebiete. In der Marsch wurde durch das sog. „Gräsen“ der im Frühjahr von den Weiden der Geest zugekauften Ochsen und nicht tragenden Kühen Schlachtvieh produziert, das im Herbst überwiegend in das nahe gelegene Hamburg, aber auch bis nach Westdeutschland verkauft wurde. Schon 1789 wurde in Hübners Conversationslexikon festgestellt, dass „die Viehzucht in Dithmarschen vortrefflich ist und man vortrefflichen Käse und Butter dort findet“ (GEORGS 1914).

Mitte des 19. Jahrhunderts entstand dort und in dem nördlich angrenzenden Eiderstedt mit Zunahme der Industrialisierung ein wichtiger Exportmarkt für Rinder nach England. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts entwickelte sich Tönning, ein kleiner Hafen an der Eidermündung, zu einem bedeutenden Exporthafen für Schlachtvieh. Im Jahr 1850 wurden von dort etwa 20.000 Tiere nach London verschifft, 1870 waren es bereits ca. 50.000 Schafe und Rinder. Die Marschbauern wa

ren an schweren, rahmigen und frühreifen Tieren mit guter Bemuskelung interessiert. Da es in England frühreife Rinderschläge gab, wurden insbesondere Shorthorn-Bullen zur Einkreuzung eingesetzt. Bereits 1860 wurde allerdings in einem landwirtschaftlichen Fachblatt berichtet, dass durch die Einkreuzung englischer Stiere die Milchleistung der heimischen Kühe abnahm.

Im Unterschied zu den Marschbauern bevorzugten die Geestbauern – auf Grund der schlechteren Futtergrundlage mit überwiegend Moor-, Heide- und Waldweiden - ein leichteres, kleineres und milchbetonteres Rind, um Milch bzw. Butter zu produzieren. Dementsprechend hat man auf der Geest durch sorgfältige Auswahl Kühe mit höherer Milchleistung und bester Mastfähigkeit bevorzugt. Somit bestand in Dithmarschen über Jahrhunderte das Zuchtziel der Doppelnutzung (Milch, Fleisch), während die Zugleistung der Rinder - im Unterschied zu allen anderen Regionen Deutschlands - nicht genutzt wurde. Als Zugtiere dienten in Dithmarschen ausschließlich die dort gezüchteten „Holsteiner“-Pferde.

Im Unterschied zu der in Westfalen üblichen Stallhaltung erlaubte das durch den Golfstrom beeinflusste meist milde Seeklima in Dithmarschen mit dem relativ langen Sommerhalbjahr die arbeitswirtschaftlich günstige Tag- und Nachtweide. Der attraktive Schlachtviehmarkt führte zur schnellen Merzung von „Problemtieren“ und infertilen Kühen - eine mögliche Erklärung für die sprichwörtlich gute Konstitution und Fruchtbarkeit der damaligen Schläge. Es wurden Mitte des 19. Jahrhunderts bereits Schlachtgewichte von 450-600 kg angegeben (Wilckens 1876).

2.1.1 Beginn der systematischen Rinderzucht

Schon in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden die landwirtschaftlichen Hauptvereine mit ihren Spezialvereinen, die sich zunächst auch Tierschauvereine nannten, gegründet. Bis etwa in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts handelte es

sich dabei jedoch lediglich um einzelne, ortsgebundene züchterische Aktivitäten. Eine systematische Zuchtarbeit begann erst 1885 mit der Gründung des „Deutschen Rotbuntverbandes“. In ihm schlossen sich alle nord- und mitteldeutschen Regionen zusammen, in denen rotbunte Rinder gehalten wurden (STROETMAN 1992). Die Gründung des „Verbandes Rotbunter Niederungsrinder“ erfolgte 1922 (Andresen 2011). Dieser entwickelte sich nach Einführung des für ganz Deutschland verbindlichen Tierzuchtgesetzes 1936 bis zum Jahr 1961 zum größten Zuchtverband für rotbunte Rinder.

2.1.2 Ursprung der Rassen „Red Holstein“ und „Rotbuntes Niederungsrind“

Die Entstehung der Rasse „Red Holstein“ ist auf das schwarzbunte Niederungsvieh zurückzuführen. Im schwarzbunten Genpool ist neben dem schwarzen auch das rote Farbmerkmal rezessiv vorhanden. Derartige Tiere gelten als „Rotfaktor-Träger“. Kreuzt man sie miteinander, werden zu einem Viertel reinerbig Rotbunte geboren. Werden sie hingegen mit reinen Rotbunten angepaart, ist die Hälfte der Kälber rotbunt.

Mit der Einkreuzung der rotbunten HF-Tiere, die Red Holstein (RH) genannt wurden, ergab sich ein neues Phänomen. Kreuzte man schwarzbunte Rotfaktor-Träger, erhielt man unter Umständen ein rotbuntes Kalb, das mit zunehmendem Alter die schwarze Farbe annahm und mit einem Jahr nur noch einen sog. Aalstrich, eine schmale, rot gefärbte Linie entlang der Dornfortsätze aufwies. Derartige Tiere sind Träger des sog. „Black-Red“-Faktors, eines weiteren rezessiven Gens, das nach einem kanadischen Bullen, der zu Beginn der HF-Einkreuzung häufig eingesetzt wurde, „Telstar-Gen“ genannt wird. Aus mangelndem Wissen unterstellte man beim Farbwechsel rotbunter HF-Kälber häufig Betrug. Inzwischen hat das Wissen über die Farbzusammenhänge Bedeutung für die praktische Kreuzungszucht mit dem Ziel, rotbunte Tiere zu erhalten.

Ein weiteres Farbphänomen ergab sich nach der Geburt des weiblichen rotbunten Kalbes „Rosebell“ im Jahr 1980. Dessen schwarzbunter Vater „Sheik“ hatte ca. 20.000 ausschließlich schwarzbunte Nachkommen und auch im Pedigree der Mutter von „Rosebell“ war der Rotfaktor nicht nachweisbar. Da mithilfe der Blutgruppenanalyse die einwandfreie Abstammung von „Rosebell“ geklärt werden konnte, geht man von einer neuen dominanten Rotbunt-Mutante aus.

Die flächendeckende Einführung der Tiefgefrieretechnik von Sperma ermöglichte ab etwa 1950 große Besamungszahlen einzelner Vatertiere. In der Folge kam es überall in Deutschland zur Fusion der zahlreichen kleinen Besamungsgenossenschaften. In Schleswig-Holstein verblieben am Ende der Fusionswelle von den ursprünglich 13 Besamungsgenossenschaften nur die relativ kleine Genossenschaft in Albersdorf/Dithmarschen und die Genossenschaft Pinneberg übrig; beide fusionierten später. Die anderen Besamungsgenossenschaften bildeten mit den Zuchtverbänden eine gemeinsame neue Genossenschaft, die Rinderzucht Schleswig-Holstein (RSH), in die 2003 auch die Rinderbesamungsgenossenschaft (RBG) Albersdorf-Pinneberg aufging. Der Zuwachs an Einfluss der verbliebenen Besamungsorganisationen auf die Zuchtverbände führte letztlich zu deren Übernahme.

Nachdem bereits um 1960 die Einkreuzung der U.S. amerikanischen Holstein Friesian in die bis dato milchbetonte Zweinutzungsrasse „Deutsches Schwarzbuntes Niederungsrind“ auf Grund der höheren Milchleistung der HF begann, wurde in den 70iger Jahren des 20. Jahrhunderts auch bei den Rotbunten mit der Einkreuzung von Red Holstein begonnen. Auch auf Grund des Wunsches der Mitglieder der Besamungsorganisationen, die nicht den Herdbuchzuchtvereinen angehörten und sich so deren Kontrolle entzogen, kam es zu einer Verdrängungszucht durch importiertes Sperma von RH-Bullen. Die Verdrängungszucht war auch Folge vermeintlicher wirtschaftlicher Vorteile für den Zuchtviehverkauf und wurde daher in erster Linie von den Herdbuchzüchtern gefordert. Hingegen sprachen sich die Landes-zuchtverbände immer wieder für das Festhalten an den beiden gleichwertigen Zuchtzielen Milch- und Fleischleistung aus. Die RH-Einkreuzung sollte allenfalls als Veredelungskreu-

zung zur Verbesserung von Milchmenge, Rahmen und Euterqualität in sehr begrenztem Umfang erfolgen. Es war jedoch sehr früh erkennbar, dass die überregionale Zuchtpolitik von der Veredelungskreuzung zu einer Verdrängungskreuzung führte. Dies widersprach den Vorstellungen eines Großteils der Dithmarscher Bauern.

Als der Deutsche Rotbuntverband aufgrund eines bindenden Beschlusses der Landesverbände gemeinsam mit dem Schleswig-Holsteinischen Landesverband und der hinter ihm stehenden neuen Besamungsorganisation RSH auch in diesem Bundesland die Red-Holstein-Einkreuzung als zwingend erforderliche Maßnahme durchzusetzen versuchte, verweigerte die in Dithmarschen ansässige Albersdorfer Besamungsgenossenschaft ihre Zustimmung. Nach langen Auseinandersetzungen erreichte die Albersdorfer Genossenschaft die Einrichtung eines eigenständiges Herdbuches „Deutsche Rotbunte DN“ (Rotbunt DN) neben dem Herdbuch Deutsche Rotbunte RH (Rotbunt RH). DN steht dabei für DoppelNutzung im Hinblick auf eine herausragende Fleischleistung bei gleichzeitiger Fokussierung auf eine akzeptable Milchleistung unter besonderer Berücksichtigung des Milcheiweißgehalts.

Als Tiere der Rasse Deutsche Rotbunte DN wurden alle in der Milchleistungsprüfung und im Herdbuch registrierten rotbunten Kühe, Rinder und Bullen anerkannt, sofern sie im Pedigree unter 25 % RH-Blutanteil hatten. Dieser Anteil an RH-Blut galt als sinnvoll, um im Sinne einer Veredelungskreuzung eine Verbesserung des Rahmens und der Euterqualität sowie eine höhere Milchleistung zu erreichen. Als Zuchtziel wurde festgelegt:

- mittelrahmige Kuh mit einer Kreuzbeinhöhe von 140 cm und 700 kg Lebendgewicht,
- 7.000 kg Laktationsleistung mit 4 % Fett und 3,5 % Eiweiß produziert auf Grundlage wirtschaftseigener Futtergrundlage („Low-input-System“),
- Tageszunahmen von 1.300 g, guter Schlachtkörper mit bester Ausschachtung und vorzüglicher Fleischqualität,
- gutes Fundament, Qualitätseuter, Robustheit,
- Eignung für alle Haltungsformen auch bei geringerer Futterqualität.

Dem damaligen Vorsitzenden der RBG Albersdorf, Hans Jakob Peters aus Röst und seinem Geschäftsführer Dr. Uwe Andresen aus Albersdorf, ist es zu verdanken, dass die Rasse „Deutsches Rotbuntes Niederungsrind“ heute noch existiert, die laut FAO „die vorzüglichste Kombination von Fleisch und Milch“ darstellt“ (nach BRACKMANN, 2002). Nachdem auch die zweite, weitaus größere Besamungs- und Zuchtorganisation RSH diesem Wunsch vieler Mitglieder entsprach, wurde 1992 entschieden, die Erarbeitung des Zuchtprogramms gemeinsam durchzuführen und Bullenankauf wie praktische Zuchtarbeit für beide Organisationen der Rinderbesamungsgenossenschaft Albersdorf zu übertragen (Bullenverzeichnisse der RBG Albersdorf 1962-2003).

2.1.3 Züchterische Entwicklungen der Rasse „Deutsche Rotbunte DN“ seit 1992

2.1.3.1 Milchleistung

Ein Spezifikum der Zuchtausrichtung ist bei den Deutsche Rotbunten DN die Steigerung der Milchleistung bei gleichzeitiger Beachtung des Milcheiweißgehalts (Tab. 1). Während die ökonomische Bedeutung des Milchfettes aufgrund des Trends zu fettarmen Lebensmitteln immer weiter abnimmt, stösst das Milchprotein auf ein zunehmendes Marktinteresse. Die demographische Entwicklung in Europa mit einem immer höheren Anteil an älteren Menschen sowie die Globalisierung der Märkte unter Einbeziehung von Ländern, die traditionell nicht Milch, sondern eiweißreiche Milchprodukte (z. B. Käse, Joghurt) bevorzugen, hat bereits heute zu einer erheblichen Nachfragesteigerung und Preiserhöhung des Milchproteins geführt. Dies weist zudem aus ernährungsphysiologischer Sicht aufgrund der hohen Konzentration essentieller Aminosäuren im Vergleich zu den pflanzlichen Proteinen eine sehr hohe biologische Wertigkeit auf. Der Milcheiweißgehalt ist deshalb für die verarbeitende Industrie der wertbestimmende Parameter der Milch und wird seit vielen Jahren wesentlich höher bezahlt als der Milchfettgehalt (WIEDEMANN 2011).

Nach nicht einmal 20 Jahren Zuchtarbeit werden heute in der Rotbunten DN-Population mittlere Eiweißgehalte von über 3,5 % erreicht; bei Einzeltieren und insbesondere bei Bullenmüttern sind 4,0 % und mehr keine Seltenheit. Der Milcheiweißgehalt hatte demgegenüber bislang in der Holstein Friesian Zucht züchterisch keine hohe Priorität. Durch die Fokussierung auf die Milchmengenleistung stieg die Laktationsleistung der Holstein Kühe erheblich in den zurückliegenden Jahrzehnten; auch der Milchfettgehalt stieg zwischen 1960 und 2010 von durchschnittlich 3,72 % auf 4,13 %, während der Milchproteingehalt mit 3,33-3,42 % nahezu konstant blieb.

Zuchtwertschätzungen über Jahrzehnte wie auch Genomanalysen (PRINZENBERG 2003) zeigen bei HF-Kühen, dass Steigerungen in der Milchmengenleistung i. d. R. mit einer Verminderung des prozentualen Eiweißanteils in der Milch einhergehen. Auch BRADE und BRADE (2011) zeigten durch Auswertung populationsgenetischer Daten, dass negative genetische Beziehungen zwischen der Höhe der Milchmenge und den Milchinhaltsstoffen bestehen.

Tab. 1: Leistungsentwicklung der Rotbunten DN aller Herdbuchbetriebe in Schleswig-Holstein (1992-2009) (Rinderzucht Schleswig-Holstein eG)

	Anzahl Kühe	Milch [kg]	Fett [%]	Fett [kg]	Eiweiß [%]	Eiweiß [kg]
1992	20.614	5.711	4,19	240	3,39	193
2009	5.446	7.277	4,33	315	3,50	255
Differenz	- 15.168	+ 1.566	+ 0,14	+ 75	+ 0,11	+ 62
Ø Fortschritt/Jahr	- 892	+ 92	+ 0,01	+ 4	+ 0,01	+ 4

Zahlreiche Betriebe mit Kühen der Rassene DN haben in den zurückliegenden Jahren die im Zuchtziel geforderte Milchmenge zum Teil weit übertroffen. Angesichts der hohen Nachfrage nach Milch mit hohem Milcheiweißgehalt sowie aus Sicht der Tier-

gesundheit sollte zukünftig der züchterische Fokus auf die weitere Steigerung des prozentualen Milcheiweißanteils sowie auf eine weitere Verbesserung der Fleischleistung gesetzt werden.

2.1.3.2 Fleischleistung

Unter Leitung des Instituts für Tierzucht der Christian-Albrecht-Universität Kiel wurde 1993 ein neues Prüfprogramm für Fleischleistung erarbeitet. Die etablierte Nachkommenprüfung der Bullen auf Mastleistung wurde seit Jahrzehnten zuerst als Stationsprüfung und anschließend als sog. „gelenkte Feldprüfung“ durchgeführt, galt aber als teuer, arbeitsaufwändig und wenig effizient (ANDRESEN 2011). Das neue Prüfprogramm ersetzte das tradierte Verfahren und bewies die Überlegenheit der Fleischleistung der Rotbunten DN im Vergleich zu RH- und HF-Rindern (Tab. 2).

Tab. 2: Relativzuchtwerte (RZ) für die Fleischleistung im Durchschnitt der Population 2008/ 2009 (GGI, German Genetics International)

Rasse	Anzahl Bullen	RZ Nettozunahme	RZ Handelswert	RZ Fleisch
Rotbunte DN	126	108,0	119,8	111,8
Rotbunt RH	422	98,2	92,3	96,3
Schwarzbunt	627	98,9	98,9	98,9
Angler	29	98,8	101,5	99,7

Aufgrund des hohen finanziellen und organisatorischem Aufwandes sowie ungenügender Effizienz der bisherigen Maßnahmen wurde 1997 die „ungelenkte Feldprüfung“ eingeführt. Dabei erfolgte zur Erstellung der Zuchtwertschätzung eine Verknüpfung der Geburtsdaten aller in Schleswig-Holstein geschlachteten Bullen mit den

Schlachtgewichten sowie Handels- und Fettklassen unter anderem für die Rassen Deutsche Rotbunte DN, Rotbunt RH und Schwarzbunt Holstein–Friesian. Die daraus resultierenden Daten wurden mit Hilfe eines sog. Merkmal-Tier-Modells gewichtet und ergaben den „Relativen Zuchtwert Fleisch“ (RZFL). Die Auswertung der in den Jahren 1998-2009 erhobenen 323.638 Datensätze von Bullen mit mindestens 20 erfassten Söhnen zeigt die Überlegenheit der Rotbunt DN Bullen in den Merkmalen der Fleischleistung, die erheblich zum Einsatz dieser Rasse insbesondere unter sub-optimalen Bedingungen in Betrieben mit Weidehaltung bzw. unter kleinbäuerlichen Bedingungen in Entwicklungsländern beiträgt (Tab. 3).

Tab. 3: Übersicht zum Umfang der un gelenkten Feldprüfung der Fleischleistung im Jahr 2013 in Schleswig-Holstein

Rasse	Anzahl	Schlachtgewicht	Nettozunahme	Handelswert	Handelsklasse	Fettklasse
Unbekannt	208.439	354,1	556,0	499	2,34	2,81
Schwarzbunt	149.483	352,6	558,2	488	1,97	2,82
Rontbunt RH	83.718	357,1	570,6	497	2,26	2,84
Rotbunt DN	18.623	360,7	579,0	512	2,82	2,82
Angler	5.795	349,6	536,5	491	2,07	2,86
Fleischrind Rasse	4.223	371,7	609,0	514	2,95	2,78
Fleckvieh	2.670	378,4	636,7	513	2,89	2,81

2.1.3.3 Fruchtbarkeit

Besondere Beachtung galt in der Zuchtarbeit stets der für die Rotbunten typische herausragenden Fruchtbarkeit und Robustheit. So wurde 1992 der 100 % Red-Holstein-Bulle „Elmo“ (Rex x Kemp) von der RBG Albersdorf gekauft, um zu überprüfen, inwieweit diese Eigenschaften bei den Nachkommen durch die Einkreuzung beeinflusst werden. Eine orientierende Untersuchung machte deutlich, dass zwar bei guten Haltungs- und Fütterungsbedingungen keine Unterschiede in der Fruchtbarkeit zwischen RH-Nachkommen und reinrassigen DN-Töchtern erkennbar waren. In Be-

trieben mit ungünstigen Fütterungs- und Haltungsbedingungen hingegen war die Fruchtbarkeit der DN-Töchter besser, was als Konsequenz einer überlegenen Robustheit (Konstitution) dieser Tiere gewertet wurde (ANDRESEN 1994). Experimentelle Daten bezüglich Stressabwehrvermögen sowie molekulargenetische Untersuchungen weisen auf eine erhebliche Varianz konstitutioneller Eigenschaften bei Besamungsbullen hin (GRAVERT et al. 1988 und ANDRESEN et al. 2001).

2.1.3.4 Verbreitung der Rotbunt DN außerhalb Deutschlands

Robustheit, Anpassungsfähigkeit und die Eignung von Rotbunt DN als Zweinutzungsrasse sind Eigenschaften, die die internationale Verbreitung der Rasse begünstigte. Von Dithmarschen aus wurde seit 1960 ständig Sperma nach Chile exportiert, so dass sich dort eine stabile Population entwickelte. Die Kühe wurden dort auch häufig als Ammenkühe gehalten.

Seit der deutsche Kaiser 1907 den Siedlern im heutigen Namibia einen rotbunten Bullen zur Einkreuzung in die heimischen Rassen schenkte, wurden immer wieder Zuchtbullen wegen der ausgezeichneten Ergebnisse dorthin exportiert; 1991 wurden zudem von Dithmarschen aus auch Rotbunt DN-Embryonen geliefert. Bei der sehr extensiven Mutterkuhhaltung in der Savanne, die überwiegend aus Fels- und Geröllflächen besteht, extremen Temperaturbedingungen (bis 0 °C Nachttemperatur im Juni und bis zu 45 °C im Dezember) müssen die Kühe dort zur Futteraufnahme weite Wege auf Flächen zurücklegen, die nur für kurze Zeit und nicht in jedem Jahr begrünt sind.

Ganz anders verhält es sich mit den landwirtschaftlichen Gegebenheiten in der Republik Irland. Dort wird häufig das sog. „low-input-system“ praktiziert. Dabei wird nur während der langen Weideperiode auf meist hervorragendem Grünland bei minimalem Kraffutteraufwand gemolken. Eine aus importierten DN-Kühen und deren Nachzucht aufgebaute Herde mit ca. 80 Tieren (J. Murphy, Co. Cork) wurde 2007 nach

der dort üblichen ökonomisch ausgerichteten Zuchtwertschätzung (EBI) als die betriebswirtschaftlich erfolgreichste Herde Irlands ermittelt, wobei auch die dort vorherrschenden leistungsstarken Holstein-Friesian-Herden mit in die Vergleichsuntersuchung einbezogen wurden. Als entscheidend für die ökonomische Bewertung erwies sich der Milcheiweißgehalt. In der Herde von Murphy produzierten 20 % der Kühe mehr als 4,0 % Eiweiß. Eine Untersuchung der staatlichen Zuchtorganisation in der Republik Irland (Teagasc) ergab bei einem Rassevergleich bei ausschließlicher Weidehaltung: "As already proven under Irish extended grazing conditions, the Rotbunt has been performing exceptionally well over the last three years." In Irland werden als Vorteile der Rasse Rotbunt DN die hohe Milchleistung bei hohem Milchproteingehalt, korrekte Euter, eine sehr gute Bemuskelung und die gute Fertilität herausgestellt.

2.2 Charakteristika des Stoffwechsels von Milchkühen in der Transitperiode

Die Transitperiode – d. h. die Periode drei Wochen vor bis drei Wochen nach der Kalbung - erfordert weitreichende metabolische, endokrinologische und homöostatische Anpassungsreaktionen bei Milchkühen (DRACKLEY 1999). Diese wurden in zahlreichen Untersuchungen, die zum weitaus größten Teil mit HF-Kühen durchgeführt wurden, näher charakterisiert (GRUMMER et al. 2004; COOK 2004; GUTERBOOK 2004).

2.2.1 Lipomobilisation und Produktionskrankheiten

Hohe Einsatzleistungen gehen in Verbindung mit einer relativ geringen Futteraufnahme und einer geringen Energiedichte in der Ration mit einer Mobilisierung von Körpermasse (v. a. Fett, aber auch Muskelgewebe) einher. Da die Futteraufnahme vor dem Kalben unter dem Einfluss steigender Östrogenkonzentrationen um bis zu 30 % sinkt und post partum nur langsam ansteigt, trägt auch dies zu der negativen

Energiebilanz bei (HORSTMANN 2004). Eine Abnahme der Lebendmasse von bis zu 50 kg innerhalb der ersten Laktationswochen wird dabei noch als physiologisch betrachtet (STAUFENBIEL und SCHRÖDER 2004a).

Die genetische Selektion auf höhere Milchmengenleistung gilt als ein Risikofaktor für eine Vielzahl von Produktionskrankheiten (INGVARTSEN und ANDERSEN 2000; MULLIGAN und DOHERTY 2008). Die über Jahrzehnte einseitige züchterische Fokussierung auf die Milchmenge führte dazu, dass eine negative Energiebilanz bei Hochleistungskühen mit konsekutiver Leberverfettung als mehr oder weniger normales postpartales Phänomen mit negativen Konsequenzen auf Immunmechanismen und Fertilität anzusehen ist (WENSING et al. 1997). Hochleistungskühe weisen niedrige Insulinkonzentrationen im Blut auf, die FROBISH und DAVIS (1977) als physiologisch bewerten, da dadurch eine Umverteilung der Glukose in Richtung Milchsynthese begünstigt wird.

Zahlreiche Untersuchungen konnten einen Zusammenhang zwischen veränderten Stoffwechselfparametern, einer negativen Energiebilanz und dem Auftreten von Erkrankungen zeigen. SURİYASATHAPORN et al. (2000), MANSFELD (2008) und SANDER et al. (2010) beschreiben zudem eine Korrelation zwischen immunsuppressiven Effekten der negativen Energiebilanz und dem Auftreten von Mastitiden in der Früh-laktation. Mit Hilfe der BHB-Konzentration im Serum lässt sich die Energieversorgung und Stoffwechselsituation von Milchkühen sehr gut beurteilen (FÜRLL et al. 2004). So ist bei BHB-Konzentrationen über 1,4 mmol/l das Risiko der Kuh, an einer klinischen Ketose oder Labmagenverlagerung zu erkranken, um das Dreifache erhöht verglichen mit normoketonämischen Milchkühen, deren BHB-Konzentration unter 1,0 mmol/l liegt (DUFFIELD et al. 1997). Bei Tieren mit Stoffwechselstörungen ist zudem das Risiko weiterer klinischer Erkrankungen erhöht; so entwickelten von allen erkrankten pluriparen Kühen nach Untersuchungen von SANDER (2010) 16 % zwei und 20 % drei Produktionskrankheiten in den ersten drei Wochen der Laktation.

Die evolutionär zur Sicherung des Lebens des Kalbes notwendige metabolische Priorität des Euters bei der Verteilung der Glucose innerhalb des Organismus geht mit einem Absinken der Insulin- und IGF-I-Serumkonzentrationen einher. In der Früh- laktation erfolgt der Transport ins Euter insulinunabhängig mittels des Glukose- transportproteins GLUT-1 (MATTMILLER et al. 2011). In der Spätlaktation nimmt die Expression dieses Transporters ab, während die des Insulin regulierten GLUT-4 zu- nimmt; damit verbunden ist eine Abnahme der Milchleistung (GROSS et al. 2011a).

Die bei einem Energiedefizit kompensatorisch erhöhte Fettmobilisation führt zu einer erhöhten Synthese von Ketonkörpern. Diese können durch die Herz- und Skelett- muskulatur sowie von zentralen Nervensystem als Energieträger verwendet werden, so dass ihr Auftreten bis zu einem gewissen Maß als physiologisch anzusehen ist (BRUCKMAIER et al. 2013). Übersteigen sie jedoch einen gewissen Schwellenwert im Plasma, so hemmen sie die für das Rind essentielle hepatische Gluconeogenese durch eine Hemmung der Sekretion von Glucagon (ZARRIN et al. 2013). Dem Orga- nismus wird so eine ausreichende Energieversorgung suggeriert – mit fatalen Folgen im Hinblick auf die erhöhte Wahrscheinlichkeit weiterer Produktionskrankheiten.

Eine Studie von ANDRESEN et al. (2002) zur Früherkennung von Stoffwechselstö- rungen innerhalb der ersten drei Wochen post partum zeigte, dass es bei der klini- schen Beurteilung des Grades der Stoffwechselerkrankung durch einen erfahrenen und qualifizierten Rinderpraktiker in den ersten drei Wochen post partum kaum Übereinstimmungen mit den entsprechenden Laborparametern gab. Die Autoren postulierten, dass eine physiologische Lipomobilisation bei optimalem Futter- und Handlungsmanagement nicht zwingend negative Konsequenzen hat. Entsprechend sei der Krankheitswert von außerhalb der Referenzbereiche liegenden Blutparameter in dieser frühen Phase der Laktation gering. Auch DEHNING (2012) macht deutlich, dass im Rahmen von Bestandsüberwachungen nicht auf die sorgfältige klinische Un- tersuchung und Diagnose verzichtet werden darf, da die genetisch determinierte Konstitution und das Anpassungsvermögen an Umwelteinflüsse bei der Interpretation von Laborparametern nicht berücksichtigt werden können. Ohne eine umfassende

klinische Untersuchung würden Blutparameter, die von der Norm abweichen, zu Fehlinterpretationen führen, da klinisch gesunde Tiere unter Umständen als krank eingestuft würden.

Eine hohe Stoffwechselbelastungen im peripartalen Zeitraum beeinträchtigt jedoch auch ohne klinische Symptome die Fruchtbarkeit (LEROY et al. 2008). So führt die ketotische Stoffwechsellage nicht nur zu einer Suppression des Immunsystems, sondern beeinflusst auch die Fruchtbarkeitsleistung. Bei ketotischen Kühen treten gehäuft Endometritiden, Ovarialzysten, unregelmäßige Zyklen und stille Brunsten auf, die mit schlechten Besamungsergebnissen einhergehen (ROSSOW 2003). Ketotische Belastungen können nach STAUFENBIEL et al. (1987) sowie ERB und GROHN (1988) und LOTTHAMMER (1992) auch ein Risikofaktor für spätere Labmagenverlagerungen sein.

Kühe reagieren auf eine negative Energiebilanz sehr unterschiedlich. Dies zeigte eine Studie von EVERTZ (2006) eindrücklich, in der sich die Plasmakonzentration der NEFA von klinisch gesunden und erkrankten Kühen nicht unterschieden.

Die interindividuelle Variation der Serumkonzentrationen der nicht-veresterten Fettsäuren (NEFA) und des Beta-Hydroxybutyrats (BHB) ist in der zweiten Laktationswoche am größten (HORSTMANN 2004). So lag in ihren Untersuchungen das 10. bzw. 90. Perzentil für die Serumkonzentration der NEFA bei 150 bzw. 1.400 $\mu\text{mol/l}$ und bei etwa 0,4 und 1,6 mmol/l für die Serumkonzentration des BHB. Zwischen der zweiten Woche vor der Kalbung und der dritten Woche post partum fiel die Insulinkonzentration im Serum von einem Medianwert von 7,0 mU/l auf 2,3 mU/l . SANDER (2010) kam bei HF-Kühen mit Untersuchungen metabolischer Parameter an den Tagen 1 und 7 post partum zu ähnlichen Ergebnissen. Da jedoch zu diesen Untersuchungszeitpunkten eine noch relativ moderate Milchleistung typisch ist, wird diese endokrinologische Konstellation offenbar nicht primär durch die negative Energiebilanz verursacht.

DIRKSEN (2002) versteht wie DEHNING (2012) erhöhte BHB-Konzentrationen im Serum als ein Merkmal, das für das Einzeltier unterschiedliche Auswirkungen hat und bewertet dies als Ausdruck einer individuell unterschiedlichen Stoffwechselbelastbarkeit. Unter betriebswirtschaftlichen und tierschützerischen Aspekten sollten Gesundheitsstörungen der Tiere - und damit Konstitution und Fruchtbarkeitsleistung - züchterisch größere Beachtung finden. Dafür erforderlich sind standardisierte labor-technische Prüfparameter, die prospektiv eine Beurteilung der Konstitution von Bullenmüttern und Besamungsbullen ermöglichen. Bei Milchrinderrassen könnte nach heutigen pathophysiologischen Erkenntnissen die Stoffwechselstabilität in der Früh-laktation ein derartiges Selektionsmerkmal darstellen und als Konstitutionsmerkmal Verwendung finden.

2.2.2 Bedeutung der Höhe der Futteraufnahme

Die maximale Trockensubstanzaufnahme wird erst zwischen der 8. und 11. Laktationswoche erreicht und damit wesentlich später als die Peak-Leistung, die i. d. R. bereits in der 4. – 7. Woche post partum ermolken wird (STAUFENBIEL und SCHRÖDER 2004b). Die Selektion auf eine Steigerung der Milchleistung beeinflusst zudem die genetisch-physiologische Beziehung zwischen Milchproduktion und Futteraufnahme (BROSTER 1976). HORSTMANN (2004) zeigte eine erhebliche intra- und interindividuelle Varianz von Futteraufnahme, Energiebilanz und den metabolischen und endokrinologischen Leitparametern im Blut hochleistender HF-Kühe in der Früh-laktation (3 Wochen a. p. bis 12 Wochen p. p.). Der Variationskoeffizient (VK) als Maß für die interindividuelle Streuung lag für die Grundfutteraufnahme in der ersten Laktationswoche bei etwa 40 % und in den folgenden Wochen bei etwa 27 %. Der VK für die Energiebilanz lag bei etwa 18 %.

In der Holsteinzucht werden seit längerem großrahmige Kühe bevorzugt. Dabei wird davon ausgegangen, dass diese mehr Futter aufnehmen können und die Kühe demzufolge mehr Milch produzieren. Neuere Untersuchungen zeigten jedoch, dass im

Vergleich zu tendenziell kleinwüchsigen Blutlinien großrahmige Kühe häufiger erkranken, damit erheblich mehr Kosten verursachen und daher nicht - wie bisher vermutet - betriebswirtschaftliche Vorteile bieten (GRAINGER und GODDARD 2004).

Deutsche Rotbunte DN sind mit einer Kreuzbeinhöhe von 140 cm und dem Gewicht von 700 kg als Zuchtziel im Vergleich zu Holstein Kühen als mittelrahmig zu bezeichnen (Rinderzucht Schleswig-Holstein eG, RSH), was mit einem geringeren Erhaltungsbedarf einhergeht. Der Erhaltungsbedarf für Milchkühe mit Lebendmassen von 500, 700 und 800 kg beträgt 31,0, 39,9 bzw. 44,1 MJ NEL/Tag (KAMPHUES et al. 2004).

Für Hochleistungsherden sind aufgrund der kritischen metabolischen Situation der Kühe insbesondere während der Früh lactation hohe Anforderungen an die persönliche Qualifikation und Einsatzbereitschaft des Landwirts bezüglich optimaler Haltung, Fütterung und Management zu stellen (DISTL 1991; DRACKLEY 1999; GRUMMER et al. 2004). Da die Rationsberechnung wie auch die Abschätzung der Futteraufnahme in der Praxis auf Schätzwerten beruhen, ist eine den individuellen Ansprüchen aller Kühe gerecht werdende Fütterung praktisch nicht realisierbar. Einerseits entspricht die berechnete Ration häufig aufgrund von Fehlern bei der Befüllung des Futtermischwagens nicht der am Futtertisch vorgelegten Mischung, andererseits variiert die Futteraufnahmekapazität drastisch in Abhängigkeit von Laktationsstadium, Milchleistung, Parität, genetischen Einflüssen, sozialem Rang, Gestaltung des Zugangs zur Ration, Fress-Liegeplatzverhältnis, Jahreszeit, Temperatur, Zyklusstand und Gesundheitsstatus (DEHNING 2012).

In einer Studie von SIGL et al. (2013) wurde an 23 mehrkalbigen HF-Kühen in der Früh lactation mittels einer Futterreduktion über drei Tage während der vierten Laktationswoche auf 68 % des Bedarfs untersucht, welche Effekte sich auf die Milchleistung, Milch Inhaltsstoffe und Stoffwechselfparameter ergaben. Tatsächlich führte schon eine kurzzeitige Futterreduktion zu einer Verstärkung des Energiedefizits mit deutlichen Veränderungen der metabolischen Blutparameter (insbesondere Glukose,

NEFA, BHB). Vor allem bei Kühen mit hoher Milchleistung und niedrigem Milchproteingehalt kam es zu signifikanten Abweichungen der untersuchten Stoffwechselfparameter. Der prozentuale Fett- und Eiweißgehalt der Milch sowie die Laktosekonzentration wurden durch das kurzzeitig provozierte Energiedefizit in der Futtration nicht beeinflusst. Der Vergleich verschiedener Leistungsgruppen deutete an, dass eine hohe Milchleistung mit gleichzeitig niedrigem Milchproteingehalt ein Indikator für eine Stoffwechsellabilität sein kann.

Da Kühe der Rasse Deutsche Rotbunte DN überwiegend auf Standorten mit leichtem Sand- oder Moorböden gehalten wurden, kann bei der dort typischen geringen Energiedichte des Grundfutters möglicherweise von einer vergleichsweise hohen Futteraufnahme- bzw. einer effizienten Futtermittelverwertung ausgegangen werden. Insofern könnten Kühe dieser Rasse möglicherweise weniger deutlich auf Energiedefizite in der Futtration reagieren wie HF-Kühe.

3. Material und Methoden

3.1 Versuchsbetrieb

Im Rahmen dieser Studie wurden Tiergesundheit, peripartale metabolische und endokrinologische Leitparameter sowie Milchleistung und Milchhaltsstoffe bei 23 Kühen der Rasse Deutsche Rotbunte DN in der Früh lactation erfasst. Die im Rahmen der Studie durchgeführten Tierversuche wurden von dem Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein genehmigt (Az 7224.132-45).

Die Untersuchungen erfolgten zwischen März 2012 und September 2013 auf einem landwirtschaftlichen Familienbetrieb auf der Dithmarscher Geest in Schleswig-Holstein. In dem Bestand wurden im Jahr 2011/2012 durchschnittlich 112 Kühe (101 Kühe der Rasse Deutsche Rotbunte DN) gemolken. Der Betrieb bewirtschaftete 125 ha, von denen ca. 18 ha als Standweide für die laktierenden und trockenstehenden Kühe in den Sommermonaten genutzt wurden. Die Herdenleistung lag im Mittel bei 7.243 kg mit 4,49 % Fett und 3,59 % Eiweiß.

3.1.1 Versuchstiere

Es wurden 23 pluripare Rotbunt DN-Kühe (unter 25 % Red-Holstein Blutanteil) beprobt. Der Medianwert der Laktation, in der sich die Kühe während der Studie befanden, lag bei 3,0 (Tab. 4). Es wurden alle pluriparen Tiere, die sich ab dem 22. März 2012 in der späten Phase der Trockenstehzeit befanden, in die Studie einbezogen; eine gezielte Auswahl erfolgte somit nicht.

Zu Beginn der Studie am 22. März 2012 befanden sich die Tiere in Stallhaltung. In der Zeit vom 11. Mai bis zum 21. September 2012 hatten die laktierenden Kühe

tagsüber Weidegang. Die Weidehaltung erfolgte als Standweide mit wöchentlichem Umtrieb. Die trockenstehenden Kühe wurden vom 11. Mai bis 07. November 2012 auf einer Tag- und Nachtweide ohne Zufütterung gehalten. Bei der Eingangsuntersuchung etwa zwei Wochen vor der erwarteten Kalbung gingen acht der 23 Kühe geringgradig lahm.

3.2 Management

3.2.1 Haltung der Kühe

Die Milchkühe wurden in einem Laufstall mit Betonspaltenboden und 123 Tiefliegeboxen gehalten. Die Kalk-Stroh-Matratze (600 kg Kalk, 400 kg Stroh, 600 l Wasser) wurde einmal monatlich vollständig erneuert und in Intervallen von 3-4 Tagen mit Stroh ergänzt.

In dem Stall befanden sich vier Krafffutterautomaten und zwei Wassertröge. Im Mittel acht Wochen vor dem errechneten Geburtstermin wurden die Kühe trocken gestellt und in einem separaten Abteil des Stalls gehalten. Anschließend wurden sie etwa zwei Wochen vor der Abkalbung in einen anderen Stall mit Hochboxen gebracht. Einige Tage vor der Geburt wurden die Tiere in die mit Stroh eingestreute Abkalbebox (ca. 20 m²) verbracht, in der sich zeitgleich maximal drei Kühe befanden. Nach der Kalbung wurden die Kühe am gleichen Tag in die Herde der laktierenden Kühe umgestallt.

3.2.1.1 Melksystem

Der Betrieb verfügt über einen 2 x 6 Fischgrätenmelkstand (DeLaval). Die Kühe wurden zweimal täglich gemolken (06:30-08:30 und 16:30-18:30 Uhr).

Tab. 4: Kühe der Rasse Deutsche Rotbunte DN, die in die Studie einbezogen wurden (N = 23)

Num- mer	Ohrmarkennummer	Aktuelle Laktation	Num- mer	Ohrmarkennummer	Aktuelle Lak- tation
1	DE 01 163 58620	2	13	DE 01 141 83154	6
2	DE 01 158 98487	3	14	DE 01 145 10263	6
3	DE 01 137 36007	7	15	DE 01 154 88387	5
4	DE 01 141 83138	7	16	DE 01 158 98506	3
5	DE 01 150 85318	5	17	DE 01 158 98559	3
6	DE 01 158 98484	3	18	DE 01 154 88449	4
7	DE 01 163 58598	2	19	DE 01 158 98492	3
8	DE 01 163 58612	2	20	DE 01 150 85285	6
9	DE 01 163 58589	2	21	DE 01 158 98552	3
10	DE 01 154 88414	4	22	DE 01 163 58667	2
11	DE 01 141 83113	7	23	DE 01 158 98494	3
12	DE 01 158 98481	3			

3.2.1.2 Fütterung

3.2.1.2.1 Rationsgestaltung

Die laktierenden Kühe erhielten eine aufgewertete Teilmischung bestehend aus Maissilage und Grassilage (45:55 w/w auf Basis der Frischsubstanz) ad libitum. Die Vorlage des Kraftfutters (HaGe Qualitätsfutter Milch 203, Hauptgenossenschaft Nord AG, Kiel; Tab. 5) erfolgte über vier Kraftfutterautomaten mittels Transponder.

Tab. 5: Analysenwerte des Kraftfutters (HaGe QM 203, Hauptgenossenschaft Nord AG, Kiel) gemäß Deklaration

Rohprotein [% der TS]	20,0	Phospor [% der TS]	0,6
Energiestufe	III	Natrium [% der TS]	0,3
MJ NEL je kg TS	6,7	Magnesium [% der TS]	0,25
Rohfett [% der TS]	3,5	Selen [mg/kg TS]	0,5
Rohfaser [% der TS]	9,0	Vitamin D ₃ [IE/kg TS]	1000
Rohasche [% der TS]	7,0	nXP [g/kg TS]	165
Calcium [% der TS]	0,8	RNB [g/kg TS]	5,6

Das Angebot von Kraftfutter wurde entsprechend üblicher Empfehlungen für die landwirtschaftliche Praxis nach der Kalbung gesteigert. So erhielten die Tiere am Tag der Kalbung 4 kg; diese Menge wurde entsprechend der individuellen Milchleistung täglich um 0,25 kg bis auf maximal 9 kg gesteigert. Die trockenstehenden Kühe erhielten die Futterreste des Grundfutters der laktierenden Milchkühe und zusätzlich Mais- und Grassilage.

Von Mai 2012 bis November 2012 wurden die trockenstehenden Kühe ganztägig auf der Weide gehalten; eine Zufütterung erfolgte nicht. Zwei Wochen vor dem errechneten Geburtstermin wurden sie aufgestallt und erhielten zusätzlich zum Grundfutter zweimal täglich jeweils 1,5 kg Kraftfutter zugeteilt.

3.2.1.2.2 Zusammensetzung des Grundfutters

Die Analyse des Grundfutters erfolgte im Labor des Instituts für Tierernährung der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover. Es wurden die Rohnährstoffe, die Trockensubstanz (TS), der Energiegehalt und der pH-Wert bestimmt (Tab. 6). Zusätzlich wurde eine bakteriologische Untersuchung der Maissilage durchgeführt; dabei wurden pro Gramm 1×10^5 aerobe Bakterien sowie $9,5 \times 10^6$ Hefen nachgewiesen.

Tab. 6: Zusammensetzung der in der Studie eingesetzten Grundfuttermittel;
TS – Trockensubstanz, uS – ursprüngliche Substanz, ME - umsetzbare Energie, NEL – Nettoenergie Laktation

	TS	Roh- asche	Roh- protein	Roh- faser	ME	NEL	pH
	[g/kg uS]	[% der TS]			[MJ/kg TS]		
Grassilage	295	11,3	15,6	28,1	9,8	5,9	4,13
Maissilage	286	3,9	8,5	16,9	10,5	7,0	3,81
Teilmischung ¹	291	8,0	12,5	23,1	10,1	6,4	3,99

¹ Grassilage und Maissilage (45:55 w/w auf Basis der ursprünglichen Substanz)

3.3 Ablauf der Untersuchungen

Die Versuchstiere wurden zwischen dem 265. und 272. Tag nach der erfolgreichen Besamung einer klinischen Allgemeinuntersuchung unterzogen (ROSENBERGER 1990). Beurteilt wurden dabei Verhalten, Haltung, Fresslust und Pflegezustand der Probanden. Die Rektaltemperatur, Atemfrequenz, Herzfrequenz, Hautturgor, Episkleral-gefäße, Füllung und die Schichtung des Panseninhalts, Intensität und Fre-

quenz der Pansenmotorik, Eutersekret sowie der Bewegungsapparat wurden erfasst. Zudem wurde eine rektale und vaginale Untersuchung durchgeführt.

Nur Kühe ohne krankhafte Befunde wurden in die Studie aufgenommen. Außerdem erfolgte eine Blutentnahme in drei beschriftete Röhrchen (K-EDTA, Serum, Na-Fluorid) aus der V. coccygea mediana mit einer sterilen Einmalkanüle (Neopoint®, 1,2 x 40 mm).

Die Bestimmung der Körperkondition erfolgte mittels BCS-Score nach EDMONSON et al. (1989); es kam eine Skala von 1 (kachektisch) bis 5 (hochgradig adipös) zum Einsatz mit Abstufungen von jeweils 0,25.

Eine sonographische Messung der Rückenfettdicke erfolgte etwa 14 Tage ante partum sowie am 15., 28. und 57. Tag post partum gemäß STAUFENBIEL (1997). Es wurde der Linearschallkopf (5 MHz, Honda Electronics) eines tragbaren Gerätes eingesetzt. Der Messpunkt lag auf der Verbindungslinie zwischen Hüfthöcker und Sitzbeinhöcker. Die Ankopplung des Schallkopfes erfolgte mittels Alkohol (70%).

Weitere klinische Untersuchungen, Blutentnahmen sowie Bestimmungen des BCS wurden bei jedem Tier am Tag der Kalbung (2-8 Stunden nach der Geburt) und am 4., 8., 15., 22., 29., 43. und 57. Tag post partum durchgeführt. Dreizehn Kühe wurden am 150. Tag post partum und zehn Kühe am 84. Tag post partum abschließend befundet bzw. beprobt.

Die Blutentnahmen, klinischen Untersuchungen und die Ermittlung der Körperkondition erfolgten zwischen 09:00-12:00 Uhr.

Die Milchmenge und die Milchzusammensetzung (Fett, Protein, Laktose, Harnstoff und Zahl somatischer Zellen) wurden am 4., 8., 15., 22., 29., 43. und 57. Tag post partum erfasst. Dazu wurde in Analogie zu den Milchleistungsprüfungen des LKV in Kiel eine repräsentative Teilprobe aus dem Morgen- und Abendgemelk entnommen. Die Proben wurden am Folgetag der Entnahme zu dem regionalen Milchkontrolleur

gebracht, der eine Untersuchung der Proben in Kiel innerhalb von drei Tagen veranlasste. Zusätzlich wurden die im Rahmen der Milchleistungsprüfung erfassten Daten über die gesamte Laktation berücksichtigt. Die Milchleistungsprüfung des LKV in Kiel wurde, außer im Juli, einmal im Monat durchgeführt.

Während des gesamten Versuchs (März bis November 2012) wurden klinische Erkrankungen der Kühe durch die Untersucherin und den Landwirt erfasst, dokumentiert und ggf. durch den Hoftierarzt behandelt.

3.4 Analysen

3.4.1 Blut

3.4.1.1 Aufbereitung der Blutproben

Die Zentrifugation (10 min, 3.000 g, 4 °C) der Blutproben mit Gerinnungsaktivator erfolgte spätestens 60 Minuten nach der Entnahme (Hettich, EBA 20). Das Serum wurde abpipettiert und in jeweils drei Eppendorf-Cups (1 ml) gegeben. Bis zur späteren Analyse wurden die Proben bei -18 °C gelagert. Die Fluorid-Probe wurde ebenfalls zentrifugiert, 1 ml Überstand abpipettiert und in ein Eppendorf-Cup überführt und bei -18 °C gelagert. Die EDTA-Probe wurde am Tag der Entnahme in das Labor der Klinik für Rinder verschickt.

3.4.1.2 Metaboliten und Enzyme

Die Bestimmung der Konzentrationen von Metaboliten sowie der Aktivitäten von Enzymen erfolgte im Klinischen Labor der Klinik für Rinder in Hannover mit einem Analysenautomat (Cobas Mira, Hoffmann La-Roche, Basel, Schweiz). Die eingesetzte Methodik und deren Präzision ergeben sich aus Tabelle 7.

Tab. 7: Methoden und methodische Varianz für die Analytik von Metaboliten und Enzymen aus dem Fluorid-Plasma (Glucose) und Serum (alle anderen Parameter); VK – Variationskoeffizient

Parameter	Methode	Hersteller	VK der Präzision in Serie (N=20)
Glucose	Hexokinase	ABX ¹ , Art. A11A00116	2,3
Gesamteiweiß	Biuret (Endpunkt)	Sigma ² , Art. 541-2	2,0
Aspartat-Aminotransferase (AST)	Optische Methode der DGKC ³	ABX ¹ , Art. A11A00017	1,3
Glutamatdehydrogenase (GLDH)	Optische Methode der DGKC ³	Boehringer ⁴ , Art. 123320	0,9
Cholesterin	Enzymatischer Farbtest	Mti ⁵ , Art. 553-124	2,0
Nicht-veresterte Fettsäuren (NEFA)	Enzymatischer Farbtest	Wako ⁶ , Art. 99475409	6,2
Beta-Hydroxybutyrat (BHB)	Enzymatischer UV-Test	Randox ⁷ , Art. RB 1008	7,1
Harnstoff	Enzymatischer UV-Test	ABX ¹ , Art. A11A00075	4,1
Albumin	Bromkresol-Grün-Methode	Boehringer ⁴ , CRM	3,0

1 ABX Diagnostics, Montpellier, Frankreich

2 Sigma Diagnostics, Deisenhofen

3 Deutsche Gesellschaft für Klinische Chemie

4 Boehringer, Mannheim

5 mti diagnostics GmbH, Idstein

6 Wako Chemicals GmbH, Neuss

7 Randox Laboratories GmbH, Krefeld

3.4.1.3 Hormone

Die Insulinkonzentration wurde im Plasma mittels eines Insulin-Radioimmunoassays bestimmt (DSL-1600, Diagnostic Systems Laboratories, Inc. Texas, USA). Der Variationskoeffizient in der Serie lag bei 10 Messungen bei 3,5 %. Der Variationskoeffizient der Präzision von Tag zu Tag betrug 4,9 %.

Die Konzentration von IGF-I im Plasma wurde immunradiometrisch ermittelt. Dazu wurde ein ACTIVE Insulin-Like Growth Factor-1 coated tube IRMA Kit eingesetzt (DSL-5600, Diagnostics Systems Laboratories, Inc., Texas, USA). Der Test basiert auf der Separierung des IGF-I von den Bindungsproteinen mittels Säure-Ethanol-Extraktion und Messung der IGF-I-Konzentration mit einem Zwei-Seiten-Assay. Der Variationskoeffizient betrug 1,5-3,5 % (intra-assay) bzw. 1,5-8,5 % (inter-assay).

3.4.2 Milch

Die Auswertung der Milchproben wurde vom Landeskontrollverband Schleswig-Holstein in Kiel durchgeführt und erfolgte spätestens 36 Stunden nach Probenentnahme.

Die Prüfparameter Fett, Eiweiß und Laktose wurden infrarotspektrophotometrisch (Foss Electric) gemäß § 64 des LFGB 01.00-78 DLQ-Richtlinie 1.9 IDF Standard 141C gemessen. Die Erfassung der Zahl der somatischen Zellen in der Rohmilch erfolgte durch eine fluoreszenzoptische Zählung gemäß § 64 LFGB L01.01-1. Diese Messungen erfolgten mit dem CombiFoss (Foss Electric, Dänemark), bestehend aus einem Gerät für die Bestimmung der Milchinhaltstoffe (MilcoScan FT+) sowie dem Gerät Fossomatic FC 500 für die Zellzahlbestimmung.

Der Harnstoffgehalt wurde durch eine kolorimetrische Bestimmung im Continuous-Flow-Verfahren ermittelt. Die gemessenen Absorptions- und Leitfähigkeitswerte wur-

den über verschiedene mathematische Methoden (z.B. Fourier-Transformation und/oder Partielle Least Square) in den Harnstoffgehalt umgerechnet und in mg/l angezeigt. Verwendet wurden vier MilcoScan Geräte der Firma FOSS, Dänemark. Sie beinhalten hochleistungsfähige, vollautomatische Mittelbereichs-Spektrophotometer (2-10 μm), die auf Basis der FTIR-Technik (Fourier Transform Infrared) arbeiten und der DIN ISO 9622 in der jeweils gültigen Fassung entsprachen.

3.4.3 Statistik

Die Energie-korrigierte Milchmenge wurde anhand folgender Formel berechnet:

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

Die statistische Auswertung der Milchleistungs- und Blutparameter erfolgte mit dem Statistikprogramm SAS und der Prozedur GLIMMIX (Version 9.4, SAS Institute, Cary, NC, USA).

Der Kolmogorov-Smirnov Test wurde zur Prüfung der Ergebnisse auf Normalverteilung verwendet. Anschliessend erfolgte die Prüfung statistisch signifikanter Unterschiede mit Hilfe von einfachen Varianzanalysen gefolgt vom Tukey-Test oder Student's t-Test. Als signifikant gelten Irrtumswahrscheinlichkeiten von $p < 0,05$.

Für die Darstellung der durchschnittlichen Werte aller Tiere wurden im Modell die Laktationsnummer (1, 2, ≥ 3) und der Tag der Laktation als fixe Effekte und das Tier als zufälliger Effekt berücksichtigt.

Für die Darstellung der Milchleistungsklassen wurden die Tiere anhand Ihrer durchschnittlichen ECM-Werte vom 4. – 57. Tag pp in drei Kategorien eingeteilt (< 37 kg, N = 9; 37 – 38 kg, N = 8; > 38 kg, N = 6).

Die Tiere wurden erneute anhand der BHB-Werte ebenfalls in drei Kategorien eingeteilt (< 1 mmol/L, N = 8; 1 – 2 mmol/L, N = 9; > 2 mmol/l, N = 6).

In alle Modelle für die Auswertung der Milchleistungs- und Blutparameter wurden die Kategorie (ECM-Klasse oder BHB-Klasse), die Laktationsnummer (1, 2, ≥ 3), der Tag der Laktation und die Interaktion Tag der Laktation*Kategorie als feste Effekte sowie das Tier als zufälliger Effekt einbezogen. In allen statistischen Modellen erfolgte die Korrektur auf multiple Mittelwertsvergleiche mittels Tukey-Test.

Alle Werte wurden als LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler angegeben. Das Signifikanzniveau lag bei $p < 0,05$.

4. Ergebnisse

4.1 Mittelwerte aller Kühe

4.1.1 Serumkonzentration von Metaboliten

Die BHB-Konzentration im Serum lag im Mittel zum Zeitpunkt der Kalbung bei 0,7 mmol/L und verdoppelte sich bereits in der ersten Laktationswoche, um einen maximalen Wert in der vierten Laktationswoche mit etwa 2 mmol/L zu erreichen (Abb.1A). In den folgenden Wochen sank die Konzentration wieder, um in der achten Laktationswoche bei etwa 1 mmol/L zu liegen.

Die Konzentration der nicht-veresterten Fettsäuren stieg rapide nach der Kalbung von 0,25 mmol/L (14 Tage ante partum) auf im Mittel 0,7 mmol/L bereits am 4. Laktationstag; während der folgenden Wochen wurde ein gradueller Rückgang auf die Ausgangswerte ante partum nachgewiesen (Abb.1B).

Die Serumkonzentration der Glucose zeigte erhebliche Veränderungen. Während gegen Ende der Trockenstehperiode im Mittel 3,8 mmol/L gemessen wurden, waren deutlich höhere Konzentrationen am Tag der Kalbung nachweisbar. Mit Einsetzen der Laktation sank die Serumkonzentration der Glucose drastisch ab und blieb während der ersten vier Laktationswochen mit Werten um 3,1 mmol/L in einem geringgradig hypoglykämischen Bereich (Abb.1C). Eine allmähliche graduelle Zunahme der Serumkonzentration der Glucose auf Mittelwerte um 3,6 mmol/L wurde im zweiten Monat der Laktation nachgewiesen.

Die Konzentrationen des Albumins und Harnstoffs im Serum zeigten nur geringe Veränderungen während der ersten Laktationswochen (Abb.1D und E); diese waren gekennzeichnet durch eine leichte Abnahme der Werte in der ersten Laktationswoche. In den folgenden Wochen erhöhten sich die Mittelwerte wieder und übertrafen in

der achten Laktationswoche die Mittelwerte aus der Spätphase der Trockenstehperiode.

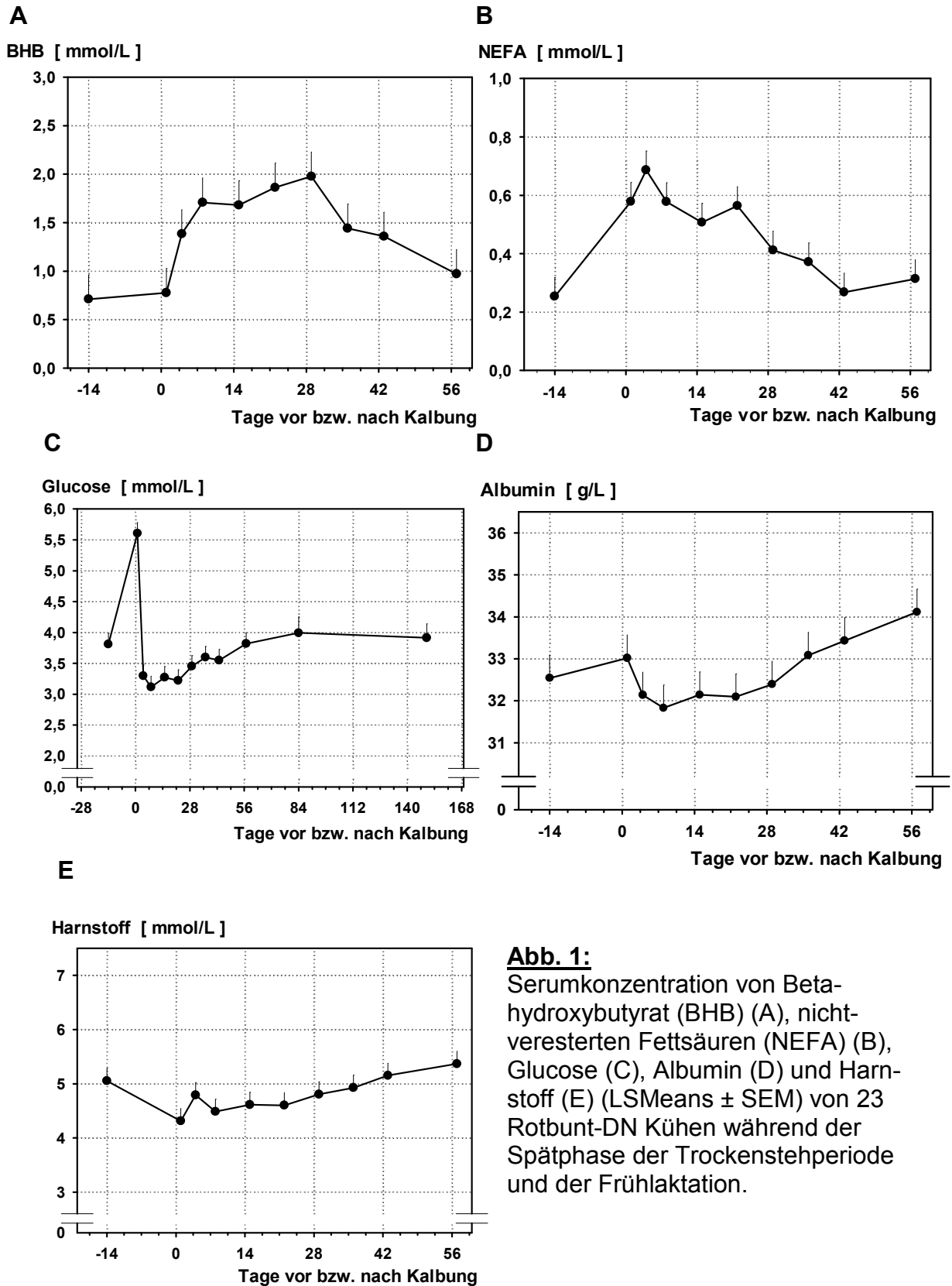


Abb. 1: Serumkonzentration von Beta-hydroxybutyrat (BHB) (A), nicht-veresterten Fettsäuren (NEFA) (B), Glucose (C), Albumin (D) und Harnstoff (E) (LSMeans \pm SEM) von 23 Rotbunt-DN Kühen während der Spätphase der Trockenstehperiode und der Frühlaktation.

4.1.2 Enzymaktivitäten im Serum

Eine Serumaktivität der AST erhöhte sich während der ersten Laktationswoche um etwa 30 % auf einen Mittelwert um 100 IU/L; die Aktivität verminderte sich konsekutiv während der folgenden Woche auf die Werte, die bereits während der Spätphase der Trockenstehperiode gemessen worden waren (Abb. 2A).

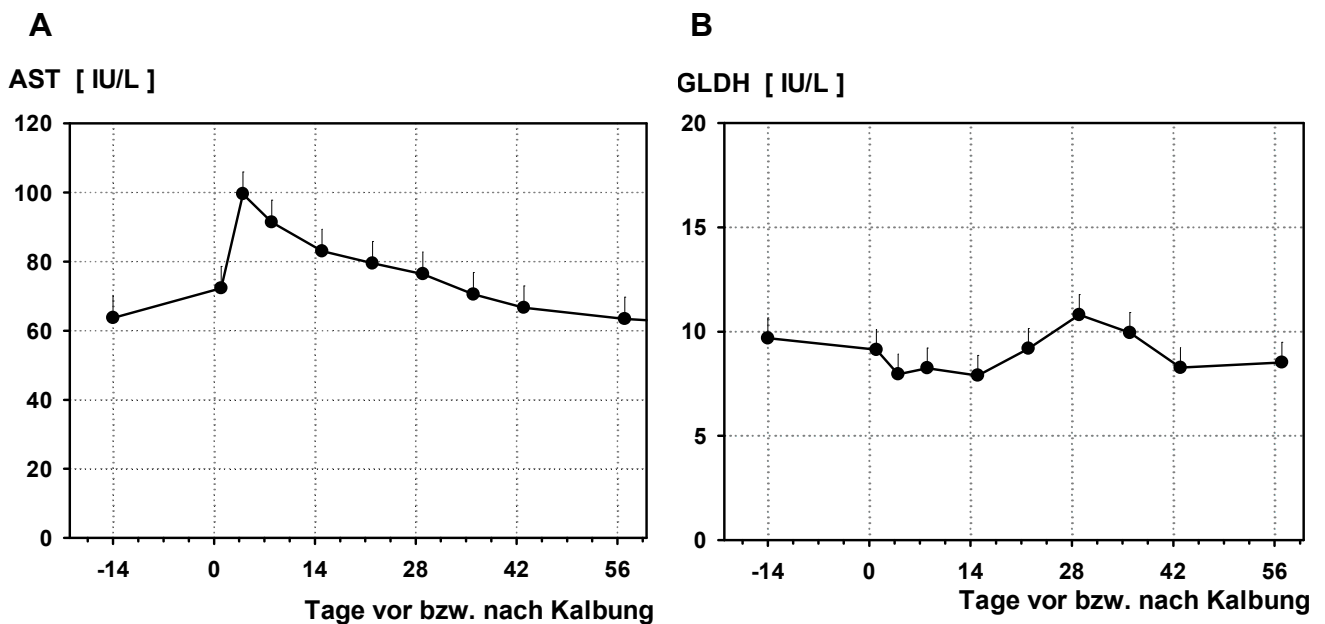


Abb. 2: Serumaktivitäten der Aminotransferase (AST) (A) und der Glutamatdehydrogenase (GLDH) (B) bei 23 Rotbunt-DN Kühen während der Spätphase der Trockenstehperiode und der Frühlaktation (LSMeans \pm SEM).

Die Serumaktivität der GLDH zeigte keine signifikanten Veränderungen während des Beobachtungszeitraums; es wurden jeweils Mittelwerte um 10 IU/L gemessen (Abb. 2B).

4.1.3 Serumkonzentration von Insulin und IGF-1

Die Serumkonzentration des Insulins lag in der Spätphase der Trockenstehperiode im Mittel bei etwa 28 $\mu\text{U}/\text{mL}$ und sank während der ersten Laktationswoche auf minimale Konzentrationen um 10 $\mu\text{U}/\text{mL}$. In den folgenden Wochen erhöhte sich die mittlere Insulinkonzentration kontinuierlich auf einen Mittelwert von 20 $\mu\text{U}/\text{mL}$ in der achten Laktationswoche (Abb. 3A).

Die IGF-1-Konzentration im Serum zeigte einen vergleichbaren Verlauf. Vor der Kalbung wurden Mittelwerte um 150 ng/mL gemessen; die mittleren Konzentrationen am Ende der ersten Laktationswoche lagen bei knapp über 50 ng/mL und erhöhten sich im weiteren Verlauf auf etwa 110 ng/mL am Ende der achten Laktationswoche (Abb. 3B).

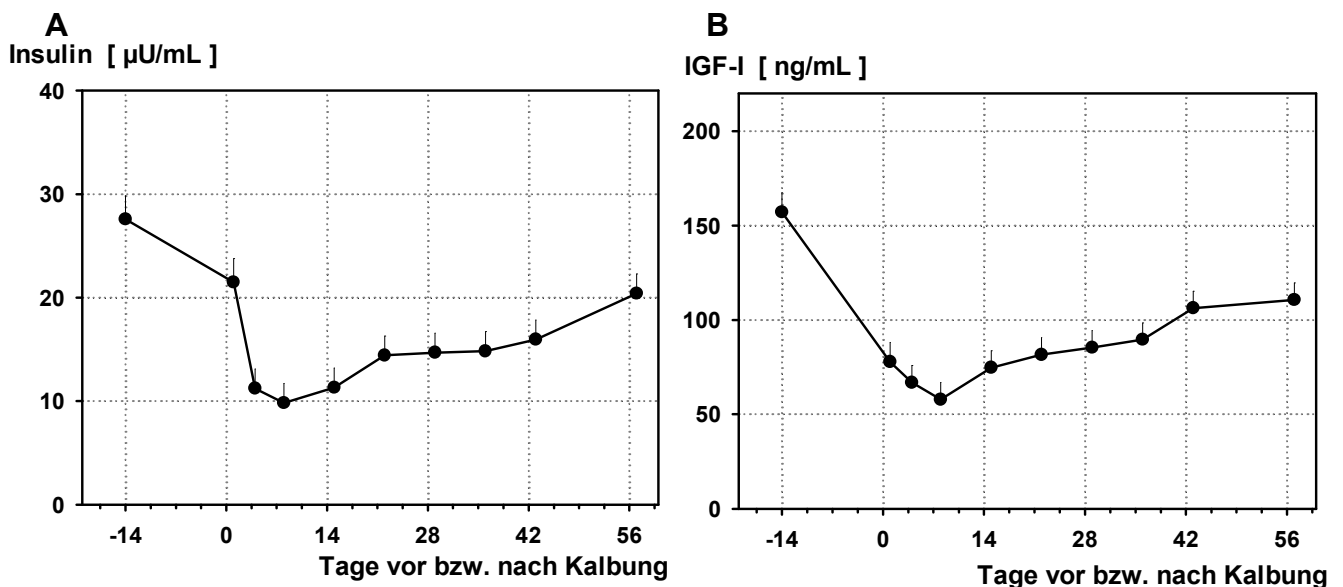


Abb. 3: Serumkonzentrationen von Insulin (A) und Insulin-like Growth Factor 1 (IGF-1) (B) bei 23 Rotbunt-DN Kühen während der Spätphase der Trockenstehperiode und der Frühlaktation (LSMeans \pm SEM).

4.1.4 Erythrozyten und Leukozyten

Während der Endphase der Trockenstehzeit und der Frühlaktation kam es zu keinen signifikanten Veränderungen der Zahl von Erythrozyten und Leukozyten im Blut der Kühe (Abb. 4A und B). Die Anzahl der Erythrozyten lag im Mittel stets zwischen 5 und 6 Mio./ μL ; diese Zahlen lassen auf eine geringgradige Anämie schließen. Die Mittelwerte der Anzahl der Leukozyten lagen mit 5.200 bis 6.500/ μL stets im physiologischen Bereich.

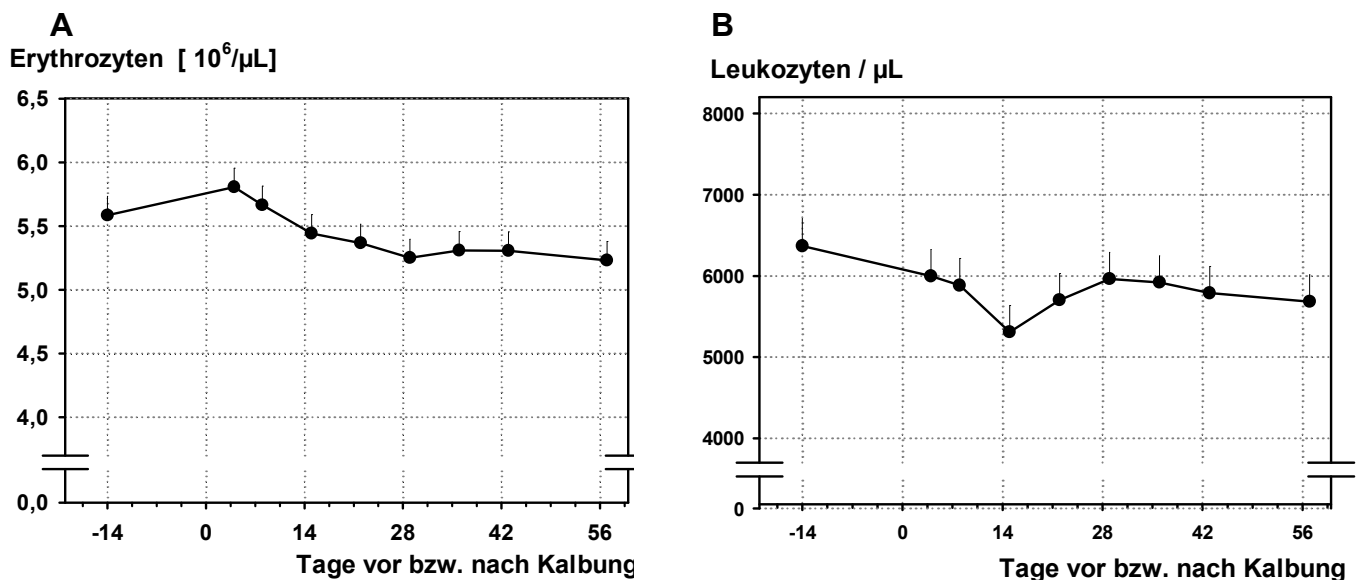


Abb. 4: Anzahl der Erythrozyten (A) und Leukozyten (B) im Blut von 23 Rotbunt-DN Kühen während der Spätphase der Trockenstehperiode und der Frühlaktation (LSMeans \pm SEM).

4.1.5 Milchleistungsparameter

Die Milchleistung der Kühe stieg in der Frühlaktation an; der Laktationspeak lag im Mittel bei etwa 35 kg/Tag und wurde bereits in der dritten Woche nach der Kalbung erreicht. Im weiteren Verlauf der Studie wurde keine signifikante Abnahme der Milchleistung beobachtet (Abb. 5A).

Die Fettkonzentration in der Milch verminderte sich tendentiell von etwa 5 % zum Zeitpunkt der Kalbung auf 4,4 % in der achten Laktationswoche; diese Abnahme erwies sich nicht als signifikant (Abb. 5B).

Die Milcheiweißkonzentration nahm mit Einsetzen der Laktation signifikant während der ersten Laktationswochen von 4,2 auf 3,1 % ab (Abb. 5C). Demgegenüber waren keine signifikanten Veränderungen der Milchharnstoffkonzentration während des Beobachtungszeitraums nachweisbar (Abb. 5D). Die Zahl somatischer Zellen in der Milch nahm signifikant während der ersten Laktationswochen ab und fiel auf mittlere Werte von 80.000 Zellen/mL in der achten Laktationswoche (Abb. 5E).

4.1.6 Körperkondition

Der Mittelwert des BCS der 23 Milchkühe während der Spätphase der Trächtigkeit lag bei $4,0 \pm 0,3$. Während der ersten acht Laktationswochen nahm der BCS signifikant im Mittel um 0,7 BCS-Punkte auf $3,3 \pm 0,4$ ab (Abb. 6). Dieser Verlust an Körperkondition war auch bei Messungen der Rückenfettdicke nachweisbar; ausgehend von einer mittleren RFD von 32 ± 8 mm vor der Kalbung wurden die minimalen Werte in der achten Laktationswoche mit 17 ± 3 mm gemessen. Die BCS- und RFD-Werte korrelierten hoch signifikant ($r = 0,66$).

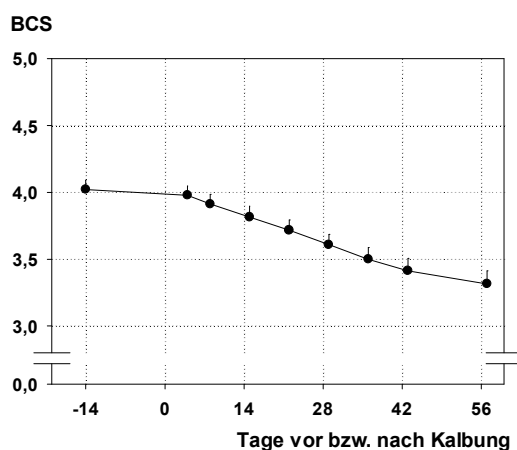


Abb. 6:

Veränderungen der Körperkondition von 23 Rotbunt DN-Kühen während der Trockenstehperiode und Früh-laktation (LSMeans \pm SEM); BCS - Body condition score.

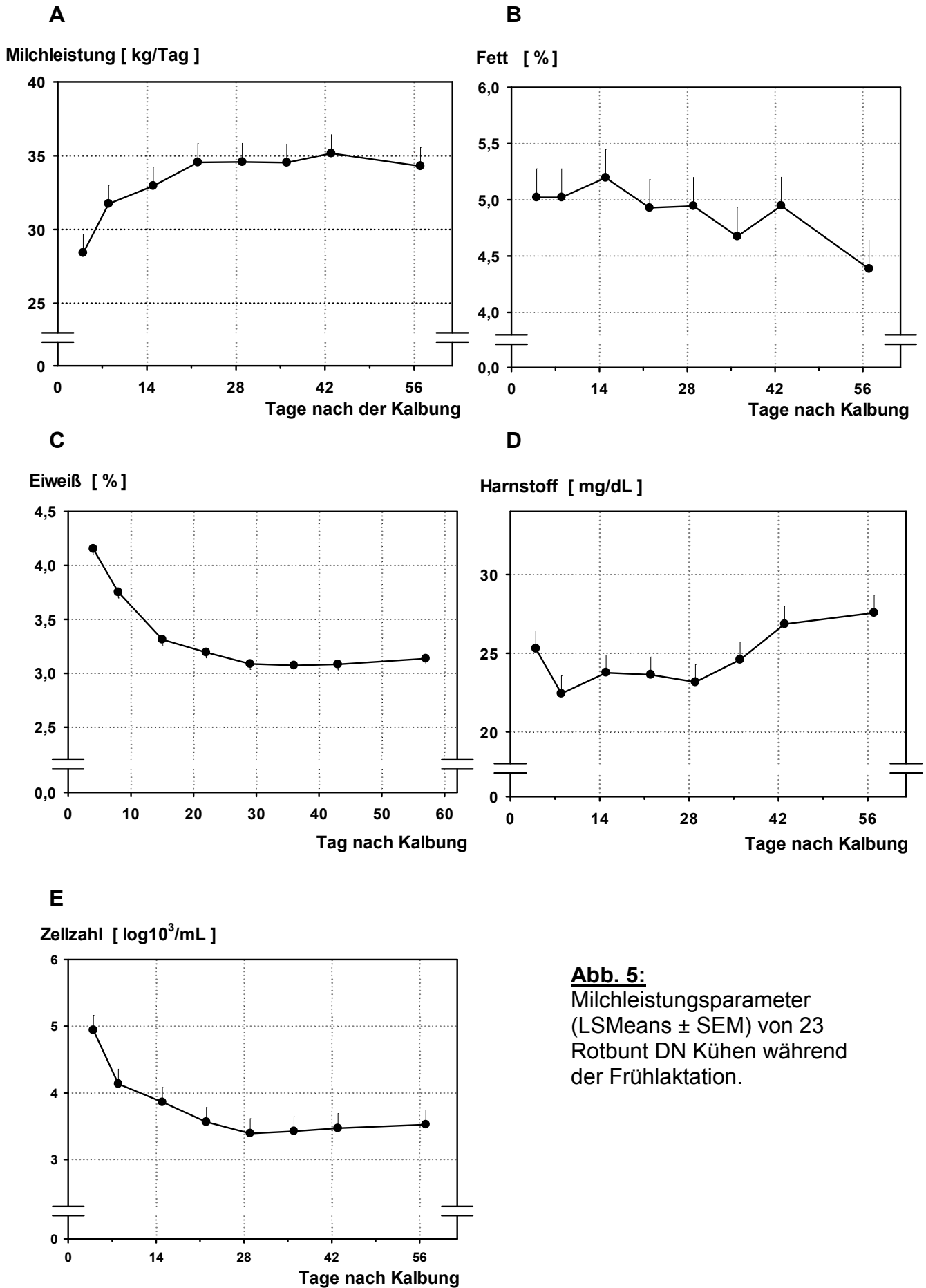


Abb. 5:
Milchleistungsparameter
(LSMeans ± SEM) von 23
Rotbunt DN Kühen während
der Frühlaktation.

4.2 Einteilung der Kühe nach der mittleren BHB-Serumkonzentration während der Frühlaktation

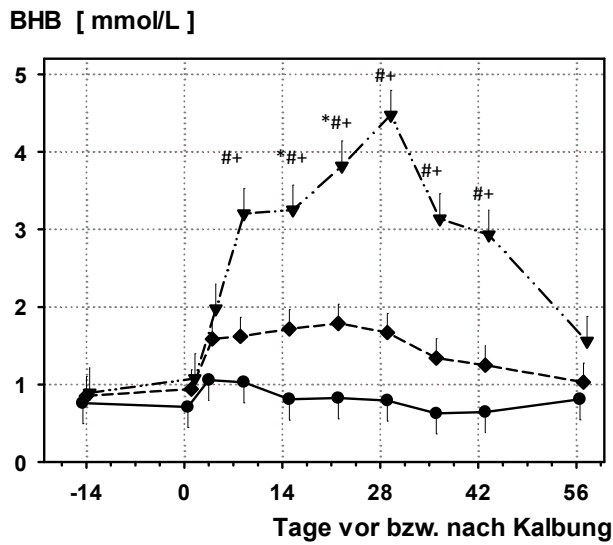
4.2.1 Serumkonzentration von Metaboliten

Entsprechend der Selektionskriterien unterschieden sich die Serumkonzentrationen des BHB zwischen den Gruppen hoch signifikant während der Frühlaktation (Abb. 7 A). Während die mittleren Konzentrationen bei acht Tieren im Bereich und unterhalb von 1 mmol/L lagen, wurden bei neun Kühen zwischen der ersten und vierten Laktationswoche BHB-Werte gemessen, die zwischen 1 und 2 mmol/L lagen. Bei sieben Kühen lag die durchschnittliche BHB-Konzentrationen in der zweiten bis sechsten Laktationswoche stets oberhalb von 2 mmol/L; der höchste Wert wurde mit 4,5 mmol/L am 28. Tag post partum ermittelt. Die antepartale BHB-Konzentration unterschied sich nicht signifikant zwischen diesen drei Gruppen.

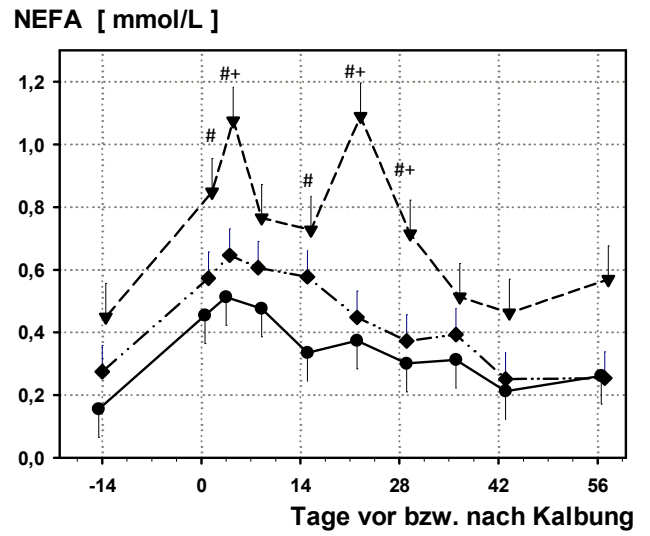
Zwischen den Gruppen mit postpartal unterschiedlicher BHB-Konzentration ergaben sich auch signifikante Unterschiede im Hinblick auf die postpartalen NEFA-Konzentrationen (Abb. 7B). Diese waren bereits antepartal bei den postpartal ausgeprägt hyperketonämischen Kühen höher verglichen mit den beiden anderen Gruppen, zwischen denen sich allenfalls tendentielle Unterschiede nachweisen ließen. Die Mittelwerte der NEFA-Konzentrationen bei den Kühen mit den postpartal höchsten BHB-Konzentrationen lagen zwischen 0,8 und 1,1 mmol/L, während die Kühe mit den postpartal niedrigsten BHB-Konzentrationen stets einen Mittelwert der NEFA-Serumkonzentrationen von unter 0,5 mmol/L hatten.

Die Glucosekonzentration im Serum unterschied sich antepartal nicht zwischen den Gruppen mit postpartal unterschiedlicher BHB-Konzentration (Abb. 7C). Die Hyperglykämie am Tag der Kalbung war am ausgeprägtesten bei den Kühen mit postpartal niedrigen BHB-Spiegeln. Insgesamt erwiesen sich deren Glucosekonzentrationen als höher verglichen mit den Kühen, die postpartal stark hyperketonämisch waren.

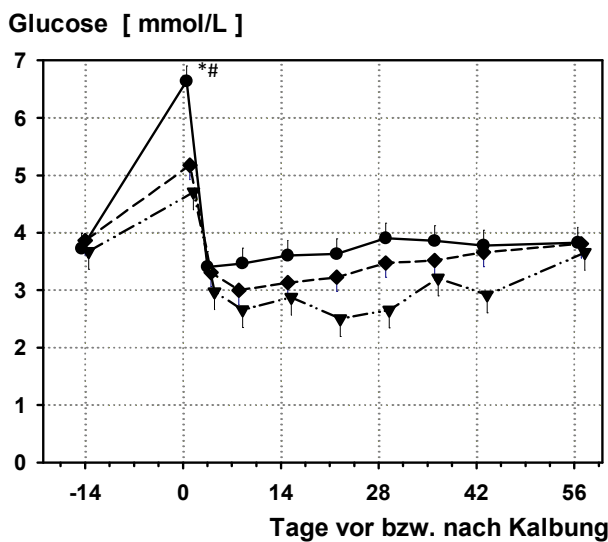
A



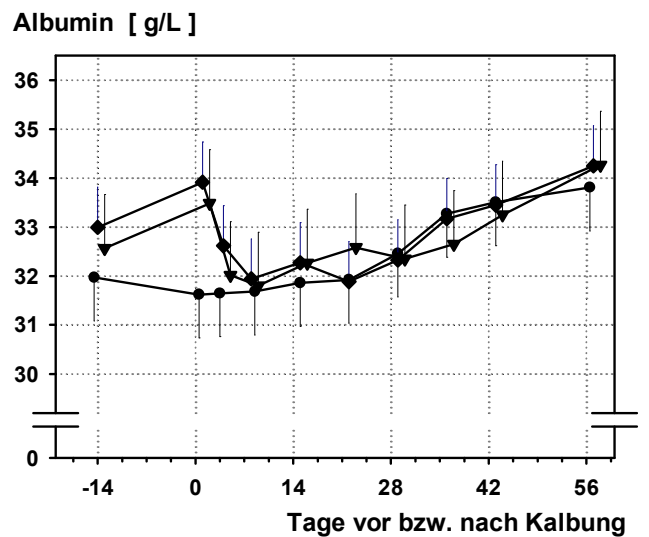
B



C



D



E

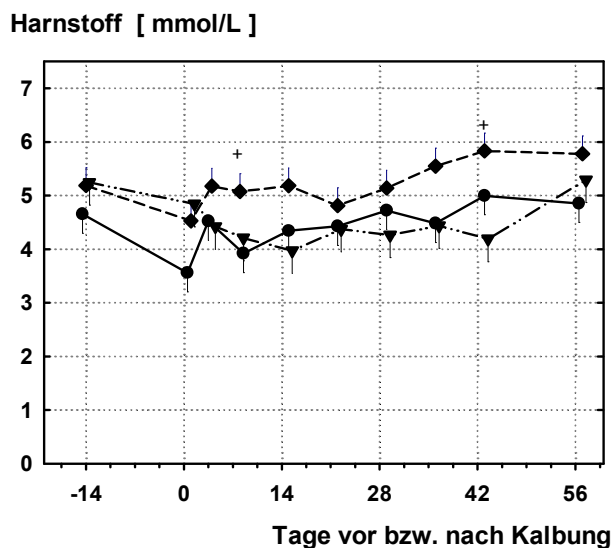


Abb. 7:

Metabolische Leitparameter (LSMeans \pm SEM) von Rotbunt-DN Kühen mit unterschiedlichen mittleren BHB-Konzentrationen im Serum während der Früh-laktation

- < 1 mmol/L
- ◆ 1-2 mmol/L
- ▼ > 2 mmol/L

Die Mittelwerte der Albuminkonzentrationen unterschieden sich während der Früh-laktation nicht signifikant zwischen den Gruppen mit unterschiedlicher postpartaler BHB-Konzentration (Abb. 7D).

Die Harnstoffkonzentrationen bewegten sich antepartal im Mittel um 5 mmol/L; in den ersten Laktationswochen waren keine gerichteten Unterschiede bezüglich dieses Serummetaboliten in Abhängigkeit von der postpartalen BHB-Konzentration nachweisbar (Abb. 7E).

4.2.2 Enzymaktivitäten im Serum

Die Aktivität der AST und GLDH unterschied sich antepartal nicht zwischen den ausgewerteten Gruppen. In der ersten Laktationswoche waren bei der AST jedoch höhere Aktivitäten bei Kühen mit ausgeprägter postpartaler Hyperketonämie nachweisbar als bei den Kühen mit niedrigeren Mittelwerten. Bereits gegen Ende der zweiten Laktationswoche unterschieden sich die AST-Aktivitäten nicht mehr zwischen den Kühen der gemäß postpartaler BHB-Konzentration eingeteilten Gruppen (Abb. 8A und B).

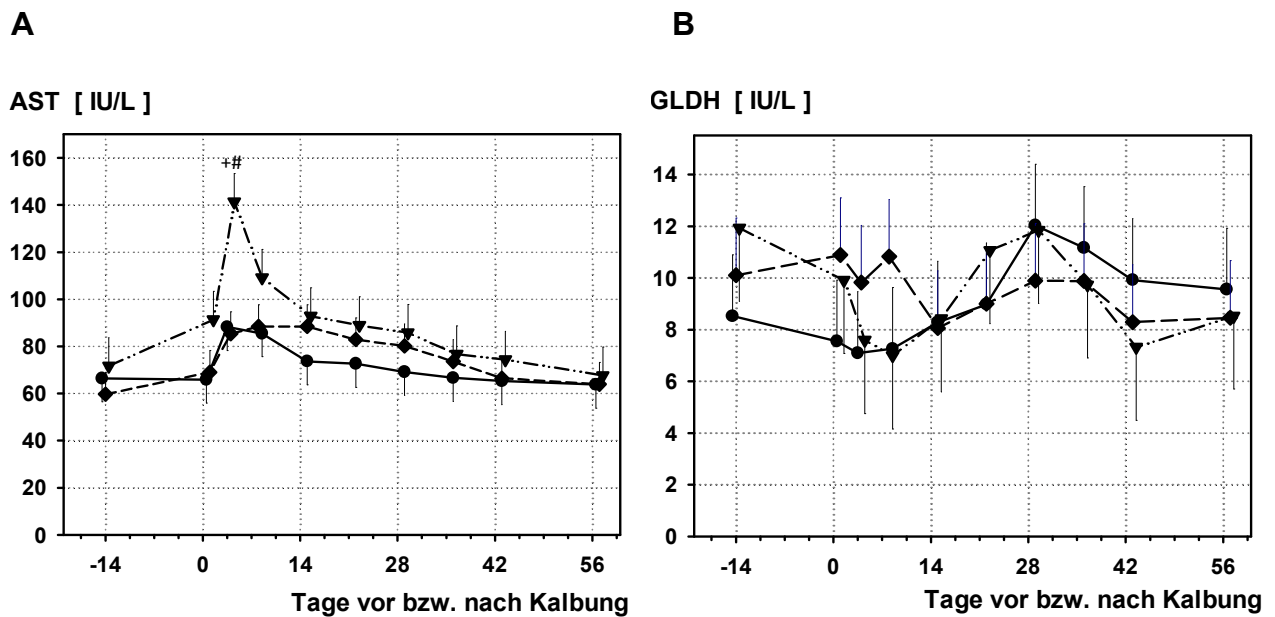


Abb. 8: Aktivitäten der Aspartattransferase (AST; A) und der Glutamatdehydrogenase (GLDH; B) im Serum von Rotbunt DN-Kühen mit unterschiedlicher postpartaler BHB-Konzentration während der Trockenstehperiode und Frühlaktation (LSMeans \pm SEM);
 ● <math>< 1 \text{ mmol/L}</math> BHB; ◆ $1-2 \text{ mmol/L}$ BHB; ▼ $> 2 \text{ mmol/L}$ BHB

4.2.3 Serumkonzentration von Insulin und IGF-1

Die Insulinkonzentrationen lagen antepartal bei Kühen mit postpartal ausgeprägter Hyperketonämie niedriger als bei den Kühen mit niedrigeren BHB-Spiegeln in der Frühlaktation (Abb. 9A). Auch während der ersten Laktationswochen ergaben sich signifikante Unterschiede: während die Mittelwerte der Kühe mit den höchsten postpartalen BHB-Konzentrationen unter $10 \mu\text{U/mL}$ lagen, wurden bereits in der dritten Laktationswoche etwa doppelt so hohe Spiegel im Blut der Kühe mit geringeren BHB-Spiegeln nachgewiesen.

Die Veränderungen der IGF-1-Konzentrationen waren vergleichbar mit denen der Insulinspiegel (Abb. 9B). Die niedrigsten antepartalen Konzentrationen wurden bei postpartal stark hyperketonämischen Kühen gemessen, während die in der Frühlak-

tation höchsten IGF-1-Werte bei den Kühen mit den niedrigsten postpartalen BHB-Spiegeln nachgewiesen wurden.

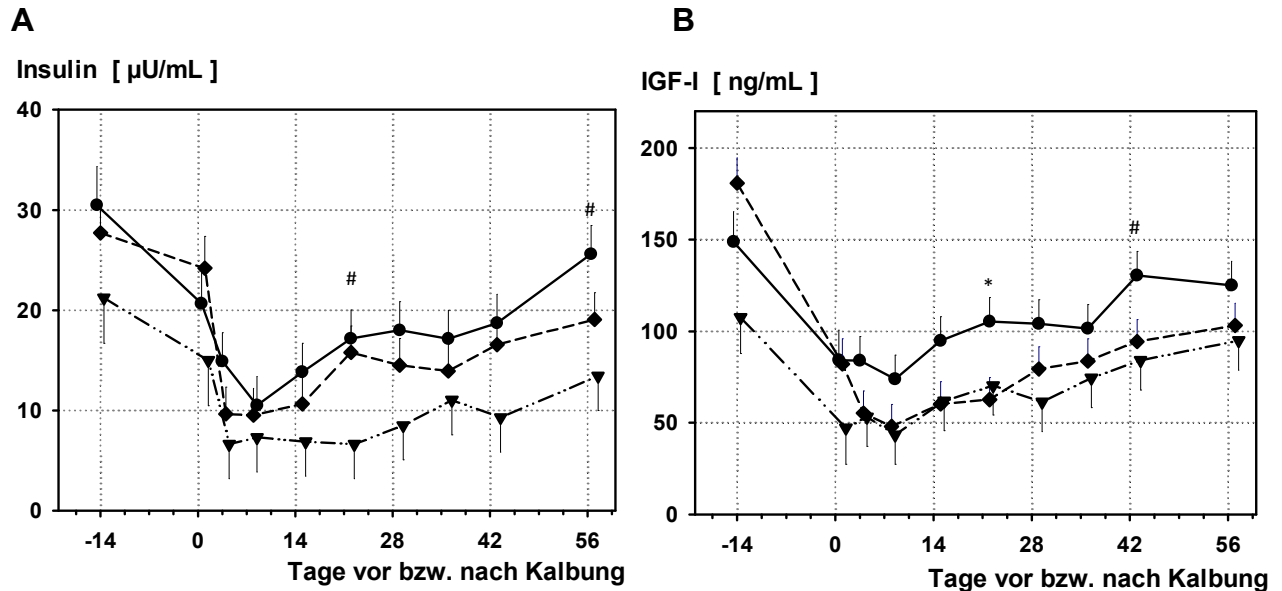


Abb. 9: Serumkonzentration von Insulin (A) und IGF-1 (B) bei Rotbunt DN-Kühen mit unterschiedlicher postpartaler BHB-Konzentration während der Trockenstehperiode und Frühlaktation (LSMeans \pm SEM);
 ● <math>< 1\text{ mmol/L}</math> BHB; ◆ $1-2\text{ mmol/L}$ BHB; ▼ $> 2\text{ mmol/L}$ BHB

4.2.4 Erythrozyten und Leukozyten

Die Mittelwerte der Anzahl der Leukozyten differierten weder ante- noch postpartal in Abhängigkeit von der postpartalen BHB-Konzentration (Abb. 10A).

Auch die mittlere Anzahl der Erythrozyten erwies sich als nicht signifikant unterschiedlich, obwohl die Mittelwerte der postpartal besonders hyperketonämischen Tiere in den ersten Laktationswochen stets niedriger waren als die der beiden anderen Gruppen (Abb. 10B).

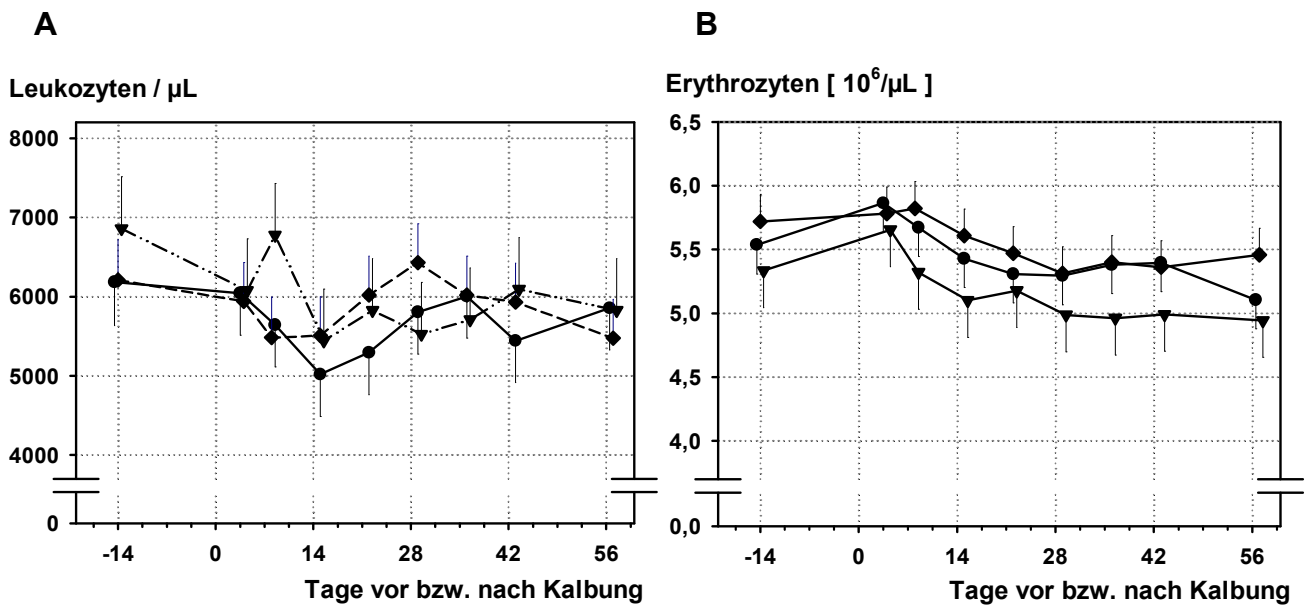


Abb. 10: Anzahl der Leukozyten (A) und Erythrozyten (B) bei Rotbunt DN-Kühen mit unterschiedlicher postpartaler BHB-Konzentration während der Trockenstehperiode und Früh lactation (LSMeans \pm SEM);
 \bullet < 1 mmol/L BHB; \blacklozenge 1-2 mmol/L BHB; \blacktriangledown > 2 mmol/L BHB

4.2.5 Körperkondition

Die Tiere mit den postpartal geringsten BHB-Spiegeln verloren im Mittel während der ersten Laktationswochen 0,5 BCS-Punkte und lagen stets oberhalb der Werte, die für Kühe mit postpartal höheren BHB-Konzentrationen gemessen wurden (Abb. 11). Die beiden letztgenannten Gruppen verloren während der Früh lactation mit 0,70 bzw. 0,75 BCS-Punkten signifikant mehr Körpermasse als die normoketonämischen Tiere.

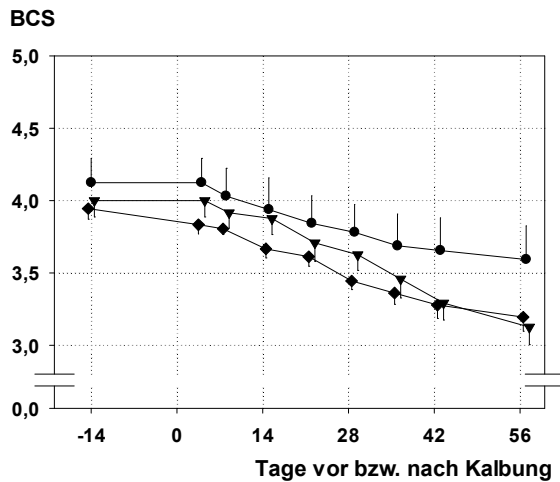


Abb. 11: Veränderungen der Körperkondition von Rotbunt DN-Kühen mit unterschiedlicher postpartaler BHB-Konzentration während der Trockenstehperiode und Frühlaktation (LSMeans \pm SEM); BCS – Body condition score; ● < 1 mmol/L BHB; ◆ 1-2 mmol/L BHB; ▼ > 2 mmol/L BHB

4.2.6 Milchleistung

Die Milchmengenleistung der Kühe mit unterschiedlichen BHB-Konzentrationen in der Frühlaktation unterschied sich nicht signifikant (Abb. 12A). Dies traf auch auf die Milchfettkonzentration zu (Abb. 12B). Die Milcheiweißkonzentration erwies sich zwischen der sechsten und achten Laktationswoche bei den Kühen mit den postnatal höchsten BHB-Konzentrationen als niedriger verglichen mit den Kühen mit moderaten oder niedrigen BHB-Konzentrationen (Abb. 12C).

Die Kühe mit unterschiedlichen postnatalen BHB-Konzentrationen zeigten keine signifikanten Unterschiede im Hinblick auf den Milchwahnhstoffkonzentrationen und die Zahl somatischer Zellen während der ersten acht Laktationswochen (Abb. 12D und E).

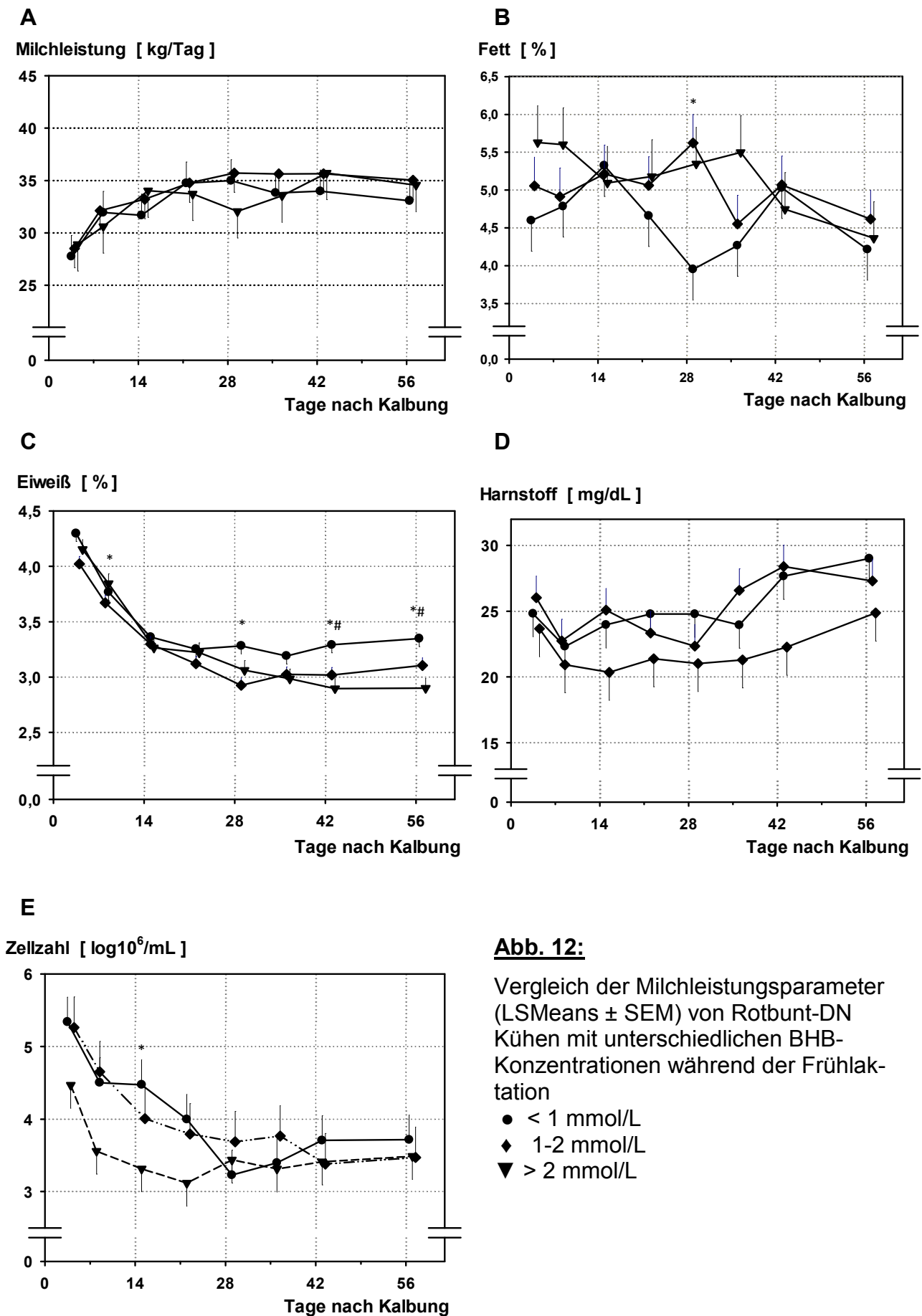


Abb. 12:

Vergleich der Milchleistungsparameter (LSMeans ± SEM) von Rotbunt-DN Kühen mit unterschiedlichen BHB-Konzentrationen während der Früh-laktation

- < 1 mmol/L
- ◆ 1-2 mmol/L
- ▼ > 2 mmol/L

4.3 Einteilung der Kühe nach der Milchleistung während der Früh lactation

4.3.1 Milchleistung

Der Laktationspeak wurde in den drei Gruppen mit unterdurchschnittlicher, durchschnittlicher und überdurchschnittlicher Milchleistung in der dritten oder vierten Laktationswoche erreicht und lag bei etwa 30, 35 und 40 kg/Tag. Die Unterschiede zwischen den Gruppen waren über die gesamte ausgewertete Früh lactation signifikant (Abb. 13A).

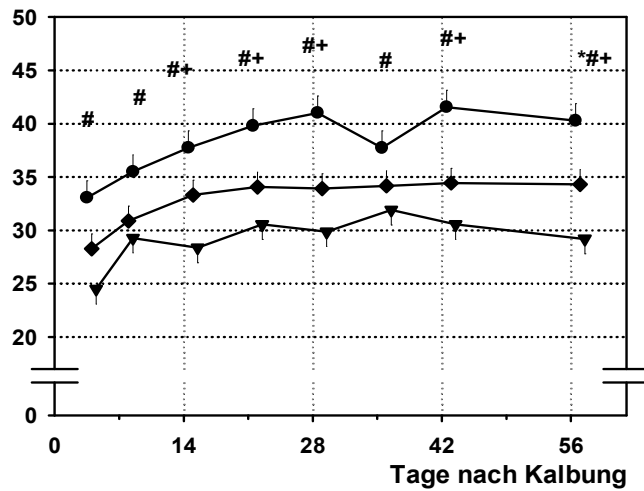
Die Milchfettkonzentration lag in allen drei Leistungsgruppen bei etwa 5 % und blieb über die ersten acht Laktationswochen mehr oder weniger konstant. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen waren nicht nachweisbar (Abb. 13B).

Die Milcheiweißkonzentration unterschied sich insbesondere während der vierten bis achten Woche zwischen der Gruppe mit über- und unterdurchschnittlicher Milchleistung (Abb. 13C). Die Werte der Kühe mit geringerer Milchleistung lagen im Mittel bei 3,3 % und etwa 0,3 % über denen der Kühe mit hoher Milchleistung, deren Mittelwert somit über mehrere Wochen knapp unter oder knapp über 3,0 % gemessen wurde.

Die Milchwahnstoffkonzentration und die Zahl somatischer Zellen wurden durch die Milchleistung nicht signifikant beeinflusst (Abb. 13D und E).

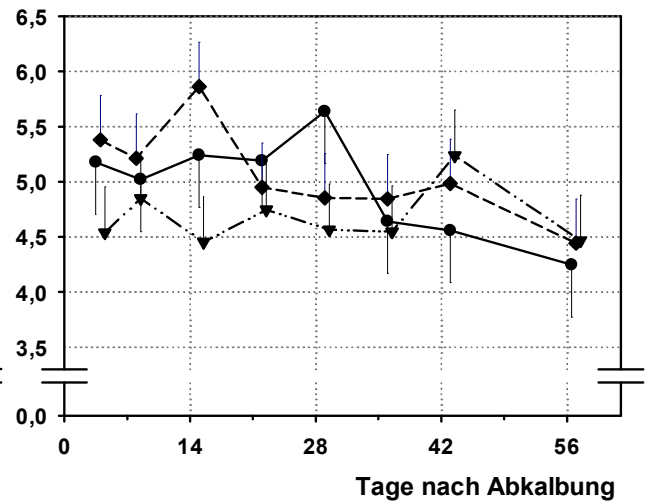
A

Milchleistung [kg/Tag]



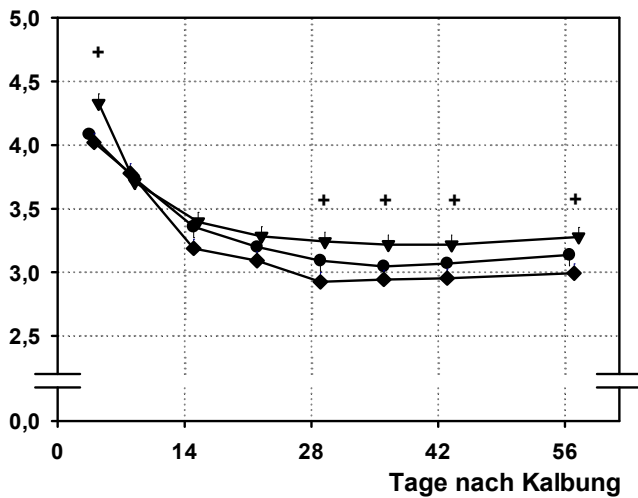
B

Fett [%]



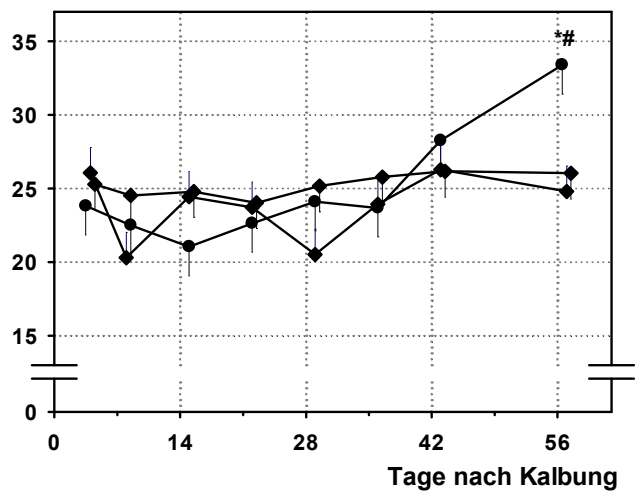
C

Eiweiß [%]



D

Harnstoff [mg/dL]



E

Zellzahl [log 10³/mL]

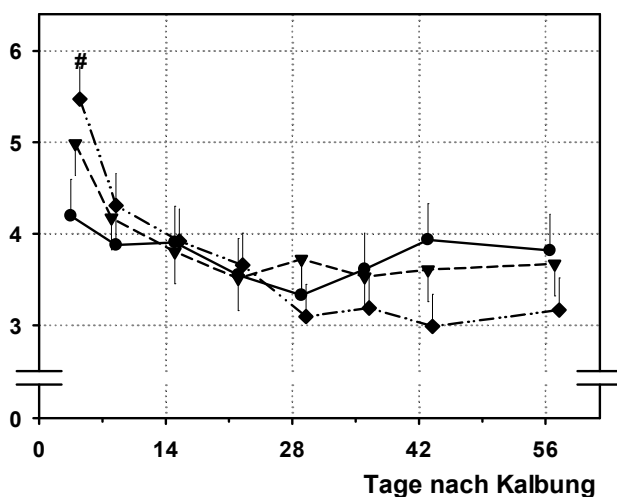


Abb. 13:

Vergleich der Milchleistungsparameter (LSMeans ± SEM) von Rotbunt-DN Kühen mit unterschiedlicher Milchleistung in der Früh-laktation;

● > 38 kg/d

◆ 36-37 kg

▼ < 36 kg/Tag

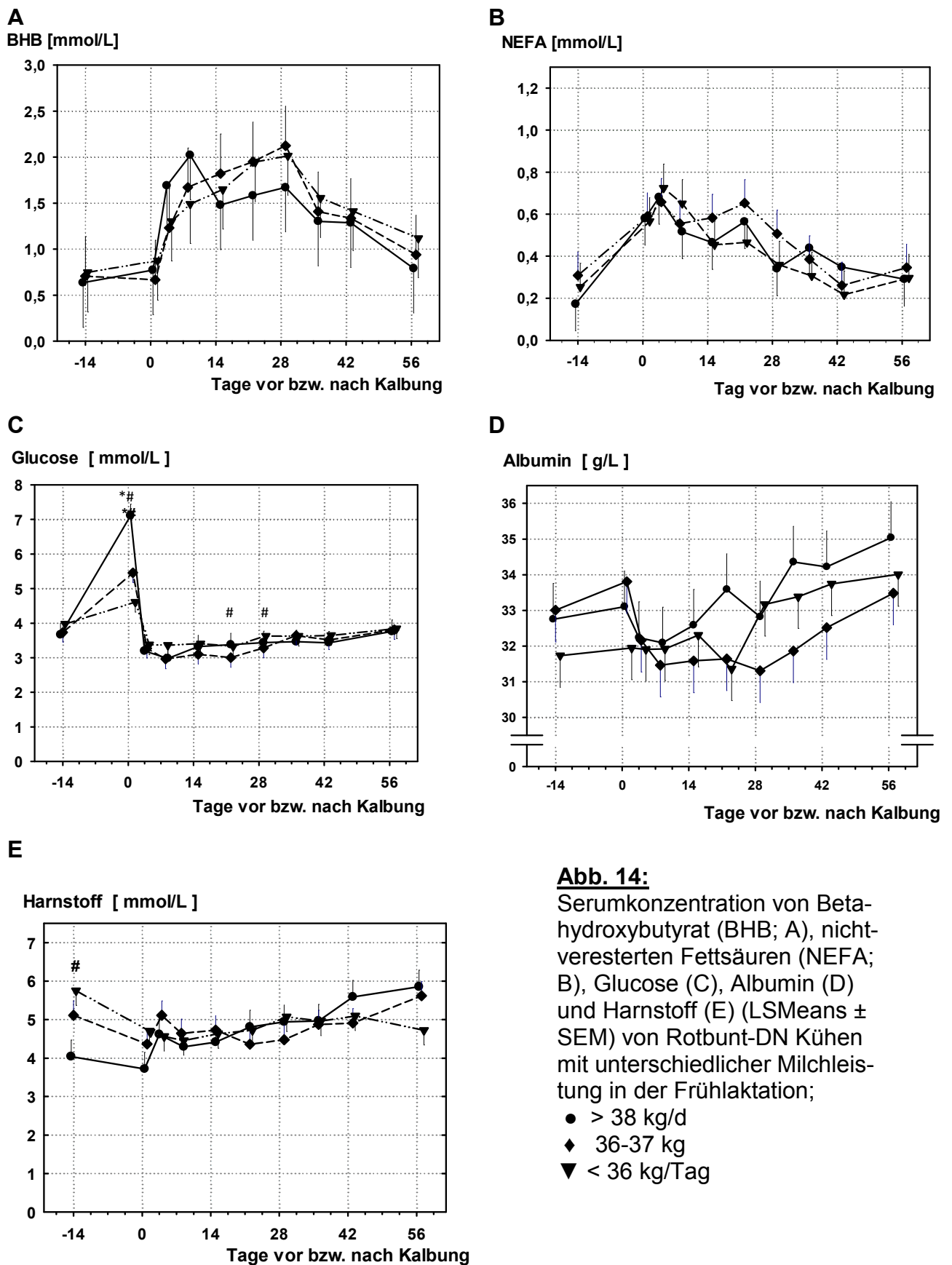
4.3.2 Serumkonzentration von Metaboliten

Die Auswertung der Veränderungen der Serumkonzentrationen der metabolischen Leitparameter BHB, NEFA, Glucose, Albumin und Harnstoff ergab keine Hinweise auf signifikante Unterschiede in Abhängigkeit von der Höhe der Milchleistung (Abb. 14A-E). Auffallend waren die in allen drei Leistungsgruppen nachweisbaren deutlichen Hyperketonämien bereits ab der ersten Laktationswoche. Erst bei der letzten Beprobung am 56. Tag post partum wurden wieder Mittelwerte von etwa 1 mmol/L BHB in allen drei Gruppen gemessen (Abb 14A).

Eine moderate Hypoglykämie war in allen drei Leistungsgruppen insbesondere während der ersten vier Laktationswochen nachweisbar (Abb. 14C).

4.3.3 Enzymaktivitäten im Serum

Auch im Hinblick auf die analysierten Enzyme waren nur vereinzelt Unterschiede zwischen den Leistungsgruppen nachweisbar (Abb. 15A und B). Lediglich am 4. Tag p. p. lag die AST-Aktivität in der Gruppe der Kühe mit unterdurchschnittlicher Milchleistung signifikant höher als die Mittelwerte in den beiden anderen Gruppen. Die Aktivität der GLDH erwies sich am 28. Tag p. p. als signifikant erhöht verglichen mit den beiden anderen Gruppen mit niedrigerer Milchleistung.



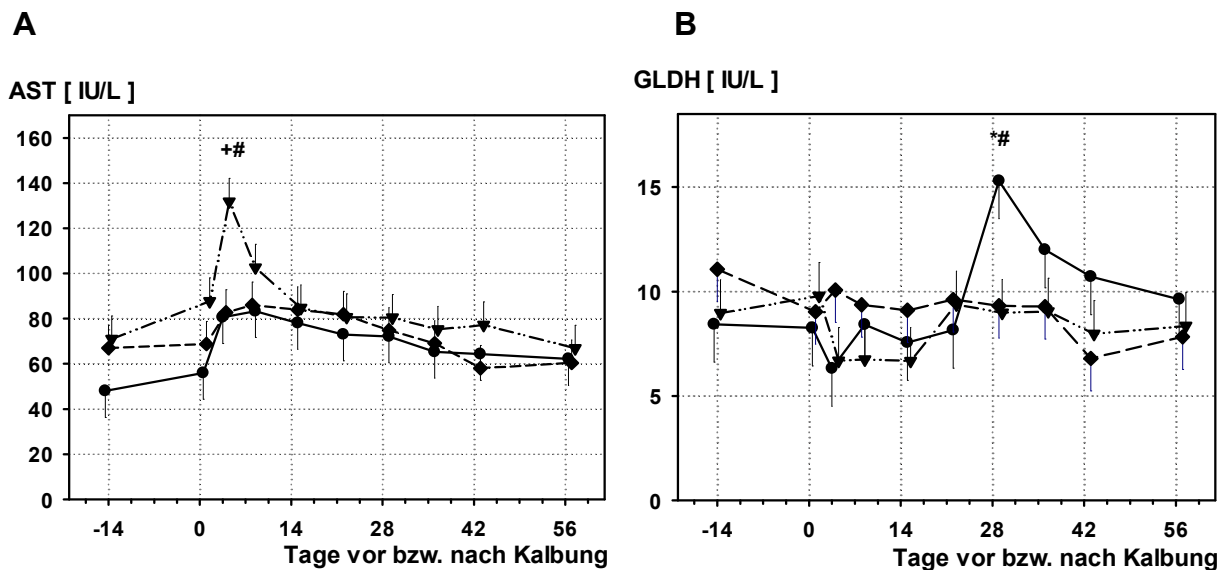


Abb. 15: Serumaktivität der Aminotransferase (AST; A) und der Glutamatdehydrogenase (GLDH; B) bei Rotbunt-DN Kühen mit unterschiedlicher Milchleistung in der Früh-laktation;
 ● > 38 kg/d, ◆ 36-37 kg, ▼ < 36 kg/Tag

4.3.4 Serumkonzentration von Insulin und IGF-1

Die mittlere Serumkonzentration des Insulins war antepartal in der Gruppe der Kühe mit unterdurchschnittlicher Milchleistung signifikant niedriger als in der beiden Gruppen von Kühen mit höherer Milchleistung. Am Tag der Kalbung hingegen lag der Mittelwert der Kühe mit geringerer Milchleistung demgegenüber signifikant höher als der der hochleistenden Kühe. Im weiteren Verlauf der Früh-laktation war der Verlauf der Insulinkonzentration vergleichbar und unterschied sich nicht signifikant zwischen den Leistungsgruppen (Abb. 16A).

Die Serumkonzentration des IGF-1 unterschied sich in Abhängigkeit von der postpartalen Milchleistung nicht in der Spätphase der Trockenstehperiode. Auch während der Früh-laktation wurden zwar durchgängig höhere Mittelwerte bei Kühen mit unterdurchschnittlicher Milchleistung nachgewiesen (Abb. 16B), ein signifikanter Unterschied war jedoch nur am 42. Tag p. p. nachweisbar; zu diesem Zeitpunkt lag

der Wert der niedrigleistenden Kühe bei 140 ng/mL, während die Mittelwerte der Kühe mit höherer Milchleistung mit unter 100 ng/mL deutlich niedriger waren.

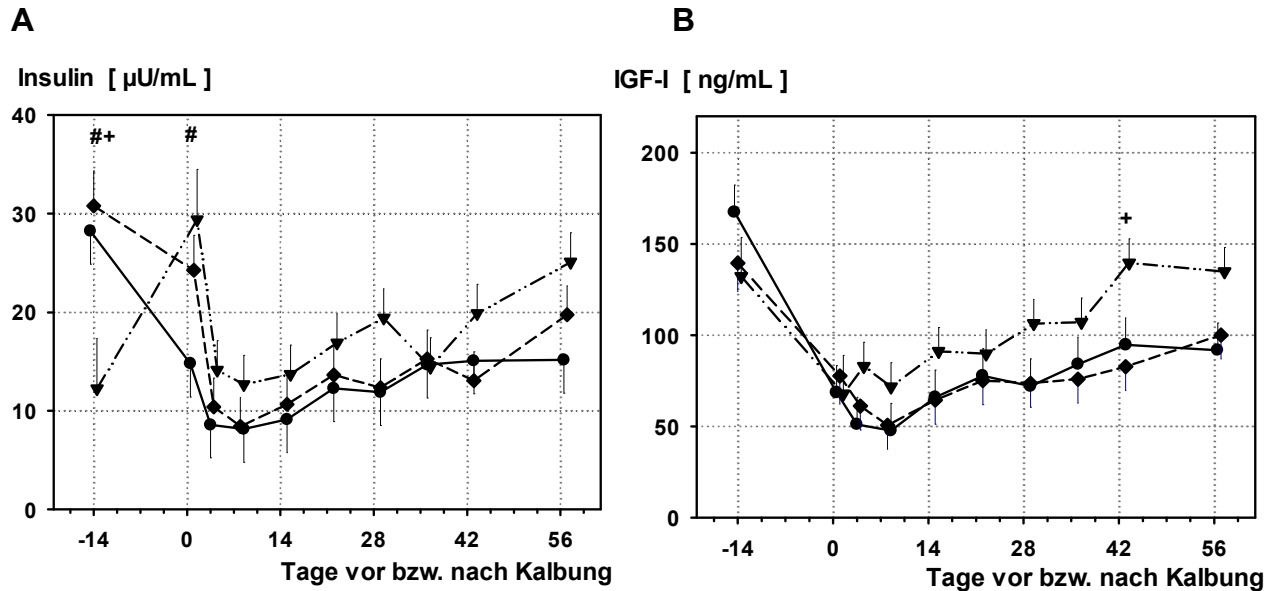


Abb. 16: Serumkonzentration von Insulin (A) und IGF-1 (B) bei Rotbunt-DN Kühen mit unterschiedlicher Milchleistung in der Frühlaktation;
 ● > 38 kg/d, ◆ 36-37 kg, ▼ < 36 kg/Tag

4.3.5 Erythrozyten und Leukozyten

Die Anzahl der Erythrozyten und Leukozyten im Blut wurde durch die Höhe der Milchleistung der Kühe während der Frühlaktation nicht signifikant beeinflusst (Abb. 17A und B).

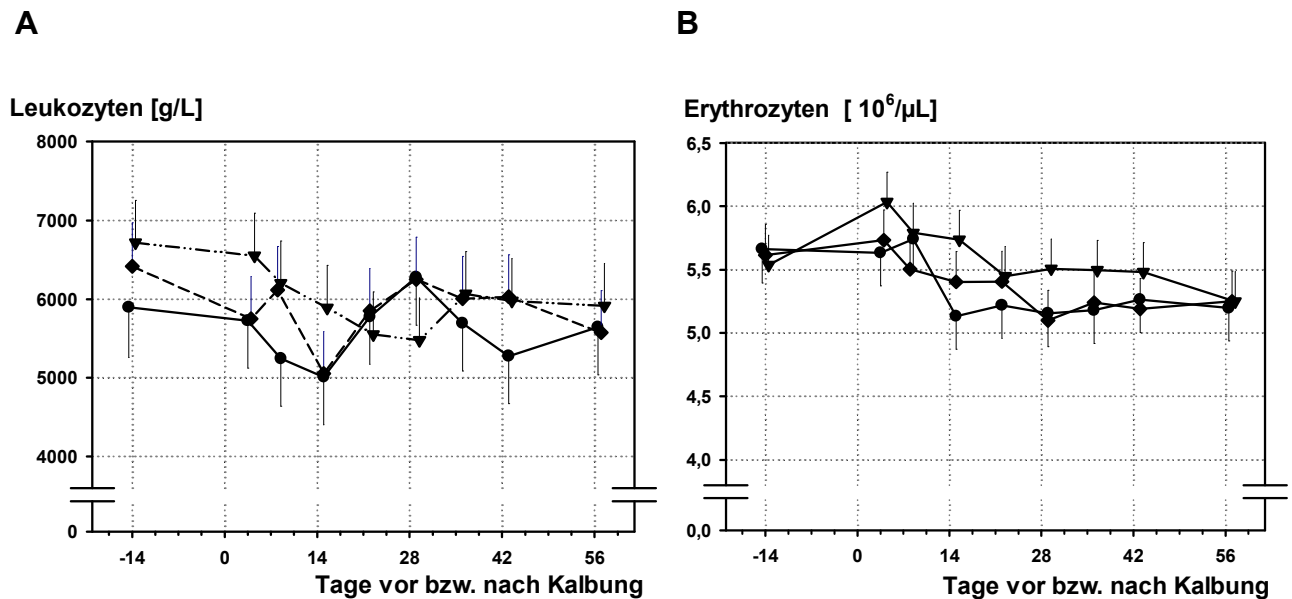


Abb. 17: Anzahl der Leukozyten (A) und Erythrozyten (B) bei Rotbunt-DN Kühen mit unterschiedlicher Milchleistung in der Früh-laktation;
 ● > 38 kg/d, ◆ 36-37 kg, ▼ < 36 kg/Tag

4.3.6 Körperkondition

In Abhängigkeit von der Höhe der Milchleistung waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen im Verlauf der Früh-laktation nachweisbar (Abb. 18). In allen Leistungsgruppen war eine vergleichbare Abnahme des BCS um im Mittel 0,5 BCS-Punkte zwischen der Kalbung und der achten Laktationswoche nachweisbar.

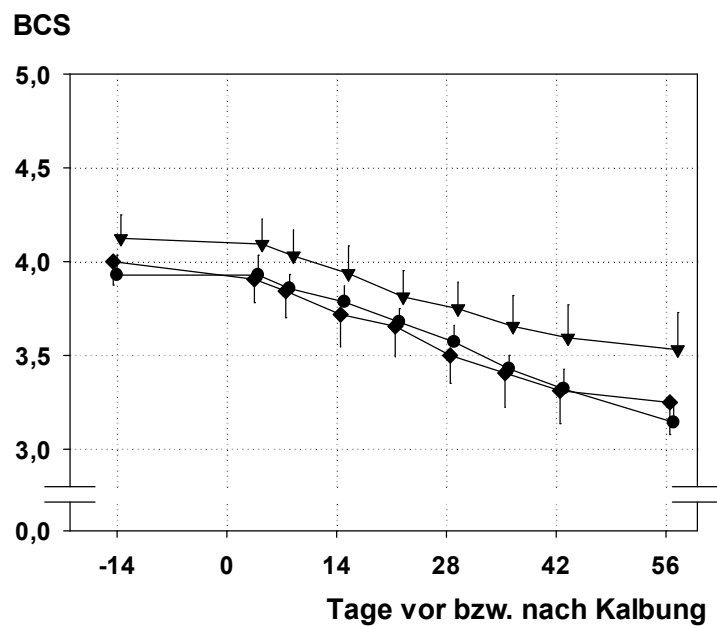


Abb. 18: Veränderungen der Körperkondition bei Rotbunt-DN Kühen mit unterschiedlicher Milchleistung in der Früh-laktation; BCS – Body condition score; ● > 38 kg/d, ◆ 36-37 kg, ▼ < 36 kg/Tag

4.4 Zusammenfassende Betrachtung der Laktationsleistungen

Mit Hilfe der im Rahmen der MLP zusätzlichen Beprobungen der Kühe wurden die 305-Tage-Leistungen berechnet (Tab. 8). Diese ergaben eine mittlere Laktationsleistung der 23 in die Studie einbezogenen Kühe in Höhe von 7.319 kg Milch bzw. 7.904 kg ECM. Der VK der Milchleistung lag bei 15 %.

Die Zuordnung der Kühe entsprechend der Milchleistung führte zu Leistungsgruppen, die im Mittel 7.048, 8.127 und 8.710 kg ECM innerhalb von 305 Tagen produzierten. Hinsichtlich der Milchinhaltsstoffe und der Zellzahl waren keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit von der Höhe der Milchleistung zwischen den Gruppen nachweisbar.

Die Zuordnung der Kühe basierend auf der mittleren BHB-Konzentration im Serum während der ersten acht Laktationswochen hatte keine Konsequenzen auf die mittlere Laktationsleistung dieser Tiere. Weder für die Höhe der Milchleistung noch für die Milchinhaltsstoffe ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den entsprechenden Gruppen.

4.5 Erkrankungen

Die Auswertung klinischer Erkrankungen der Kühe während der ausgewerteten Laktation zeigte, dass Rusterholz'sche Sohlengeschwüre und Dermatitis digitalis am häufigsten beobachtet wurden. Sieben der 23 Tiere (30,4 %), die in die Studie einbezogen wurden, fielen mit einer Lahmheit auf. Die Kühe wurden nach Erkennen der Lahmheit zeitnah im Klauenstand einer näheren Untersuchung unterzogen und fachgerecht behandelt.

Bei der Kalbung wurde bei einer Kuh ein Vaginalprolaps beobachtet. Eine Retentio secundinarum trat bei zwei Kühen auf (Tiere 15 und 16). Das Tier 16 erkrankte in der folgenden Woche an einer puerperalen Metritis 1. Grades, die durch die einmalige intrauterine Applikation von Uterusstäben (Tetracyclin) erfolgreich behandelt wurde.

Eine primäre Ketose wurde bei einem Tier (Tier 19) in der vierten Laktationswoche diagnostiziert, nachdem dem Besitzer ein deutlicher Rückgang der Milchleistung und der Fresslust aufgefallen war. Die Behandlung erfolgte durch subkutane Injektion von Dexamethason (0,04 mg/kg; Dexatad®) und perorale Verabreichung von Propylenglykol (täglich einmal 300 mL). Das Allgemeinbefinden, die Fresslust und Milchleistung der Kuh erschienen bereits drei Tage nach Behandlungsbeginn wieder normal

Tab. 8: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) der durchschnittlichen 305-Tage Leistungen der Tiere in den jeweiligen Versuchsgruppen

	Anzahl der Tiere	Milch [kg]	ECM [kg]	Fett [%]	Eiweiß [%]	Harnstoff [mg/l]	Zellen [*1000/ml]	FEQ
MW alle Tiere	23	7319	7904	4,78	3,58	248	113	1,36
SD alle Tiere		1240	1193	0,40	0,18	28	86	0,15
MW ECM > 38 kg	6	8142	8710	4,75	3,61	256	84	1,34
SD ECM > 38 kg		1012	1065	0,41	0,12	24	39	0,15
MW ECM 37 - 38 kg	8	7557	8127	4,89	3,45	238	114	1,43
SD ECM 37 - 38 kg		761	524	0,35	0,18	35	104	0,12
MW ECM < 37 kg	9	6435	7048	4,68	3,70	254	135	1,28
SD ECM < 37 kg		1375	1375	0,45	0,13	22	91	0,15
MW BHB < 1 mmol/L	8	7416	7915	4,51	3,71	257	146	1,23
SD BHB < 1 mmol/L		1718	1746	0,33	0,13	27	85	0,11
MW BHB 1 – 2 mmol/L	9	7242	7931	4,92	3,51	253	70	1,42
SD BHB 1 – 2 mmol/L		1055	982	0,27	0,18	29	25	0,12
MW BHB > 2 mmol/L	6	7306	7847	4,93	3,50	230	135	1,43
SD BHB > 2 mmol/L		907	664	0,50	0,14	24	124	0,13

Eine klinische Mastitis wurde bei einem Tier (Tier 11) diagnostiziert; bei erhaltenem Milchcharakter wurden gelbliche Flocken im Eutersekret des rechten Hinterviertels nachgewiesen. Das Allgemeinbefinden des Tieres war dabei ungestört und die Rektaltemperatur nicht erhöht. Die Behandlung erfolgte durch die intrazisternale Verabreichung von Penicillin (3 Mio. IE zweimal täglich über drei Tage).

4.6 Fruchtbarkeit

Von den 23 in die Studie einbezogenen Kühen wurden 21 Kühe erneut besamt; zwei Kühe wurden nach dem Abmelken zur Schlachtung abgegeben. Dabei handelte es sich um die Kuh 10, die bei der Kalbung mit einem Vaginalprolaps aufgefallen war sowie das Tier 14, das aufgrund wiederholter Klauenbehandlungen gemerzt wurde.

Die Rastzeit variierte auf dem Betrieb erheblich; der Median lag bei 93 Tagen (74 / 154). Fünfzehn Kühe konzipierten nach der ersten Besamung, drei Kühe nach der zweiten Besamung, eine Kuh nach der dritten Besamung und eine Kuh nach der fünften Besamung. Daraus ergab sich ein Besamungsindex von 1,45. Die Günstzeit lag im Median bei 99 Tagen (75 / 164).

Eine Kuh (Tier 7) wurde nach drei erfolglosen Besamungen zur Schlachtung verkauft.

5 Diskussion

5.1 Methodische Aspekte

Ziel der Studie war die Charakterisierung metabolischer Reaktionsmuster bei Rotbunt DN-Kühen in der Früh lactation, um diese mit in der Literatur vorhandenen Daten insbesondere von Holstein Friesian-Kühen vergleichen zu können.

Die Beantwortung der Fragestellung setzt zunächst voraus, dass eine ausreichende Anzahl von Tieren beprobt wurde. Die erforderliche Mindestzahl ergibt sich einerseits aus der zu erwartenden interindividuellen Varianz der gemessenen Parameter und andererseits aus der Höhe der Unterschiede zwischen verschiedenen Rassen. Um die interindividuelle Varianz zu minimieren, berücksichtigte das experimentelle Design der Studie folgende Aspekte:

- es wurden ausschließlich pluripare Kühe beprobt. Für primipare Tiere ist aufgrund der geringeren Futteraufnahme und niedrigeren Milchleistung verglichen mit mehrkalbigen Kühen von einer geringeren Stoffwechselbelastung auszugehen. FRIGGENS et al. (2007) zeigten, dass das Ausmaß der Lipomobilisation und die Ketogenese bei primiparen HF-Kühen um etwa 35 % niedriger sind als bei pluriparen Kühen derselben Rasse;
- es wurden nur Tiere eines Betriebes berücksichtigt. Daraus ergab sich eine einheitliche Fütterung in nur einem Haltungssystem. Wären Tiere mehrerer Betriebe in die Studie einbezogen worden, so wäre aufgrund unterschiedlicher Fütterungs- und Haltungsbedingungen eine höhere Varianz der Parameter zu erwarten gewesen. Gleichzeitig war aufgrund der auf dem ausgewählten Betrieb praxisüblichen Rationsgestaltung in Verbindung mit der Aufstallung in einem für bundesdeutsche Verhältnisse typischen Boxenlaufstall und der auf den meisten deutschen Milchviehbetrieben üblichen Melkfrequenz der Kühe von Verhältnissen auszugehen, die eine belastbare und repräsentative Aussage über die metabolischen Reaktionen der Tiere zuließ.

- Die Aufnahme der Tiere in die Studie sollte innerhalb eines Jahres abgeschlossen werden. Hätte sich die Studie über einen wesentlich längeren Zeitraum hingezogen, so wäre eine signifikante Beeinflussung der Versuchsergebnisse durch das Jahr und/oder die Jahreszeit möglich. Der Versuchsbetrieb erlaubte aufgrund der für Schleswig-Holstein überdurchschnittlichen Größe die zügige Durchführung der Studie. Zweifelsohne wäre es noch vorteilhafter gewesen, wenn die Einbeziehung der Tiere in die Studie in einem noch kürzeren Zeitraum möglich gewesen wäre, um jeglichen jahreszeitlichen Einfluss auszuschließen. Entsprechend große Betriebe mit Rotbunt DN-Kühen gibt es jedoch in Schleswig-Holstein nicht.

Aufgrund dieser Faktoren wurde von interindividuellen Variationskoeffizienten bei den Messparametern von 25 % ausgegangen. Um Unterschiede in den Mittelwerten von Parametern bei verschiedenen Rassen in Höhe von 25 % mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $< 5\%$ absichern zu können, wurde mit Hilfe einer Poweranalyse eine Tierzahl von 20 Tieren berechnet. Die letztlich berücksichtigte Tierzahl von 23 Tieren entsprach dieser Vorgabe; es war deshalb von aussagekräftigen Ergebnissen auszugehen.

Eine belastbare Interpretation der Ergebnisse setzt zudem voraus, dass

- die verwendeten Methoden zur Analyse der Messparameter möglichst geringe methodische Fehler aufweisen. Diese werden quantifiziert mit Hilfe der Variationskoeffizienten, die sich aus den Ergebnissen von 20 aufeinanderfolgenden Messungen derselben Probe ergeben. Die entsprechenden Werte lagen zwischen 2 und 8 % und damit in einem für kommerzielle Laboratorien typischen Bereich, der belastbare Aussagen der Ergebnisse unabhängig von der Methodik ermöglicht.
- die klinische Befundung der Tiere einheitlich entsprechend anerkannter Verfahren erfolgte; dies war aufgrund der gründlichen Einweisung und bereits vorhandener praktischer Erfahrungen mit Kühen in der Frühlaktation gewährleistet. Zusätzlich war eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse durch den Umstand gegeben, dass alle

Untersuchungen und Beprobungen ausschließlich durch eine Person (Anne Bartjen) erfolgten.

- Die Beprobung der Kühe innerhalb eines möglichst engen Zeitraums erfolgte; entsprechend wurden alle Entnahmen von Blutproben zwischen 10.00 und 12.00 Uhr vorgenommen, um ein möglichst vergleichbares Intervall zwischen der letzten Futtervorlage und der Probenentnahme zu erreichen.

Zusammenfassend gilt, dass aufgrund des gewählten experimentellen Designs und der Tierzahl davon auszugehen ist, dass die Ergebnisse belastbare Schlussfolgerungen und Interpretationen ermöglichen.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

5.2.1 Stoffwechselfparameter

Die bei den Rotbunt DN-Kühen nachgewiesenen Veränderungen metabolischer Leitparameter während der ersten Laktationswochen sind charakterisiert durch

- eine mittelgradige Lipomobilisation, die sich in einem signifikanten Anstieg der Serumkonzentration der NEFA manifestiert,
- eine geringgradigen Leberbelastung, die durch einen Anstieg der AST-Aktivität und die tendenziell verminderte Albuminkonzentration im Serum nachweisbar ist,
- eine mittel- bis hochgradige Hyperketonämie, die bei der Mehrzahl der beprobten Tiere über mehrere Wochen beobachtet wurde,
- eine moderate Hypoglykämie als Ausdruck eines Missverhältnisses zwischen Energieaufnahme und Energieabgabe über die Milchdrüse,
- eine unbeeinflusste Konzentration des Harnstoffs im Serum.

Die qualitativen Veränderungen entsprechen den auch von anderen Rassen bekannten Phänomenen. Eine ausgeprägte Lipomobilisation während der Früh-laktation ist eine übliche Beobachtung bei HF-Kühen (BOBE et al. 2004, SANDER et al. 2010),

Braunvieh-Kühen (SCHLAMBERGER et al. 2010) und Fleckvieh-Kühen (BIJMHOLT et al. 2012). Tatsächlich ist die Hyperketonämie, die bei den Rotbunt DN-Kühen nachgewiesen wurde, offenbar wesentlich ausgeprägter als das von Milchkühen anderer Rassen bekannt ist.

Im Unterschied zu anderen Milchrassen ergaben sich bei den Rotbunt DN-Kühen jedoch keine Hinweise auf eine mit der Lipomobilisation und Hyperketonämie einhergehende Rückgang der Futteraufnahme und/oder der Milchleistung. Tatsächlich war die Milchleistung während der ersten acht Laktationswochen mit im Mittel ca. 30 kg/Tag m. o. w. konstant. Ein signifikanter Rückgang der Milchleistung war während der achtwöchigen Früh-laktation nicht nachweisbar. Eine klinische Stoffwechselstörung (primäre Ketose) wurde lediglich bei einem einzigen Tier diagnostiziert. Die bei Hochleistungskühen häufigen infektiösen Produktionskrankheiten (z. B. Metritis, Mastitis) und nicht-infektiösen Produktionskrankheiten (z. B. hypocalcämische Gebärpärese, Retentio secundinarum, linksseitige Labmagenverlagerung, Klauenrehe) wurden bei den Kühen, die in diese Studie einbezogen wurden, nie oder nur sehr selten diagnostiziert. Nach Aussage des Landwirts ist auf dem Betrieb, der für die vorliegende Untersuchung herangezogen wurde, während der gesamten Betriebstätigkeit seiner Eltern und bis zum heutigen Zeitpunkt nur eine einzige Kuh an einer linksseitigen Labmagenverlagerung erkrankt. Diese Ergebnisse bestätigen die in der Praxis immer wieder geäußerten Aussagen von Landwirten, dass Erkrankungen und insbesondere Stoffwechselstörungen bei Rotbunt DN-Kühen sehr selten sind; auch ANDRESEN et al. (2002) wies bereits auf die besondere Belastbarkeit der Tiere hin. Demgegenüber muss bei Holstein Friesian- und hochleistenden Braunviehkühen davon ausgegangen werden, dass mehr als die Hälfte der Tiere mit mindestens einer Produktionskrankheit auffallen (BIJMHOLT et al. 2012).

Gute Indikatoren zur orientierenden Beurteilung des Gesundheitsstatus von Milchkühen sind das Durchschnittsalter einer Herde sowie die Fruchtbarkeit an Hand des Besamungsindex. Der Besamungsindex errechnet sich als die durchschnittliche erforderliche Anzahl von Besamungen bis zum Erreichen der Trächtigkeit und vermit-

telt damit eine leicht zu ermittelnde Information bezüglich der Fruchtbarkeit einer Herde (HAHN 1964). In der ausgewerteten Laktation und in zurückliegenden Jahren (Tab. 9) erwiesen sich die Fruchtbarkeitsparameter auf dem Versuchsbetrieb mit Rotbunt DN-Kühen als deutlich günstiger verglichen mit Beständen mit HF-Kühen. Der auf dem Betrieb typische Besamungsindex von 1,4 (2010/2011) ist als hervorragend einzuschätzen; bei Betrieben mit Holsteinkühen sind Besamungsindices von mehr als 2,0 häufig. Auffallend war die relativ lange Rastzeit mit einer nicht unerheblichen Varianz. Dies lässt darauf schließen, dass der Betriebsleiter keine besonders kurze Zwischenkalbezeit anstrebte. Die Zwischenkalbezeit von 409 Tagen war 2012 um 22 Tage länger als im Vorjahr. Die Ursache ist in einem suboptimalen Fruchtbarkeitsmanagement zu sehen, da im Untersuchungsjahr 2011/2012 neben den landwirtschaftlichen Tätigkeiten ein neues Stallgebäude fast ausschließlich in Eigenleistung errichtet wurde. Im Hinblick auf die Fruchtbarkeit der Rotbunt DN-Kühe ist anzumerken, dass viele Kühe bei ausbleibendem Besamungserfolg ohne größere Aufwendungen für Hormonbehandlungen o. ä. geschlachtet werden, da der Schlachterlös wesentlich höher ist als bei Kühen von Rassen, die einseitig auf eine hohe Milchleistung gezüchtet wurden.

Tab. 9: Betriebliche Kennzahlen des Betriebes, auf dem die Studie durchgeführt wurde, im Wirtschaftsjahr 2011/2012 (Landeskontrollverband Schleswig-Holstein)

	2011/2012	Vergleich zum Vorjahr
Kühe auf Betrieb [N]	142	+ 16
Zwischenkalbezeit [Tage]	409	+ 22
Mittleres Lebensalter der Kühe [Jahre]	5,2	0,0
Milchleistung [kg/305 Tage]	7.243	- 133
Milchfettgehalt [%]	4,49	+ 0,05
Milcheiweißgehalt [%]	3,59	+ 0,06

Da die Kühe in der vorliegenden Studie trotz des wiederholten Nachweises von Serumkonzentrationen des BHB über 3 mmol/l und zum Teil stark erhöhter Werte der NEFA im Serum klinisch unauffällig waren, keinen Milchrückgang zeigten und überwiegend bei der ersten Besamung wieder konzipierten, lassen die Ergebnisse den Schluss zu, dass Kühe der Rasse Rotbunt DN offenbar stoffwechselstabiler und damit robuster sind als HF-Kühe. Die stabile Milchleistung und der gute Allgemeinzustand der DN-Kühe lassen darauf schließen, dass DN-Kühe im Vergleich zu Holstein Friesian Kühen die Stoffwechselbelastung im peripartalen Zeitraum besser verkraften. Die im Rahmen dieser Studie nachgewiesenen Werte metabolischer Leitparameter sind aufgrund des Fehlens klinisch feststellbarer Erkrankungen für diese Rasse noch als physiologisch zu bewerten.

Die höhere Belastbarkeit der Rotbunt DN-Kühe ergibt sich auch aus der Auswertung der Abgangsursachen auf dem Betrieb, auf dem die Studie durchgeführt wurde (Tab. 10). Die Remontierungsrate ist mit 26 % niedriger als auf der Mehrzahl der Betriebe mit HF-Kühen. Zudem fällt auf, dass die auf Betrieben mit HF-Kühen häufigsten Abgangsursachen (d. h. Infertilität, Eutererkrankungen, Klauen- und Gliedmaßenkrankungen sowie Stoffwechselstörungen) auf dem Betrieb mit Kühen der Rasse Rotbunt DN vergleichsweise geringe Bedeutung hatten. Hingegen entfiel fast die Hälfte der Merzungen auf Tiere, die aufgrund von geringer Leistung, schlechter Melkbarkeit oder züchterischen Gründen ausgesondert wurden.

Tab. 10: Abgangsursachen auf dem Betrieb, auf dem die Studie durchgeführt wurde, im Wirtschaftsjahr 2011/2012 (Landeskontrollverband Schleswig-Holstein)

Abgangsgrund	Anzahl	Anteil an allen Abgängen [%]
Infertilität und Subfertilität	9	31
züchterische und wirtschaftliche Gründe	8	28
Euterkrankheiten	5	17
schlechte Melkbarkeit	2	7
geringe Leistung	3	10
Unfälle	2	7

Positive Konsequenzen, die sich durch eine geringere Stoffwechselbelastung und einer höhere Lebensleistung der Kühe ergeben, sind vielschichtig. Die Nutzungsdauer als Ausdruck von Widerstandskraft und Stresstabilität hat erhebliche betriebswirtschaftliche Bedeutung, die in geringeren Kosten für Arzneimittel, tierärztliche Behandlungen und Besamungen sowie geringeren Remontierungskosten zum Ausdruck kommt. Durch das Erreichen eines höheren Lebensalters werden die anteiligen Aufzuchtkosten, die für jedes Tier vor der Nutzung entstehen, deutlich gesenkt. Ein weiterer positiver wirtschaftlicher Aspekt ist durch das Erreichen des altersbedingten physiologischen Leistungsmaximums gegeben. Zudem gilt, dass eine schärfere Selektion auf leistungsstarke Tiere mit guter Konstitution erfolgen kann, wenn der Anteil unfreiwillig gemerzter Kühe im Zusammenhang mit Produktionskrankheiten („unvoluntary culling“) möglichst gering ist.

Auf dem landwirtschaftlichen Betrieb, auf dem diese Studie durchgeführt wurde, erreichten die Kühe im Jahr 2011/2012 ein Durchschnittsalter von 62 Monaten. Die älteste Kuh der Herde erreichte ein Alter von etwa 15 Jahren. Die höchste Anzahl an

Kalbungen wies eine Kuh mit einem Lebensalter von etwa 14 Jahren auf, die bereits zwölfmal gekalbt hatte. Diese Zahlen verdeutlichen, dass sich einerseits im Zusammenhang mit der Bestandsaufstockung relativ viele junge Kühe in der Herde befanden, andererseits auf eine lange Nutzungsdauer Wert gelegt wurde.

5.2 Bedeutung metabolischer Leitparameter

Die Bedeutung von metabolischen Leitparametern für die Einschätzung des Risikos von Milchkühen, an Produktionskrankheiten zu erkranken, wurde praktisch ausschließlich an HF-Kühen untersucht. Dabei zeigte sich, dass die Bestimmung der Serumkonzentration der NEFA im peripartalen Zeitraum eine Beurteilung der Fettmobilisation und somit der Stoffwechselbelastung ermöglicht (FÜRLL 2004). Eine Studie mit 412 Holstein Kühen zeigte, dass eine Steigerung der Serumkonzentration der NEFA um 0,15 mmol/l in den letzten drei Wochen ante partum bei mehrkalbigen Kühen zu einem zweifachen Anstieg der Wahrscheinlichkeit führte, mehr als eine Erkrankung in der Frühlaktation zu entwickeln oder zu verenden (HUZZEY et al. 2011). SANDER et al. (2010) prüften, in welchem Umfang die antepartalen Serumkonzentrationen verschiedener Blutparameter verwendbar sind für die Einschätzung des postpartalen Gesundheitsstatus. Die Konzentration des Insulin-like growth factor-I (IGF-I) erwies sich als am besten geeignet. Erniedrigte Konzentrationen von IGF-I vor dem Kalben waren mit einem höheren Risiko für das Auftreten einer Produktionskrankheit in der Frühlaktation korreliert; dies betraf sowohl infektiöse als auch nicht-infektiöse Erkrankungen. Vergleichbare Ergebnisse ergaben sich in einer weiteren Studie, in der antepartal niedrigere Serumkonzentration der NEFA und höhere IGF-I-Konzentration bei Kühen nachgewiesen wurden, die postpartal nach der Geburt erkrankten im Vergleich zu Tieren, die in der Frühlaktation nicht erkrankten (PIECHOTTA et al. 2012). ROBERTS et al. (1997) wiesen einen Zusammenhang nach zwischen der Plasmakonzentration des IGF-I bei pluriparen Kühen und der Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Besamung bei der ersten Brunst; bei Kühen mit Plasmakonzentrationen > 25 ng/ml in der ersten Woche post partum war die

Konzeptionsrate höher als bei pluriparen Kühen mit geringeren Konzentrationen. Auch in weiteren Studien wurde nachgewiesen, dass niedrige peripartale IGF-I Konzentrationen mit verlängerten anöstrischen Phasen nach der Kalbung und damit einer längeren Gützeit einhergehen (BEAM u. BUTLER 1999; TAYLOR et al. 2004; KAWASHIMA et al. 2007). Zudem ist IGF-I offenbar für die Aufrechterhaltung einer Gravidität wichtig und spielt eine wesentliche Rolle für die normale Entwicklung des Embryos (TAYLOR et al. 2004). Schließlich wurde ein Zusammenhang zwischen der Höhe der Insulinkonzentration im Serum und der Milchleistung von zahlreichen Untersuchern beschrieben. So ist die Insulinkonzentration bei Kühen mit hoher Milchleistung in der Früh lactation signifikant niedriger als bei Kühen mit unterdurchschnittlicher Milchleistung (HART et al. 1978). Mittels Insulininjektionen konnten KRONFELD et al. (1963) einen negativen Einfluss des Insulins auf die Milchleistung lactierender Kühe nachweisen.

Von nur wenigen Autoren wurden auch Kühe anderer Rassen untersucht. Eine ältere Studie von GIESECKE et al. (1987) zeigte, dass sich bei HF-Kühen in der 2.-4. Woche post partum eine negative Korrelation zwischen der Insulinkonzentration im Plasma und der 100 Tage-Milchleistung ergab, während eine derartige Beziehung bei Kühen der Rasse „Deutsches Fleckvieh“ nicht nachweisbar war.

Insulin hat nicht nur deutliche Effekte auf die Glukosehomöostase, sondern beeinflusst als das wichtigste antilipolytische Hormon im Organismus auch nachhaltig den Fettstoffwechsel (VERNON 1981; BELL und BAUMANN 1997; HAYIRLI 2006). Stoffwechselerkrankungen wie die Ketose, aber auch linksseitige Labmagenverlagerung, gehen mit einer Insulinresistenz einher (PRAVETTONI et al. 2004; HAYIRLI 2006; OIKAWA und OETZEL, 2006). KAHN (1978) beschreibt die Insulinresistenz als eine reduzierte Reaktion peripherer Gewebe auf physiologische Insulinkonzentrationen. Die Priorisierung der Verwendung von Glucose für die Milchbildung in der frühen postpartalen Phase dient teleologisch offenbar der Sicherung der Ernährung des Neugeborenen. Neben Insulin und IGF-I scheinen eine Vielzahl weiterer Regulationsmechanismen insbesondere auch des Fettgewebes an der Umverteilung von

Nährstoffen zur Milchdrüse beteiligt zu sein; die damit verbundenen Phänomene wurden in der „Resource Allocation Theory“ zusammengefasst.

Die Laktationsleistung von HF-Kühen erhöhte sich im Zusammenhang mit erheblichen tierzüchterischen Bemühungen um etwa 2,5 % jährlich während der zurückliegenden vier Dekaden, wobei eine vergleichbare Leistungssteigerung auch bei Braunviehkühen und – ausgehend von einem niedrigeren Niveau – auch bei Kühen der Rasse „Deutsches Fleckvieh“ erfolgte. Eine hohe Milchleistung setzt zwingend eine ausreichende Verfügbarkeit von Glucose voraus; letztlich ist Glucose der limitierende Faktor für die Milchsynthese.

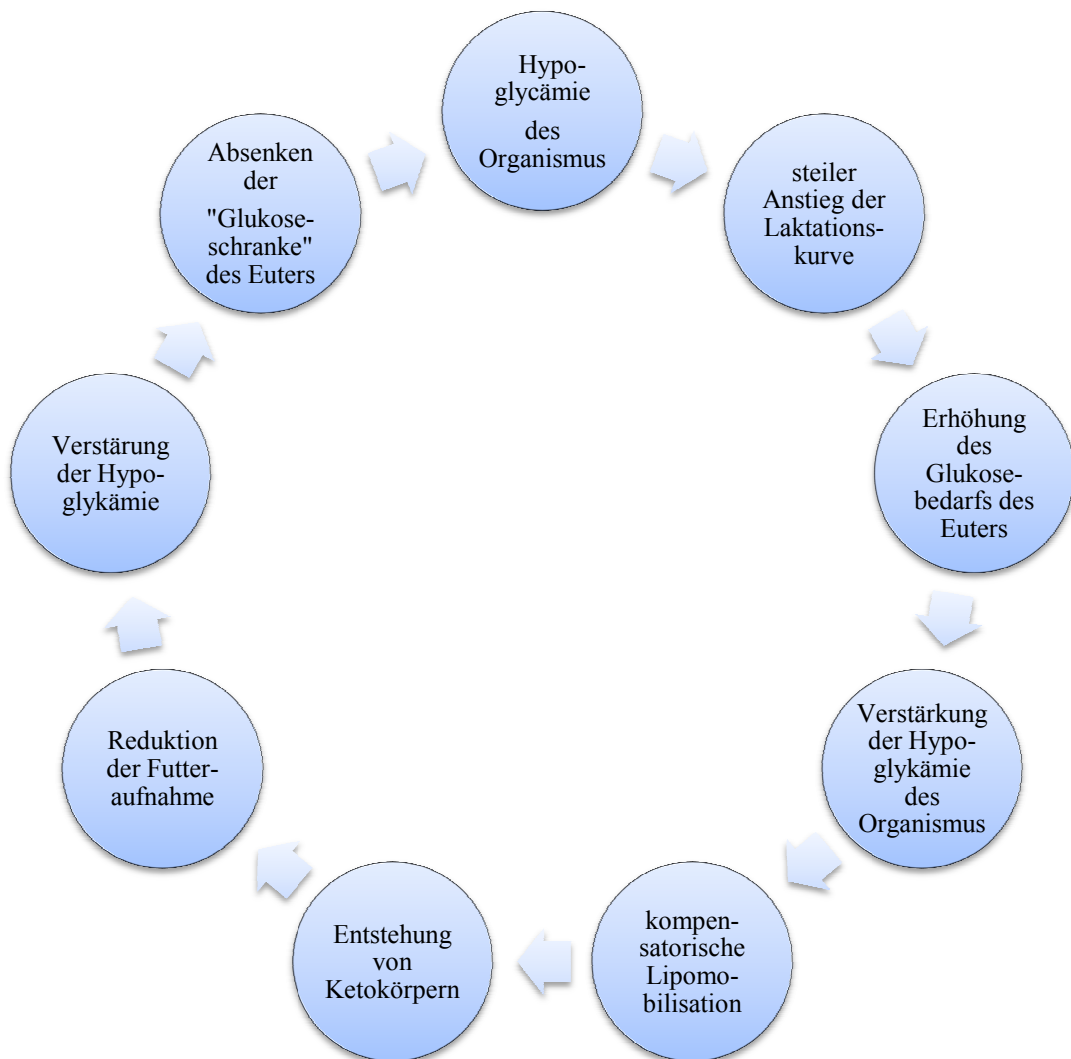


Abb. 11: Circulus vitiosus hochleistender Milchkühe bei hoher Utilisation der Glucose für die Milchsynthese (ANDRESEN 2013)

Im Rahmen einer züchterischen Selektion auf eine hohe Milchleistung wurden somit alle physiologischen Mechanismen, die die Verfügbarkeit von Glucose für die Milchdrüse begrenzen, herunterreguliert. Entsprechend ist zu postulieren, dass mit der Erhöhung der Milchleistung die peripartalen Insulin- und IGF-I-Konzentrationen tendenziell niedriger wurden. Dies dürfte zwar die Verfügbarkeit von Glucose für die Milchdrüse erhöhen, führt aber andererseits zu einer erhöhten Wahrscheinlichkeit von Stoffwechsellentgleisungen. Die in der eigenen Studie nachgewiesene höhere metabolische Belastbarkeit der Rotbunt DN-Kühe verglichen mit den HF-Kühen ist

vermutlich eine Konsequenz höherer Insulin- und IGF-I-Konzentrationen. Tatsächlich erwiesen sich die Konzentrationen dieser für die Stoffwechselregulation entscheidenden Hormone bei Kühen in der vorliegenden Studie als wesentlich höher verglichen mit Kühen von Rassen, die einseitig auf eine hohe Milchproduktion gezüchtet wurden (SANDER et al. 2010; PIECHOTTA et al. 2012). Es ergibt sich die Hypothese, dass die unerwartet hohen Konzentrationen der Ketonkörper wie auch der NEFA in den ersten Laktationswochen nur deshalb nicht zu Stoffwechselentgleisungen und klinischen Erkrankungen führten, weil aufgrund einer höheren Insulinsensitivität und höherer IGF-I-Konzentrationen die Versorgung der peripheren Gewebe insbesondere mit Glucose bei Rotbunt DN-Kühen gewährleistet ist. Die in der vorliegenden Untersuchung ermittelten Daten zeigen, dass bei der Rasse „Deutsche Rotbunt DN“ die genetisch determinierte Verteilung der Glukose nicht so stark zugunsten der Milchdrüse erfolgt, dass die Versorgung der extramammären Gewebe gefährdet ist. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass sich die besondere metabolische Belastbarkeit auch bei Kühen dieser Rasse vermindert, sofern zukünftig einseitig eine Selektion auf hohe Milchmengenleistungen erfolgt. Vorteilhafter erscheint es deshalb, nicht auf eine hohe Peakleistung und Laktationskurven mit geringer Persistenz zu selektieren, sondern stattdessen an dem Zuchtziel einer hohen Eiweißkonzentration der Milch festzuhalten. Es wird dadurch nicht nur der wirtschaftlich attraktivste Milchinhaltsstoff in den Mittelpunkt der züchterischen Aktivität gerückt, sondern auch gleichzeitig die metabolische Belastbarkeit der Milchkühe verbessert (WIEDEMANN et al. 2011).

5.3 Vergleich von Untergruppen der Rotbunt DN-Kühe

Im Rahmen der Auswertung der Ergebnisse erfolgte eine Einteilung der Rotbunt DN-Kühe in drei Gruppen mit unterschiedlichen mittleren Serumkonzentrationen des BHB während der Früh-laktation. Dabei lagen lediglich die Werte in der Gruppe I mit durchschnittlich 0,75 mmol/l in dem Referenzbereich, der für HF-Kühe angegeben wird (LEBLANC 2010), während die Mittelwerte der Gruppe II (1,3 mmol/l) und der Gruppe III (3,3 mmol/l) sehr deutlich darüber lagen. Bei HF-Kühen ist bei derartigen

Serumkonzentrationen mit einer nachhaltigen Verminderung der Milchleistung und einer negativen Beeinflussung der Fertilität zu rechnen. Hyperketonämien gelten als Ausdruck einer ungenügenden Energieaufnahme aus dem Futter, die konsekutiv eine erhebliche Lipomobilisation induziert. Die Ketogenese resultiert dann aus einer unvollständigen Oxidation des Acetyl-CoA im Mitochondrium des Hepatozyten aufgrund der unzureichenden Verfügbarkeit von Oxalacetat.

Bei den Rotbunt DN-Kühen fiel auf, dass sich die Milchleistungen in den drei Gruppen mit unterschiedlichen mittleren BHB-Serumkonzentrationen in der Früh-laktation nicht signifikant unterschieden. Dies ist ein unerwartetes Ergebnis. Auffallend sind die höheren prozentualen Milchfettgehalte der Kühe in der Untergruppe mit der höchsten mittleren BHB-Konzentration – diese bringen zum Ausdruck, dass sich das Ausmaß der Lipomobilisation tatsächlich zwischen den Gruppen unterschiedet. Andererseits deuten die annähernd gleichen Proteingehalte der Milch in den drei Gruppen darauf hin, dass sich die Futteraufnahme und damit die Energieversorgung nicht wesentlich unterschieden. Dies steht im Gegensatz zu der etablierten Auffassung, dass deutliche Hyperketonämien zu einer Verminderung der Futteraufnahme führen.

Die vergleichbaren Zellzahlen in der Milch sind darüber hinaus ein Hinweis, dass sich die Immunitätslage der hyperketonämischen Kühe nicht von der der Kühe mit niedrigeren BHB-Spiegeln unterschiedet. Auch die Harnstoffwerte der Milch wie auch die des Blutes sprechen für eine vergleichbar hohe Futteraufnahme der Kühe in den drei Gruppengruppen; fehlende Unterschiede zwischen den Gruppen im Hinblick auf die Albuminkonzentration im Serum zeigen zudem, dass die Synthesekapazität der Leber offenbar nicht durch die Hyperketonämien beeinträchtigt war. Die im Referenzbereich liegenden GLDH-Aktivitäten geben zwar keine Hinweise auf akute Leberzellnekrosen, die höhere AST-Aktivität der Kühe in Gruppen mit Hyperketonämien lässt jedoch auf eine erhöhte Leberbelastung schließen. Die niedrigeren Glucosekonzentrationen im Serum der Kühe der Gruppe III sind zudem ein Hinweis auf die eingeschränkte Verfügbarkeit von Glucose und erklären die gleichzeitig höhere NEFA-Konzentration im Blut der Kühe der Gruppe III im Zusammenhang mit der höheren Lipomobilisationsrate.

Zusammenfassend gilt, dass die von HF-Kühen im Zusammenhang mit einer Lipomobilisation erfolgenden Veränderungen metabolischer Leitparameter auch bei Rotbunt DN-Kühen nachweisbar waren (bzgl. Glucose, NEFA, BHB, AST), dass aber die von HF-Kühen bekannten Konsequenzen im Hinblick auf Futteraufnahme und Milchleistung offenbar bei Rotbunt DN-Kühen nicht in vergleichbarem Umfang beobachtet werden. Es ergibt sich die Hypothese, dass diese fehlenden Effekte mit höheren Serumkonzentrationen des Insulins und des IGF-I bei Rotbunt DN-Kühen im Vergleich zu HF-Kühen erklären lassen.

Der Vergleich der Untergruppen, die in Abhängigkeit von der mittleren Milchleistung während der Früh-laktation gebildet wurden, ergab nahezu keine signifikanten Unterschiede bzgl. der geprüften Parameter. Insbesondere überrascht, dass sich die Serumkonzentrationen der Ketonkörper nicht in Abhängigkeit von der Milchleistung unterscheiden – hier wären höhere Konzentrationen bei höherer Milchleistung zu erwarten gewesen. Leider erlaubte die Feldstudie keine Erfassung der individuellen Futteraufnahme. Es ist insofern nicht auszuschließen, dass die Tiere mit höherer Milchleistung auch eine höhere Futteraufnahme hatten. Dies könnte erklären, dass sich das Ausmaß der Lipomobilisation zwischen den Gruppen in Abhängigkeit von der Milchleistung offenbar nicht wesentlich unterschied – zumindest ergeben sich darauf keine Hinweise angesichts vergleichbarer Serumkonzentrationen der NEFA und Ketonkörper. Eine weitere mögliche Erklärung für die vergleichbaren Konzentrationen metabolischer Leitparameter unabhängig von der Milchleistung ist, dass die ermittelten Konzentrationen lediglich ein Spiegelbild der Varianz der metabolisch-endokrinologischen Reaktionsmuster zwischen Individuen innerhalb einer Rasse sind; auch von HF-Kühen ist eine relativ große interindividuelle Varianz und eine unterschiedliche Fähigkeit der Individuen bekannt, der metabolischen Herausforderung in der Früh-laktation zu begegnen (INGVARTSEN et al. 2003; GRABER et al. 2010).

6. Schlussfolgerungen

Auf Grundlage der Literatur und der Auskünfte von Zuchtverantwortlichen wurde ein Überblick über die Entwicklung der Rasse Rotbunt DN erstellt. Im experimentellen Teil dieser Dissertation wurde bei pluriparen Rotbunt DN-Kühen eine im Vergleich zu HF-Kühen höhere Stoffwechselstabilität nachgewiesen: trotz zum Teil erheblicher Veränderungen metabolischer Leitparameter nach der Kalbung durch das Einsetzen der Laktation bei gleichzeitig begrenzter Energieaufnahme war der gesundheitliche Status und die Fruchtbarkeit der untersuchten Tiere wesentlich geringer beeinträchtigt als das von HF-Herden her bekannt ist. Die bei der Mehrzahl der Kühe beobachtete Hyperketonämie über mehrere Wochen der Früh-laktation ging offensichtlich nicht mit einer ausgeprägten Insulinresistenz und einer Entkopplung der somatotropen Achse einher – dies mag erklären, dass Stoffwechsellentgleisungen bei DN Kühen so selten auftreten.

Die Entwicklung in der Landwirtschaft wird in Teilen der Öffentlichkeit zunehmend kritisch eingeschätzt; dies gilt insbesondere für die Tierhaltung und die Veränderung des Landschaftsbildes in ländlichen Regionen. In Deutschland sind über 30 % aller Ackerflächen durch Überbauung, Erosion, Versalzung oder Verdichtung gefährdet (Pressemeldung des Umweltbundes, Nr. 58/2011). Zudem hat der Maisanbau im Zusammenhang mit der Biogasproduktion („regenerative Energie“) dramatisch zugenommen. Eine Konsequenz sind deutlich gestiegene Pachtpreise für landwirtschaftliche Nutzflächen. Die von der Öffentlichkeit immer häufiger geforderte weniger intensive und möglichst ökologisch ausgerichtete Tierhaltung ist mit den heutigen Hochleistungsrassen kaum zu realisieren. Dafür bieten sich Rassen an, die geringere Anforderungen an Fütterung und Management als die milchbetonten Holstein Friesian-Kühe stellen. Derartige Rinderrassen können auch unter weniger intensiven Bedingungen nachhaltige Leistung erbringen. Rotbunt DN-Kühe scheinen aufgrund ihrer Robustheit für die extensive Tierhaltung mit qualitativ unterschiedlichen Futtergrundlagen prädestiniert. Zwar ergab sich bei systematischen Untersuchungen zur Eignung der Rotbunt DN im Rahmen der ökologischen Milchproduktion keine eindeutige Überlegenheit der Rotbunt-DN im Vergleich zu den milchbetonten Holstein-Friesian,

doch ließ der höhere Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ) der Holstein-Friesian in der Früh-laktation auf eine höhere Stoffwechselbelastung schließen (BARTH et al. 2009). Auch für den Export und die Einkreuzung in lokale Rassen von Entwicklungs- und Schwellenländern bietet sich diese Rasse bei künftig steigendem Milch- und Fleischbedarf für eine tragfähige Milchproduktion bei gleichzeitig geringen Produktionskosten an. Geht man davon aus, dass künftig allgemein hochwertige Ressourcen (wie Getreide und proteinreiche Futtermittel) für die Milchproduktion knapper werden, so bildet die Milchproduktion mit Rassen wie den Rotbunt DN eine Alternative zu der aktuellen Situation, in der Kühe von einseitig auf Milchleistung gezüchteten Rassen mit hohem Krafffutterbedarf vorherrschen. Die kleine Population der Rotbunt DN-Tiere könnte auch für Kreuzungsprogramme eine Rolle spielen. Geht man davon aus, dass Züchtung auf dem evolutionären Prinzip der Variation und Selektion beruht, so ist eine Korrektur adaptiver biologischer Regulationsmechanismen (z. B. im Hinblick auf die Priorität der Milchdrüse für Glucose) grundsätzlich möglich.

7. Zusammenfassung

Anne Bartjen (2016):

Metabolische Reaktionsmuster von Kühen der Rasse Deutsche Rotbunte DN in der Frühlaktation

Das Einsetzen der Laktation nach der Kalbung bedeutet für Hochleistungskühe eine erhebliche metabolische Herausforderung, da der Energiebedarf für die Milchsynthese durch die postpartal nur langsam ansteigende Futteraufnahme nicht vollständig gedeckt werden kann. Die daraus resultierende negative Energiebilanz erfordert die Mobilisierung von Körperreserven, das heißt überwiegend Körperfett. Diese Lipomobilisation erhöht das Risiko einer Hyperketonämie. Studien, die nahezu ausschließlich mit Holstein Friesian-Kühen durchgeführt wurden, zeigen, dass die in den ersten Laktationswochen häufigen primären Ketosen mit niedrigen Serumkonzentrationen von Insulin- und IGF-I einhergehen und klinisch zu einem Rückgang der Futteraufnahme und der Milchleistung sowie einer Beeinträchtigung der Fertilität führen. Demgegenüber gelten Kühe von Doppelnutzungsrassen als metabolisch stabiler und robuster während der Frühlaktation.

Das Herdbuch „Deutsche Rotbunte DN“ wurde 1992 etabliert und umfasst gegenwärtig ca. 14.000 Kühe, die auf die ursprünglichen Deutschen Rotbunten zurückgehen und einen Blutanteil von maximal 25 % Red Holstein aufweisen. Als Zuchtziel gilt eine mittelrahmige Kuh mit einer Laktationsleistung um 7.500 kg bei einem hohen Milcheiweißgehalt (3,5 %); gleichzeitig sind sehr gute Mastleistungen bzw. eine hervorragende Schlachtkörperqualität rassetypisch.

Es war das Ziel der vorliegenden Arbeit, die peripartalen metabolischen Reaktionsmuster von Kühen der Rasse Rotbunt DN unter Berücksichtigung der Tiergesundheit sowie der Leistungs- und Fertilitätsparameter näher zu charakterisieren. Dazu wurde eine prospektive Feldstudie auf einem Milchviehbetrieb mit 112 Rotbunt DN-Kühen in Norddeutschland durchgeführt (Herdenleistung 2012: 7.243 kg/305 Tage, 4,49 %

Fett, 3,59 % Eiweiß). Der Betrieb verfügte über einen Boxenlaufstall mit Hochliegeboxen. Die Fütterung basierte auf einer aufgewerteten Teilmischration (Maissilage und Grassilage; 45:55 w/w); im Sommer hatten die Tiere zudem täglich Weidegang. Nach der Kalbung wurden täglich 4 kg Kraftfutter angeboten; diese Menge wurde entsprechend der individuellen Milchleistung täglich um 0,25 kg bis auf maximal 9 kg gesteigert. Es wurden 23 pluripare Rotbunt DN-Kühe am 14. Tag vor dem errechneten Geburtstermin klinisch untersucht. Zusätzlich wurde eine Blutprobe aus der *V. coccygea media* entnommen. Weitere klinischen Untersuchungen und Blutprobenentnahmen erfolgten am Tag der Kalbung sowie am 4., 8., 15., 22., 29., 43. und 57. Tag post partum; zusätzlich erfolgte eine engmaschige Erfassung der Körperkondition mittels Body condition scoring und sonographischer Messung der Rückenfettdicke. Klinische Erkrankungen der Kühe, Fruchtbarkeitskennzahlen (Rastzeit, Günstzeit, Besamungsindex) und Milchleistung wurden im Verlauf der weiteren Laktation erfasst. Im Blut der Kühe wurden metabolische Leitparameter sowie die Konzentration von Insulin und IGF-I ermittelt.

Die mittlere Milchleistung der Kühe erreichte innerhalb von drei Wochen den Laktationspeak mit ca. 35 kg/Tag; die durchschnittliche Leistung blieb weitgehend über die ersten acht Wochen konstant auf diesem Niveau. Der Milcheiweißgehalt sank in den ersten Laktationswochen von ca. 3,6 % auf knapp über 3,0 %. Die mittlere Zellzahl lag bei 100.000 Zellen/ml.

Die postpartalen Veränderungen der metabolischen Leitparameter entsprachen überwiegend den von Holstein Friesian-Kühen bekannten Reaktionsmustern: es erfolgte eine deutliche Lipomobilisation in den ersten Laktationswochen, die sich gegenüber der Trockenstehzeit durch erhöhte Serumkonzentrationen der nichtveresterten Fettsäuren (NEFA) manifestierte. Damit einhergehend stieg die Serumkonzentration von β -Hydroxybutyrat im Serum in der Früh-laktation auf mittlere Werte von 2 mmol/l, während viele Tiere mit einer Hypoglykämie (< 3 mmol/l) auffielen. Die Serumaktivität der Aspartataminotransferase lag in den ersten Laktationswochen knapp oberhalb des Referenzbereiches. Die Insulinkonzentrationen im Blutserum

fielen nach der Kalbung auf minimale Werte von 10 $\mu\text{U/ml}$ in der zweiten Laktationswoche; zeitgleich wurde auch der Nadir für IGF-I ermittelt (ca. 50 ng/ml).

Klinisch manifeste Produktionskrankheiten wurden nur bei wenigen Kühen beobachtet. Am häufigsten traten Lahmheiten auf (7 der 23 Kühe), zwei Kühe hatten eine Nachgeburtsverhaltung, eine Kuh eine puerperale Metritis und eine Kuh eine primäre Ketose. Von den 23 in die Studie einbezogenen Kühen wurden 21 Kühe erneut besamt (Median der Rastzeit: 93 Tage). Der Besamungsindex für diese Tiere lag bei 1,45. Als Medianwert für die Günstzeit ergab sich 99 Tage.

Die Ergebnisse bestätigen die aus der Praxis bekannte Robustheit von Rotbunt DN-Kühen verglichen mit Holstein Friesian-Kühen. Die Rotbunt DN-Kühe blieben trotz des wiederholten Nachweises von Serumkonzentrationen des BHB über 3 mmol/l und zum Teil stark erhöhter Werte der NEFA im Serum klinisch unauffällig, zeigten keinen Milchrückgang und konzipierten überwiegend bereits bei der ersten Besamung. Die stabile Milchleistung und der gute Allgemeinzustand der Rotbunt DN-Kühe lassen darauf schließen, dass die nachgewiesenen Werte metabolischer Leitparameter für diese Rasse noch als physiologisch zu bewerten sind. Die Ergebnisse lassen die Hypothese zu, dass sich die bei Rotbunt DN-Kühen im Vergleich zu Holstein Friesian-Kühen weitgehend fehlenden negativen Effekte von Hyperketonämien durch die bei Rotbunt DN-Kühen höheren Insulin- und IGF-I-Konzentrationen im Blut während der Früh-laktation erklären lassen. Rotbunt DN-Kühe scheinen somit aufgrund ihrer Robustheit für die nachhaltige Milchproduktion mit qualitativ unterschiedlichen Futtergrundlagen (negative Energiebilanz) prädestiniert.

8. Summary

Anne Bartjen (2016):

Metabolic profiles of „Rotbunt DN“ cows in early lactation

In high yielding dairy cows, the onset of lactation represents a considerable metabolic challenge because the high energy requirement for milk synthesis can not be covered by the relatively slow increase of dry matter intake. The concomitant negative energy balance leads to the mobilization of body tissue; the respective lipomobilization increases the risk of a hyperketonemia. Studies conducted almost exclusively with Holstein Friesian cows reveal evidence that frequent ketosis associated with low serum concentrations of insulin and IGF-I are accompanied by a marked reduction of feed intake and milk yield as well as a compromised fertility. It is generally accepted, on the other hand, that cows of dual purpose breeds have a superior capability to cope metabolic stress during early lactation.

The herdbook of „German Rotbunt DN“ was established in 1992; at present, the population of this breed encounters roughly 14,000 cows with a maximum of 25 % proportion of Red Holstein blood. The aim of breeding is a medium-framed cow with a lactational yield of 7,500 kg milk and a high percentage of milk protein (3.5 %); superior daily weight gains during fattening and a high carcass quality are furthermore typical for this breed.

It was the objective of this study to characterize in early lactation metabolic profiles, milk yield, incidence of production diseases and fertility parameters of Rotbunt DN cows. Accordingly, a prospective field study was performed on a dairy farm with 112 Rotbunt DN cows in Northern Germany (herd yield 2012: 7,243 kg/305 days, 4.49 % fat, 3.59 % protein). Cows were housed in a free stall with cubicles. Feeding consisted on a mixed ration (maize silage and grass silage 45:55 w/w) and pasture during daytime in summer. After calving, 4 kg concentrates were offered daily; the amount

was increased by 0.25 kg/d up to maximally 9 kg/d. A total of 23 pluriparous Rotbunt DN-cows were clinically investigated at day 14 before the expected calving date. In addition, a blood sample was collected from the tail veine. Subsequent clinical investigations and blood collections took place at the day of calving and at day 4, 8, 15, 22, 29, 43 und 57 post partum; in addition, body condition was frequently assessed using the body condition score and sonographic assessment of backfat thickness. Clinically diseases, fertility parameters (calving to first service interval, days open, insemination index) and milk yield were recorded throughout the lactation. In the blood, metabolic key parameters and the concentrations of insulin and IGF-I were analyzed.

The lactation peak of ca. 35 kg/d was reached on average in the third week of lactation; the yield was maintained within the following six weeks on this level. The mean percentage of milk protein decreased within the first lactation weeks from roughly 4 % to 3.1 %. The somatic cell count averaged at 100,000 cells/ml.

The postpartal fluctuations of most metabolic key parameters corresponded to the profiles known from Holstein Friesian cows: a marked lipomobilization was evident in the first weeks of lactation reflected by increased serum concentrations of non-esterified fatty acids compared to the dry period. Concurrently, high serum concentrations of β -hydroxybutyrate of on average 2 mmol/l were found and hypoglycemia (< 3 mmol/l) in many cows. The serum activity of the aspartate aminotransferase was increased slightly above the reference range in the first weeks of lactation. The insulin concentrations in blood plasma dropped after calving to minimal values of 10 μ U/ml in the second week of lactation; at the same time the nadir of IGF-I in serum was measured (ca. 50 ng/ml).

Clinical production diseases were diagnosed in few cows only. Most frequently, lame cows were found (7 out of 23 cows); two cows suffered from retained placenta. In one cow, a puerperal metritis was found. Also in one cow, a primary ketosis was diagnosed. Twenty-one of the 23 cows included in the study were inseminated (median

of the calving to first service interval: 93 days). The insemination index of these cows was 1.45. The median for the days open was 99 days.

The results confirmed reports of farmers about the robustness of Rotbunt DN-cows compared to Holstein Friesian-cows. Almost all Rotbunt DN-cows remained clinically healthy irrespective of high serum concentrations of BHB (above 3 mmol/l) and NEFA. Also a reduction of milk yield was not recorded and most cows became pregnant after the first insemination. Having in mind the unaffected milk yield and the good general condition of the cows it is concluded that the levels found for the metabolic key parameters can be considered as physiological in this breed. The results lead to the hypothesis that the robustness of Rotbunt DN-cows and the missing negative effects of hyperketonemia may be caused by higher insulin and IGF-I concentrations in blood during early lactation compared to Holstein Friesian cows. Thus, Rotbunt DN-cows seem to be predestinated due to their robustness for a sustainable milk production using with low quality feed.

9. Literaturverzeichnis

ANDRESEN, U. (2011, 2012, 2013):

Persönliche Mitteilung.

Bahnhofstrasse 15, 25767 Albersdorf

ANDRESEN, U., 1994:

Besamungskatalog der RBG`Albersdorf

ANDRESEN, U.; KIETZMANN, M.; WESENAUER, C. und ANDRESEN, P. (2001):

Zur Konstitutionsbeurteilung von Besamungsbullen. III. Mitteilung: Zur Frage der Eignung eines ACTH-Belastungsmodells bei Besamungsbullen, zur Erfassung der Stresstabilität auch ihrer Töchter und zur Notwendigkeit der Erweiterung des zuchttechnischen Instrumentariums bei Milchrindern.

Tierärztl. Umschau 56, 451-456.

ANDRESEN, U.; HERMISSON, C. und BOENKE, H. J. (2002):

Leberfunktionsschäden und Stoffwechselstörungen der Hochleistungskühe.

Vetimpulse 11, 7-8.

BARTH, K. und FRANZE, U. (2009)

Vergleich von zwei Rinderrassen hinsichtlich ihrer Eignung zur ökologischen Milchproduktion: Tiergesundheit.

Tagungsband der 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau (Band 2).

BEAM, S. W. und BUTLER, W. R. (1999):

Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows.

J. Reprod. Fertil. (Suppl 54), 411-424.

BELL, A. W. und BAUMAN, D. E. (1997):

Adaptations of glucose metabolism during pregnancy and lactation.

J. Mammary Gland. Biol. Neoplasia 2, 265-278.

Bijmolt, S.,; Müller, K; Leiding, C.; Hoedemarker, M.; Bollwein, H. und Kaske, M, (2012):

Laktationsinzidenzen von Produktionskrankheiten bei Fleckviehkühen in sechs bayrischen Milchviehbetrieben.

Tierärztl. Praxis 2012; 40 (G): 347–358.

BLAHA, T. (2011):

Die heutige Nutztierhaltung steht in der Kritik: Herausforderungen für die Tierärzteschaft.

Prakt. Tierarzt 92, 813-823.

BOBE, G.; YOUNG, J. W. und BEITZ, D. C. (2004):

Invited review: pathology, etiology, prevention, and treatment of fatty liver in dairy cows.

J. Dairy Sci. 87, 3105-3124.

BRACKMANN, M. (2002):

Das andere Kuhbuch.

5. Auflage, Hannover, Landbuch-Verlag.

ISBN 3784205755

BRADE, W. und BRADE, E. (2011):

Gleichzeitige Verbesserung der Milchleistung und Fitness der Milchkühe durch züchterische Maßnahmen – neue Ansätze zur Zuchttierauslese bei Deutschen Holsteins.

Prakt. Tierarzt 92, 698-705.

BROSTER, W. H. (1976):

Plane of nutrition for the dairy cow. In: Principles of Cattle Production (Swan, H. und Broster, W. H., eds.)

Butterworths, London, 271-285.

BRUCKMAIER, R. M.; WELLNITZ, O. und GROSS, J. J. (2013):

Die Physiologie der modernen Milchkuh im Spannungsfeld zwischen Evolution und leistungsorientierter Züchtung.

Prakt. Tierarzt 94, 330-337.

Bullenkatalog der Rinderzucht Schleswig-Holstein (2004-2008)

Bullenverzeichnis der Rinderbesamungsgenossenschaft Albersdorf (1962-2003)

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.

Verwendung von Milch in den Molkereien nach Kalenderjahren.

In: Statistischer Monatsbericht, Berlin, 24. Mai 2011

COOK, N. B. und NORDLUND, K. V. (2004):

Behavioral needs of the transition cow and considerations for special needs Facility design.

Vet. Clin. North Am. (Food Anim. Pract.) 20, 495-520.

DEHNING, R. (2012):

Ist das chemische Labor zur Fruchtbarkeitskontrolle von Rinderherden noch nötig?

Grosstierpraxis 13, 242-249.

DIRKSEN, G. (2002):

Krankheiten der Verdauungsorgane und der Bauchwand.

In: Innere Medizin und Chirurgie des Rindes. (G. Dirksen, H. D. Gründer, M. Stöber, Hrsg.), 4. Aufl., Blackwell Wissenschaftsverlag Berlin/Wien.

DISTL, O. (1991):

Epidemiologic and genetic analysis of veterinary data of German Brown cattle.

Berl. Münchn. Tierärztl. Wochenschr. 104, 375-383.

DRACKLEY, J. K. (1999):

Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier?

J. Dairy Sci. 82, 2259-2273.

DUFFIELD, T. F.; KELTON, D. F.; LESLIE, K. E.; LISSEMORE, K. D. und LUMSDEN, J. H. (1997):

Use of test day milkfat and milk protein to detect subclinical ketosis in dairy cattle in Ontario.

Can. Vet. J. 38, 713-718.

EDMONSON, A. J.; LEAN, I. J.; WEAVER, L. D.; FARVER, T. und WEBSTER, G. (1989):

A body condition scoring chart for Holstein dairy cows.

J. Dairy Sci. 72, 68-77.

ERB, H. N. und GROHN, Y. T. (1988):

Epidemiology of metabolic disorders in the periparturient dairy cows.

J. Dairy Sci. 71, 2557-2571.

Evertz C. (2006):

Stoffwechseluntersuchungen bei Hochleistungskühen im peripartalen Zeitraum unter Berücksichtigung klinischer Erkrankungen.

Leipzig, Veterinärmedizinische Fakultät, Dissertation

FRIGGENS, N. C.; BERG, P.; THEILGAARD, P.; KORSGAARD, I. R.;
INGVARTSEN, K. L.; LØVENDAHL, P.; JENSEN, J. (2007):

Breed and parity effects on energy balance profiles through lactation: evidence of genetically driven body energy change.

J. Dairy Sci. 90, 5291-5305.

FROBISH, R. A. und DAVIS, C. L. (1977):

Effects of abomasal infusions of glucose and propionate on milk yield and composition.

J. Dairy Sci. 60, 204-209.

FÜRLI, M. (2004):

Stoffwechselkontrollen und Stoffwechselüberwachung bei Rindern.

Nutztierpraxis 9, 8-17.

GEORGS, R. (1914):

Das Rotbunte Holsteiner Rind

M. u. H. Schaper, Hannover

GIESECKE, D., STANGASSINGER, M. und VEITINGER, W. (1987):

Plasma-Insulin und Insulinantwort bei Kühen mit hoher Milchleistung.

Fortschr. Tierphysiol. Tierernähr. 18, 20-30.

GRABER, M.; KOHLER, S.; KAUFMANN, T.; DOHERR, M. G.; BRUKMAIER, R. M.;
VAN DORLAND, H. A. (2010):

A field study on characteristics and diversity of gene expression in the liver of dairy cows during the transition period.

J. Dairy Sci. 93, 5200-5215.

GRAINGER, C. A. und GODDARD, M. E. (2004):

A review of the effects of dairy breed on feed conversion efficiency – an opportunity lost?

Proc. 25th Biennial Conf. Aust. Soc. Anim. Prod., University of Melbourne, Victoria. Commonw. Sci. Ind. Res. Org., Victoria, Australia. 25, 77-80.

GRAVERT, H.O., M. HACCIUS und PIEPENBURG, J. (1988):

Metabolitenkonzentrationen und Enzymaktivitäten im Rinderblut als Konstitutionsmerkmal.

Kieler milchwirtsch. Forschungsber. 40, 91-93.

GROSS, J. J.; VAN DORLAND, H. A.; BRUCKMAIER, R. M. und SCHWARZ F. J. (2011a):

Performance and metabolic profile of dairy cows during a lactational and deliberately induced negative energy balance with subsequent realimentation.

J. Dairy Sci. 94, 1820-1830.

GRUMMER, R. R.; MASHEK, D. G. und HAYIRLI, A. (2004):

Dry matter intake and energy balance in the transition period.

Vet. Clin. North Am. (Food Anim. Pract.) 20, 447-470.

GUTERBOCK, W. M. (2004):

Diagnosis and treatment programs for fresh cows.

Vet. Clin. North Am. (Food Anim. Pract.) 20, 605-626.

HAHN, J. (1964):

Möglichkeiten zur Prüfung der erblich bedingten Fruchtbarkeit bei Besamungsbullen.

Tierzüchter 16, 480-482.

HART, J. C.; BINES, J. A.; MORANT, S. V. und RIDLEY, J. C. (1978):

Endocrine control of energy metabolism in the cow: Comparison of the level of hormones (prolactin, growth hormone, insulin and thyroxine) and metabolites in the plasma of high- and low-yielding cattle at various stages of lactation.

J. Endocrinol. 77, 333-345.

HAYIRLI, A. (2006):

The role of exogenous insulin in the complex of hepatic lipidosis and ketosis associated with insulin resistance phenomenon in postpartum dairy cattle.

Vet. Res. Commun. 30, 749-774.

HORSTMANN, K. (2004):

Inter- und Intraindividuelle Varianz von Futteraufnahme, Energiebilanz sowie metabolisch-endokrinologischen Leitparametern im Blut von hochleistenden Kühen in der Früh lactation.

Hannover, Tierärztliche Hochschule, Dissertation

Hübners Universallexikon 1789

zitiert nach Georgs, R. (1914):

Das Rotbunte Holsteiner Rind

M. und H. Schaper, Hannover

HUZZEY, J. M.; NYDAM, D. V.; GRANT, R. J. und OVERTON, T. R. (2011):

Associations of prepartum plasma cortisol, haemoglobin, fecal cortisol metabolites, and nonesterified fatty acids with postpartum health status in Holstein dairy cows.

J. Dairy Sci. 94, 5878-5889.

INGVARTSEN, K. L. und ANDERSEN, H. R. (2000):

Integration of metabolism and intake regulation: a review focusing on periparturient animals.

J. Dairy Sci. 83, 1573-1597.

INGVARTSEN, K. L.; DEWHURST, R. J.; FRIGGENS, N. C. (2003):

On the relationship between lactational performance and health: is it yield or metabolic imbalance that cause production diseases in dairy cattle?

Livest. Prod. Sci. 83, 277-308.

KAHN, C. R. (1978):

Insulin resistance, insulin insensitivity, and insulin unresponsiveness: a necessary distinction.

Metabolism 27, 1893-1902.

KAMPHUES, J.; COENEN, M.; KIENZLE, E.; PALLAUF, J.; SIMON, O.; ZENTEK, J. (2004):

Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung.

10. Aufl., Schaper-Verlag

KAWASHIMA, C., FUKIHARA, S., MAEDA, M., KANEKO, E., MONTOYA, C. A., MATSUI, M., SHIMIZU, T., MATSUNAGA, N., KIDA, K., MIYAKE, Y., SCHAMS, D., und MIYAMOTO, A. (2007):

Relationship between metabolic hormones and ovulation of dominant follicle during the first follicular wave post-partum in high-producing dairy cows.

Reproduction 133, 155-163.

KRONFELD, D. S.; MAYER, G. P.; ROBERTSON, J. M. und RAGGI, F. (1963):

Depression of milk secretion during insulin administration.

J. Dairy Sci. 41, 559-563.

LEBLANC, S. (2010):

Monitoring metabolic health of dairy cattle in the transition period.

J. Reprod. Dev. 56, S29-35.

LEROY, J.; VAN SOOM, A.; OPSOMER, G.; GOOVAERTS, I. und BOLS, P. (2008):
Reduced fertility in high-yielding dairy cows: are the oocyte and embryo in danger?
Part I. The importance of negative energy balance and altered corpus luteum func-
tion to the reduction of oocyte and embryo quality in high-yielding dairy cows.
Reprod. Domest. Anim. 43, 612-622.

LOTTHAMMER, K. H. (1992):
Epidemiologic studies of the occurrence of displaced abomasums in dairy cows.
Tierärztl. Umschau 47, 320-328.

MANSFELD, R. (2008):
Steuerung des Metritis-/Endometritis Risikos bei Milchkühen.
Kompendium Nutztier, Parey Verlag

MATTMILLER, S. A.; CORL, C. M., GANDY, J. C.; LOOR, J. J. und SORDILLO, L.
M. (2011):
Glucose transporter and hypoxia-associated gene expression in the mammary gland
of transition dairy cattle.
J. Dairy Sci. 94, 2912-2922.

MULLIGAN, F. J. und DOHERTY, M. L. (2008):
Production diseases of the transition cow.
Vet. J. 176, 3-9.

MÜNCH, T. und RICHTER, T. (2012):
Abgänge und Abgangsursachen bei Milchkühen in Baden-Württemberg unter dem
Blickwinkel des Tierschutzes und der Ökonomie.
Tierärztl. Umschau 3, 68-74.

OIKAWA, S. und OETZEL, G. R. (2006):

Decreased insulin response in dairy cows following a four-day fast to induce hepatic lipidosi.

J. Dairy Sci. 89, 2999-3005.

PIECHOTTA, M.; SANDER, A. K.; KASTELIC, J. P.; WILDE, R.; HEPPELMANN, M.; RUDOLPHI, B.; SCHUBERTH, H. J.; BOLLWEIN, H. und KASKE, M. (2012):

Short communication: Prepartum plasma insulin-like growth factor-I concentrations based on day of insemination are lower in cows developing postpartum diseases.

J. Dairy Sci. 95, 1367-1370.

Positionspapier des Bundesverbandes Praktizierender Tierärzte (2011):

Zukunft der Nutztierhaltung: notwendige Korrekturen aus tierärztlicher Sicht.

https://www.tieraerzteverband.de/bpt/berufspolitik/Positionen/nutztierpraxis/c-index_nutztierpraxis.php

PRAVETTONI, D.; DOLL, K.; HUMMEL, M.; CAVALLONE, E.; RE, M. und BELLOLI, A. G. (2004):

Insulin resistance and abomasal motility disorders in cows detected by use of abomasoduodenal electromyography after surgical correction of left displaced abomasums.

Am. J. Vet. Res. 65, 1319-1324.

PRINZENBERG, E. M. (2003):

Mit Eiweißprozenten in die Zukunft.

Milchrind 3, 44-45.

RSH, Rinderzucht Schleswig-Holstein eG, Rendsburger Straße 178, 24537

Neumünster.

Schleswig Holsteinisches Herdbuch, Rotbunt DN Abteilung

ROBERTS, A. J.; NUGENT, R. A., KLINDT, J. und JENKINS, T. G. (1997):
Circulating insulin like-growth factor I, insulin-like growth factor binding proteins, growth hormone, and resumption of estrus in postpartum cows subjected to dietary energy restriction.

J. Anim. Sci. 75, 1909-1917.

Rosenberger, G. (1990):

Die klinische Untersuchung des Rindes.

Paul Parey Verlag, Berlin/Hamburg, ISBN 3-489-56516-9

ROSSOW, N. (2003):

Ketose der Milchkuh - Wesen der Erkrankung und Bekämpfungsstrategie.

Data Service Paretz GmbH

http://www.portal-rind.de/portal/data/artikel/46/artikel_46.pdf

SANDER, A. K. (2010):

Antepartale Einschätzung des Risikos postpartaler Produktionserkrankungen anhand metabolischer, endokrinologischer und immunologischer Blutparameter bei Milchkuhen. Hannover, Tierärztliche Hochschule, Dissertation

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.

J. Dairy Sci. 93, 6, 2471-2485.

SIGL, T.; GELLRICH, K.; MEYER, H. H. D.; KASKE, M. und WIEDEMANN, S. (2013):

Multiparous cows categorized by milk protein concentration and energy-corrected milk yield during early lactation-metabolism, productivity and effect of a short-term feed restriction.

J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 97, 278-296.

STAUFENBIEL, R. (1997):

Konditionsbeurteilung von Milchkühen mit Hilfe der sonographischen Rückenfettdicke-Messung.

Prakt. Tierarzt, Colleg. Vet. 27, 87-92.

STAUFENBIEL, R.; ROSSOW, N. und JACOBI, U. (1987):

Zur Milchproduktion aus Sicht des Energie- und Fettstoffwechsels.

Berichte, 7/11, Humboldt-Univ., Berlin, 26-34.

STAUFENBIEL, R. und SCHRÖDER, U. (2004a):

Körperkonditionsbeurteilung mittels Ultraschallmessung der Rückenfettdicke-Teil 1.

Veterinärspiegel, 2, 149-155.

STAUFENBIEL, R. und SCHRÖDER, U. (2004b):

Körperkonditionsbeurteilung mittels Ultraschallmessung der Rückenfettdicke-Teil 2.

Veterinärspiegel 3, 227-230.

STROETMAN, F. (1992):

Westfälische Rotbuntzucht.

LV Druckerei Münster-Hiltrup, Hilsebrockstr. 2.

SURIYASATHAPORN, W.; HEUER, C.; NOORHUIZEN-STASSEN, E. N. und SCHUKKEN, Y. H. (2000):

Hyperketonemia and the impairment of udder defense: A review.

Vet. Res. 31, 397-412.

TAYLOR, V. J., CHENG, Z., PUSHPAKUMARA, P. G., BEEVER, D. E. und WATHES, D. C. (2004):

Relationships between the plasma concentrations of insuline-like growth factor-I in dairy cows and their fertility and milk yield.

Vet. Rec. 155, 583-588.

TEN NAPEL, J.; CALUS, M.P.L.; MULDER, H.A. und VEERKAMP, R.F. (2009):

Genetic concepts to improve robustness of dairy cows.

In: Breeding for Robustness in Cattle (M. Klopčič, R. Reents, J. Philipsson, A. Kuipers, eds), EAAP Publ. No. 126, 35-45.

„Unsere Rotbuntzucht“

Mitteilungsblätter für den Rotbuntzüchter in Schleswig- Holstein und Stade (1958-1993)

VANDERICK, S.; HARRIS, B. L.; PRYCE, J. E.; GENGLER, N. (2009):

Estimation of test-day model (co)variance components across breeds using New Zealand dairy cattle data.

J. Dairy Sci. 92, 1240-1252.

VERNON, R. G. (1981):

Lipid metabolism in the adipose tissue of ruminant animals.

In: Lipid Metabolism in Ruminant Animals (W. W. Christie, ed.), Pergamon Press, Oxford, UK, pp. 279-362.

WENSING, T.; KRUIP, T.; GEELLEN, M. J. H.; WENTINK, G. H.; VAN DEN TOP, A. M. (1997):

Postpartum fatty liver in high producing dairy cows in practice and in animal studies. The connection with health, production and reproduction problems. Comp. Haematol. Intern. 7, 167-171.

WIEDEMANN, S. (2011):

Eiweiß: Inhaltsstoff für zukunftsfähige Märkte. Milchpur 3, 40-42.

WILKENS, U. (1876):

Die Rinderassen Mitteleuropas – Grundzüge einer Naturgeschichte des Hausrindes. KK Hof- und Universitätsbuchhändler Wilhelm Braumüller, Wien.

ZARRIN, M.; DE MATTEIS, L.; VERNAY, M. C. M. B.; WELLNITZ, O.; VAN DORLAND, H. A. und BRUCKMAIER, R. M. (2013):

Long-term elevation of beta-hydroxybutyrate in dairy cows through infusion: effects on feed intake, milk production, and metabolism. J. Dairy Sci. 96, 2960-2972.

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die Dissertation mit dem Titel

**„Metabolische Reaktionsmuster von Kühen der Rasse Deutsche Rotbunte DN
in der Frühlaktation“**

selbständig verfasst habe.

Bei der Anfertigung wurden folgende Hilfen Dritter in Anspruch genommen:

Bei der statistischen Bearbeitung wurde die Unterstützung von Frau Prof. Steffi Wiedemann von der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel in Anspruch genommen. Ich habe keine entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberater oder anderer Personen) in Anspruch genommen.

Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar entgeltliche Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen.

Ich habe die Dissertation an folgender Institution angefertigt:

Klinik für Rinder an der Tierärztlichen Hochschule Hannover
Bischofsholer Damm 15
30173 Hannover

Die Dissertation wurde bisher nicht für eine Prüfung oder Promotion oder für einen ähnlichen Zweck zur Beurteilung eingereicht.

Ich versichere, dass ich die vorstehenden Angaben nach bestem Wissen und vollständig und der Wahrheit entsprechend gemacht habe.

Anne Bartjen

Danksagung

Herrn Prof. Dr. Martin Kaske danke ich für die Überlassung dieses Themas und die freundliche Unterstützung und hervorragende Betreuung bei der Durchführung und Fertigstellung dieser Arbeit.

Mein ganz spezieller herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. Uwe Andresen für die hilfreiche und stets geduldige Unterstützung und Beratung bei der Anfertigung dieser Arbeit. Ich möchte erwähnen, dass es ausschließlich dem unermütlchen Einsatz von Prof. Dr. Uwe Andresen und Hans Jakob Peters zu verdanken ist, dass die Rasse „Deutsches Rotbuntes Niederungsrind“ heute noch existiert.

Ich danke allen Mitarbeitern des Labors der Klinik für Rinder für die schnelle und unkomplizierte Messung der Blutproben.

Dem Institut für Tierernährung der Tierärztlichen Hochschule Hannover danke ich für die Untersuchung der Futtermittelproben.

Bedanken möchte ich mich bei den Mitarbeitern des LKV (Landeskontrollverband in Kiel) für die Bearbeitung von Milchproben. An dieser Stelle sei insbesondere Frau Dr. Monika Brandt für die stets freundliche und kompetente Hilfe gedankt. Ein großes Dankeschön geht an die Familie Stöven in Tensbüttel, die mir ermöglicht hat den praktischen Teil dieser Arbeit auf ihrem Betrieb durchzuführen und die mich dabei großartig unterstützt hat.

Mein größter Dank gilt meiner Familie, die mich bei allem während der letzten Jahre liebevoll unterstützt hat. Insbesondere möchte ich meinem Vater für seine Unterstützung danken, ohne den die Erstellung dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Aus tiefsten Herzen bedanke ich mich bei Sven, der mir stets mit Rat und Tat zur Seite gestanden hat sowie für die seelische Unterstützung und Geduld in dieser Zeit.

Ich danke allen Freunden für ihr offenes Ohr und die Geduld in dieser Zeit.